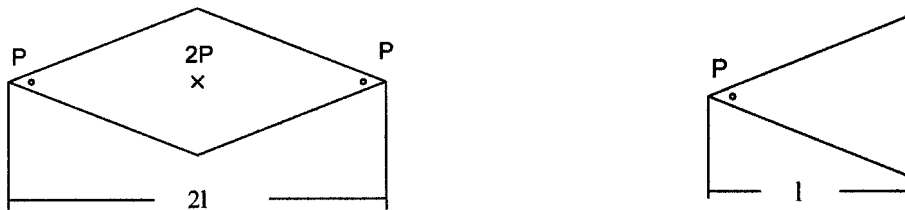


## LE MOLLE A BALESTRA

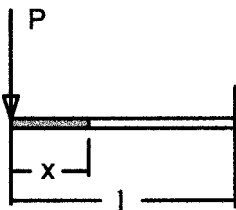
### Molle di flessione a pianta triangolare

#### ! Tensioni indotte dal carico

Esaminiamo il comportamento di una lamina a pianta rombica, di lunghezza  $2l$  e spessore costante, appoggiata agli estremi e caricata al centro da una forza  $2P$ .



Il problema, per ragioni di simmetria, può essere affrontato più agevolmente riferendosi ad una lamina a pianta triangolare, di lunghezza  $l$ , incastrata ad un estremo e caricata all'altra estremità da un carico  $P$ .



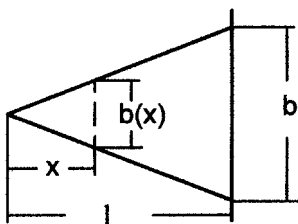
Con riferimento allo schema sopra riportato, indicata con  $x$  la distanza di una generica sezione dal punto di applicazione della forza  $P$ , il momento flettente lungo l'asse della trave vale:

$$M_f(x) = P \cdot x \quad [1]$$

e la tensione indotta, indicato con  $W_f(x)$  il modulo di resistenza a flessione, vale:

$$s_f = \frac{M_f(x)}{W_f(x)} = \frac{P \cdot x}{W_f(x)} \quad [2]$$

A questo punto esplicitiamo il valore di  $W_f(x)$  in funzione delle caratteristiche geometriche della lamina.



Riferendoci ad una lamina a pianta triangolare e con spessore  $h$  costante si ha:

$$W_f(x) = \frac{1}{6} \cdot b(x) \cdot h^2 \quad [3]$$

da cui:

$$W_f(x) = \frac{1}{6} \cdot \frac{x \cdot b}{l} \cdot h^2 \quad [4]$$

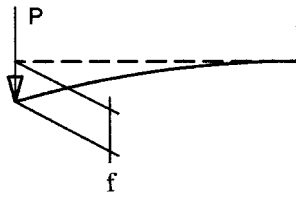
Sostituendo la [4] nella [1] si ottiene:

$$s = \frac{P \cdot x}{\frac{1}{6} \cdot \frac{x \cdot b}{l} \cdot h^2} = \frac{6 \cdot P \cdot l}{b \cdot h^2} \quad [5]$$

La [5] dice che “ in una lamina triangolare, di spessore costante, caricata ad una estremità e incastrata nell'altra, le tensioni dovute al momento flettente sono del tutto indipendenti dalla distanza  $x$  di una generica sezione dal punto di applicazione del carico ”

## ! Deformazioni indotte dal carico

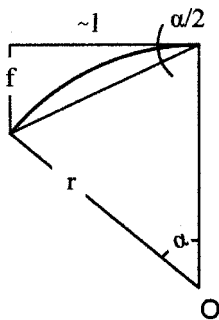
A questo punto possiamo valutare l'entità della freccia  $f^1$  che si manifesta in corrispondenza del carico applicato



Il valore del raggio di curvatura  $r$  della deformata, indicato con  $E$  il modulo di elasticità a flessione (per gli acciai pari a circa  $211000 \text{ N/mm}^2$ ) e con  $J$  il momento quadratico di superficie della sezione resistente, vale:

$$r(x) = \frac{E \cdot J(x)}{M_f(x)} = \frac{E \cdot b(x) \cdot h^3}{P \cdot x \cdot 12} = \frac{E \cdot b \cdot h^3}{12 \cdot P \cdot l} \quad [6]$$

Ovvero il raggio di curvatura della deformata della lamina è costante, in altre parole, la lamina si deformerà secondo un arco di circonferenza.



Con riferimento alla figura accanto, nell'ambito delle piccole deformazioni, è lecito porre:

$$f \cong l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cong l \cdot \frac{\alpha}{2} \cong \frac{l^2}{2 \cdot r} \quad [7]$$

Sostituendo la [6] nella [7] si ha:

$$f = \frac{P \cdot l^3}{2 \cdot E \cdot J} \quad [8]$$

<sup>1</sup> La freccia si poteva anche determinare, forse più semplicemente, integrando due volte l'equazione della linea elastica

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{M}{E \cdot J} = -\frac{P \cdot l}{E \cdot b \cdot h^3} \quad \frac{dy}{dx} = -\frac{P \cdot l}{E \cdot b \cdot h^3} \cdot x + C_1$$

All'incastro deve essere

$$\frac{dy}{dx} = 0 \quad \text{da cui} \quad C_1 = -\frac{12 \cdot P \cdot l^2}{E \cdot b \cdot h^3}$$

Sostituendo

$$\frac{dy}{dx} = \frac{12 \cdot P \cdot l}{E \cdot b \cdot h^3} \cdot x - \frac{12 \cdot P \cdot l^2}{E \cdot b \cdot h^3}$$

Integrando

$$y = \frac{12 \cdot P \cdot l}{E \cdot b \cdot h^3} \cdot \frac{x^2}{2} - \frac{12 \cdot P \cdot l^2}{E \cdot b \cdot h^3} \cdot x + C_2$$

All'incastro la freccia deve essere nulla per cui

$$C_2 = \frac{6 \cdot P \cdot l^3}{E \cdot b \cdot h^3}$$

Sostituendo

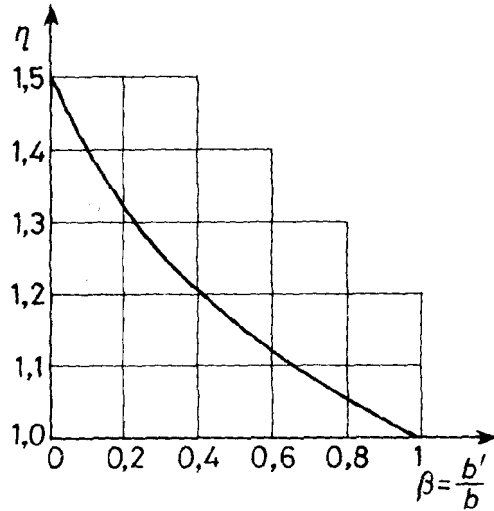
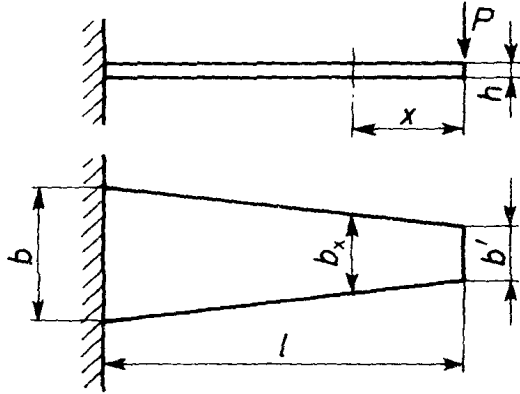
$$y = \frac{12 \cdot P \cdot l}{E \cdot b \cdot h^3} \cdot \frac{x^2}{2} - \frac{12 \cdot P \cdot l^2}{E \cdot b \cdot h^3} \cdot x + \frac{6 \cdot P \cdot l^3}{E \cdot b \cdot h^3}$$

Per  $x$  uguale a zero si ottiene la [9]

## Molle di flessione a pianta trapezia

Con riferimento alla figura sotto riportata, la tensione massima si ha nella sezione di incastro e vale:

$$s_{\max} = \frac{6 \cdot P \cdot l}{b \cdot h^2}$$



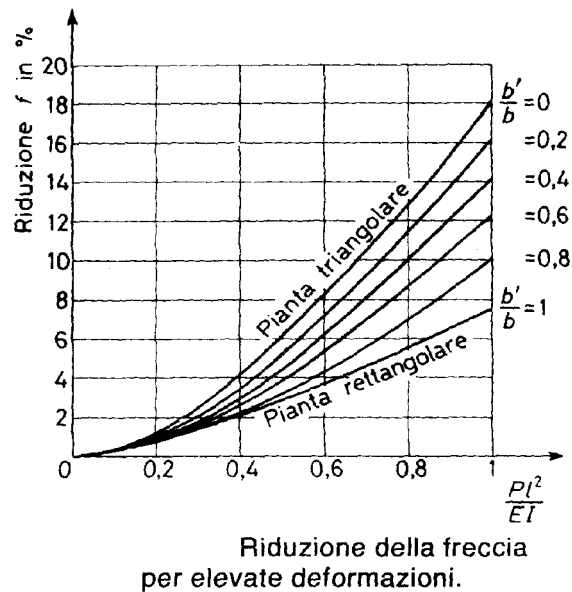
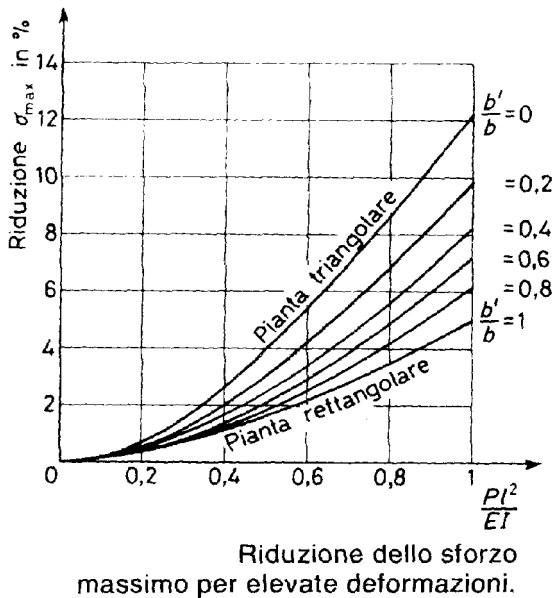
Il cedimento elastico  $f$  è dato da:

$$f = h \cdot \frac{4 \cdot P \cdot l^3}{E \cdot b \cdot h^3} \quad [9]$$

dove  $\eta$  è un coefficiente funzione del rapporto tra la larghezza  $b'$  all'estremo libero e  $b$  all'incastro.

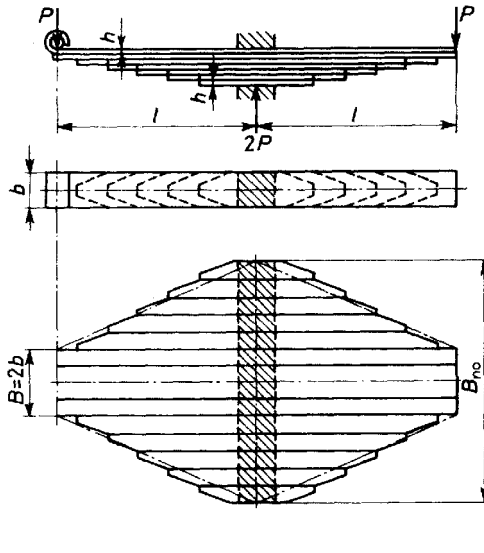
$$h = \frac{1.5}{1-b} \cdot \left( 3 - \frac{2}{1-b} \cdot \left( 1 + \frac{b^2}{1-b} \ln b \right) \right)$$

Nel caso di deformazioni elevate, la teoria elementare vista in precedenza non fornisce più buoni risultati. E' consigliabile, in tal caso, utilizzare i grafici di seguito rappresentati che forniscono le riduzioni percentuali della tensione massima e della freccia per lame a pianta trapezoidale in funzione del carico e del rapporto  $\beta$



## Molle a balestra

Le molle a balestra sono molle di flessione equivalenti, come si vede dalla figura, ad una molla a pianta trapezoidale.



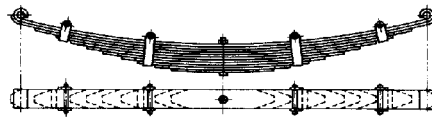
Per evitare i notevoli ingombri trasversali delle lame trapezoidali, si è pensato di formare le balestre sovrapponendo strisce ritagliate dalla lamina stessa.

Lo studio delle molle a balestra così ricavate non si distacca molto da quello condotto a proposito delle lamine trapezoidali. Infatti è 'logico' pensare che tutte le varie foglie della balestra, essendo obbligate a mantenersi a contatto e quindi ad avere all'incirca la stessa curvatura, lavorino come lavoravano quando erano, invece che sovrapposte, affiancate nella lamina a pianta trapezoidale.

Nella pratica il contatto tra le diverse foglie della molla a balestra provoca uno smorzamento utile durante il funzionamento, ad esempio per le sospensioni dei veicoli.

Per evitare la corrosione ed in particolare la corrosione per sfregamento le singole foglie devono essere anche opportunamente lubrificate mediante grasso grafitato: talvolta per ottenere lo stesso scopo, tra foglia e foglia viene interposto un foglio di polietilene.

Come è noto le molle a balestra hanno, quando sono scariche, una forma leggermente arcuata in modo tale che sotto carico esse tendono a raddrizzarsi.



Alle varie foglie viene data una preventiva curvatura che non è però uguale per tutte le lamine, ma via via maggiore per le foglie più corte: ciò viene fatto al fine di ottenere una pretensione di montaggio che eviti la formazione di giochi tra le lamine. Operando in tal modo si ottiene che l'effetto d'autotensione vada a beneficio della foglia maestra (quella più lunga e sulla quale sono ricavati gli 'occhielli' attraverso i quali avviene il fissaggio al telaio) che risulterà, sotto carico, meno sollecitata del previsto.

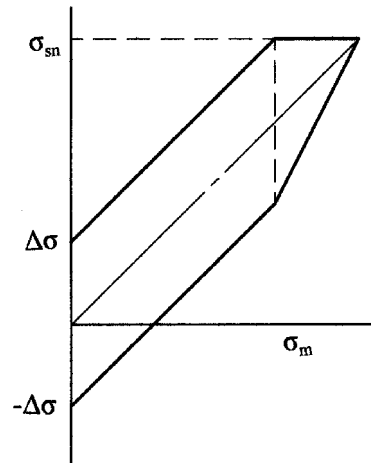
### ! Limiti di sollecitazione

Le molle in pratica lavorano sempre a fatica, con tensioni unitarie comprese fra due limiti  $\sigma_s$  superiore e  $\sigma_i$  inferiore, cioè con una oscillazione di tensione  $\pm \Delta \sigma = \pm \frac{1}{2}(\sigma_s - \sigma_i)$  rispetto ad una tensione media

$$\sigma_m = \frac{1}{2}(\sigma_s + \sigma_i)$$

L'esperienza mostra che i diagrammi di resistenza a fatica delle molle hanno i lati superiore e inferiore quasi paralleli e inclinati di  $45^\circ$ , consentendo, tra l'altro, la immediata costruzione del diagramma semplificato di *Smith-Goodman*. Il grado di sicurezza può essere assunto pari a **1.3**. Ovvero:

$$\sigma_{\max} \leq \frac{\sigma_{sn}}{1.3}$$
$$\Delta \sigma \leq \frac{\Delta \sigma_{amm}}{1.3}$$



Di seguito si riportano i valori limiti delle ampiezze  $\Delta \sigma$  per vari tipi di molle di flessione. Acciai al Cr-Si (60 SiCr75), al Cr-Va (50 CrV 4), al Si (48 Si 7) [\[vedi UNI 3545\]](#)

*Molle con superficie rettificata*

$$\Delta \sigma = 400-450 \text{ N/mm}^2$$

*Molle a lamina grezza di laminazione, temprate e rinvenute*

$$\Delta \sigma = 120-200 \text{ N/mm}^2$$

*Molle a balestra di costruzione usuale: foglie grezze di laminazione, lubrificate accuratamente*

$$\Delta \sigma = 100-120 \text{ N/mm}^2$$

La resistenza a fatica delle molle dipende in misura notevole dal trattamento termico e dalle condizioni della superficie e dello strato superficiale. Il trattamento termico è normalmente quello di tempra seguito da un riscaldamento di distensione. Il trattamento di tempra deve eseguirsi su materiale da cui siano stati asportati la crosta di laminazione e lo strato decarburato sottostante.; inoltre la tempra e il successivo riscaldamento devono farsi evitando assolutamente il prodursi di decarburazioni superficiali (molto temibili soprattutto negli acciai al silicio); infine lo straterello ossidato che rimane dopo la tempra deve essere asportato per *sabbiatura* o *pallinatura*.

Nel caso delle molle di flessione può essere desiderabile la presenza di una certa fibrosità longitudinale: per questa ragione si preferiscono gli acciai al manganese nei quali la presenza di silicati di manganese e di solfuro di manganese, allineati secondo la direzione di laminazione, favorisce la formazione di una struttura fibrosa.

## Esempi di calcolo

! Dimensionare una molla a balestra avente una lunghezza  $2l$  di 1000 mm sapendo che sotto un carico  $2P$  di 10000 N la freccia massima non deve superare gli 80 mm.  
Materiale della molla C75 UNI 7064 con tensione di snervamento pari a  $1030 \text{ N/mm}^2$

Calcoliamo, dalla [8] il momento quadratico di superficie  $J$  della sezione all'incastro

$$J = \frac{P \cdot l^3}{2 \cdot E \cdot f} = \frac{5000 \cdot 500^3}{2 \cdot 2.15 \cdot 10^5 \cdot 80} = 18550 \text{ mm}^4$$

Noto  $J$  possiamo calcolare lo spessore  $h$  e la larghezza massima  $b$  della lamina triangolare ponendo, in prima approssimazione, considerando una sollecitazione di tipo dinamico:

$$s_{amm} = 0.4 \cdot s_{sn} = 412 \text{ N/mm}^2$$

dalla [5] si ha:

$$h = \frac{2 \cdot s_{amm} \cdot J}{P \cdot l} = \frac{2 \cdot 412 \cdot 18550}{5000 \cdot 500} \cong 7 \text{ mm}$$

Per la sezione rettangolare si ha:

$$b = \frac{12 \cdot J}{h^3} = \frac{12 \cdot 18550}{7^3} \cong 650 \text{ mm}$$

La molla a balestra effettiva viene ricavata suddividendo la lamina triangolare teorica in strisce che andranno poi sovrapposte. Con riferimento alla tabella [UNI 3960](#) si vede che la balestra può essere realizzata con *otto foglie di sezione 80x7*.

Determinata la reale costituzione della balestra, indicato con  $n$  il numero di foglie, si può condurre un calcolo di verifica valutando la tensione e la freccia effettiva agente su una lamina trapezoidale.

$$s = \frac{6 \cdot P \cdot l}{n \cdot b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 5000 \cdot 500}{7 \cdot 70 \cdot 8^2} = 480 \text{ N/mm}^2$$

posto

$$b = \frac{b'}{b} = \frac{70}{490} = 0.14 \quad h \cong 1.36$$

si ha:

$$f = h \cdot \frac{4 \cdot P \cdot l^3}{E \cdot n \cdot b \cdot h^3} \cong 68 \text{ mm}$$

Il calcolo fin qui condotto, fa riferimento, tuttavia, ad una sollecitazione statica della molla. In realtà la balestra deve essere verificata a fatica. In mancanza di dati più precisi, possiamo riferirci alle seguenti condizioni di carico:

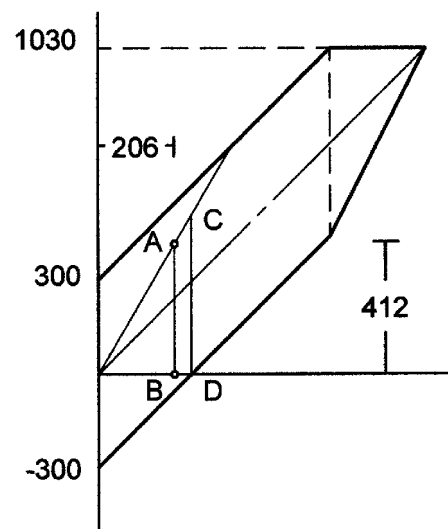
$$s_i = 0 \text{ N/mm}^2 \quad s_s = 480 \text{ N/mm}^2$$

Fissata una resistenza all'oscillazione

$$\Delta s = 300 \text{ N/mm}^2$$

Si può costruire il diagramma di fatica, da cui si può stimare il grado di sicurezza

$$x = \frac{CD}{AB} \cong 1.2$$



! Determinare le caratteristiche di una molla a balestra, di lunghezza  $2l=1m$ , in grado di garantire una variazione massima di freccia pari a 16 mm sotto un carico variabile da  $P_{max}$  10000 N a  $P_{min}$  8000 N. Materiale della molla C75 UNI 7064 con carico di snervamento pari a 1030 N/mm<sup>2</sup>

Dalla [8] applicata nelle due condizioni estreme di carico si ricava il momento quadratico di superficie della sezione all'incastro:

$$J = \frac{\left( \frac{P_{max} - P_{min}}{2} \right) \cdot l^3}{2 \cdot E \cdot (f_{max} - f_{min})} \cong 19000 \text{ mm}^4$$

Determiniamo lo spessore  $h$  della lamina fissando una tensione ammissibile pari a:

$$s_{amm} = \frac{s_{sn}}{x} = \frac{1030}{2} = 515 \text{ N/mm}^2$$

da cui

$$h = \frac{2 \cdot s_{amm} \cdot J}{\frac{P_{max}}{2} \cdot l} \cong 8 \text{ mm}$$

La larghezza massima  $b$  della lamina triangolare teorica vale:

$$b = \frac{12 \cdot J}{h^3} \cong 445 \text{ mm}$$

La molla può pensarsi costituita da 6 strisce 80x8 (vedi UNI 3960)

Indicato con  $n$  il numero di foglie, si determinano la tensione e la freccia effettiva con riferimento alla lamina trapezoidale 'generatrice'.

$$s_{max} = \frac{6 \cdot \frac{P_{max}}{2} \cdot l}{n \cdot b \cdot h} = 488 \text{ N/mm}^2$$

Posto

$$b = \frac{b'}{b} = 0.16 \quad h = 1.34$$

si ha:

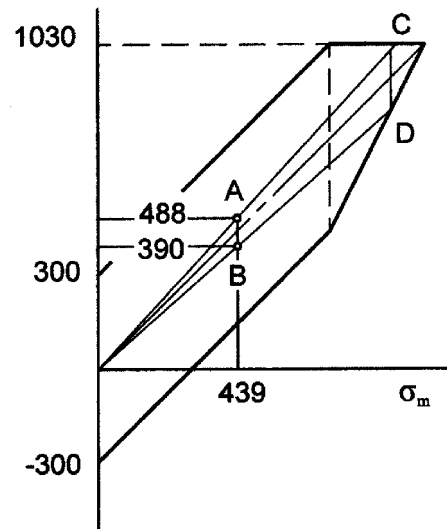
$$\Delta f = h \cdot \frac{4 \cdot \frac{\Delta P}{2} \cdot l^3}{E \cdot n \cdot b \cdot h^3} \cong 13 \text{ mm}$$

Da ultimo conduciamo una verifica a fatica

$$s_i = 390 \text{ N/mm}^2 \quad s_{max} = 488 \text{ N/mm}^2$$

Il grado di sicurezza vale

$$x = \frac{CD}{AB} \cong 2$$



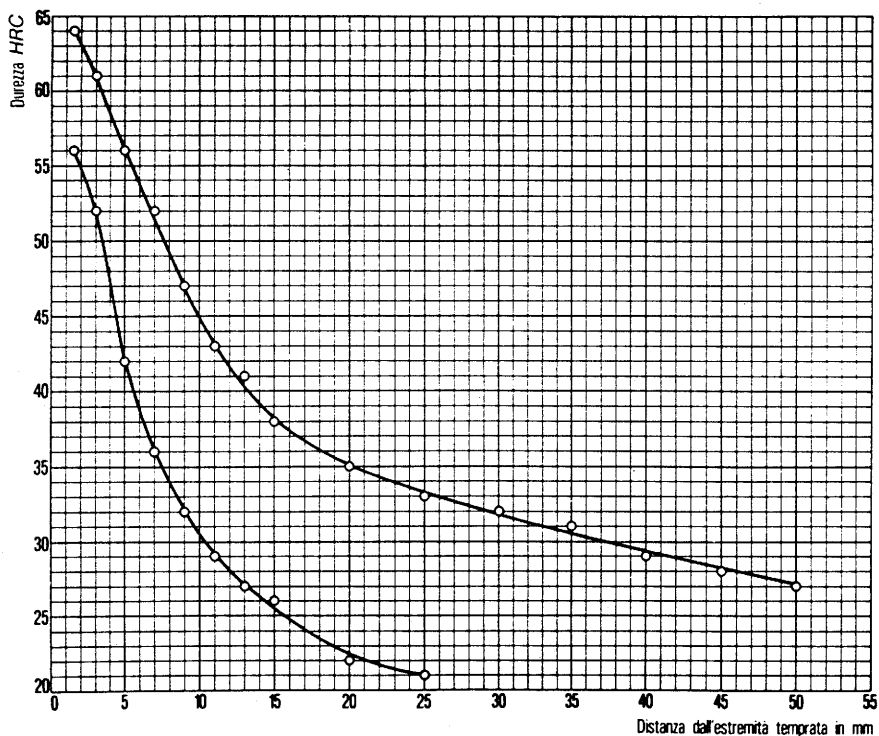
**- Caratteristiche meccaniche di collaudo su provetta di riferimento longitudinale di 10 mm di diametro allo stato bonificato (vedere prospetto VII)**

Qualità di acciaio	Carico unitario di rottura*	Carico unitario di scostamento dalla proporzionalità*	Allungamento*
	$R$	$R_{p0.2}$ min.	$A$ min.
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
<b>48 Si 7</b>	da 1 300 a 1 550	1 110	6
<b>55 Si 7</b>	da 1 350 a 1 600	1 160	6
<b>60 Si 7</b>	da 1 380 a 1 630	1 180	6
<b>60 SiCr 8</b>	da 1 450 a 1 700	1 250	5
<b>52 SiCrNi 5</b>	da 1 400 a 1 650	1 220	5
<b>45 SiCrMo 6</b>	da 1 370 a 1 620	1 180	6
<b>55 Cr 3</b>	da 1 380 a 1 630	1 180	6
<b>50 CrV 4</b>	da 1 330 a 1 580	1 140	6
<b>51 CrMoV 4</b>	da 1 380 a 1 630	1 180	6

\*Qualora non sia possibile ottenere dal prodotto una provetta di 10 mm di diametro, occorre che la provetta abbia il diametro più grande possibile compatibilmente con le dimensioni del prodotto stesso.  
Posizione della provetta secondo figura 10.

Nota - Per impieghi particolarmente impegnativi può essere richiesta all'ordinazione la prova di resilienza KCU su provetta di riferimento longitudinale, concordandone i valori.

Solo nel caso di riprove (vedere anche 6.3) si prelevano tre provette ad uguale distanza dalla superficie l'una di fianco all'altra, o, ove ciò non sia possibile, l'una dietro l'altra nello stesso barrotto; il valore della resilienza da considerare è la media dei tre risultati.



UNSIDER

Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo  
Piatti lisci per molle a balestra ed a bovolo

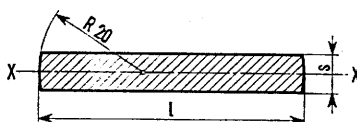
UNI  
3960-74

Dimensioni e tolleranze

Hot rolled finished steel products - Smooth flat bars for carriage and volute springs - Dimensions and tolerances

Dimensioni in mm

## 1. Dimensioni



Esempio di designazione di un piatto liscio di acciaio laminato a caldo per molle a balestra ed a bovolo,

avente  $l = 50$  mm e  $s = 5$  mm:Piatto **50 x 5 UNI 3960-74**

(vedere anche punti 2., 3.2., 4.2. e 5.)

Indicazione per la designazione $l \times s$	Sezione **	Massa lineica*	Momento quadratico **	Modulo di resistenza a flessione**
	mm <sup>2</sup>	kg/m	$J_x$ cm <sup>4</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>
40 x 4	160	1,26	0,021	0,107
40 x 4,5	180	1,41	0,030	0,135
40 x 5	200	1,57	0,042	0,167
40 x 5,5	220	1,73	0,055	0,202
40 x 6	240	1,88	0,072	0,240
40 x 6,5	260	2,04	0,092	0,282
40 x 7	280	2,20	0,114	0,327
40 x 8	320	2,51	0,170	0,427
40 x 9	360	2,83	0,243	0,540
40 x 10	400	3,14	0,333	0,667
40 x 11	440	3,45	0,444	0,807
40 x 12	480	3,77	0,576	0,960
50 x 4	200	1,57	0,027	0,133
50 x 4,5	225	1,77	0,038	0,169
50 x 5	250	1,96	0,052	0,208
50 x 5,5	275	2,16	0,069	0,252
50 x 6	300	2,36	0,090	0,300
50 x 6,5	325	2,55	0,114	0,352
50 x 7	350	2,75	0,143	0,408
50 x 8	400	3,14	0,213	0,533
50 x 9	450	3,53	0,304	0,675
50 x 10	500	3,93	0,416	0,833
50 x 11	550	4,32	0,554	1,008
50 x 12	600	4,71	0,720	1,200

(segue)

Indicazione per la designazione L x S	Sezione **	Massa lineica *	Momento quadratico **	Modulo di resistenza a flessione **
	mm <sup>2</sup>	kg/m	J <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>
60 x 5	300	2,36	0,062	0,250
60 x 6	360	2,83	0,108	0,360
60 x 7	420	3,30	0,171	0,490
60 x 8	480	3,77	0,256	0,640
60 x 9	540	4,24	0,364	0,810
60 x 10	600	4,71	0,500	1,000
60 x 11	660	5,18	0,665	1,210
60 x 12	720	5,65	0,864	1,440
65 x 7	455	3,57	0,186	0,531
70 x 5	350	2,75	0,073	0,291
70 x 6	420	3,30	0,126	0,420
70 x 7	490	3,85	0,200	0,572
70 x 8	560	4,40	0,299	0,747
70 x 9	630	4,95	0,425	0,945
70 x 10	700	5,50	0,585	1,170
70 x 11	770	6,04	0,775	1,410
70 x 12	840	6,59	1,008	1,680
80 x 5	400	3,14	0,083	0,333
80 x 6	480	3,77	0,144	0,480
80 x 7	560	4,40	0,228	0,653
80 x 8	640	5,02	0,341	0,853
80 x 9	720	5,65	0,486	1,080
80 x 10	800	6,28	0,665	1,330
80 x 11	880	6,91	0,885	1,610
80 x 12	960	7,54	1,152	1,920
80 x 13	1 040	8,16	1,462	2,250
80 x 14	1 120	8,79	1,829	2,613
80 x 15	1 200	9,42	2,250	3,000
80 x 16	1 280	10,04	2,730	3,413
90 x 7	630	4,95	0,257	0,735
90 x 8	720	5,65	0,384	0,960
90 x 9	810	6,36	0,549	1,220
90 x 10	900	7,07	0,750	1,500
90 x 11	990	7,77	1,001	1,820
90 x 12	1 080	8,48	1,296	2,160
90 x 13	1 170	9,18	1,651	2,540
90 x 14	1 260	9,89	2,058	2,940
90 x 15	1 350	10,60	2,531	3,375
90 x 16	1 440	11,30	3,072	3,840

(segue)

Indicazione per la designazione l x s	Sezione **	Massa lineica *	Momento quadratico **	Modulo di resistenza a flessione **
	mm <sup>2</sup>	kg/m	J <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>
100 x 5,5*	550	4,31	0,139	0,504
100 x 8	800	6,28	0,428	1,070
100 x 9	900	7,06	0,607	1,350
100 x 10	1 000	7,85	0,835	1,670
100 x 11	1 100	8,64	1,111	2,020
100 x 12	1 200	9,42	1,440	2,400
100 x 13	1 300	10,20	1,833	2,820
100 x 14	1 400	11,00	2,289	3,270
100 x 15	1 500	11,77	2,812	3,750
100 x 16	1 600	12,56	3,414	4,267
110 x 8	880	6,91	0,468	1,170
110 x 9	990	7,77	0,666	1,480
110 x 10	1 100	8,64	0,915	1,830
110 x 11	1 210	9,49	1,221	2,220
110 x 12	1 320	10,40	1,584	2,640
110 x 13	1 430	11,20	2,015	3,100
110 x 14	1 540	12,10	2,513	3,590
110 x 15	1 650	12,95	3,094	4,125
110 x 16	1 760	13,82	3,754	4,693
120 x 8	960	7,54	0,512	1,280
120 x 9	1 080	8,47	0,729	1,620
120 x 10	1 200	9,42	1,000	2,000
120 x 12	1 440	11,30	1,728	2,880
120 x 13	1 560	12,20	2,197	3,380
120 x 14	1 680	13,19	2,744	3,920
120 x 15	1 800	14,13	3,375	4,500
120 x 16	1 920	15,07	4,096	5,120
130 x 7,5*	975	7,65	0,454	1,210
130 x 8,5*	1 105	8,67	0,663	1,560
130 x 9	1 170	9,18	0,787	1,750
130 x 10,5*	1 365	10,70	1,249	2,380
130 x 11	1 430	11,20	1,441	2,620
130 x 14	1 820	14,30	2,975	4,250
130 x 15	1 950	15,31	3,656	4,875
130 x 16	2 080	16,33	4,438	5,547
140 x 10	1 400	11,00	1,165	2,330
140 x 11	1 540	12,00	1,551	2,820
140 x 12	1 680	13,20	2,016	3,360
140 x 13	1 820	14,30	2,561	3,940
140 x 14	1 960	15,40	3,199	4,570
140 x 15	2 100	16,48	3,937	5,250
140 x 16	2 240	17,58	4,778	5,973

(segue)

Indicazione per la designazione l x s	Sezione**	Massa lineica *	Momento quadratico**	Modulo di resistenza a flessione**
	mm <sup>2</sup>	kg/m	J <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>
150 x 10	1 500	11,77	1,250	2,500
150 x 11	1 650	12,95	1,664	3,025
150 x 12	1 800	14,13	2,160	3,600
150 x 13	1 950	15,31	2,746	4,225
150 x 14	2 100	16,48	3,430	4,900
150 x 14,5*	2 175	17,00	3,806	5,250
150 x 15	2 250	17,66	4,219	5,625
150 x 16	2 400	18,84	5,120	6,400
160 x 10	1 600	12,56	1,330	2,667
160 x 12	1 920	15,07	2,304	3,840
160 x 14	2 240	17,58	3,659	5,227
160 x 15	2 400	18,84	4,500	6,000
160 x 16	2 560	20,10	5,461	6,827
160 x 18	2 880	22,61	7,776	8,640
160 x 20	3 200	25,12	10,667	10,667
170 x 10	1 700	13,34	1,416	2,833
170 x 12	2 040	16,01	2,448	4,080
170 x 14	2 380	18,68	3,887	5,553
170 x 15	2 550	20,02	4,781	6,375
170 x 16	2 720	21,35	5,802	7,253
170 x 18	3 060	24,02	8,262	9,180
170 x 20	3 400	26,69	11,333	11,333

\* Queste dimensioni sono particolarmente indicate per la costruzione di molle a bovolo.

\* La massa lineica è calcolata in base alle dimensioni nominali di l ed s, senza tenere conto dell'arrotondamento sui fianchi, ed alla massa volumica di 7,85 kg/dm<sup>3</sup>.

\*\* La sezione, il momento quadratico e il modulo di resistenza a flessione sono calcolati in base alle dimensioni nominali di l ed s, senza tenere conto dell'arrotondamento sui fianchi.

## 2. Materiale

Se non diversamente concordato all'ordinazione o espressamente indicato in altre norme riguardanti molle di acciaio per particolari applicazioni, il materiale dei piatti della presente norma deve essere scelto tra gli acciai della UNI 3545-68. La designazione deve essere completata con l'indicazione del tipo di acciaio desiderato.

## 3. Tolleranze

3.1. Le tolleranze sulle dimensioni sono indicate nel prospetto seguente.

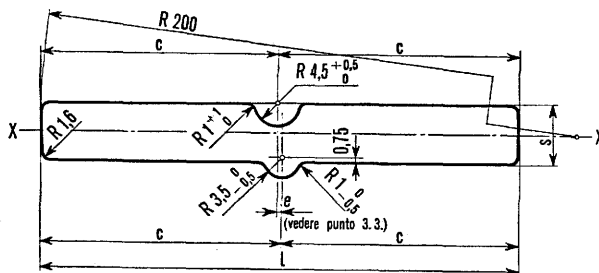
UNIFER  
UNSIDERProdotti finiti di acciaio laminati a caldo  
Piatte rigate per molle a balestra di rotabili  
di ferrovie, metropolitane e tranvie  
Dimensioni e tolleranzeUNI  
3961-74

Hot rolled finished steel products - Ridged flat bars for carriage springs for rolling stock of railway, metropolitan railway and tramway - Dimensions and tolerances

La presente norma è conforme alla norma obbligatoria di cui alla  
Fiche 820 dell'UIC (Union Internationale des Chemins de fer).

Dimensioni in mm

## 1. Dimensioni

Esempio di designazione di un piatto rigato di acciaio laminato a caldo per molle a balestra di rotabili di ferrovie,  
metropolitane e tranvie, avente  $l = 90$  mm ed  $s = 10$  mm:Piatto rigato 90 x 10 UNI 3961-74  
(vedere anche punti 2., 3.2., 4.2. e 5.)

Indicazione per la designazione $l \times s$	Sezione**	Massa lineica*	Momento quadratico** $J_x$	Modulo di resistenza a flessione** $W_x$
	mm <sup>2</sup>			
75 x 11	770	6,04	0,775	1,410
75 x 10	750	5,89	0,625	1,250
75 x 11	825	6,48	0,832	1,512
75 x 13	975	7,65	1,371	2,109
75 x 15	1 125	8,83	2,107	2,809
80 x 15	1 200	9,42	2,250	3,000
90 x 10	900	7,07	0,750	1,500
90 x 11	990	7,77	1,001	1,820
90 x 13	1 170	9,18	1,651	2,540
90 x 16	1 440	11,30	3,072	3,840
100 x 10	1 000	7,85	0,835	1,670
100 x 12	1 200	9,42	1,440	2,400
100 x 13	1 300	10,20	1,833	2,820
100 x 14	1 400	11,00	2,289	3,270
100 x 15	1 500	11,77	2,812	3,750
100 x 16	1 600	12,56	3,414	4,267
120 x 11	1 320	10,30	1,331	2,420
120 x 12	1 440	11,30	1,728	2,880

Indicazione per la designazione L x s	Sezione **	Massa lineica *	Momento quadratico **	Modulo di resistenza a flessione **
	mm <sup>2</sup>	kg/m	J <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>
120 x 13	1 560	12,20	2,197	3,380
120 x 14	1 680	13,19	2,744	3,920
120 x 16	1 920	15,07	4,096	5,120
130 x 11	1 430	11,20	1,441	2,620
130 x 13	1 690	13,30	2,379	3,661
130 x 15	1 950	15,31	3,656	4,875

\* La massa lineica è calcolata in base alle dimensioni nominali di L ed s, senza tenere conto dell'arrotondamento sui fianchi, dei raccordi e della rigatura centrale ed in base alla massa volumica di 7,85 kg/dm<sup>3</sup>.

\*\* La sezione, il momento quadratico e il modulo di resistenza a flessione sono calcolati in base alle dimensioni nominali di L ed s, senza tenere conto dell'arrotondamento sui fianchi, dei raccordi e della rigatura centrale.

## 2. Materiale

Se non diversamente concordato all'ordinazione o espressamente indicato in altre norme riguardanti molle di acciaio per particolari applicazioni, il materiale dei piatti rigati della presente norma deve essere scelto tra gli acciai della UNI 3545-68. La designazione deve essere completata con l'indicazione del tipo di acciaio desiderato.

## 3. Tolleranze

3.1. Le tolleranze ammesse sulle dimensioni nominali sono indicate nel prospetto seguente.

Scostamenti limite		
sulla larghezza l	sullo spessore s al bordo	sulla metà larghezza c
± 0,50	± 0,20	± 0,30

3.2. Nel caso di forniture di piatti in barre di lunghezza fissa (vedere punto 4.2.) la tolleranza sulla lunghezza è, di regola, +100 mm. Tolleranze minori devono essere concordate tra le parti all'ordinazione.

3.3. Il disassamento tra la nervatura e la scanalatura, indicato in figura con e, non deve essere maggiore di 0,30 mm.

3.4. La tolleranza di rettilineità dei piatti nel piano del lato maggiore della sezione (sciabolatura) è di 2 mm/m.

3.5. Non è ammessa alcuna bombatura (convessità) sulla larghezza delle facce inferiore e superiore del piatto. Sulla larghezza delle facce medesime è tollerata una concavità purché l'eventuale differenza di spessore in una stessa sezione trasversale del piatto sia contenuta entro il limite di 0,20 mm per larghezze fino a 80 mm e di 0,30 mm per larghezze maggiori.

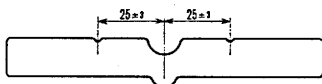
## 4. Modo di fornitura

4.1. I piatti rigati della presente norma vengono forniti, di regola, allo stato grezzo di laminazione, in barre sciolte di lunghezze commerciali.

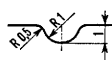
4.2. Previo accordo tra committente e fornitore i piatti possono essere forniti in barre di lunghezza fissa.

## 5. Rigature di contrassegno

Per distinguere i piatti da temprare in olio, anziché in acqua, può essere richiesto all'ordinazione che i piatti da temprare in olio portino come contrassegno due rigature longitudinali conformi per dimensioni e posizione alla figura seguente.



Particolare rigature



UNIFER  
UNSIDERProdotti finiti di acciaio laminati a caldo  
Piatti lisci per molle a balestra ed a bovolo  
per rotabili di ferrovie, metropolitane e tranvieUNI  
3962-74

Selezione UNI 3960-74

Dimensioni e tolleranze

Hot rolled finished steel products - Smooth flat bars for carriage and volute springs for rolling stock of railway, metropolitan railway and tramway - Dimensions and tolerances

Dimensioni in mm

## 1. Dimensioni

Esempio di designazione di un piatto liscio di acciaio laminato a caldo per molle a balestra ed a bovolo di rotabili di ferrovie, metropolitane e tranvie, avente  $L = 70$  mm ed  $s = 8$  mm:

Piatto 70 x 8 UNI 3960-74

(vedere anche punti 2., 3.2., 4.2. e 5.)

Indicazione per la designazione $L \times s$	Sezione **  mm <sup>2</sup>	Massa lineica *  kg/m	Momento	Modulo
			quadratico ** $J_x$ cm <sup>4</sup>	di resistenza a flessione ** $W_x$ cm <sup>3</sup>
65 x 7	455	3,57	0,186	0,531
70 x 6	420	3,30	0,126	0,420
70 x 8	560	4,40	0,299	0,747
70 x 10	700	5,50	0,585	1,170
70 x 11	770	6,04	0,775	1,410
80 x 9	720	5,65	0,486	1,080
80 x 10	800	6,28	0,665	1,330
80 x 11	880	6,91	0,885	1,610
80 x 12	960	7,54	1,152	1,920
80 x 13	1 040	8,16	1,462	2,250
80 x 15	1 200	9,42	2,250	3,000
90 x 10	900	7,07	0,750	1,500
90 x 11	990	7,77	1,001	1,820
90 x 13	1 170	9,18	1,651	2,540
100 x 5,5*	550	4,31	0,139	0,504
100 x 9	900	7,06	0,607	1,350
100 x 11	1 100	8,64	1,111	2,020
100 x 12	1 200	9,42	1,440	2,400
100 x 13	1 300	10,20	1,833	2,820
100 x 14	1 400	11,00	2,289	3,270
110 x 8	880	6,91	0,468	1,170
110 x 10	1 100	8,64	0,915	1,830
110 x 11	1 210	9,49	1,221	2,220

Indicazione per la designazione l x s	Sezione **	Massa lineica *	Momento quadratico **	Modulo di resistenza a flessione **
	mm <sup>2</sup>	kg/m	J <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>
110 x 12	1 320	10,40	1,584	2,640
110 x 13	1 430	11,20	2,015	3,100
110 x 14	1 540	12,10	2,513	3,590
120 x 9	1 080	8,47	0,729	1,620
120 x 10	1 200	9,42	1,000	2,000
120 x 12	1 440	11,30	1,728	2,880
120 x 13	1 560	12,20	2,197	3,380
130 x 7,5*	975	7,65	0,454	1,210
130 x 8,5*	1 105	8,67	0,663	1,560
130 x 9	1 170	9,18	0,787	1,750
130 x 10,5*	1 365	10,70	1,249	2,380
130 x 11	1 430	11,20	1,441	2,620
130 x 14	1 820	14,30	2,975	4,250
140 x 10	1 400	11,00	1,165	2,330
140 x 12	1 680	13,20	2,016	3,360
140 x 14	1 960	15,40	3,199	4,570
150 x 14,5*	2 175	17,00	3,806	5,250

\* Queste dimensioni sono particolarmente indicate per la costruzione di molle a bovolo.

\* La massa lineica è calcolata in base alle dimensioni nominali di l ed s, senza tenere conto dell'arrotondamento sui fianchi, ed alla massa volumica di 7,85 kg/dm<sup>3</sup>.

\*\* La sezione, il momento quadratico e il modulo di resistenza a flessione sono calcolati in base alle dimensioni nominali di l ed s, senza tenere conto dell'arrotondamento sui fianchi.

## 2. Materiale

Se non diversamente concordato all'ordinazione o espressamente indicato in altre norme riguardanti molle di acciaio per particolari applicazioni, il materiale dei piatti della presente norma deve essere scelto tra gli acciai della UNI 3545-68. La designazione deve essere completata con l'indicazione del tipo di acciaio desiderato.

## 3. Tolleranze

3.1. Le tolleranze sulle dimensioni sono indicate nel prospetto seguente.

Dimensioni nominali		Scostamenti limite	
Larghezza l	Spessore s	sulla larghezza l	sullo spessore s
65 ÷ 80	≤ 7	± 0,50	+ 0,20 - 0,10
	> 7		± 0,20
90 ÷ 130	≤ 7		± 0,20
	> 7		± 0,25
140 e 150	≥ 10	± 0,30	

(segue)

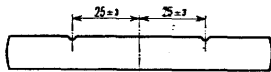
- 3.2. Nel caso di forniture di piatti in barre di lunghezza fissa (vedere punto 4.2.) la tolleranza sulla lunghezza deve essere concordata all'ordinazione tra le parti.
- 3.3. La tolleranza di rettilineità dei piatti nel piano del lato maggiore della sezione (sciabolatura) è di 2 mm/m.
- 3.4. Non è ammessa alcuna bombatura (convessità) sulla larghezza delle facce inferiore e superiore del piatto. Sulla larghezza delle facce medesime è tollerata una concavità, purché l'eventuale differenza di spessore in una stessa sezione del piatto sia contenuta entro il limite di 0,10 mm per larghezze fino a 80 mm e di 0,15 mm per larghezze maggiori.

#### 4. Modo di fornitura

- 4.1. I piatti della presente norma vengono forniti, di regola, allo stato grezzo di laminazione, in barre sciolte di lunghezze commerciali.
- 4.2. Previo accordo all'ordinazione tra committente e fornitore, i piatti possono essere forniti in barre di lunghezza fissa.

#### 5. Rigature di contrassegno

Per distinguere i piatti da tempra in olio, anziché in acqua, può essere richiesto all'ordinazione che i piatti da tempra in olio portino come contrassegno due rigature longitudinali conformi per dimensioni e posizione alla figura seguente.



Particolare rigature

