



Applicazioni Industriali

Stampaggio a freddo - Tranciatura

Marco Raimondi

e-mail: mramondi@liuc.it

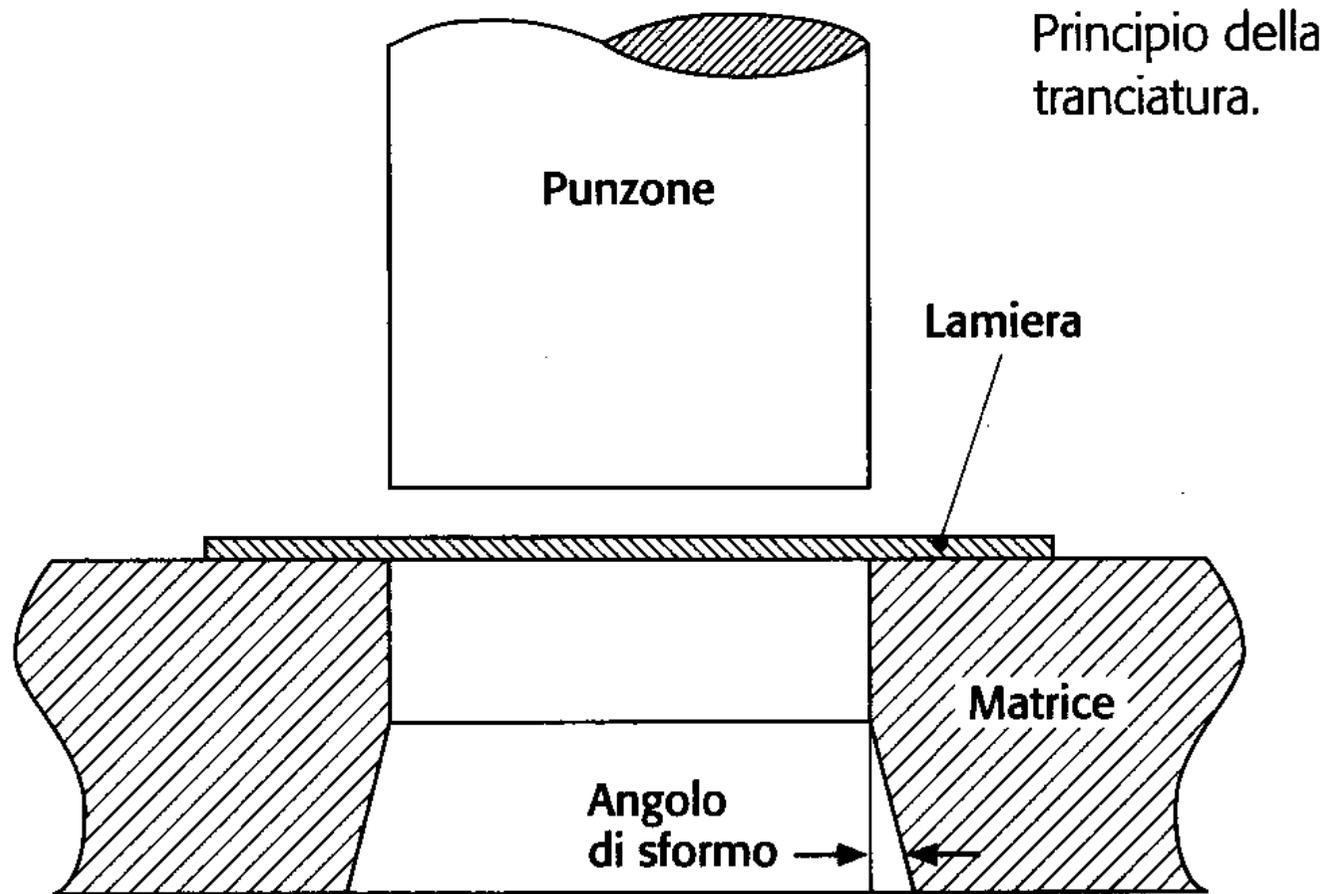
Lavorazione a freddo delle lamiere

- **È il processo più diffuso per la produzione di grande serie di componentistica metallica tipica del settore automobilistico, degli elettrodomestici e delle attrezzature in generale.**
- **Si compone di più lavorazioni quali:**
 - Tranciatura o punzonatura
 - Piegatura
 - Imbutitura
 - Curvatura o calandratura
 - Profilatura

Tranciatura

- È un'operazione in grado di tagliare sezioni piane prefissate di lamiera in quadrotti o nastri
- Viene eseguita su una pressa grazie ad uno stampo composto da due parti:
 - Matrice vincolata alla parte fissa della pressa
 - Punzone solidale con la slitta
- Il punzone penetra nella lamiera e la attraversa asportando un profilo di materiale di sagoma pari alla sezione del punzone
- La parte asportata, attraverso un foro nella parte fissa della pressa viene raccolta come sfrido nella parte bassa della pressa per essere evacuato
- Il gioco tra punzone e foro della matrice deve avere un certo gioco che deve essere tanto più grande quanto più:
 - La lamiera è di spessore elevato
 - La resistenza a trazione del materiale è elevata

Tranciatura



Tranciatura e punzonatura

- **Si parla di tranciatura quando il pezzo tagliato è il prodotto e la parte rimanente è lo sfrido**
- **Si parla invece di punzonatura quando la lamiera forata è il prodotto e lo sfrido è invece la parte asportata**

Punzonatura e tranciatura

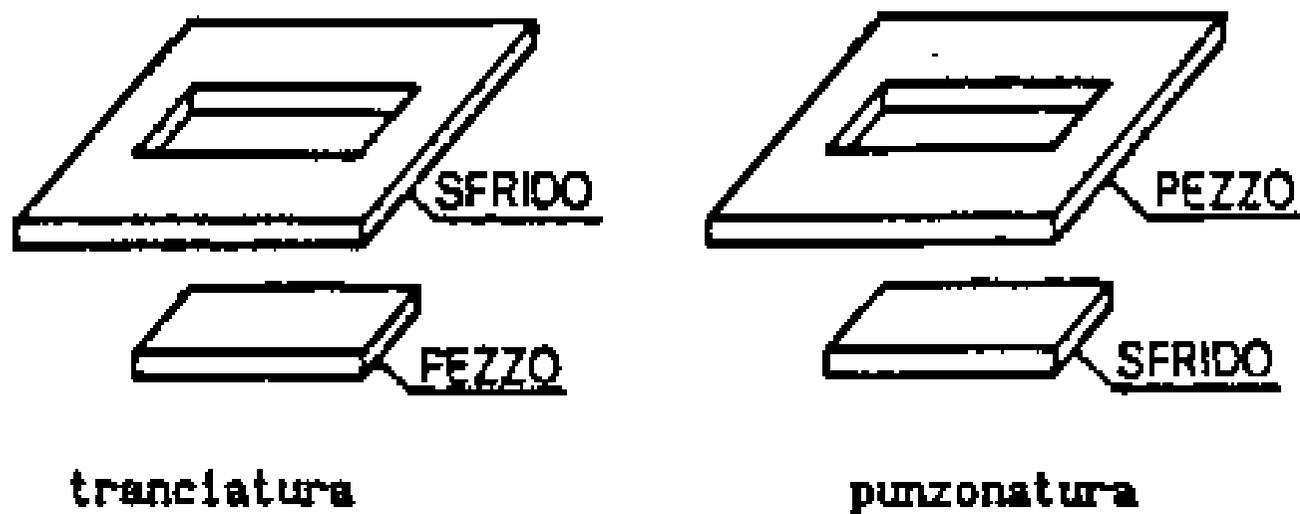
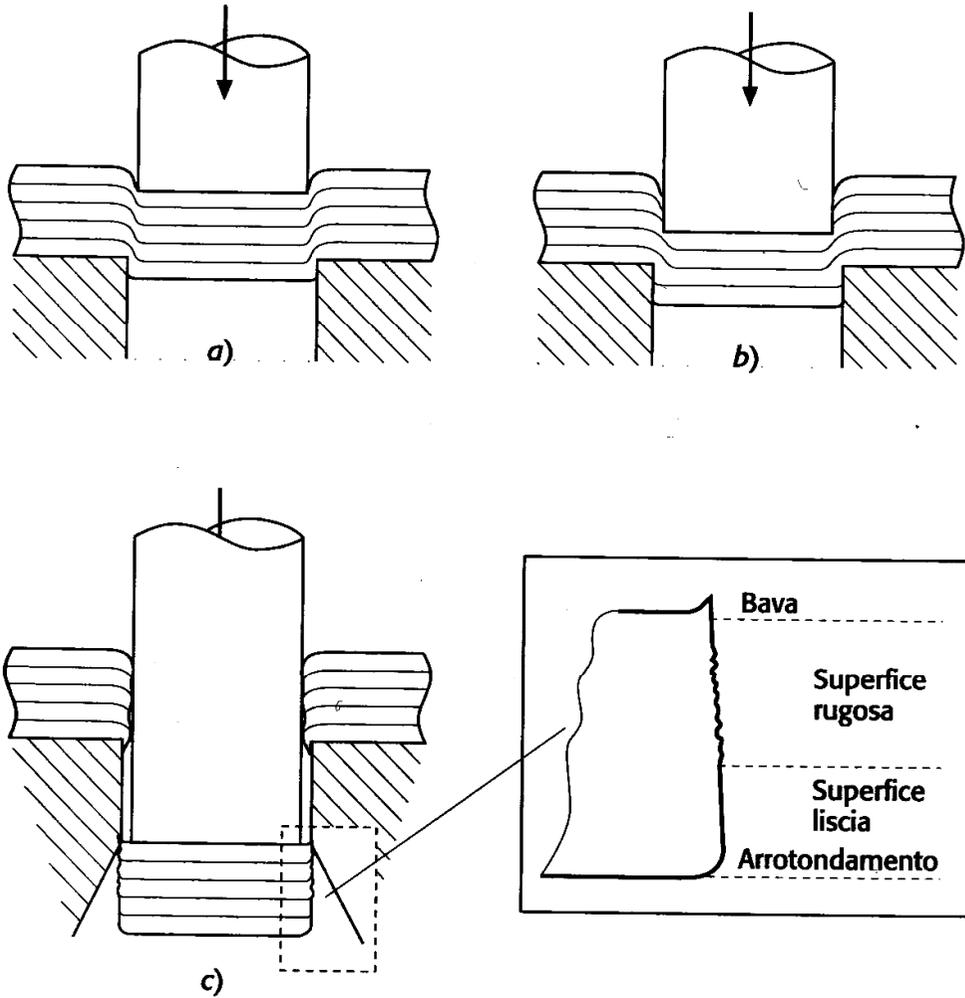


Fig. 9.14 - Differenza fra tranciatura e punzonatura.

Schema di tranciatura

- **Esempio, lamiera di altezza pari a 5 mm**
 1. **Il punzone comincia penetrare e deforma plasticamente il materiale**
 2. **A circa 1,3 mm viene superato il carico di resistenza del materiale**
 3. **Si creano delle fessure in corrispondenza del bordo di matrice e punzone**
 4. **A 1,5 mm basta un leggera pressione per distaccare il tondello**

Fasi di tranciatura



Fasi del processo di tranciatura.

a) compressione;

b) formazione della linea di frattura;

c) distacco del tranciato.

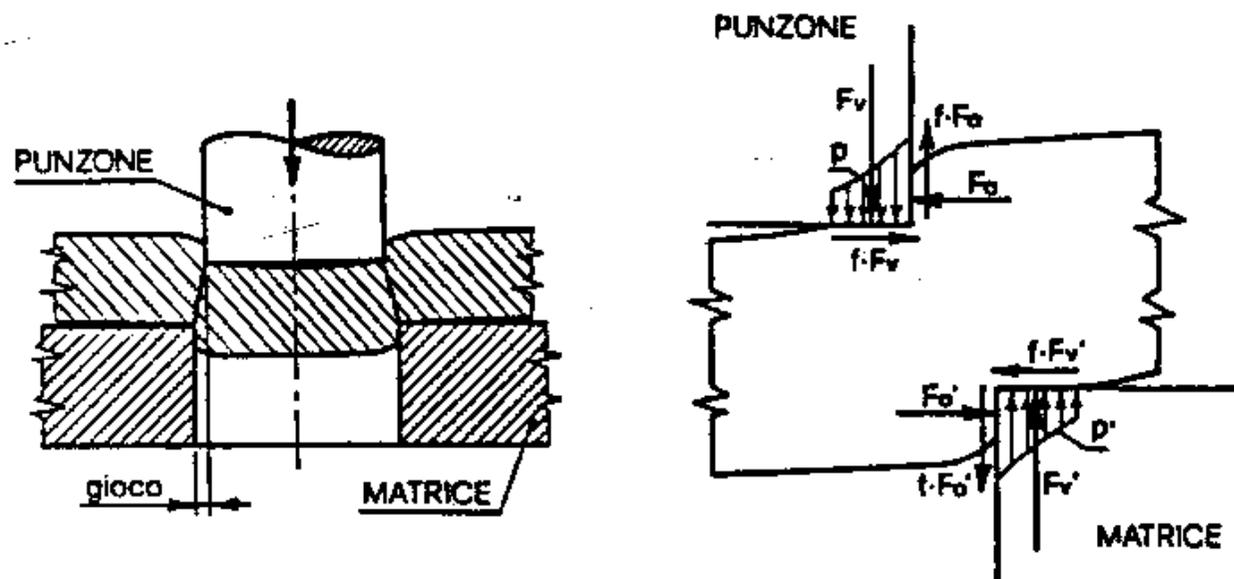
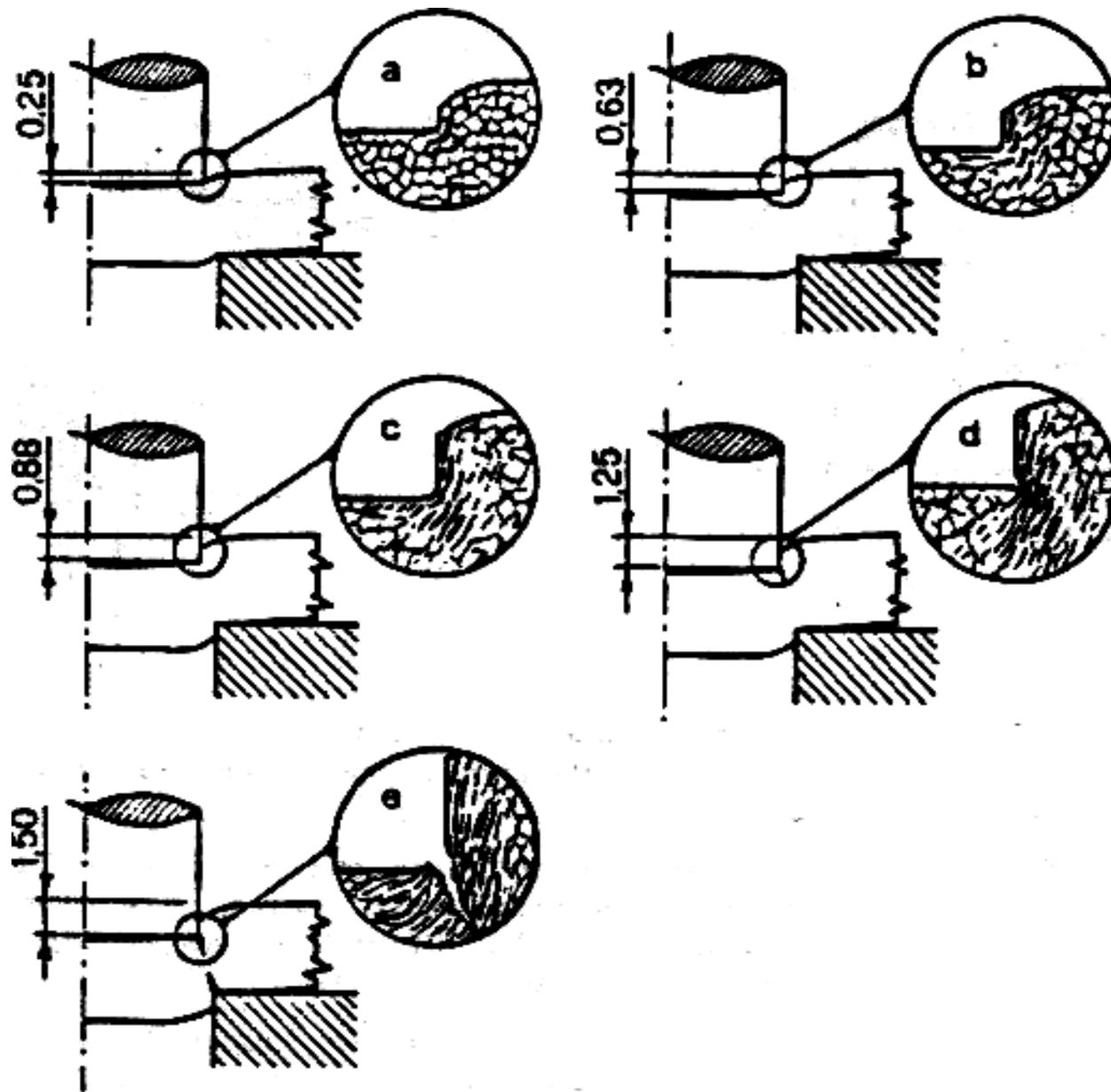


Fig. 9.15 - Schema della tranciatura e relativo stato di sollecitazione (le forze F devono intendersi relative ad una lunghezza tagliata unitaria).

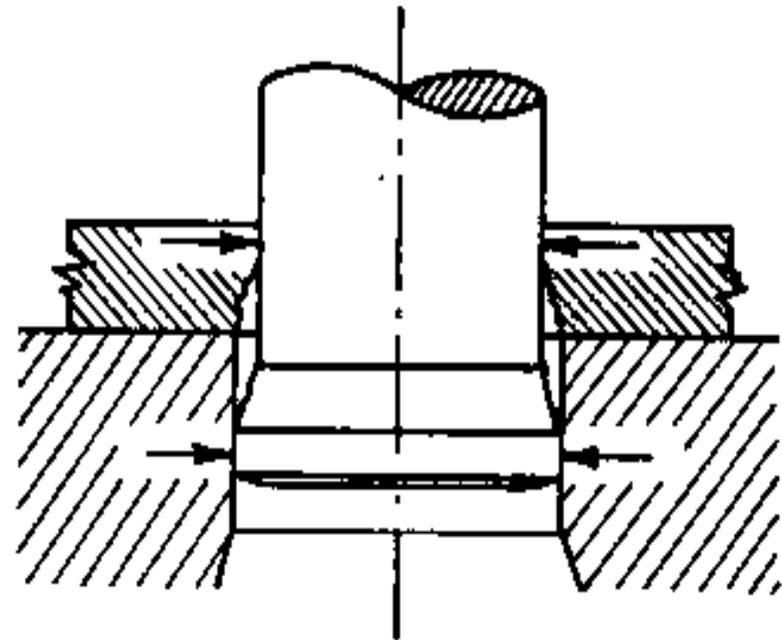
- F_v = forza verticale esercitata dal punzone sulla lamiera. Tale forza e' la risultante della pressione p che agisce, a causa della flessione della lamiera, solo su una fascia di larghezza limitata;
- $f \cdot F_v$ = forza di attrito agente sulla superficie piana del punzone a contatto con la lamiera (f coefficiente di attrito);
- F_o = forza orizzontale esercitata dalla lamiera sul punzone;
- $f \cdot F_o$ = forza di attrito agente sulla superficie cilindrica del punzone;
- F_v' , $f \cdot F_v'$, F_o' e $f \cdot F_o'$ = forze analoghe alle precedenti e agenti sul lato matrice.



- Successione delle varie fasi in un processo di tranciatura.

Ritorno elastico del materiale

La Fig. 9.19 mostra la possibilita' del bordo tranciato di aderire al punzone a causa del recupero elastico del materiale stesso, nonche' la stessa possibilita' per il disco tranciato alla cavita' della matrice.



Rottura in funzione del tipo di materiale

Tabella 9.4 - Valori di penetrazione del punzone (% rispetto allo spessore) per i quali si verificano i primi segni di rottura.

Materiale	x
Acc. al carbonio (C = 0,10%)	
{ laminato	38
{ ricotto	50
Acc. al carbonio (C = 0,20%)	
{ laminato	28
{ ricotto	40
Acc. al carbonio (C = 0,30%)	
{ laminato	22
{ ricotto	33
Acciaio al silicio	30
Alluminio	80
Bronzo	25
Nichel, Rame	55
Ottone, Piombo, Zinco	50

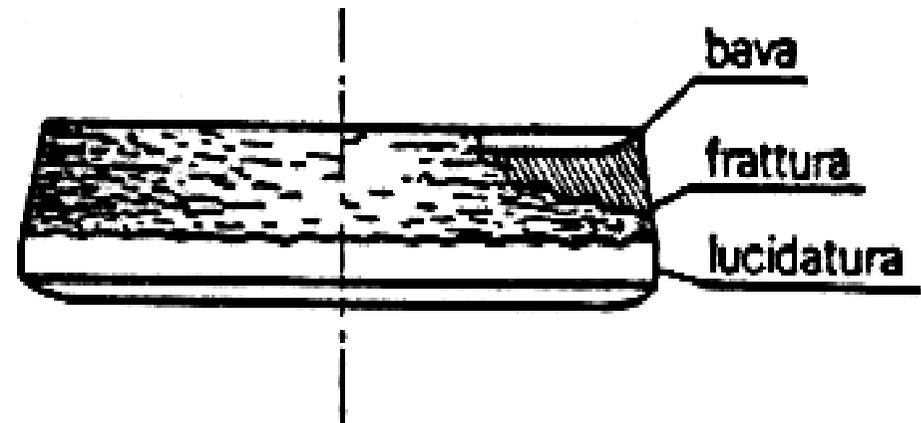
Tranciatura

- **La sezione del tondello tranciato presenta una morfologia tipica caratterizzata da:**
 - **Uno spigolo arrotondato caratteristico della superficie opposta a quella ove interviene il punzone**
 - **Una zona liscia nel tratto opposto a quello del punzone che ha strisciato sulla matrice al momento del distacco**
 - **Una zona rugosa esemplificativa del fenomeno di frattura**
 - **Uno spigolo rivolto verso il punzone presentante bave**

Forma del profilo tranciato

Fig. 9.17

Forma del disco tranciato.



Gioco punzone-matrice

- Il dimensionamento del gioco tra punzone e matrice è fondamentale per una buona tranciatura. Esso dipende da:
 - Tipo di materiale utilizzato
 - Spessore della lamiera

per spessori $< 3\text{mm}$ $g = 0,007 \cdot s \cdot \sqrt{k_t}$

per spessori $> 3\text{mm}$ $g = (0,007 \cdot s - 0,005) \cdot \sqrt{k_t}$

ove k_t è la resistenza al taglio della lamiera

Valore di K_t in funzione del materiale

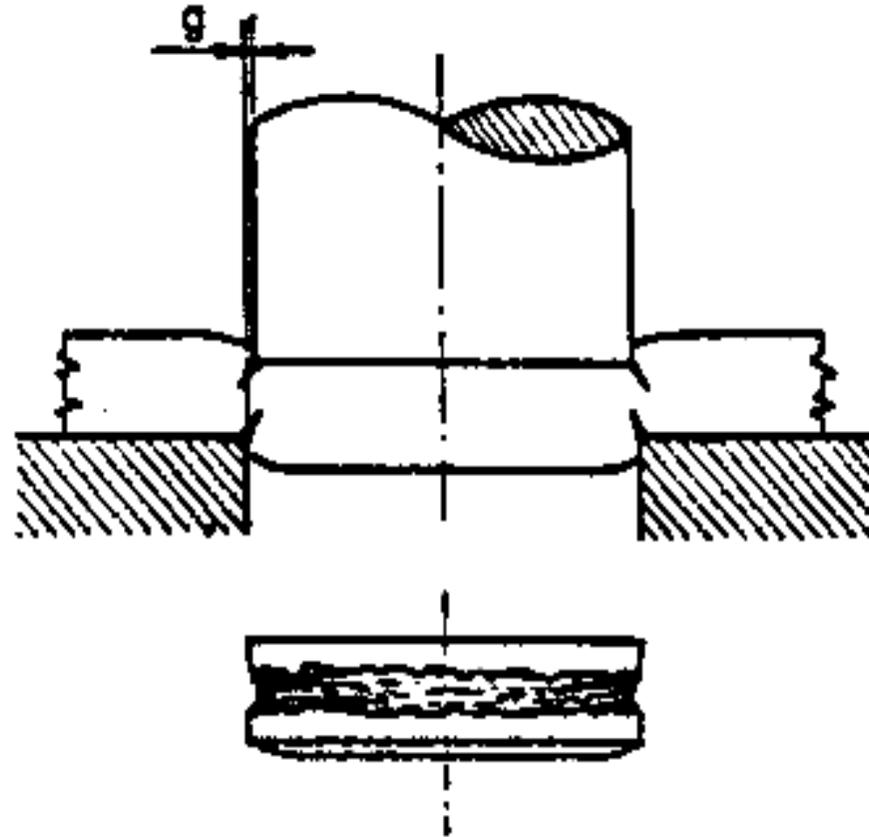
Tabella 9.5 - Valori di k_t per diversi tipi di acciai. Il campo di variabilita' dipende dallo stato di incrudimento.

MATERIALE	k_t (N/mm ²)
Fe P00	280 + 350
Fe P01 e Fe P02	240 + 300
Fe P03 e Fe P04	250 + 320
C 10	280 + 340
C 30	400 + 500
C 50	550 + 650
C 70	700 + 900
Inossidabile ferrit.	350 + 550
Inossidabile austen.	400 + 600

Gioco matrice-punzone

Fig. 9.18

Tipo di rottura dovuto ad un gioco g troppo basso.



Stampi di tranciatura

- **Dimensionamento:**
 - Nella punzonatura il diametro del foro è stabilito dal punzone e la matrice deve essere maggiorata di 2g
 - Nella tranciatura le dimensioni del pezzo sono quelle dalla matrice ed il punzone dovrà essere ridotto di 2g
- **L'usura dello stampo può comportare:**
 - Aumento giochi matrice-punzone
 - Arrotondamento degli spigoli taglienti
 - Scheggiature
- **La deriva di tali fenomeni può portare progressivamente allo scarto dei pezzi tranciati**

Forza massima di tranciatura

- La forza di tranciatura è influenzata dal tipo di punzone e di matrice, è variabile durante il processo e massima al momento della frattura
- La forza massima può essere determinata con la formula:

$$F_{\max} = l s \sigma_k$$

Ove:

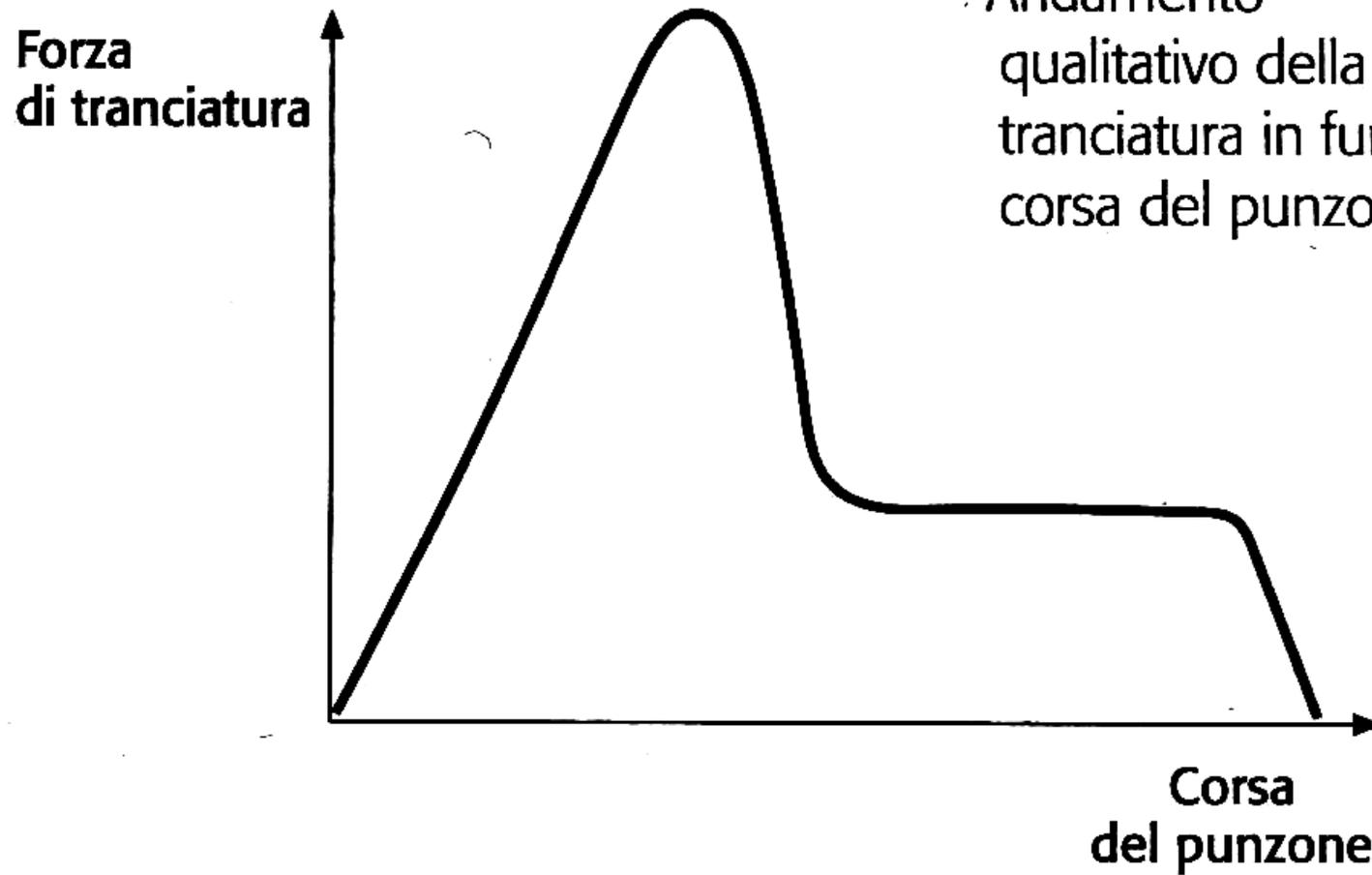
l è il perimetro del profilo tranciato

s è lo spessore del materiale

σ_k è la resistenza specifica a taglio pari a $4/5 R_w$ essendo R_w la resistenza a trazione del materiale

- È poi opportuno maggiorare il valore trovato di circa il 20% al fine di tenere conto dei fenomeni di attrito e di usura dello stampo
- Esistono diversi casi specifici

Forza di tranciatura



Punzone e matrice piani

- **I piani taglienti di punzone e matrice sono paralleli**
- **Il valore della forza è massimo a circa il 30% dello spessore della lamiera**
- **La frattura si propaga immediatamente su tutto il perimetro e la forza cala poi bruscamente (non si annulla a causa dei fenomeni di strisciamento)**
- **Nel caso di gioco scorretto la forza necessaria risulta maggiore**

Calcolo della dell'energia E necessaria per la tranciatura

$$F = kt \cdot A$$

ove

kt è la resistenza al taglio del materiale da tranciare

A è l'area della superficie su cui si esercita la forza

$$E = \lambda \cdot F \cdot s$$

ove

λ è il rapporto tra forza massima e media e dipende da

⇒ materiale tranciato

⇒ spessore della lamiera

s è lo spessore della lamiera

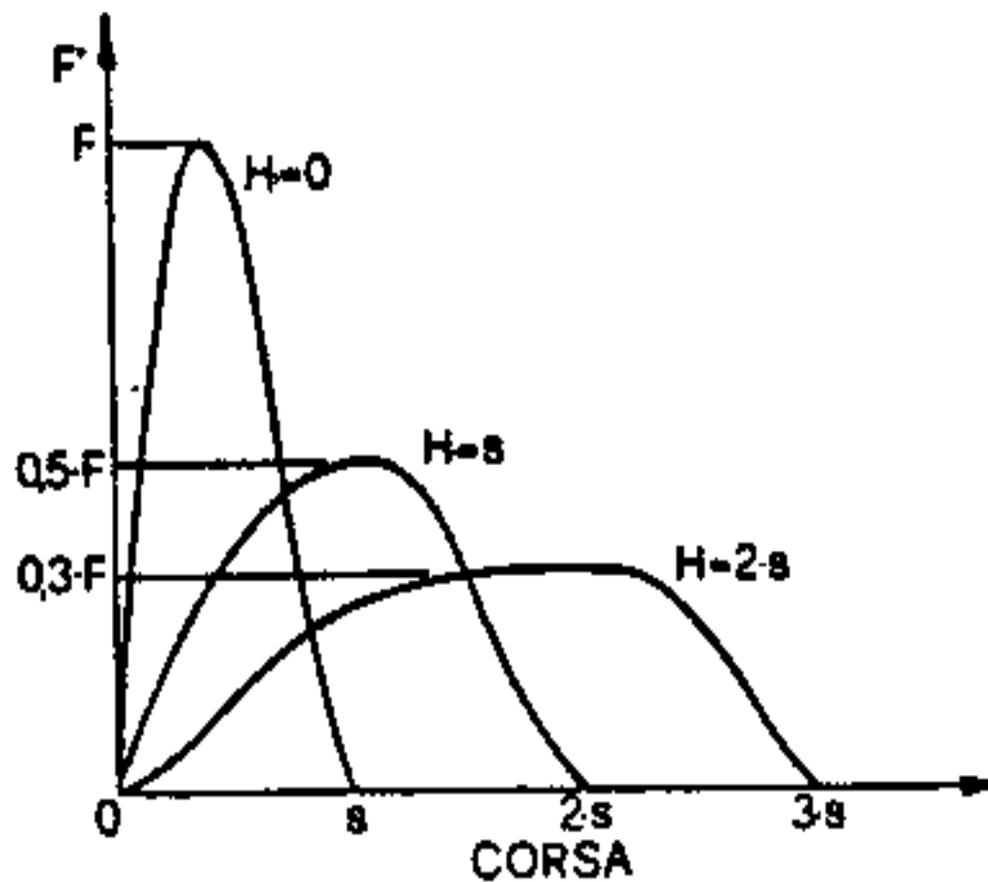
Tabella 9.8 - Valori di λ per lamiera in acciaio di differente resistenza al taglio.

$k_t = 250 + 350$ $(N/mm)^2$	$\left\{ \begin{array}{l} s < 1 \\ s = 1 + 2 \\ s = 2 + 4 \\ s > 4 \end{array} \right.$	mm	$\lambda = 0,75$
		mm	$\lambda = 0,70$
		mm	$\lambda = 0,65$
		mm	$\lambda = 0,50$
$k_t = 350 + 500$ (N/mm^2)	$\left\{ \begin{array}{l} s < 1 \\ s = 1 + 2 \\ s = 2 + 4 \\ s > 4 \end{array} \right.$	mm	$\lambda = 0,65$
		mm	$\lambda = 0,60$
		mm	$\lambda = 0,55$
		mm	$\lambda = 0,45$
$k_t = 500 + 750$ (N/mm^2)	$\left\{ \begin{array}{l} s < 1 \\ s = 1 + 2 \\ s = 2 + 4 \\ s > 4 \end{array} \right.$	mm	$\lambda = 0,50$
		mm	$\lambda = 0,45$
		mm	$\lambda = 0,40$
		mm	$\lambda = 0,35$

Forza di tranciatura

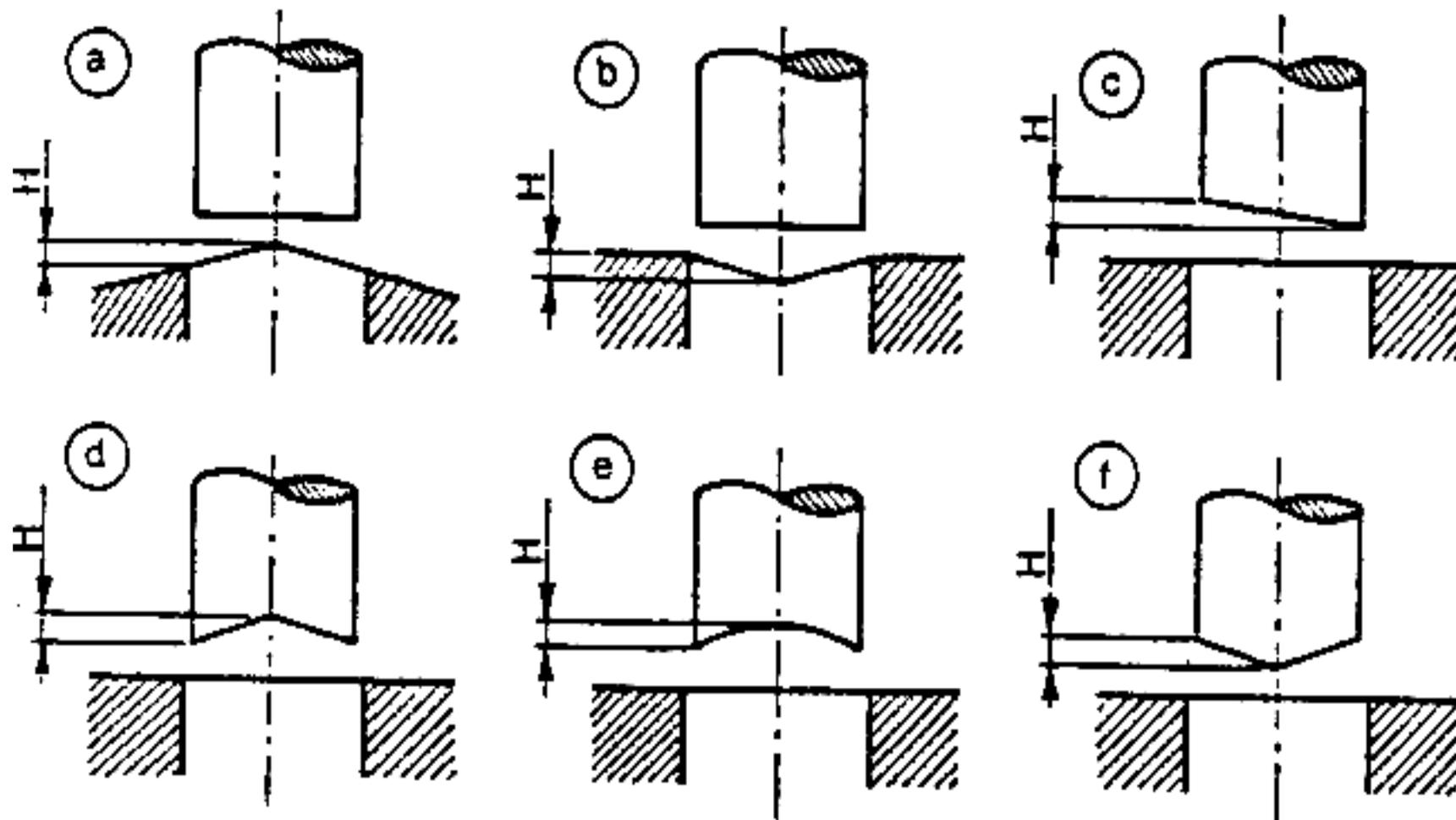
Fig. 9.22

Valori di F' (riferiti alla forza F richiesta da utensili piani) per diversi valori di H (ved. Fig. 9.21).



Punzone e matrice inclinati

- **Il punzone o la matrice presentano piani taglienti inclinati**
- **Caratteristiche:**
 - **Forza massima generalmente minore (in funzione dell'extra corsa del punzone)**
 - **Energia richiesta invariata**
 - **Evitare angoli di inclinazione eccessivi al fine di evitare rapida usura dei punzoni**



9.21 - Tipi di punzoni e di matrici ad angolo per tranciatura (a, b) e per punzonatura (c, d, e, f).

Forza

dall'espressione dell'energia

$$E = \lambda \cdot F' \cdot (s + H)$$

ove

λ è il rapporto tra forza massima e media e dipende da

⇒ materiale tranciato

⇒ spessore della lamiera

s è lo spessore della lamiera

h è l'extracorsa del punzone

da cui

$$F' = F \cdot \frac{s}{s + H}$$

Spinta laterale

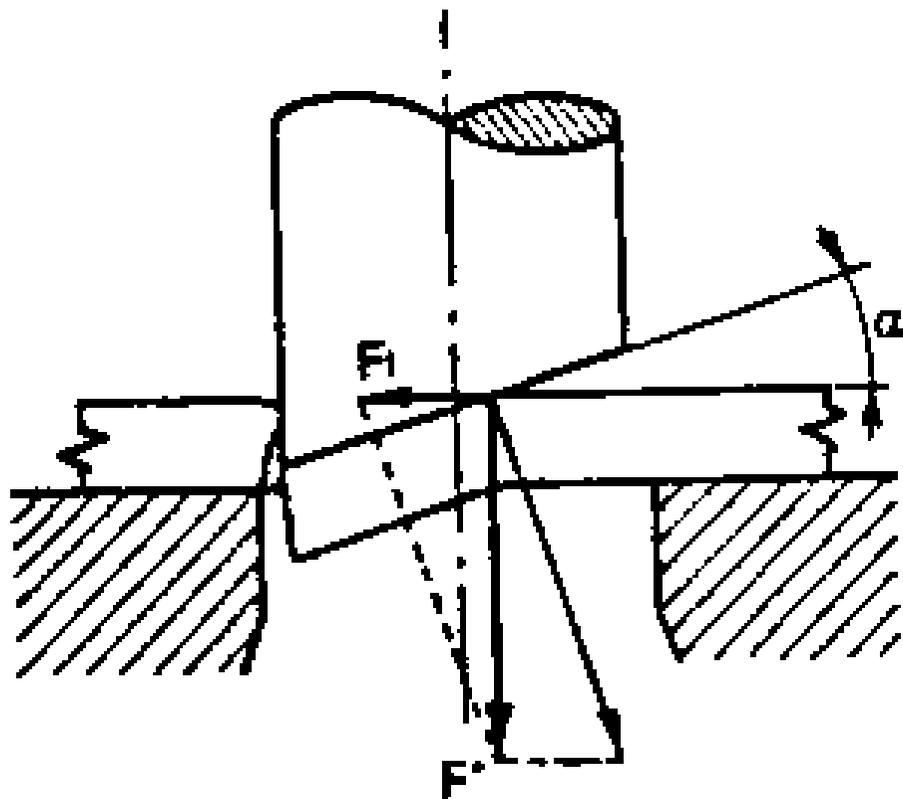


Fig. 9.23 - Spinta laterale.

Energia

$$E = \lambda' \cdot F' \cdot (s + H)$$

ove

λ' è pari a

$\Rightarrow 0,5 - 0,6$ per $H = s$

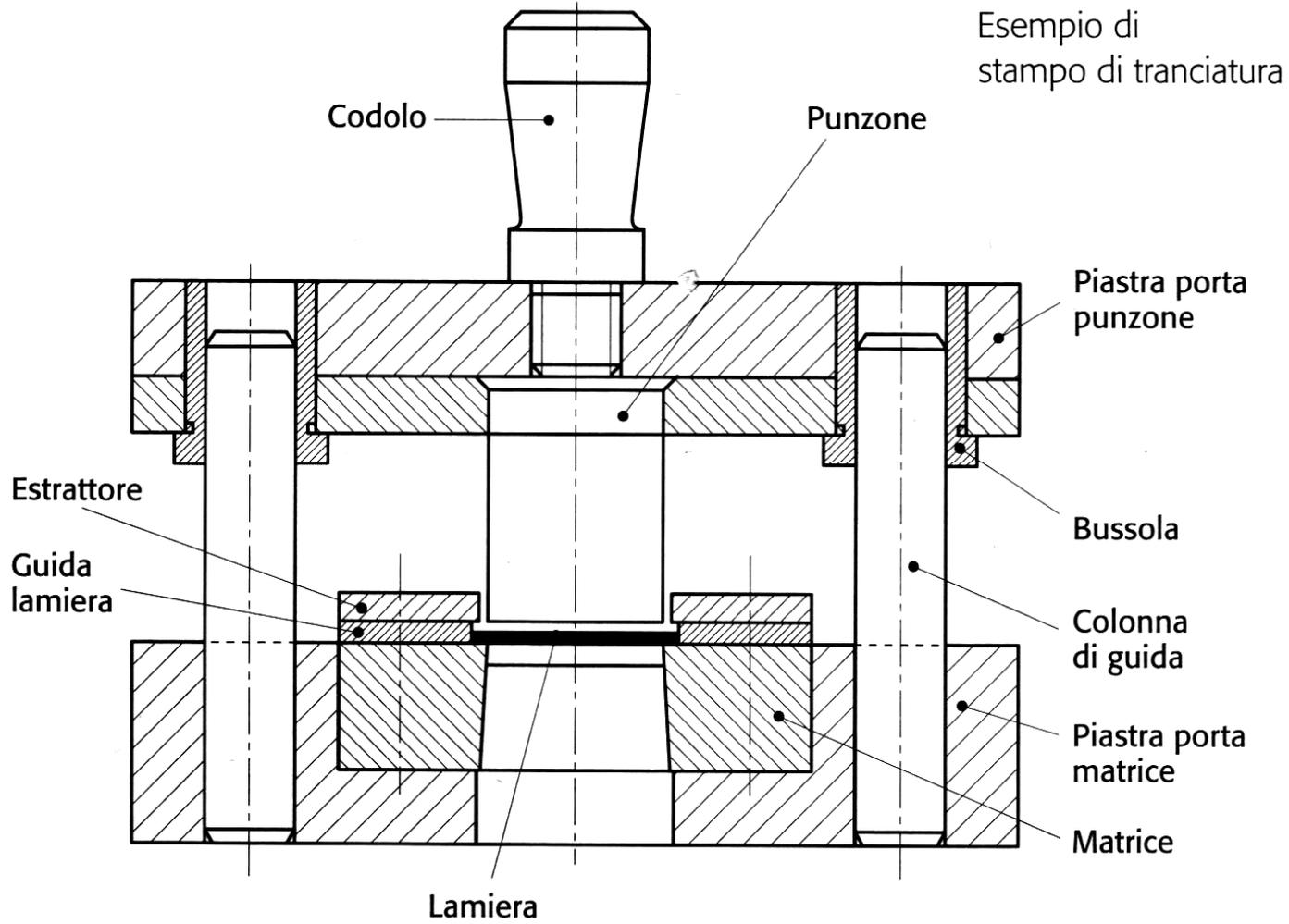
$\Rightarrow 0,7 - 0,8$ per $H = 2s$

s è lo spessore della lamiera

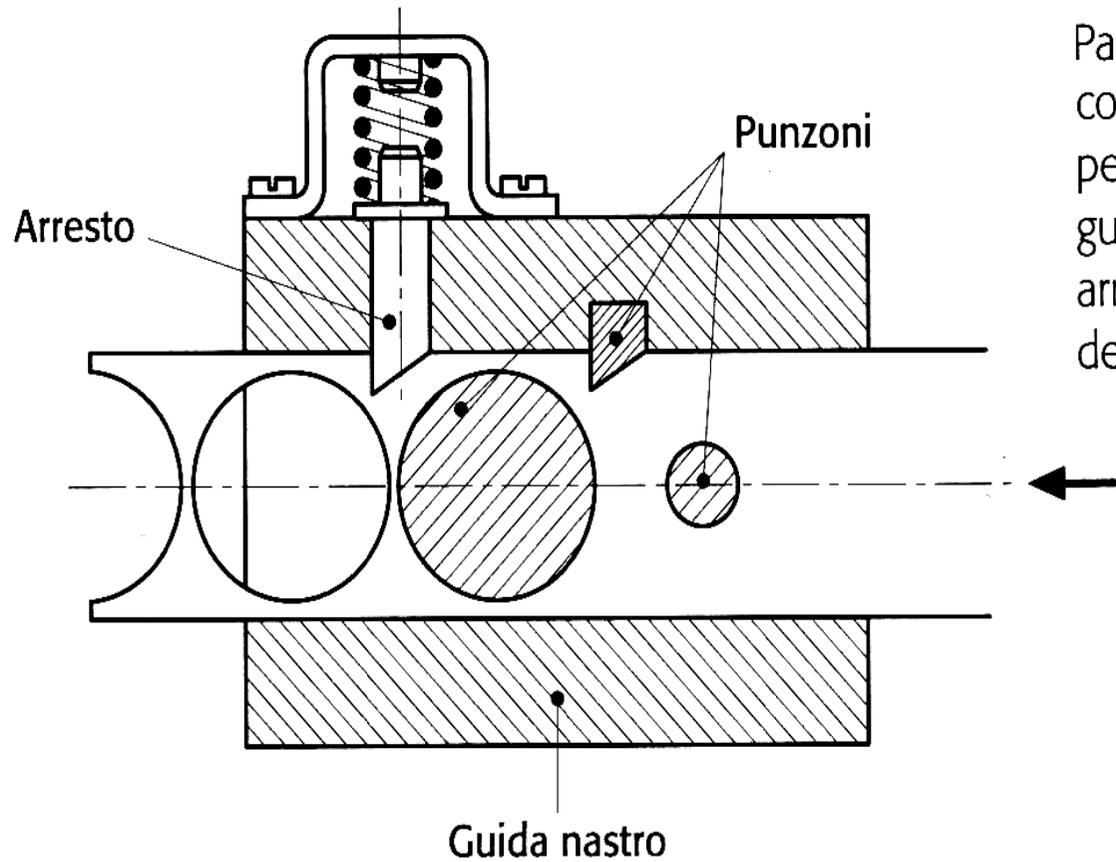
Tranciatura con stampi

- **Caratteristiche dello stampo:**
 - **Matrice e punzone prodotti con acciai per utensili ad alto contenuto di carbonio e trattati termicamente e spigoli a raggio nullo**
 - **Piastre di sostegno in acciaio standard**
 - **Presenza di premilamiera per evitare deformazioni non volute**
 - **Disposizione dei pezzi a minimizzare lo sfrido**
 - **Codoli di riferimento per il passo da tenere nel caso di nastri**
 - **Guide per tenere il nastro aderente alla matrice e evitare fuoriuscite dalla sede**
 - **Presse generalmente meccaniche**
 - **Produzione garantita anche di più di 100.000 pezzi previa riaffilatura ogni 10.000 – 20.000 battute**

Stampo di tranciatura

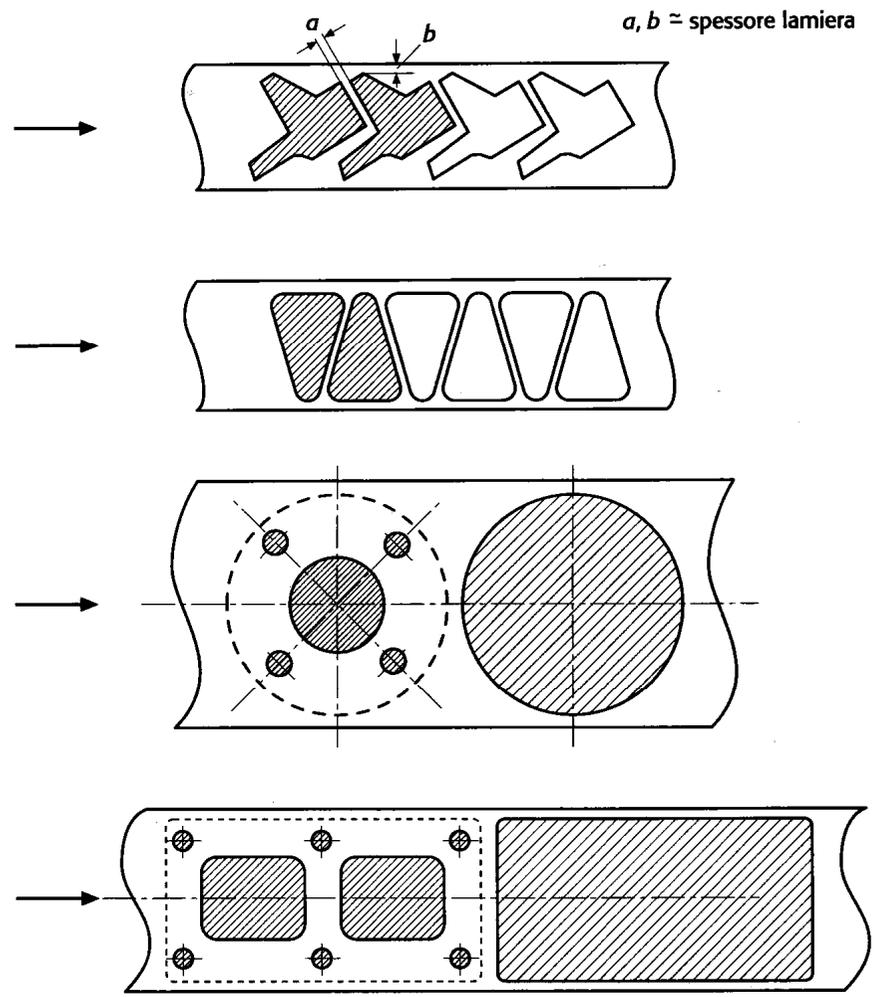


Stampo “progressivo”



Particolari costruttivi di uno stampo per tranciatura: dispositivo guidanastro e sistema per arresto del nastro al termine del passo di avanzamento.

Stampo "progressivo"

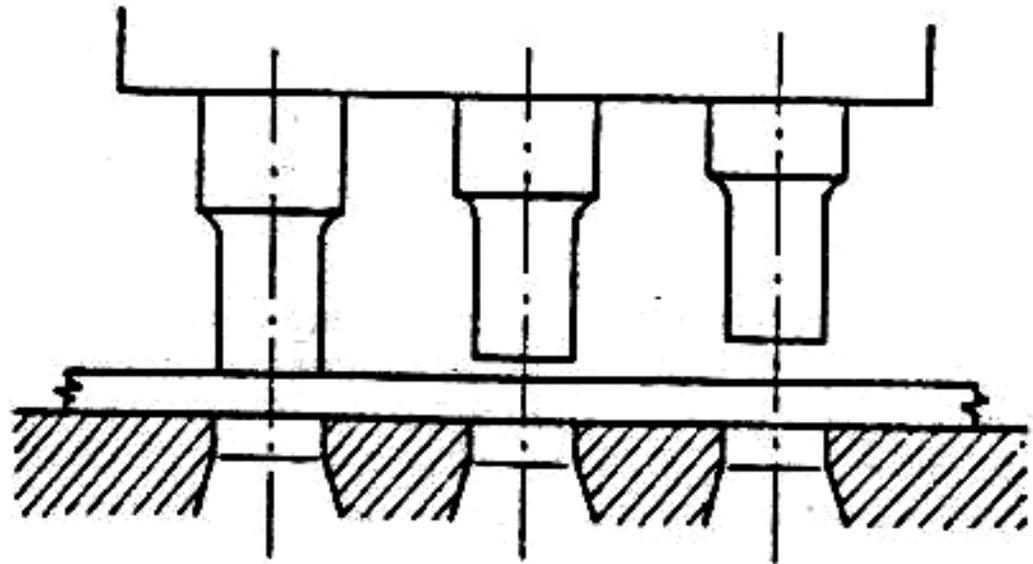


Esempi di tranciatura progressiva.

Punzonatura progressiva

Fig. 9.24

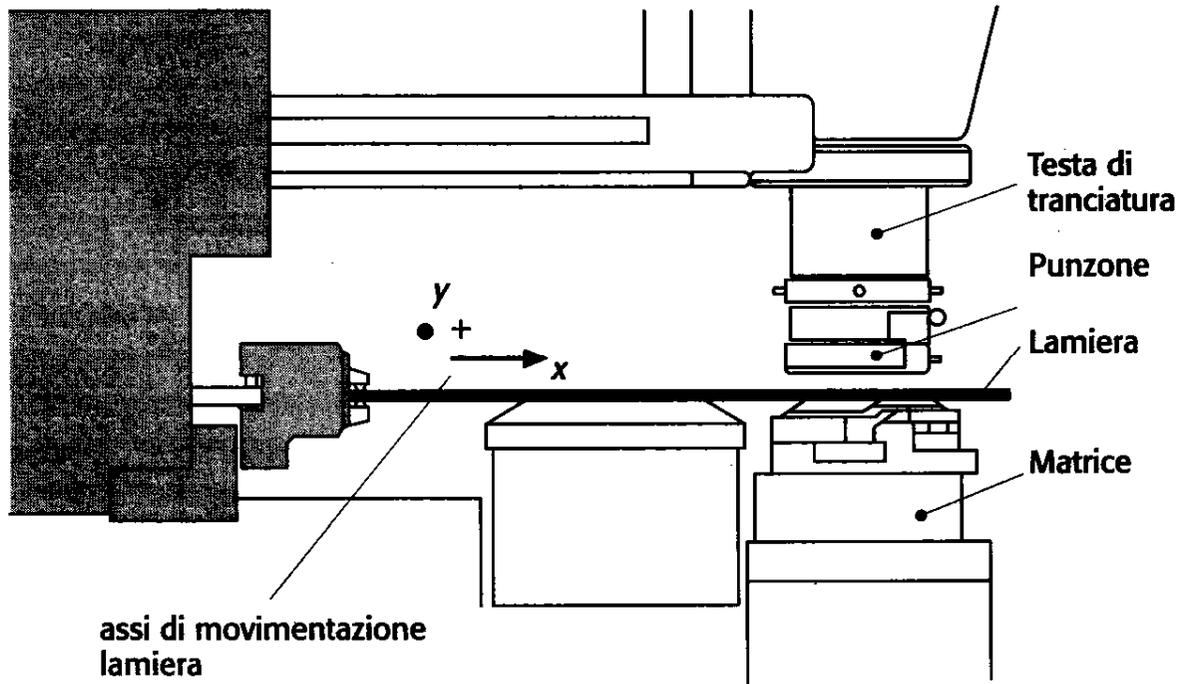
Punzonatura multipla con punzoni di differente lunghezza.



Tranciatura su centri di lavorazione lamiera

- **I centri di lavoro a controllo numerico vengono utilizzati per piccoli lotti di pezzi ove non risulta conveniente un grande investimento in stampi**
- **Il deposito di punzoni e matrici del centro consente di ottenere con una traiettoria definita punto-punto su un piano x-y una grande varietà di sagome anche complesse di tranciatura.**
- **Esistono anche teste di taglio laser per sagome molto complesse**

Centro di lavorazione lamiera

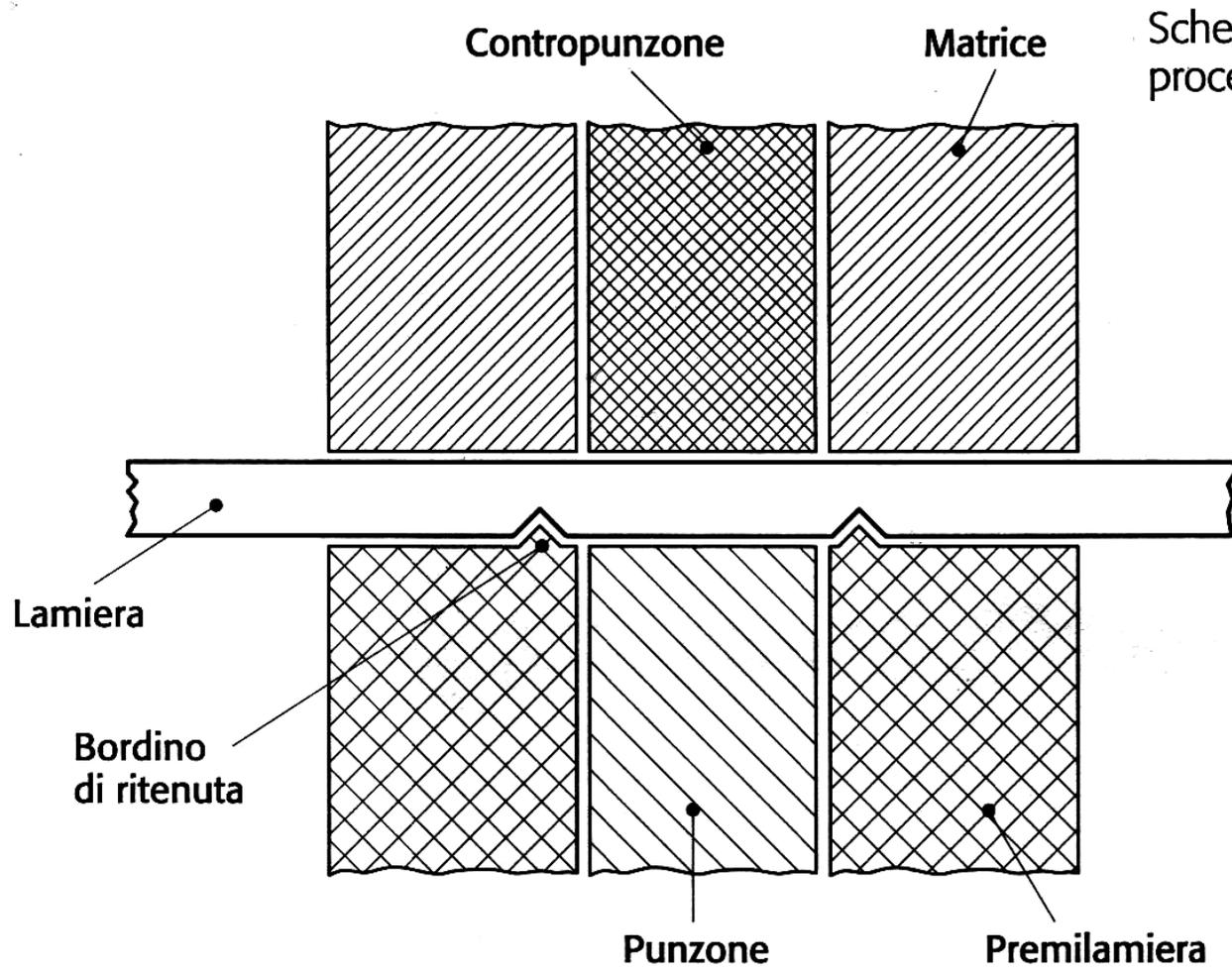


Schema semplificato di un centro di lavorazione della lamiera a controllo numerico, in fase di tranciatura.

Tranciatura fine

- È realizzabile su presse apposite e consente di evitare costose operazioni di finitura su pezzi che necessitano di un certo grado di precisione (tolleranze dell'ordine di 0,025 mm).
- È praticabile su presse apposite dotate di:
 - Premilamiera
 - Punzone con punto morto inferiore regolabile
 - Contropunzone di estrazione

Tranciatura "fine"



Schema del processo di tranciatura fine.

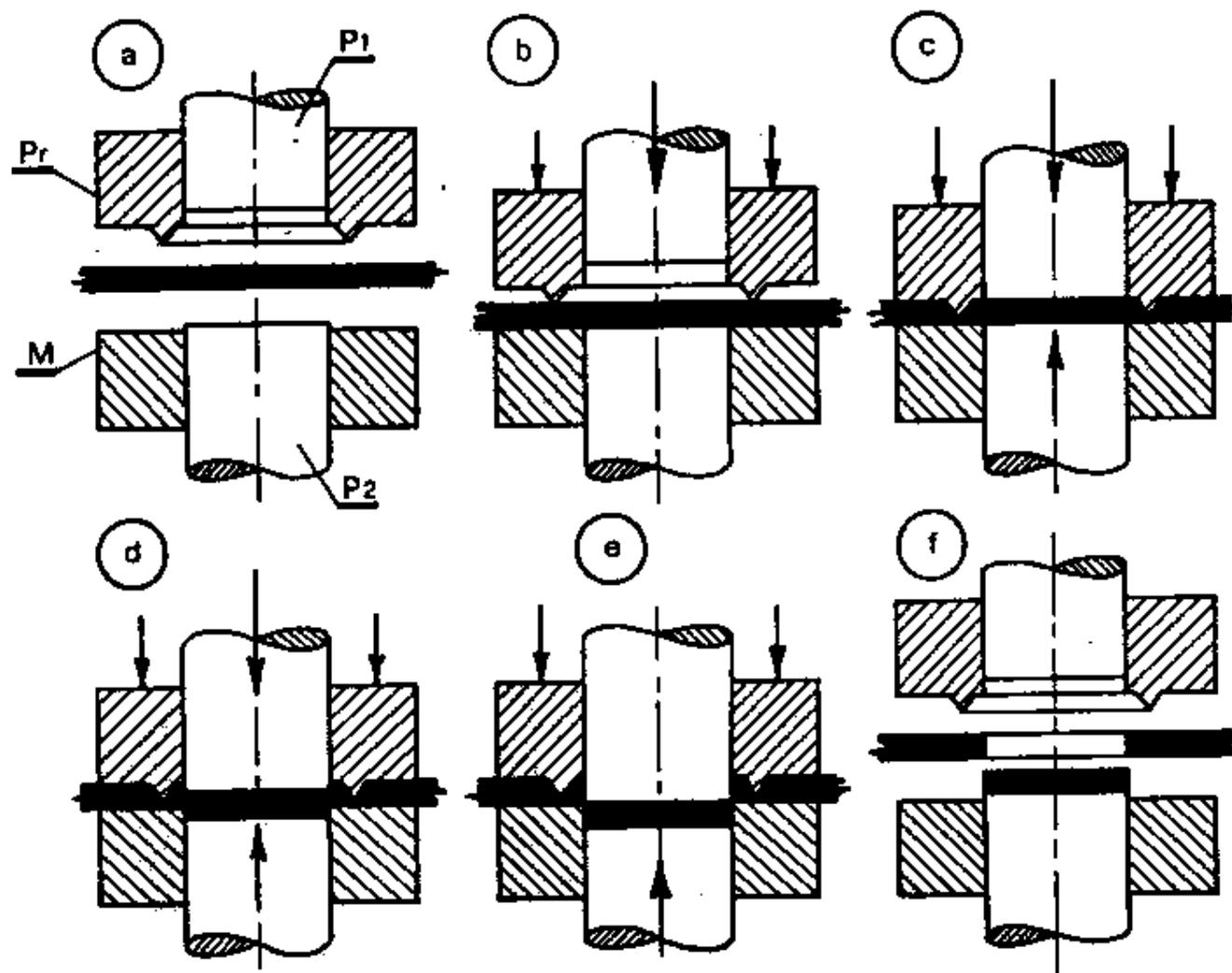


Fig. 9.25 - Sequenza operativa della tranciatura fine.

P1 = punzone, P2 = contropunzone,
 Pr = prelamiera, M = matrice.

Centro di lavorazione lamiera

