

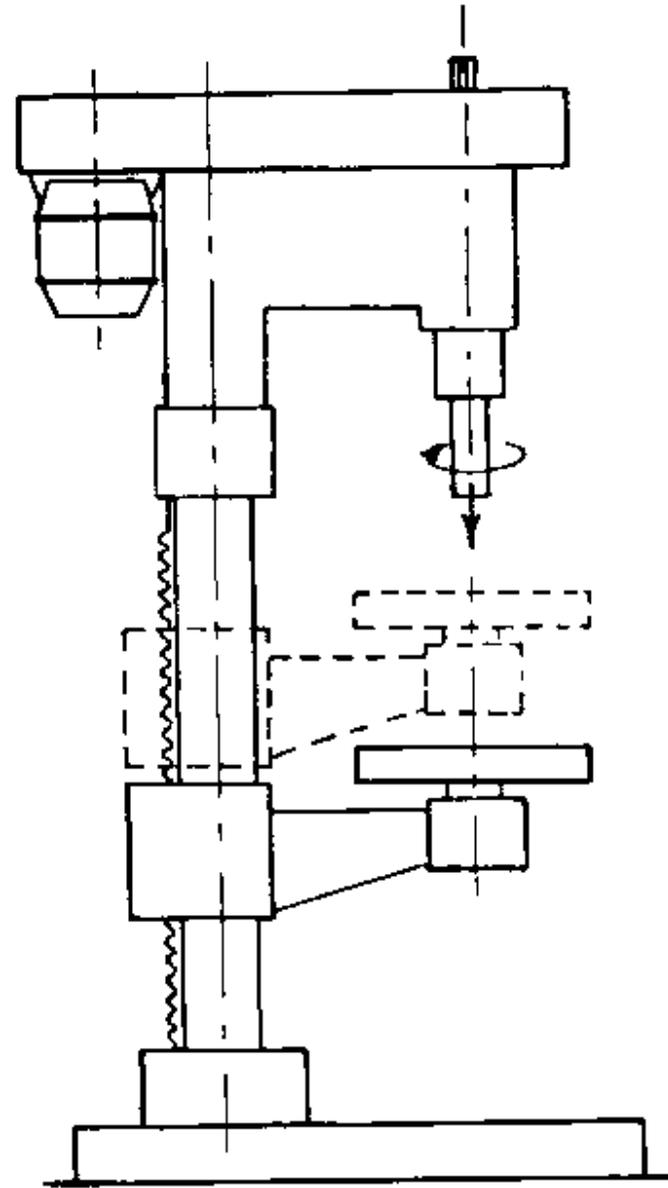
# Foratura e lavorazioni complementari



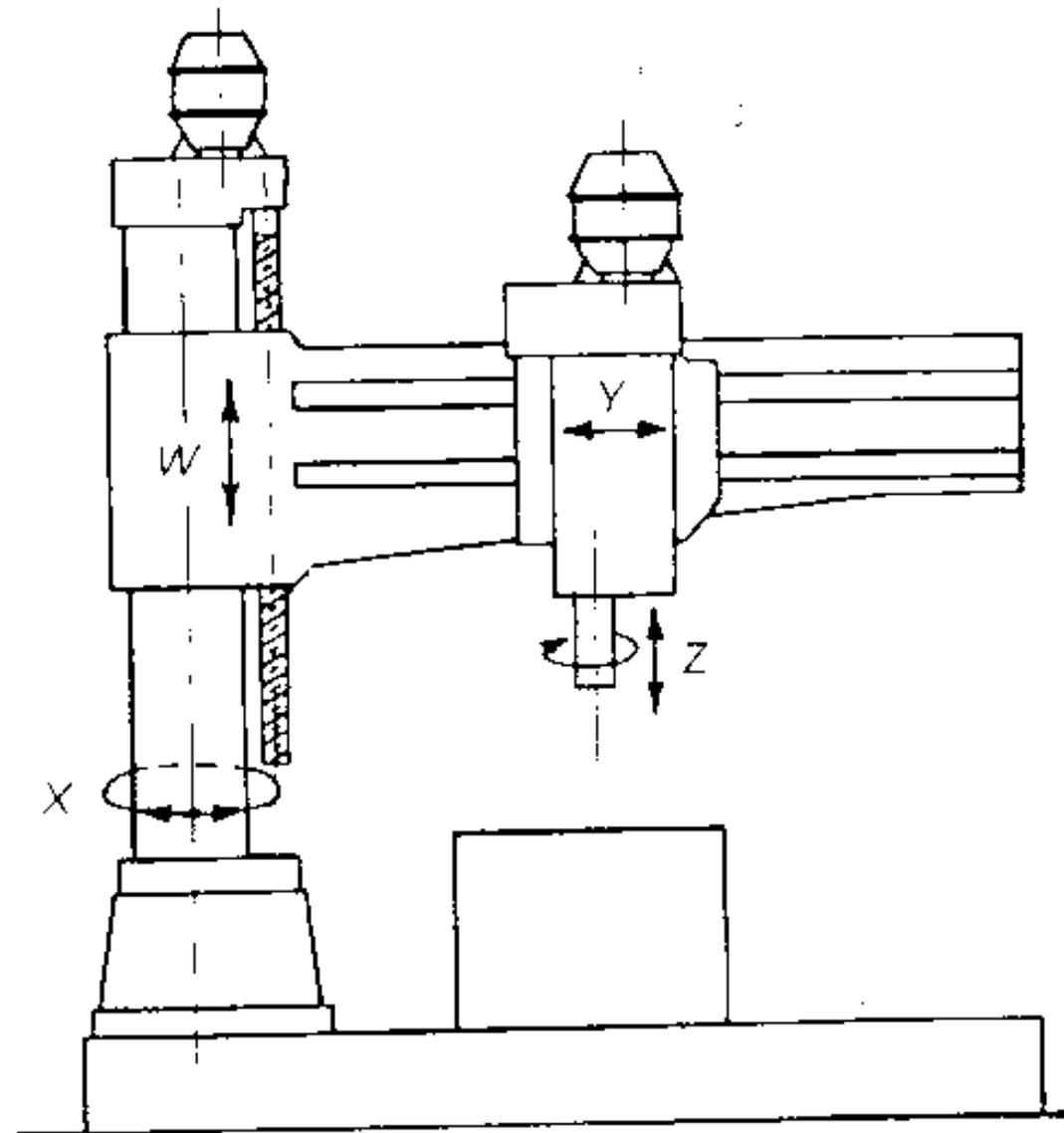
# Foratura

È la più comune delle operazioni effettuate mediante il trapano e serve per ottenere fori di precisione grossolana

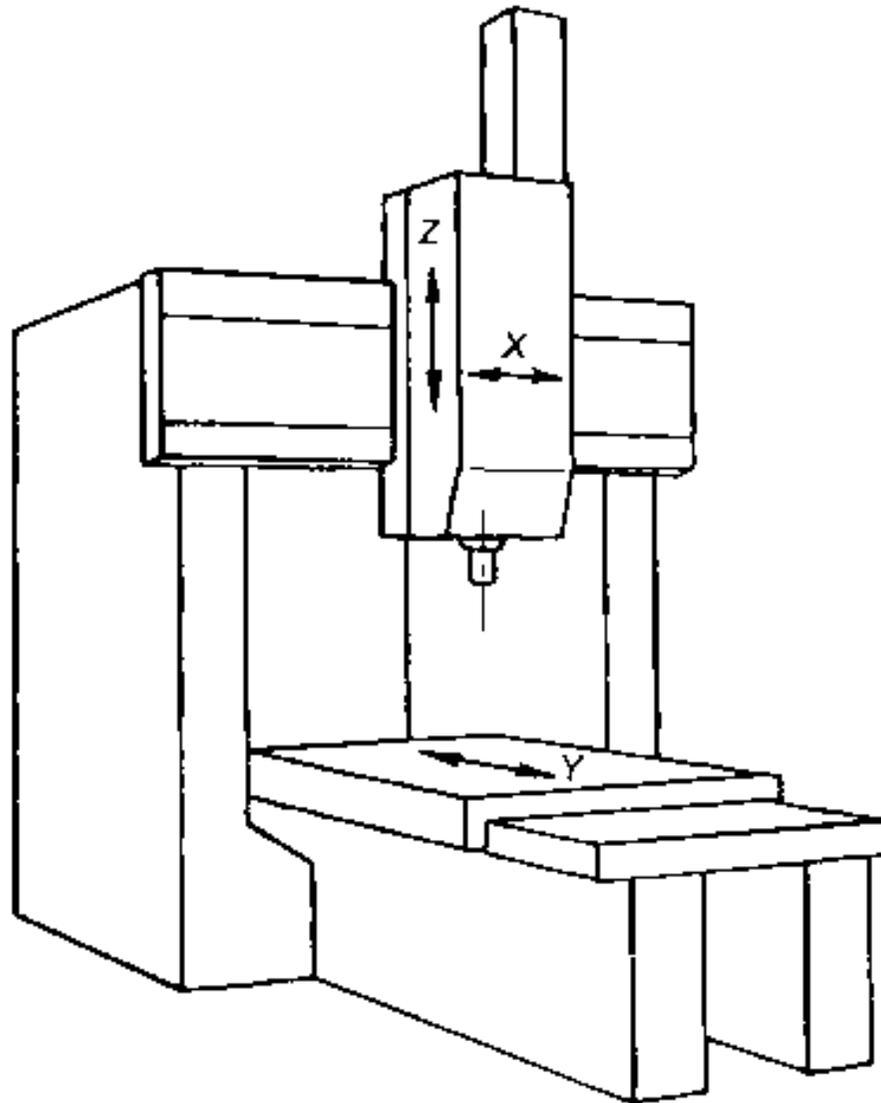
# Trapano a colonna



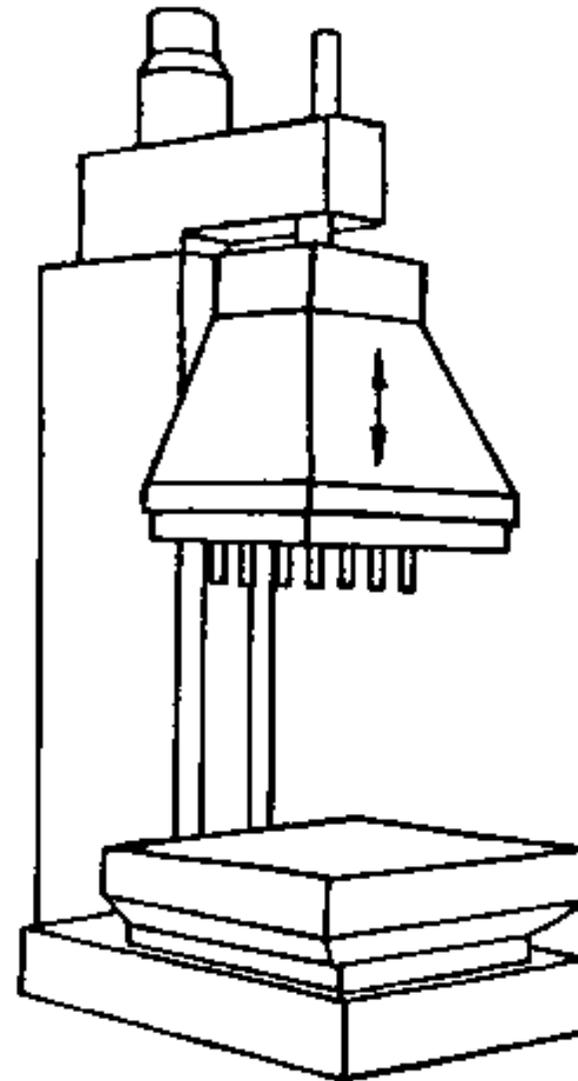
# Trapano radiale



# Trapano a portale



# Trapano a testa multipla





# Foratura

L'utensile più comunemente utilizzato è la punta elicoidale, caratterizzata dai seguenti elementi:

- Codolo per l'afferraggio dell'utensile nel mandrino
- Scanalature elicoidali con inclinazione  $\varphi$  per evacuare i trucioli
- Taglienti per eseguire l'operazione

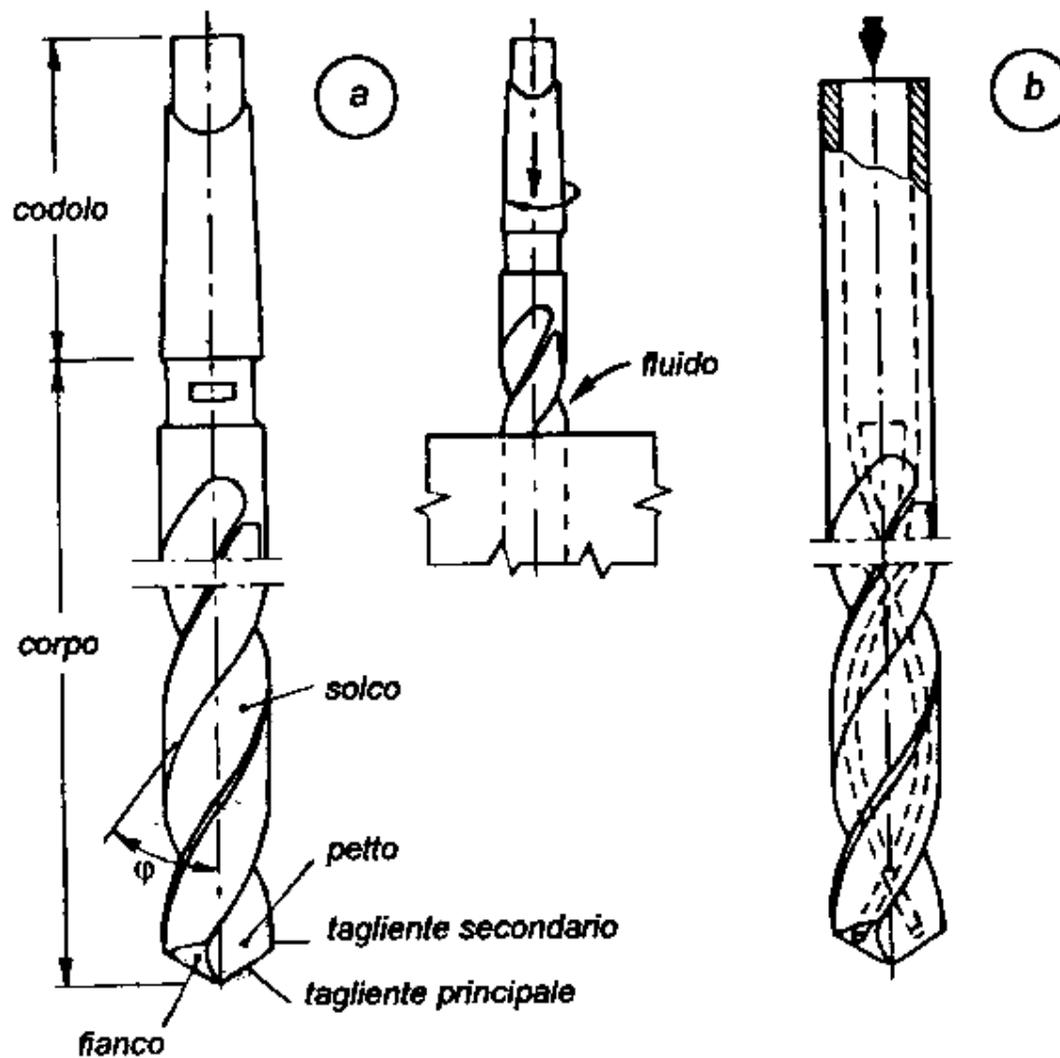


Fig. 3.50 - Tipi di punte elicoidali: a) punta normale, b) punta con fori elicoidali per l'adduzione del fluido da taglio.



# Moti e parametri di foratura

- Moto di taglio: circolare continuo e posseduto dall'utensile è caratterizzato dalla velocità di taglio “ $v$ ” in m/min
- Moto di avanzamento: rettilineo e posseduto dall'utensile (o, raramente dal pezzo) caratterizzato dall'avanzamento “ $a$ ” in mm/giro
- Moto di appostamento: per far coincidere l'asse dell'utensile con quello del foro.

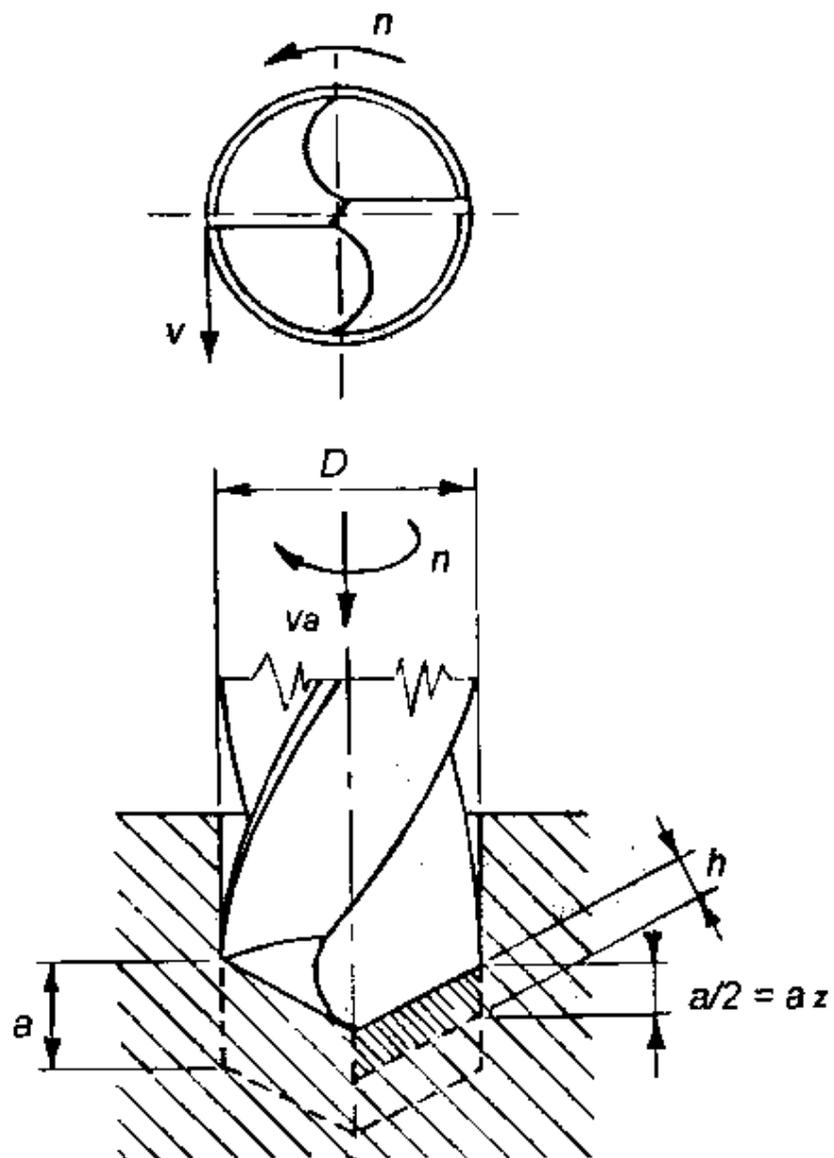


Fig. 1.2

*Schema di un'operazione di foratura e relativi parametri di taglio.*



# Parametri di taglio derivati

- Numero di giri da applicare alla punta per ottenere la velocità di taglio desiderata

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad \text{giri/min}$$

- Velocità di avanzamento dell'utensile

$$v_a = a \cdot n \quad \text{mm/min}$$



# Parametri di taglio derivati

- Sezione di truciolo

$$s = \frac{a}{2} \cdot \frac{D}{2} = \frac{a \cdot D}{4} \text{ mm}^2$$

- Avanzamento al dente al giro

$$a_z = \frac{a}{z} \text{ mm/giro dente}$$

# Tempo di lavorazione

- È necessario tenere conto anche della extra-corsa necessaria quando l'angolo di inclinazione dei taglienti ( $\beta$ ) è significativamente diverso da  $90^\circ$

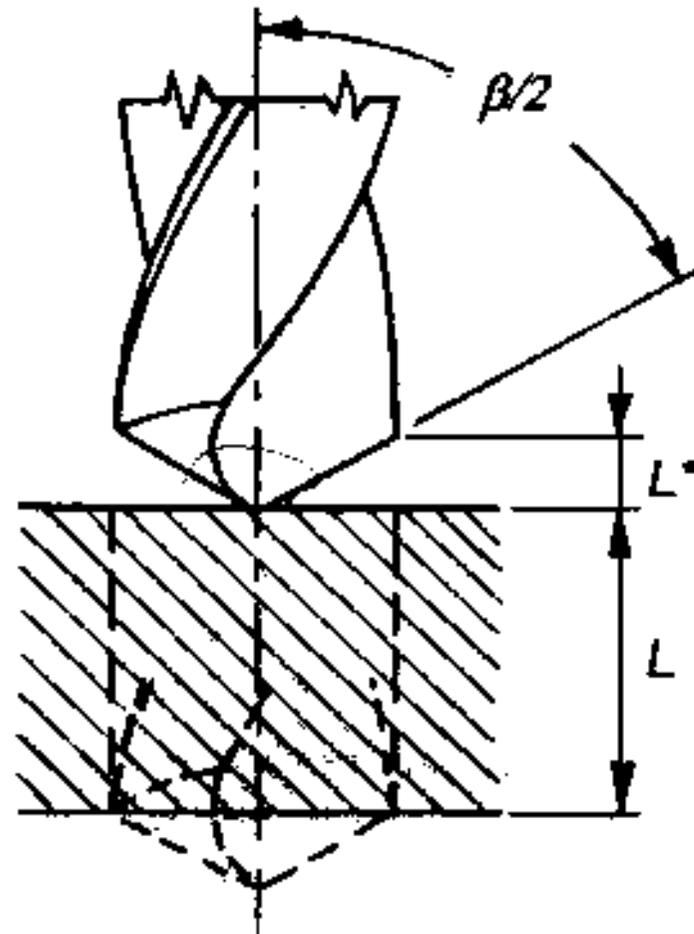
$$t = \frac{L + L^*}{v_a} = \frac{L + L^*}{a \cdot n} \text{ (min)}$$

ove

$$L^* = \frac{D}{2\text{tg}(\beta/2)} \text{ (mm)}$$

*Fig. 7.11*

*L = lunghezza del foro,  
L\* = extra corsa.*





# Scelta dei parametri di foratura

- La definizione dei parametri di taglio avviene mediante l'uso di tabelle di riferimento prodotte da studi sperimentali specifici oppure riportate sui cataloghi di costruttori di utensili
- Tratti i valori di velocità di taglio ed avanzamento da tali riferimenti è possibile determinare i parametri derivati

# Parametri di foratura

Valori indicativi dell'avanzamento e della velocità di taglio per operazioni di foratura con punte ad elica in acciaio superrapido.

Materiale	Avanzamento (mm/giro)							Velocità di taglio (m/min)
	Diametro del foro (mm)							
	1÷3	3÷6	6 ÷12	12÷18	18÷25	25÷35	35÷50	
G 15÷20	0,025÷0,08	0,08÷0,16	0,16÷0,26	0,26÷0,32	0,32÷0,42	0,42÷0,50	0,55	25 ÷ 30
G 25÷30	0,014÷0,05	0,05÷0,10	0,10÷0,16	0,16÷0,22	0,22÷0,26	0,26÷0,32	0,35	18 ÷ 23
Acciaio R <sub>m</sub> = 300 - 500(*)	0,015÷0,06	0,06÷0,12	0,12÷0,2	0,20÷0,25	0,25÷0,30	0,30÷0,35	0,40	30 ÷ 45
Acciaio R <sub>m</sub> = 500 - 700(*)	0,015÷0,04	0,04÷0,10	0,10÷0,16	0,16÷0,22	0,22÷0,27	0,27÷0,32	0,35	25 ÷ 35
Acciaio R <sub>m</sub> = 700 - 900(*)	0,008÷0,03	0,03÷0,08	0,08÷0,12	0,12÷0,18	0,18÷0,21	0,21÷0,25	0,30	18 ÷ 25
Acciaio R <sub>m</sub> = 900 - 1100(*)	0,007÷0,02	0,02÷0,05	0,05÷0,10	0,10÷0,14	0,14÷0,18	0,18÷0,22	0,25	10 ÷ 16
Acciaio inox.	0,015÷0,04	0,04÷0,10	0,10÷0,16	0,16÷0,20	0,20÷0,26	0,26÷0,28	0,30	7,5 ÷ 12
Ottone	0,03÷0,09	0,09÷0,17	0,17÷0,30	0,30÷0,40	0,40÷0,48	0,48÷0,50	0,65	fino a 160
Ottoni speciali-Bronzo	0,02÷0,05	0,05÷0,10	0,10÷0,18	0,18÷0,25	0,25÷0,30	0,30÷0,35	0,45	fino a 65
Allunúffio	0,03÷0,10	0,10÷0,18	0,18÷0,32	0,32÷0,40	0,40÷0,52	0,52÷0,60	0,65	fino a 200
Rame	0,02÷0,06	0,06 ÷0,12	0,12÷0,22	0,22÷0,28	0,28÷0,32	0,32÷0,38	0,45	fino a 70
Materie plastiche	0,03÷0,06	0,06÷0,08	0,08÷0,12	0,12÷0,18	0,18÷0,25	0,25÷0,30	0,40	20÷25

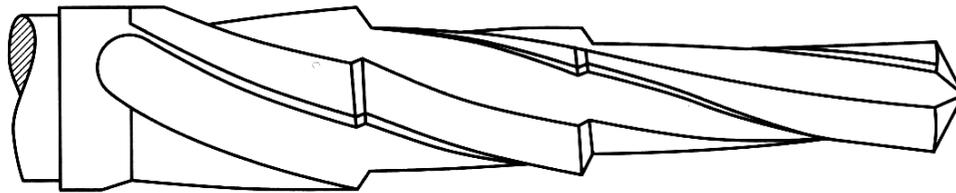
(\*) MPa



# Tipi di punte

- Punta doppia per fori con svasatura cilindrica
- Punta a gradini per la sgrossatura di fori conici
- Perforatore con inserti a carburi sinterizzati per raggiungere grandi produttività e profondità: la punta è dotata di fori per l'immissione di fluido lubrorefrigerante in pressione
- Punte a lancia con inserto di punta fissato meccanicamente
- Punte "ejector" (Sandvik) per fori superiori a 20 mm
- Perforatore a corona per fori superiori a 70 mm con carotatura interna

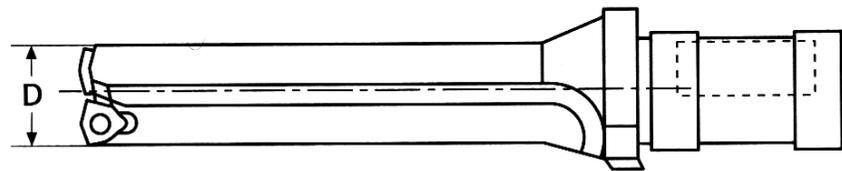
# Utensili per foratura



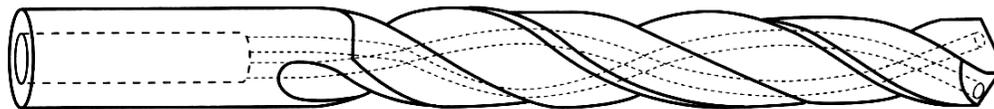
c)

Altri utensili per foratura.

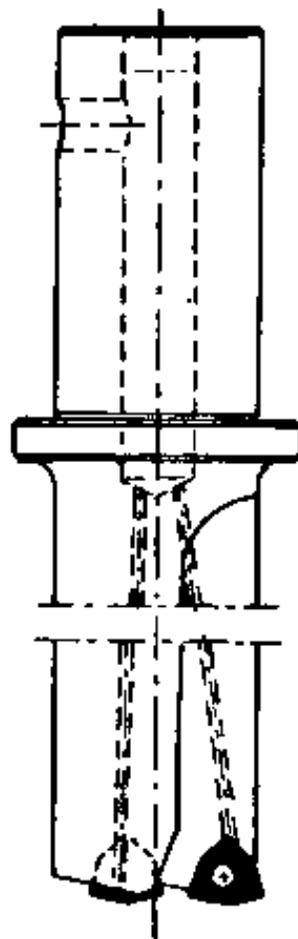
- c) punta a gradini;
- d) perforatore con inserti in carburi;
- e) punta a elica con canali per il fluido da taglio.



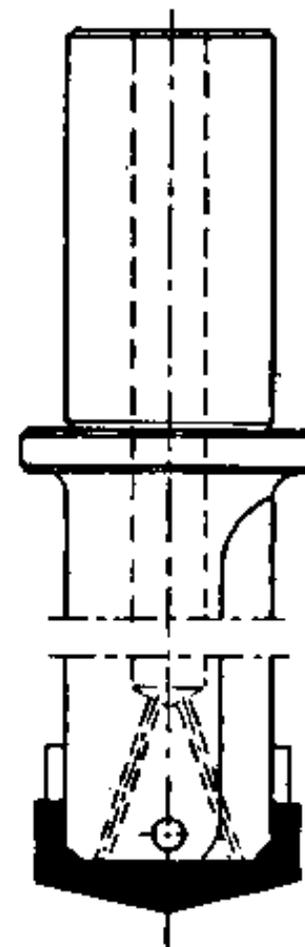
d)



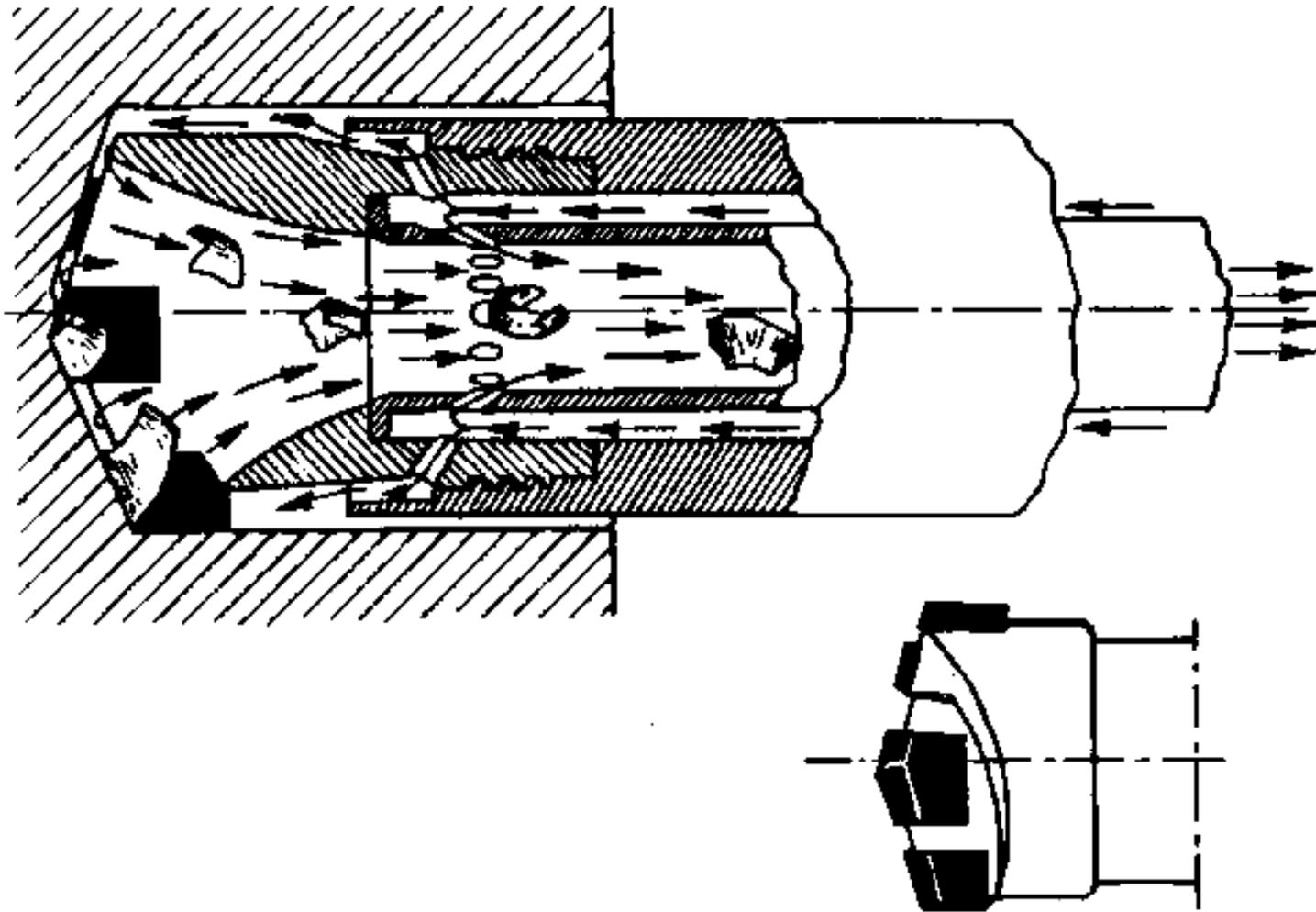
e)



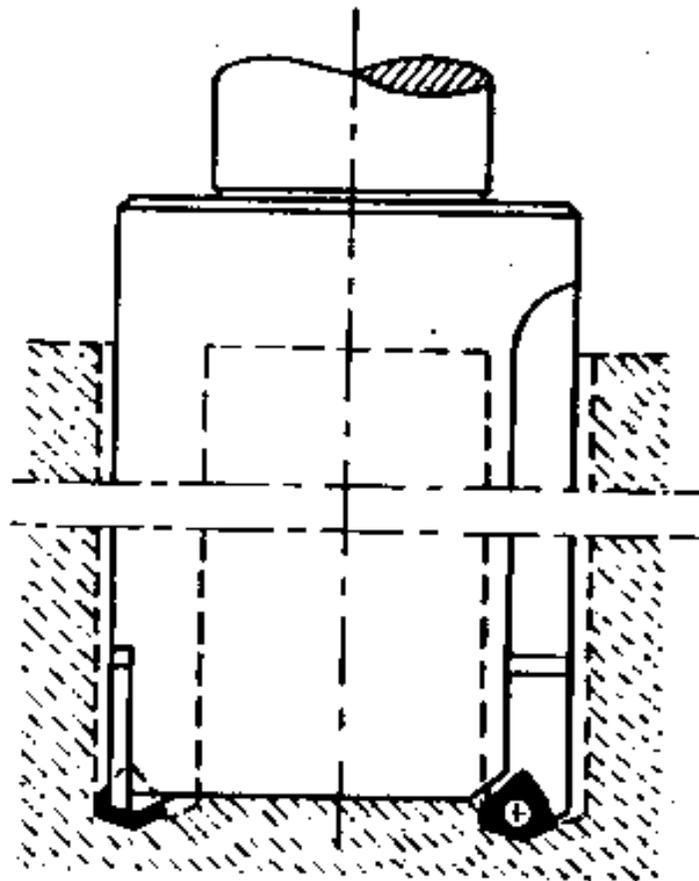
*Fig. 3.51 - Punta a forare ad inserti a fissaggio meccanico.*



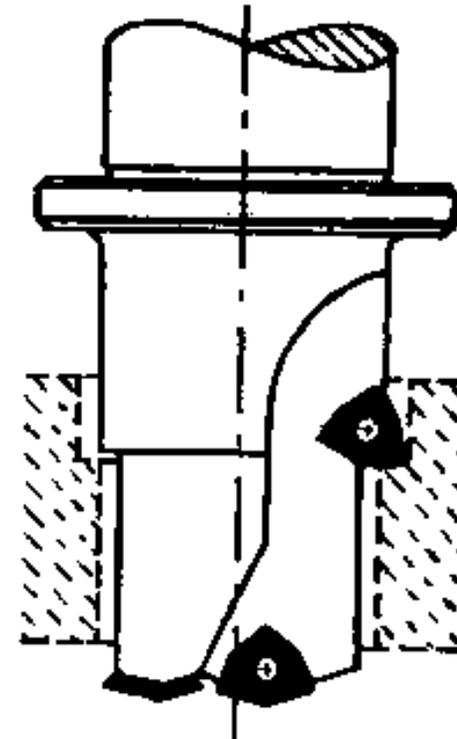
*Fig. 3.52 - Punta a forare a "lancia" con inserto a fissaggio meccanico.*



*Fig. 3.53 - Punta "ejector" per foratura profonda (Sandvik).*



*Fig. 3.54 - Utensile perforatore a corona ad inserti fissati meccanicamente.*



*Fig. 3.55 - Utensile per fori sagomati ad inserti a fissaggio meccanico..*

# Forza di taglio

- La forza di taglio su ogni tagliente può essere decomposta in due componenti  $F_a$  (forza di avanzamento) e  $F_t$ - $F_r$  (coppia di foratura) applicate nella mezzeria
- Ai fini del calcolo della forza di taglio, come già visto in tornitura e come sarà anche per l'alesatura, solo la componente principale di taglio è significativa

spessore del truciolo :

$$h = a_z \cdot \sin \chi = \frac{a}{2} \cdot \sin \chi$$

ove :

$a_z$  è l'avanzamento al giro al dente (mm/giro dente)

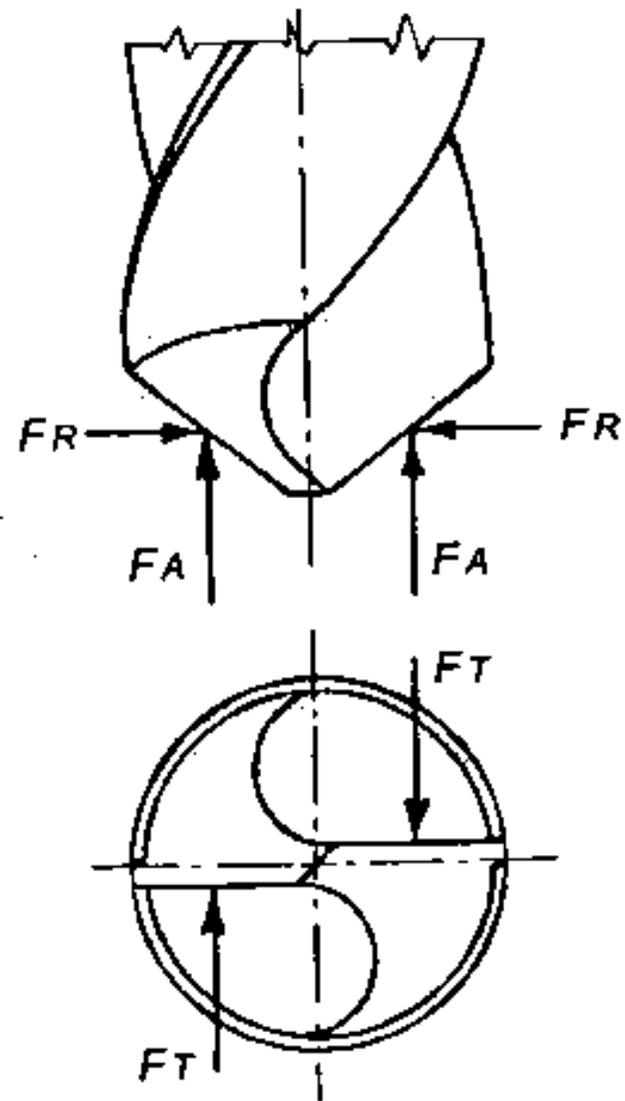
$$\chi = \beta/2$$

la sezione del truciolo è data invece da :

$$s = \frac{a \cdot D}{4}$$

*Fig. 9.14*

*Componenti della forza di taglio in una operazione di foratura.*





# Forza di taglio

- La forza di taglio può allora essere calcolata con la

formula:

$$F_t = k_s \cdot s = k_s \cdot \frac{a \cdot D}{4} \quad (\text{N})$$

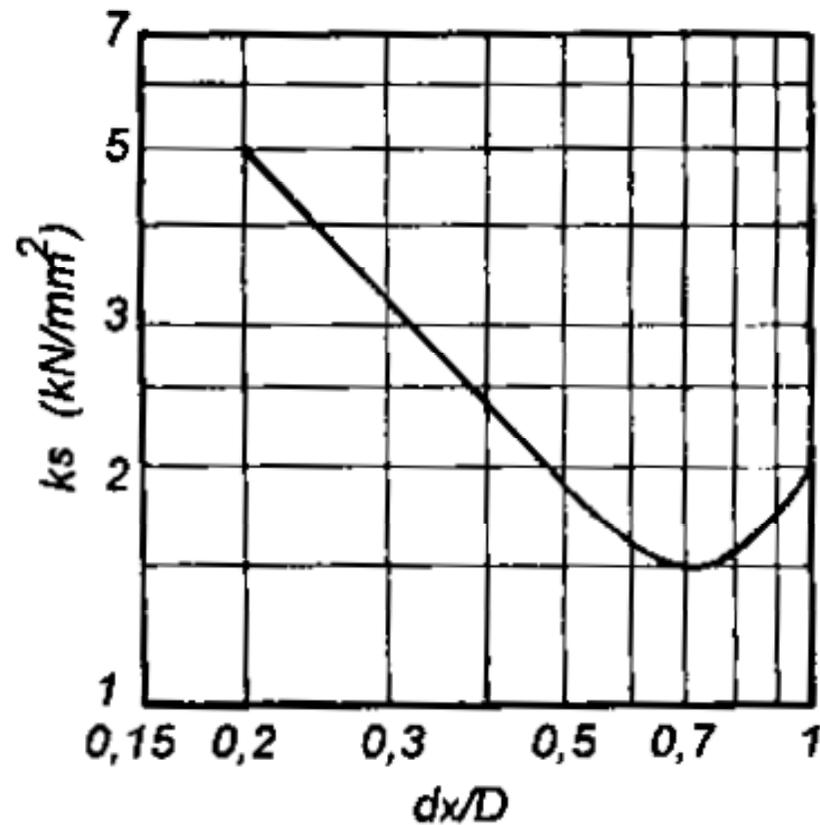
ove

$k_s$  è la pressione di taglio che è la media dei valori puntuali lungo il tagliente ed è espressa in funzione dello spessore del truciolo per i diversi materiali

Fig. 9.16

*Pressione di taglio lungo il tagliante principale di una punta elicoidale ( $dx$  = diametro generico).*

*Foratura eseguita su un acciaio a basso tenore di carbonio con  $D = 50$  mm e  $a = 0,48$  mm/giro.*





# Potenza di taglio

- Fermo restando quanto visto finora si ha la formula che consente di calcolare la potenza di foratura richiesta:

$$W = 2 \cdot Ft \cdot v_m \cdot \frac{1}{60 \cdot 1000} = \frac{k_s \cdot a \cdot D \cdot v}{24 \cdot 10^4} \quad (\text{kW})$$

ove

$v_m$  è la velocità del punto medio del tagliente

$v$  è la velocità di taglio ( $v_m = v/2$ )

# Forza di taglio con punte ad inserti

- In tal caso, supponendo che lo spessore ( $h$ ) in mm del truciolo sia pari all'avanzamento ( $a$ ) e la sezione sia pari a  $s=a \cdot D/2$  ( $\text{mm}^2$ ), si ha:

$$F_t = k_s \cdot s = k_s \cdot \frac{a \cdot D}{2} \quad (\text{N})$$

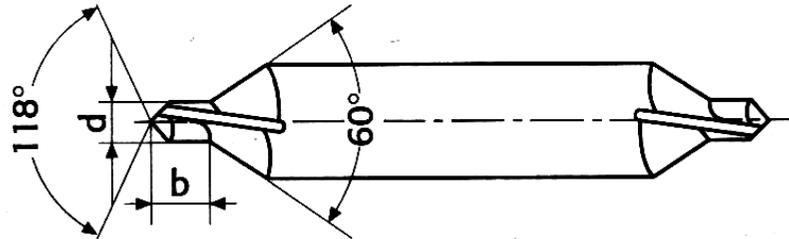
$$W = F_t \cdot v_m \cdot \frac{1}{60 \cdot 1000} = \frac{k_s \cdot a \cdot D \cdot v}{24 \cdot 10^4} \quad (\text{kW})$$



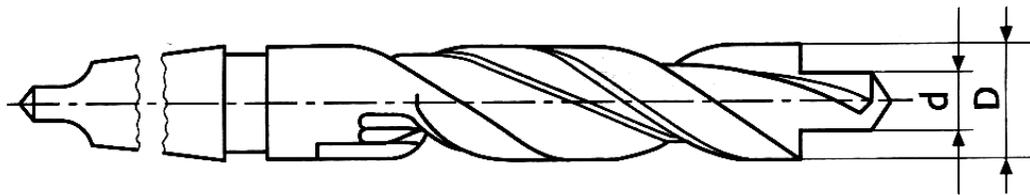
# Centrinatura

- L'operazione di centrinatura è effettuata con un'apposita punta a centrare ed è preparatoria alla successiva operazione di foratura
- È un'operazione sempre consigliata, tuttavia necessaria quanto:
  - Si tratta di fori di piccolo diametro su superfici grezze
  - L'asse del foro non è perpendicolare alla superficie del pezzo

# Utensili per centrinatura e foratura



- Altri utensili per foratura.
- a)* punta da centri;  
*b)* punta doppia;



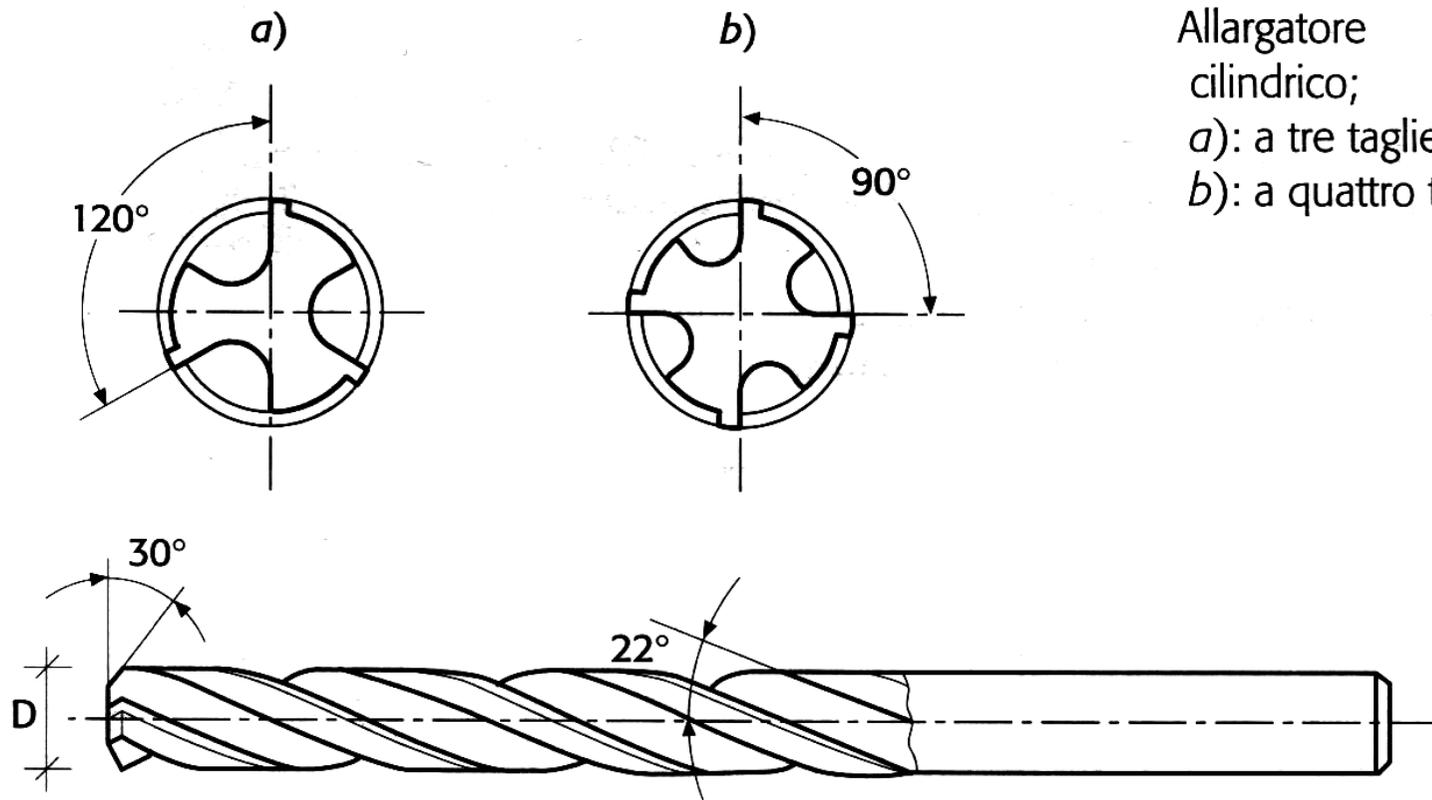
*b)*



# Allargatura di fori

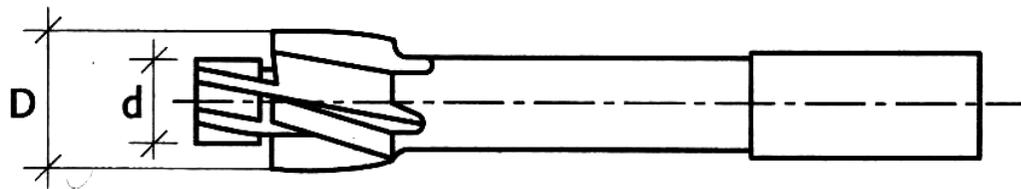
- È un'operazione utilizzata per allargare fori pre-esistenti da foratura o da fusione.
- Si utilizzano punte da 3-4 taglienti che consentono di ottenere una superficie del foro più precisa e non ottenibile con le sole 2 eliche per via delle oscillazioni
- Esiste anche l'allargatura per fori conici che utilizza punte con testa svasata

# Utensili per allargatura

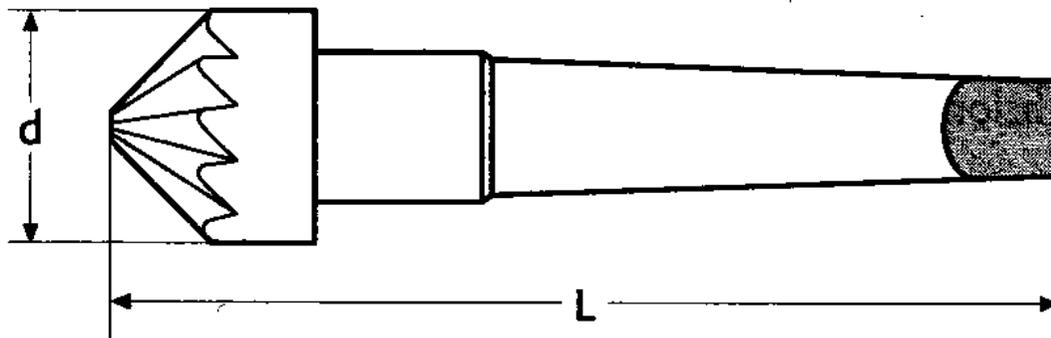


Allargatore  
cilindrico;  
*a)*: a tre taglienti;  
*b)*: a quattro taglienti.

# Svasatura



Allargatore per  
svasature cilindriche.



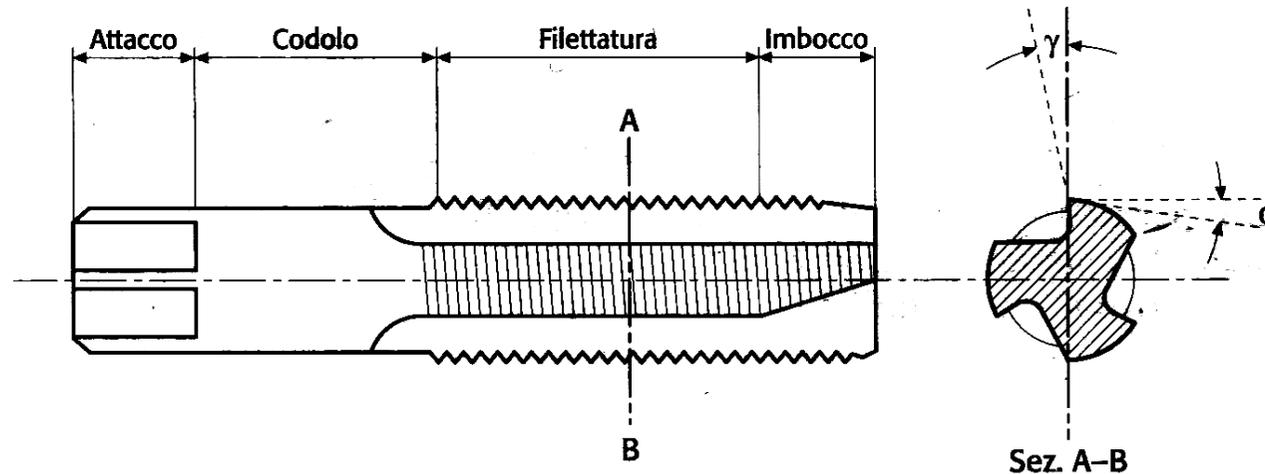
Allargatore per  
svasature coniche.



# Maschiatura

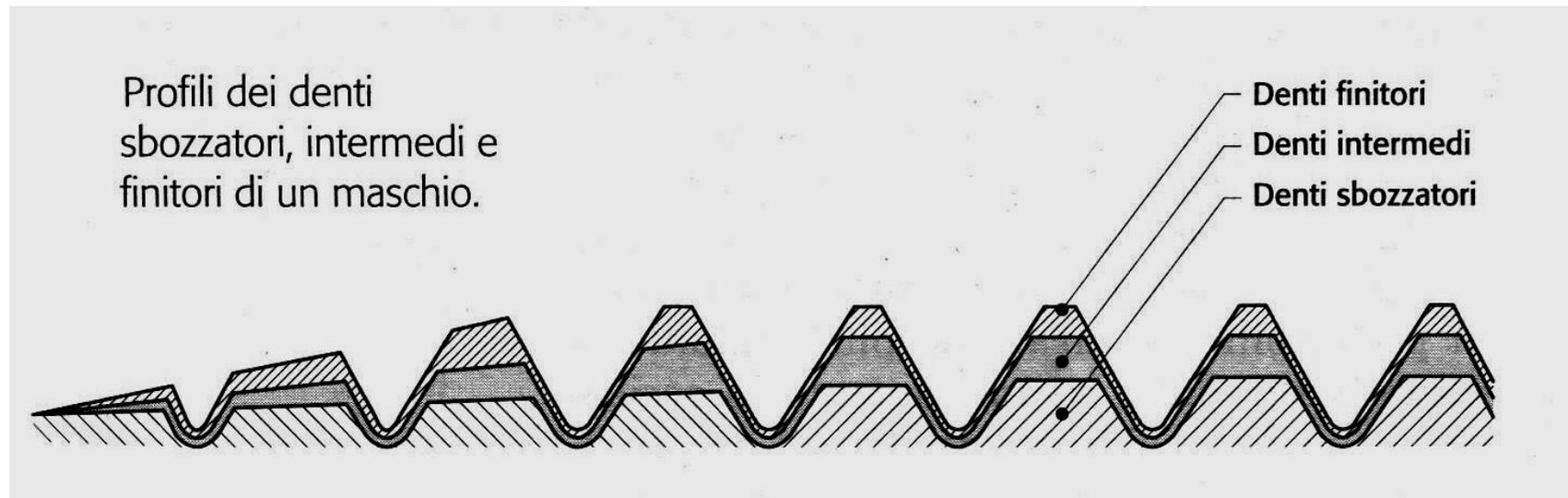
- La filettatura di fori di piccolo diametro è eseguibile con utensili detti “maschi”
- L’operazione è effettuabile sia a mano che con l’ausilio di una macchina
- È eseguita con il passaggio in rapida successione di tre denti che procedono ad effettuare nell’ordine.
  - Una sbazzatura iniziale
  - Una sagomatura intermedia
  - Una finitura finale

# Utensili per maschiatura



Geometria di un utensile per operazioni di maschiatura (maschio a mano).

# Profilo di maschiatura



# Parametri di maschiatura

<b>Materiale</b>	<b><math>v</math> (m/min)</b>
Acciai $R_m$ 400 ÷ 550 MPa	20-30
Acciai $R_m$ 550 ÷ 700 MPa	15-20
Acciai $R_m$ 700 ÷ 850 MPa	12-15
Acciai oltre 850 MPa	10-15
Acciai legati da 700 ÷ 900 MPa	8-12
Acciai legati oltre 900 MPa	6-10
Acciai inossidabili	7-10
Bronzo	25-30
Ottone	20-30
Alluminio	40-60
Ghisa grigia	15-20
Ghisa malleabile	10-15

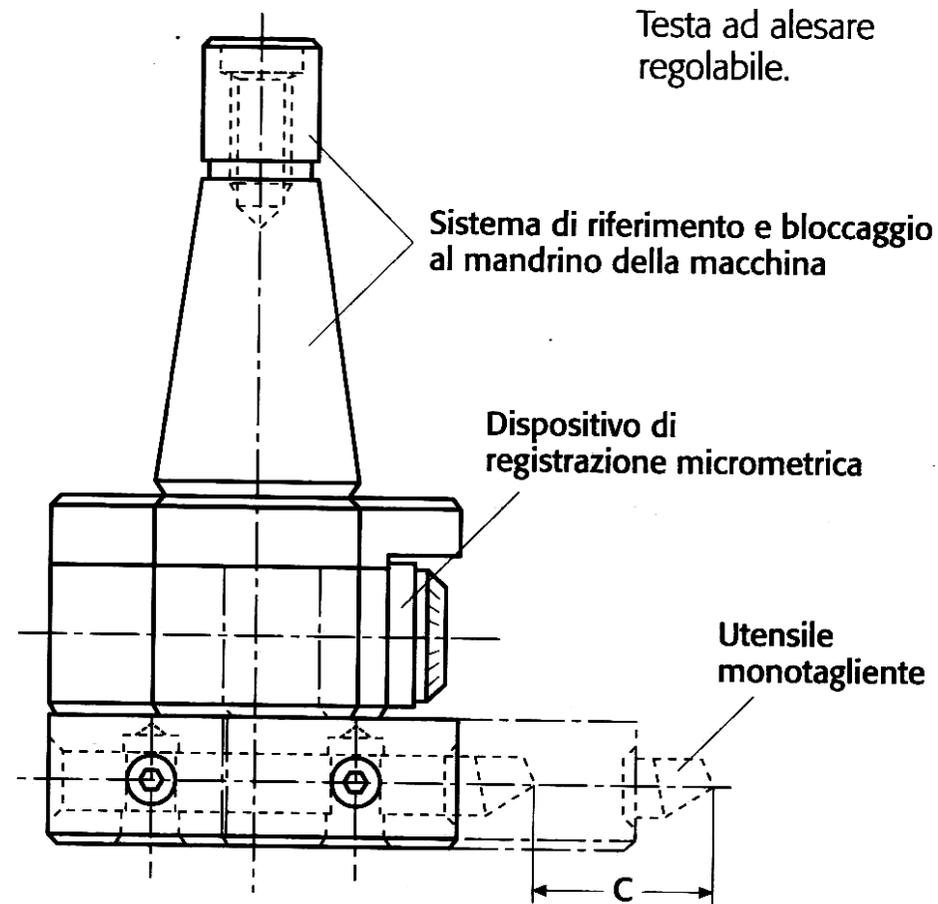
Valori indicativi della velocità di taglio in operazioni di maschiatura con maschi in acciaio superrapido.



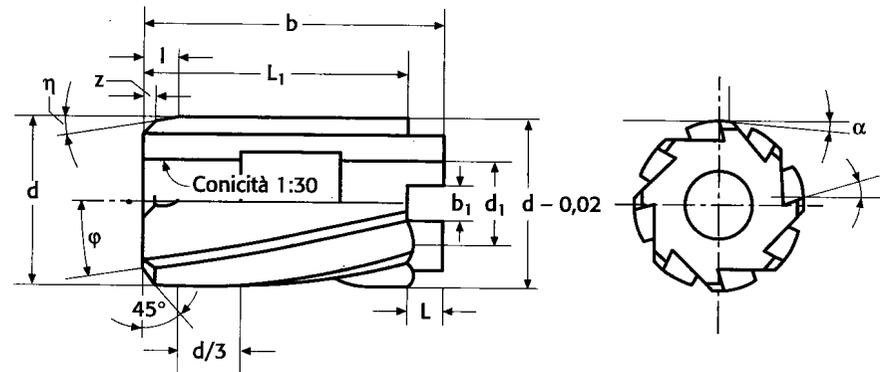
# Alesatura

- Operazione che consiste nel portare a misura un foro preventivamente eseguito con punta elicoidale, ed eventualmente allargato, così da ottenere un'elevata precisione sul diametro, sulla circolarità e sulla finitura superficiale
- Le alesature si possono realizzare sulle principali macchine utensili utilizzando specifici utensili:
  - Monotaglienti con testa di alesatura con inserto e possibilità di regolazione del diametro
  - Pluritaglianti con punte ad imbocco conico e corpo cilindrico a taglienti diritti o elicoidali

# Utensili di alesatura

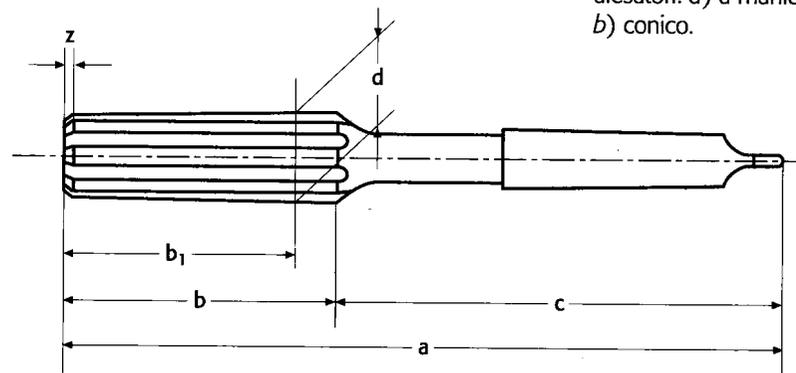


# Utensili di alesatura



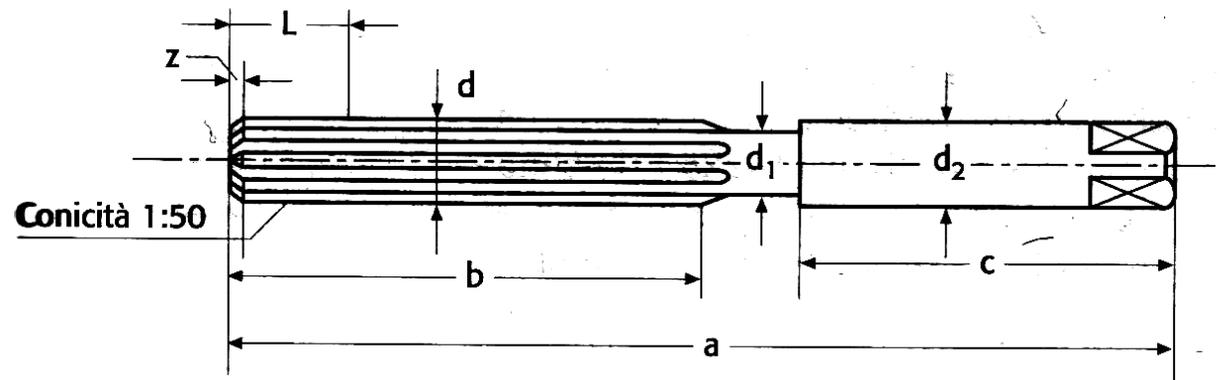
a)

Altri tipi di  
alesatori: a) a manicotto;  
b) conico.



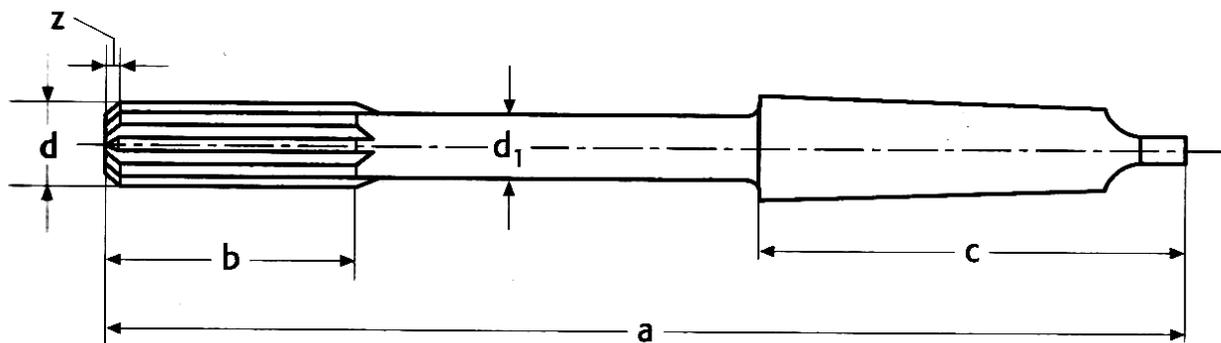
b)

# Utensili per alesatura



a)

Alesatori pluritaglienti.  
a) a mano;  
b) a macchina.



b)



# Moti e parametri di alesatura

- Moto di taglio: circolare continuo e posseduto dall'utensile è caratterizzato dalla velocità di taglio  $v$  in m/min
- Moto di avanzamento: rettilineo e posseduto dall'utensile (o, raramente dal pezzo) caratterizzato dall'avanzamento  $a$  in mm/giro
- Moto di appostamento: per far coincidere l'asse dell'utensile con quello del foro.



# Parametri di taglio derivati

- Numero di giri da applicare alla punta per ottenere la velocità di taglio desiderata

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad \text{giri/min}$$

- Velocità di avanzamento dell'utensile

$$v_a = a \cdot n \quad \text{mm/min}$$



# Parametri di taglio derivati

- Sezione di truciolo

$$s = \frac{a}{2} \cdot \frac{D}{2} = \frac{a \cdot D}{4} \text{ mm}^2$$

- Avanzamento al dente al giro

$$a_z = \frac{a}{z} \text{ mm/giro dente}$$

# Parametri di alesatura

Materiale	$v$ (m/min)	Avanzamento (mm/giro)				
		Diametro del foro (mm)				
		< 5	10	20	30	> 40
Acciaio $R_m = 500 \div 700$ MPa	12 ÷ 16	0,15	0,25	0,40	0,50	0,60
Acciaio $R_m = 700 \div 900$ MPa	10 ÷ 12	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50
Acciaio inox	4 ÷ 6	0,10	0,15	0,25	0,40	0,40
G 15 ÷ 20	14 ÷ 20	0,20	0,30	0,50	0,65	0,80
G 25 ÷ 30	10 ÷ 16	0,20	0,30	0,50	0,65	0,80
Ghise speciali	8 ÷ 12	0,15	0,25	0,40	0,50	0,60
Bronzo	10 ÷ 15	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50
Ottone	25 ÷ 30	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50
Leghe leggere	25 ÷ 40	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50

Valori indicativi dei parametri di taglio per operazioni di alesatura con utensili pluritaglienti in acciaio superrapido.