



Classificazione delle lavorazioni per asportazione di truciolo

Classificazione secondo i movimenti

Moto di taglio

- rettilineo
- alternativo
- rotatorio

Moto di avanzamento

- continuo
- intermittente

Moto di registrazione

- per posizionare
l'utensile in prossimità
della zona di lavoro

all'utensile
o al pezzo



Classificazione secondo il contatto utensile pezzo

Continuo

Monotaglienti

- tornitura
- limatura
- piallatura
- stozzatura

Bitaglienti

- foratura

Pluritaglienti

- brocciatura
-

Discontinuo

Pluritaglienti

- fresatura

Taglienti indefiniti

- rettifica



Classificazione secondo il moto di taglio

Rotatorio

Torni	(pezzo)
Trapani	(utensile)
Alesatrici	(utensile)
Fresatrici	(utensile)
Rettificatrici	(utensile)

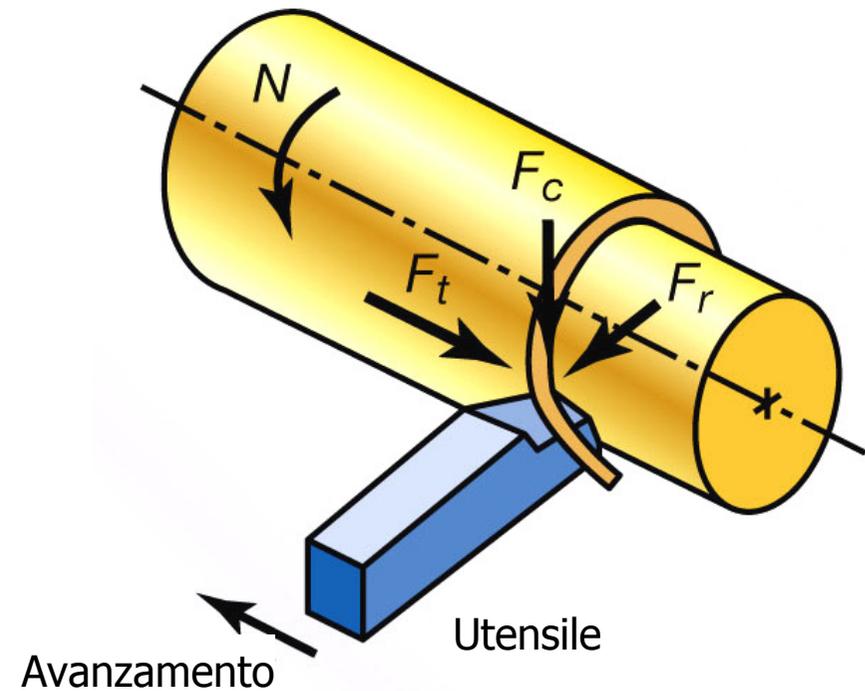
Rettilineo

Limatrici	(utensile)
Piallatrici	(utensile)
Stozzatrici	(utensile)
Brocciatrici	(utensile)

In genere è più facile mettere in movimento ad elevata velocità l'utensile piuttosto che il pezzo

Tornitura

Moto di taglio	pezzo	rotatorio
Moto di avanzamento	utensile	lineare rettilineo o meno
Moto di registrazione	utensile	lineare discontinuo
Moto di lavoro		elicoidale (tornitura longitudinale)

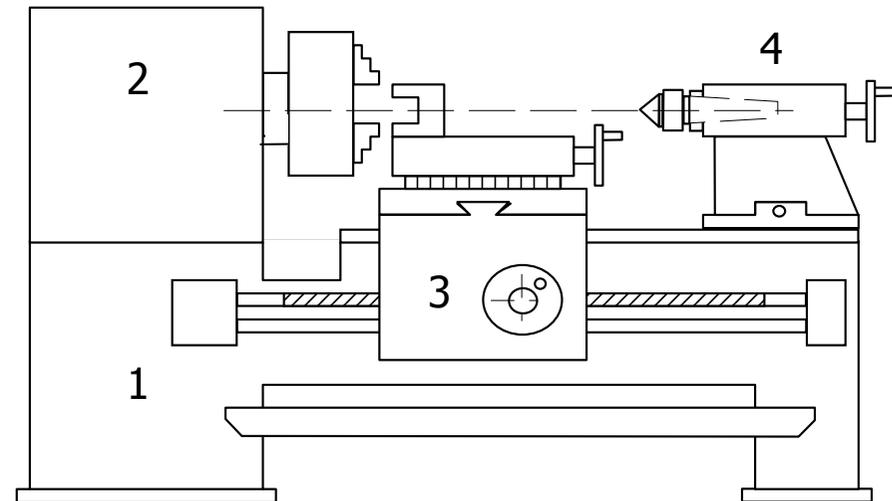




Struttura tornio I

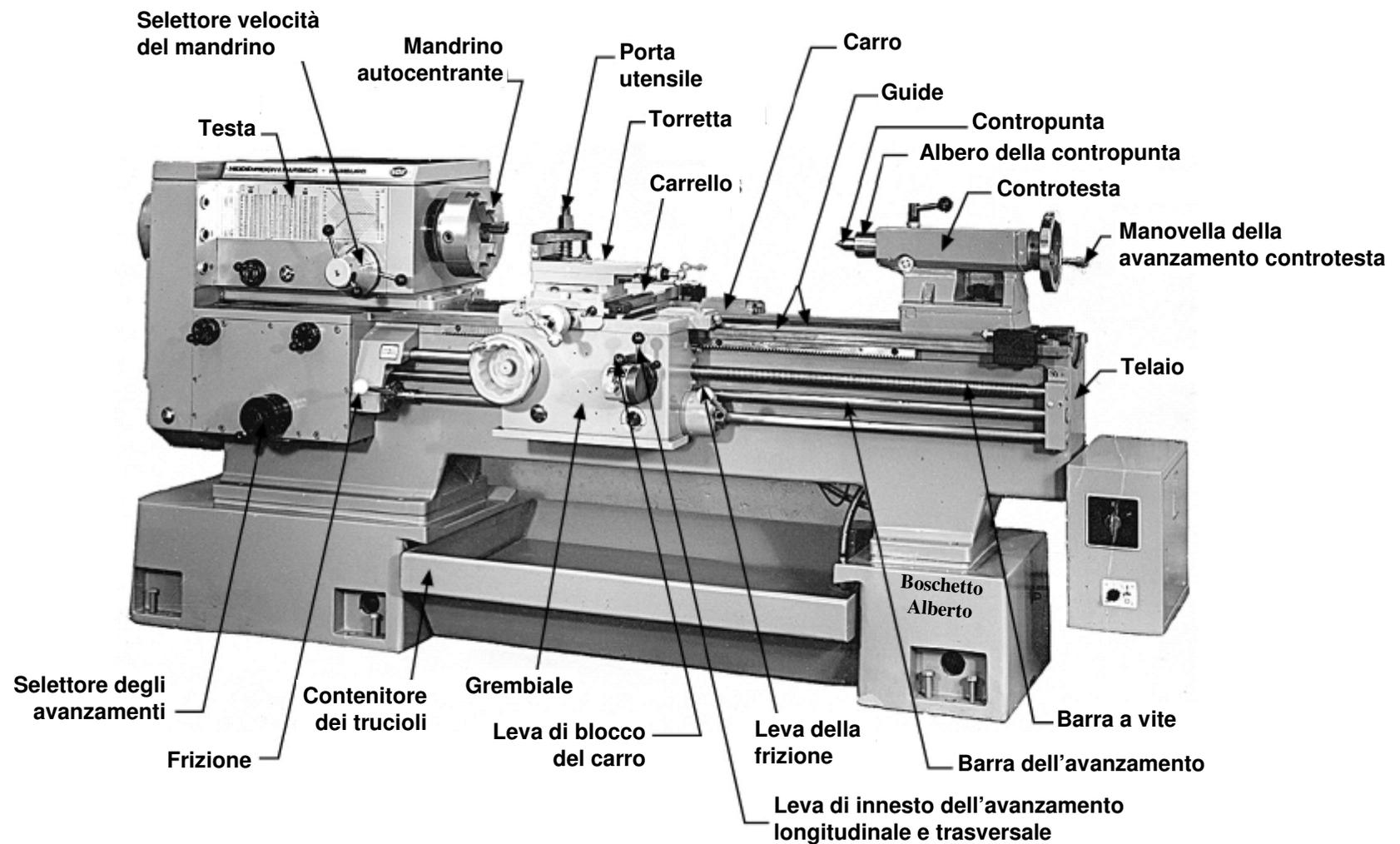
Elementi caratteristici del tornio:

1. bancale (guide)
2. testa (mandrino)
3. carro porta-utensile (torretta)
4. controtesta



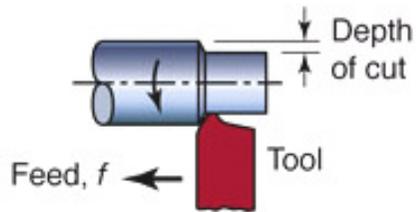


Struttura tornio II

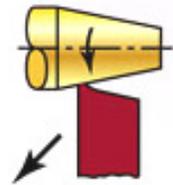




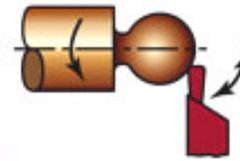
Lavorazioni possibili



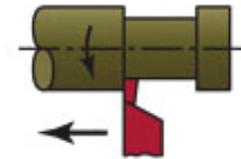
(a) Straight turning



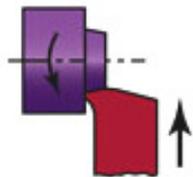
(b) Taper turning



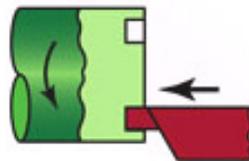
(c) Profiling



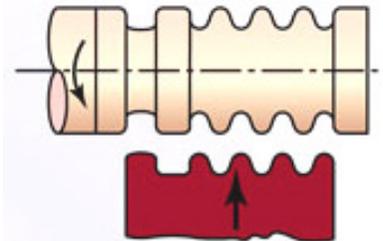
(d) Turning and external grooving



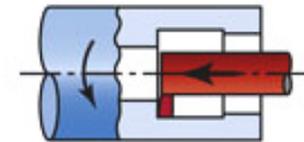
(e) Facing



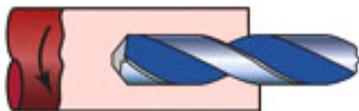
(f) Face grooving



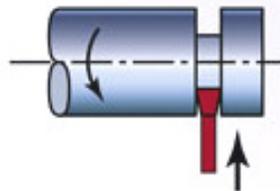
(g) Cutting with a form tool



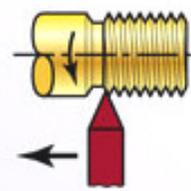
(h) Boring and internal grooving



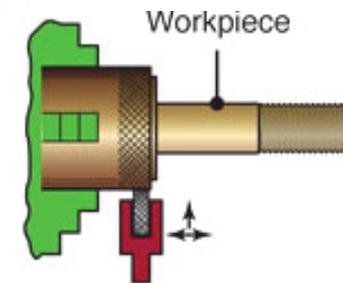
(i) Drilling



(j) Cutting off



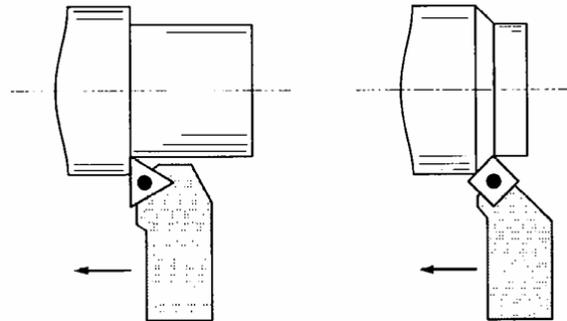
(k) Threading



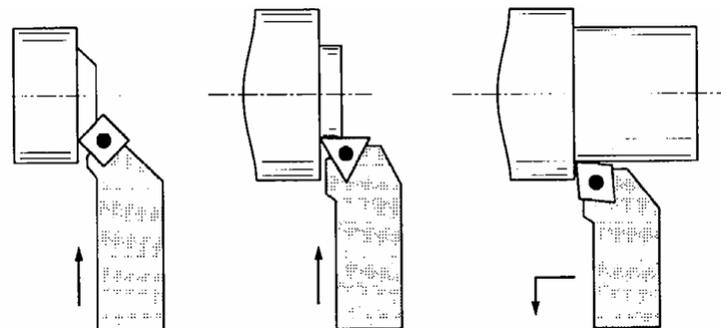
(l) Knurling



tornitura cilindrica
esterna

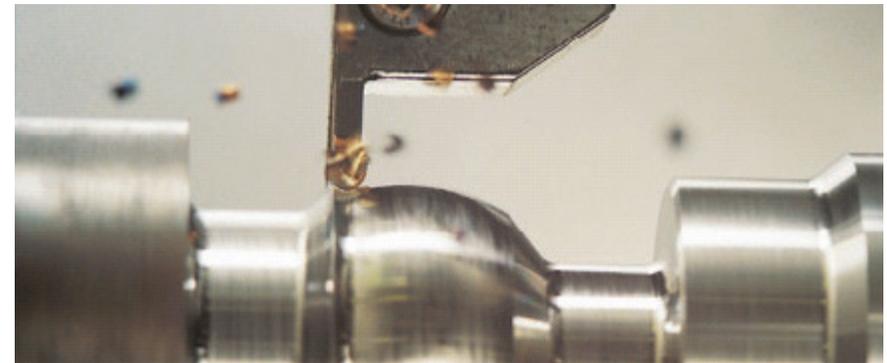
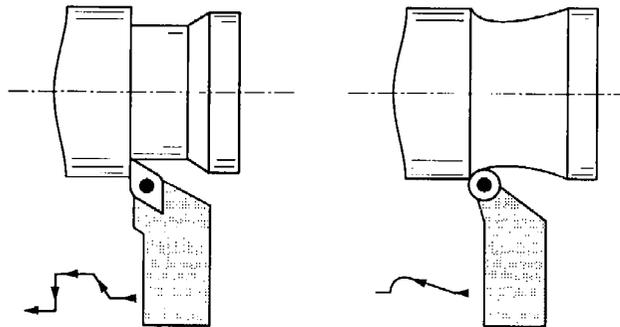


tornitura piana esterna
sfacciatura

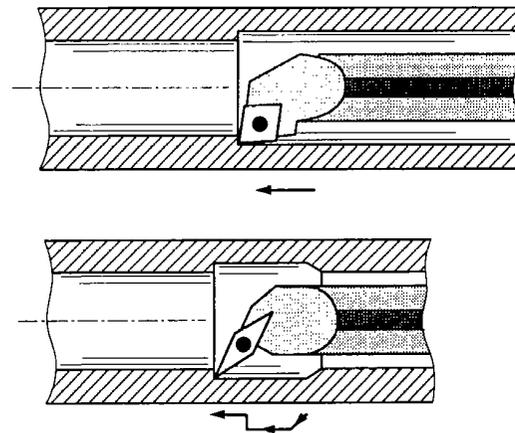




tornitura
esterna di
superfici
complesse

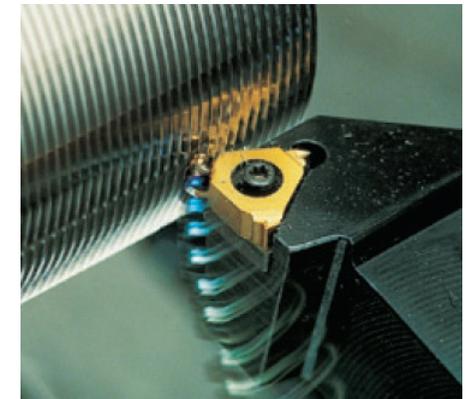
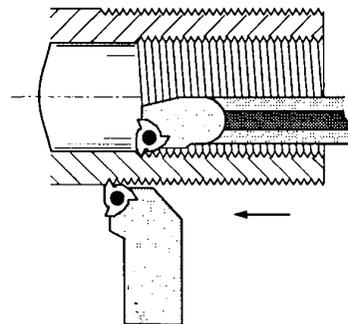


tornitura
interna

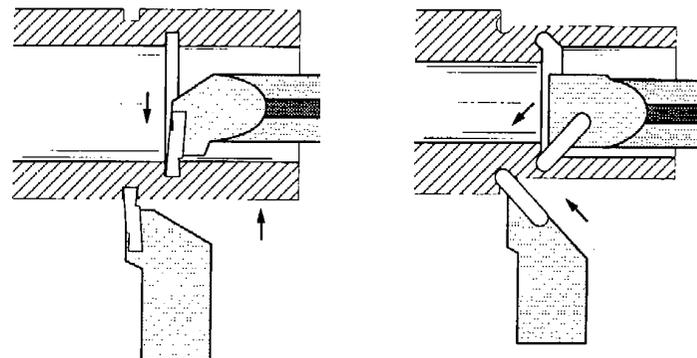




filettatura interna
esterna

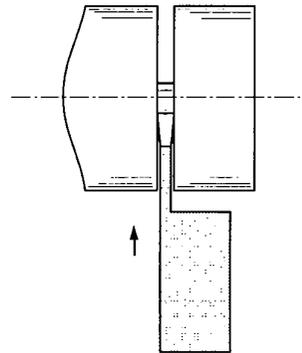


esecuzione di gole

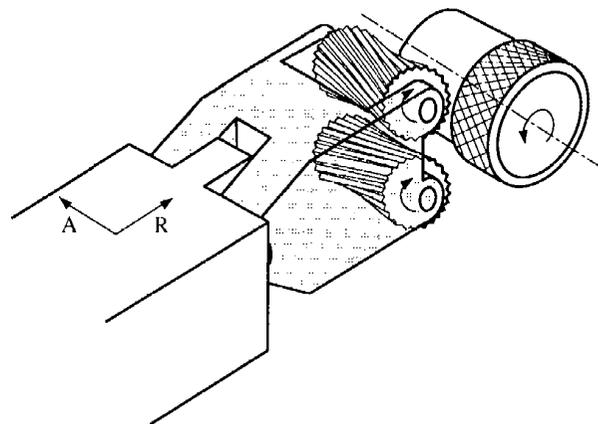




troncatura

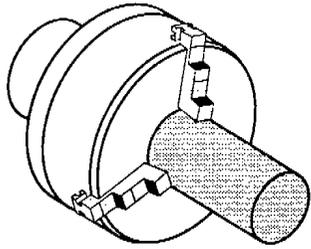


zigrinatura

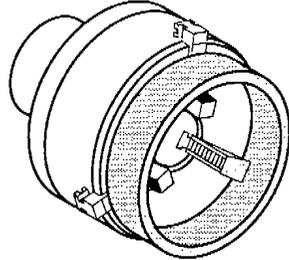




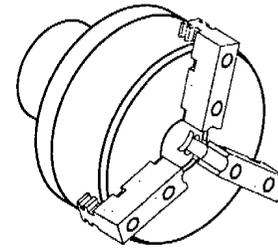
Attrezzature per torni



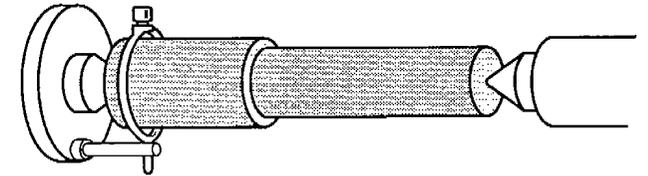
con autocentrante dall'esterno



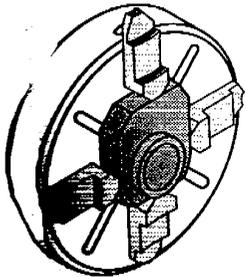
con autocentrante dall'interno



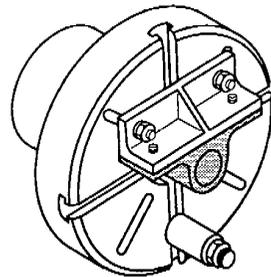
con autocentrante con griffe tornibili



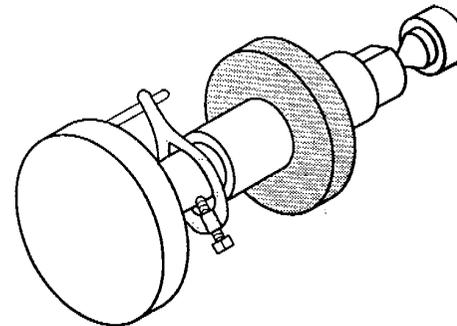
tra punta e contropunta con brida e disco menabrida



con piattaforma a griffe indipendenti



con piattaforma e squadra

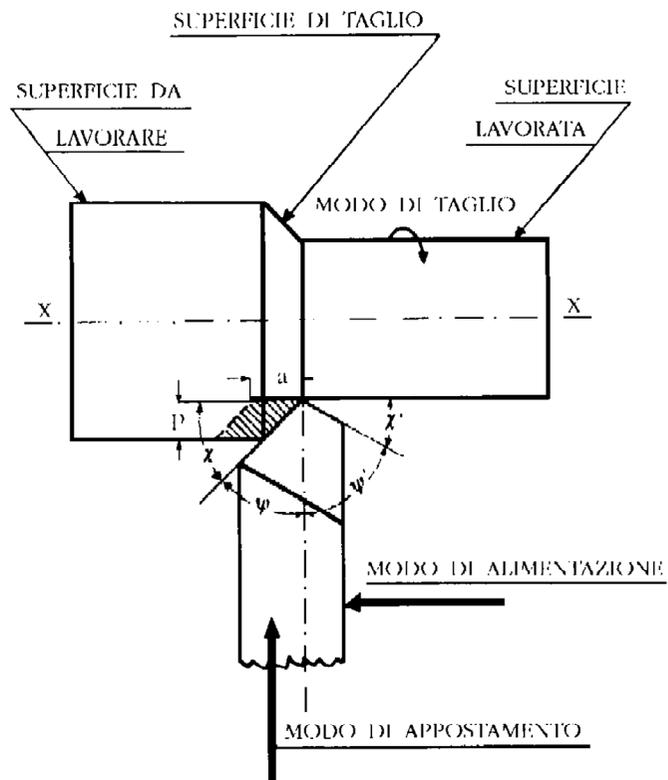


su spina, tra punta e contropunta

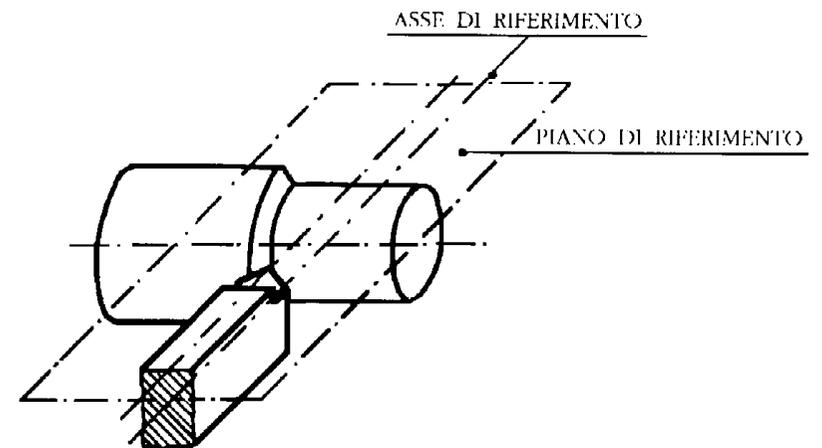


con trascinatore frontale, fra le punte

posizionamento relativo
utensile / pezzo



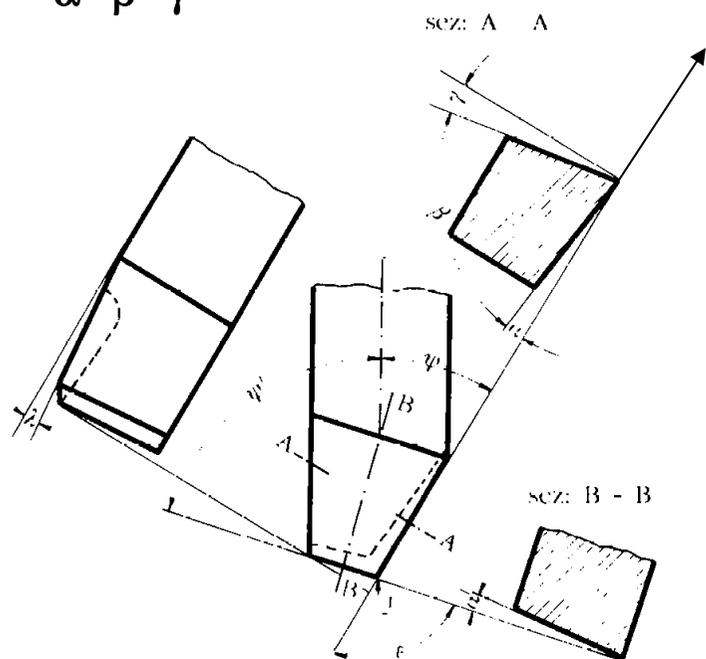
sistema di riferimento



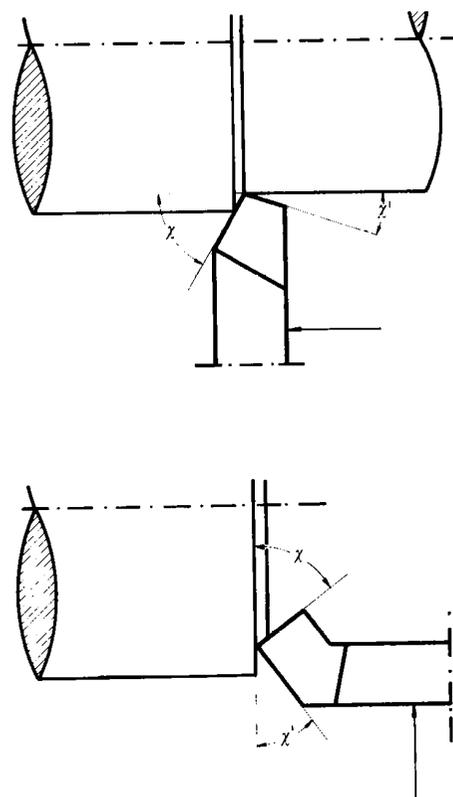


forma dell'utensile

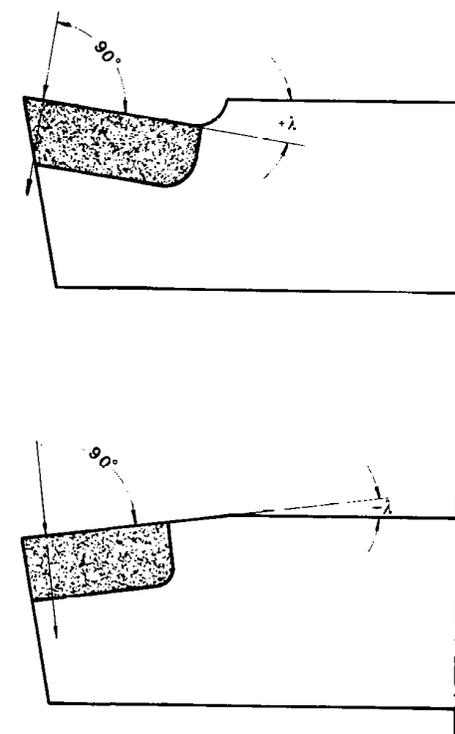
angoli della sezione normale
angoli del profilo
 α β γ



angoli di registrazione χ



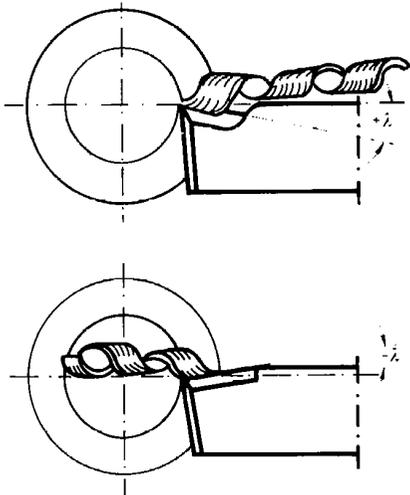
angolo di inclinazione λ



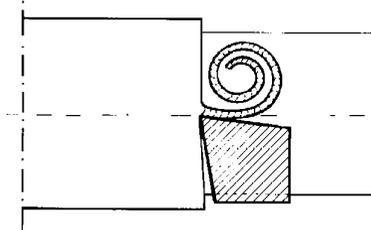


Effetto di χ e λ sulla formazione del truciolo

$$\chi = 0, \lambda > 0$$

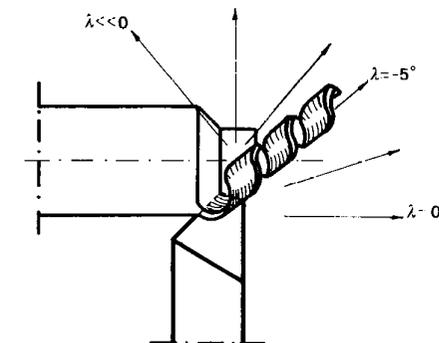
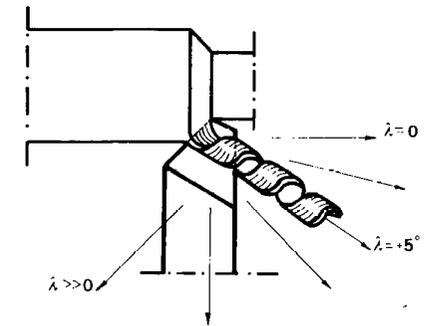


$$\chi = 0, \lambda < 0$$



$$\chi = 0, \lambda = 0$$

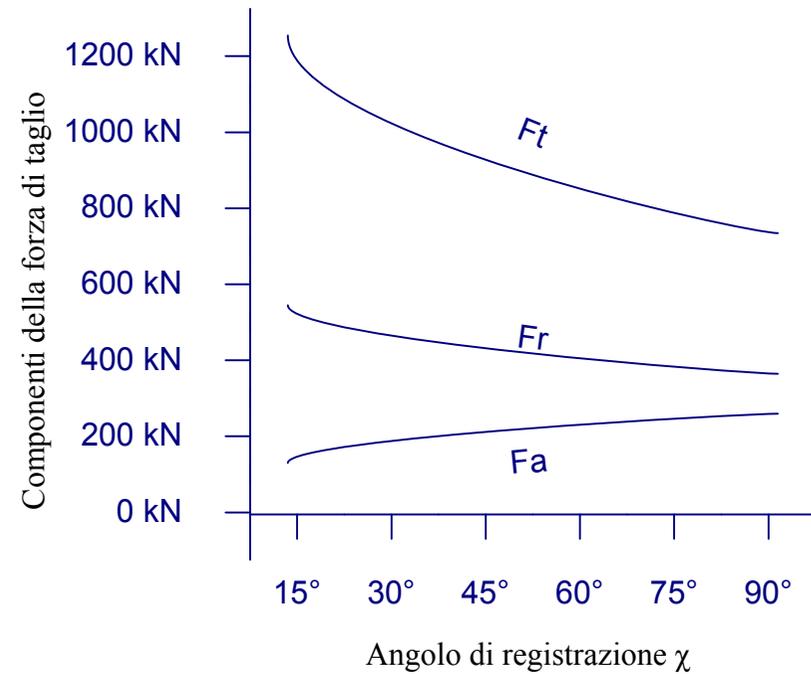
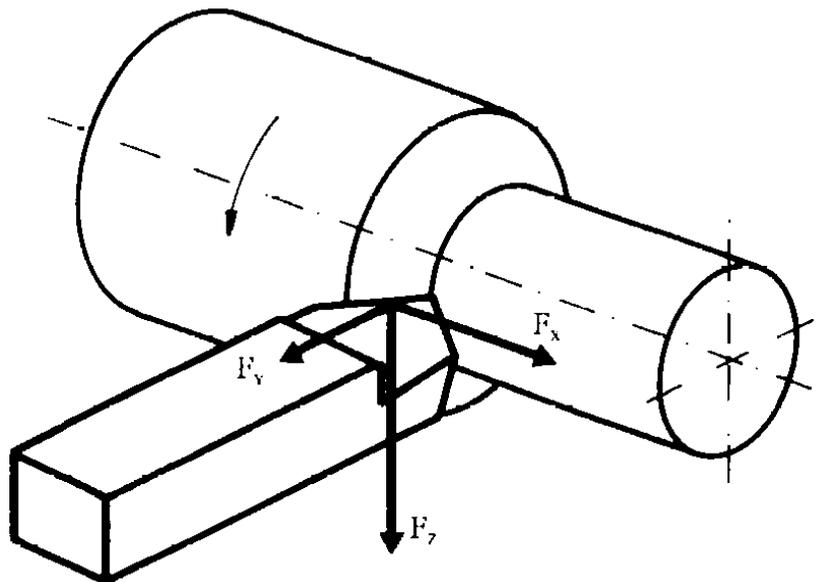
$$\chi = 45, \lambda > 0$$



$$\chi = 45, \lambda < 0$$



FORZE DI TAGLIO



$$\begin{aligned} F_t : F_r : F_f \\ 1 : 1/2 - 1/4 : 1/4 - 1/8 \end{aligned}$$

Individuazione della sezione del truciolo

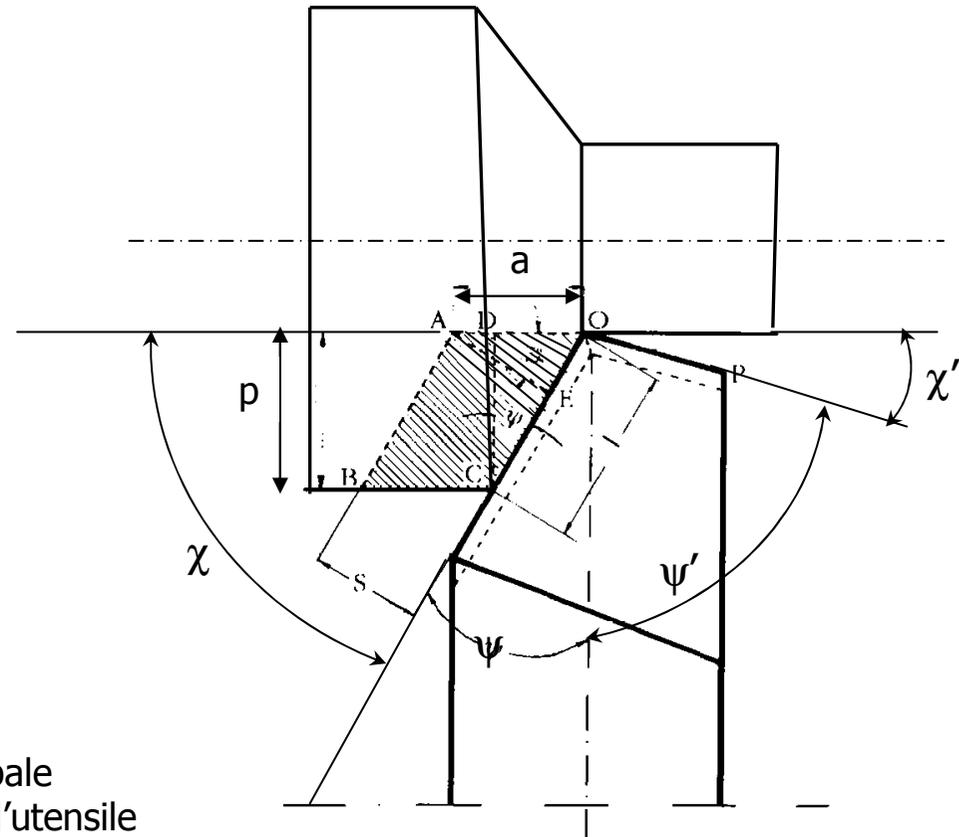
$$A = h \times b$$

$$h = a \times \sin \chi$$

$$b = p / \sin \chi$$

$$A = a \times p$$

- A = sezione del truciolo
- h = spessore del truciolo
- b = larghezza del truciolo
- a = avanzamento per giro
- p = profondità di passata
- χ = angolo di registrazione del tagliente principale
- $\psi + \psi' =$ angolo dell'utensile \rightarrow robustezza dell'utensile





Forza di taglio e potenza di lavorazione

$$F_t = K_s A = K_s a p = K_{s0} h^{-2} a p$$

$$P = \sum F_i V_i = F_t V_t + F_a V_a + F_r V_r$$

$$V_t = r \omega = r 2 \pi n / 60 / 1000 = \pi d n / 60 / 1000$$

$$V_a = a n / 60 / 1000$$

$$V_r = 0$$

K_s = pressione di taglio

K_{s0} = pressione specifica di taglio

ω [rad / s]

n [giri / minuto]

r [mm]

a [mm / giro]

V_t, V_a, V_r [m / s]

60 s / min ; 1000 mm / m



$$\begin{aligned} \mathbf{P} &= F_t \pi d n / 60 / 1000 + F_a a n / 60 / 1000 = \\ &= n F_t (\pi d + \alpha a) / 60 / 1000 \end{aligned}$$

essendo $F_a = \alpha F_t$

con

$$\alpha \in [1/4 - 1/5]$$

$$\pi \approx 3$$

$d >$ alcuni mm

$a <$ 1 mm

e quindi, essendo $\pi > \alpha$ e $d > a$

si ha che $\pi d \gg \alpha a$

e quindi si può trascurare la P_a

in conclusione

$$\mathbf{P} = F_t V_t = F_t p d n = K_s a p \pi d n / 60 / 1000$$



Tempo di lavorazione

$$t = L / V_a = L / a / n * 60 * 1000$$

$$V_a = a n / 60 / 1000$$

Per ridurre il tempo di lavorazione si può:

aumentare a
aumentare n

→ aumenta la rugosità

$$V_t = \pi d n / 60 / 1000$$

→ aumenta la potenza richiesta

Verifica dell'autocentrante

z = numero di griffe

d = diametro del pezzo in corrispondenza all'utensile

d^* = diametro del pezzo in corrispondenza alla presa delle griffe

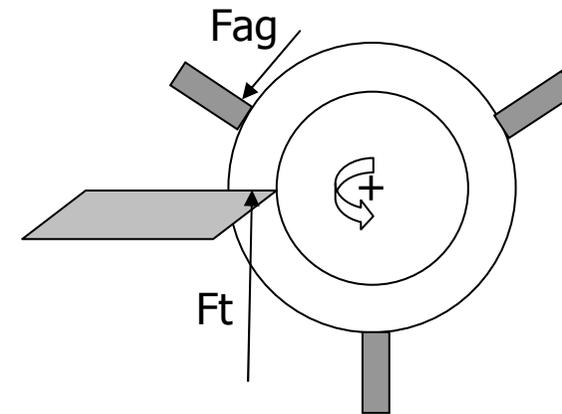
P_c = pressione di contatto griffa / pezzo

s = area di contatto griffa / pezzo

μ = coefficiente di attrito statico

M_t = momento di taglio

M_r = momento resistente



$$M_t = F_t d/2 = K_s a p d/2$$

$$M_r = F_{ag} d^*/2 = z P_c s \mu d^*/2$$

deve essere

$$M_r > M_t$$

cioè

$$z P_c s \mu d^*/2 > K_s a p d/2$$



Rugosità nelle operazioni di tornitura

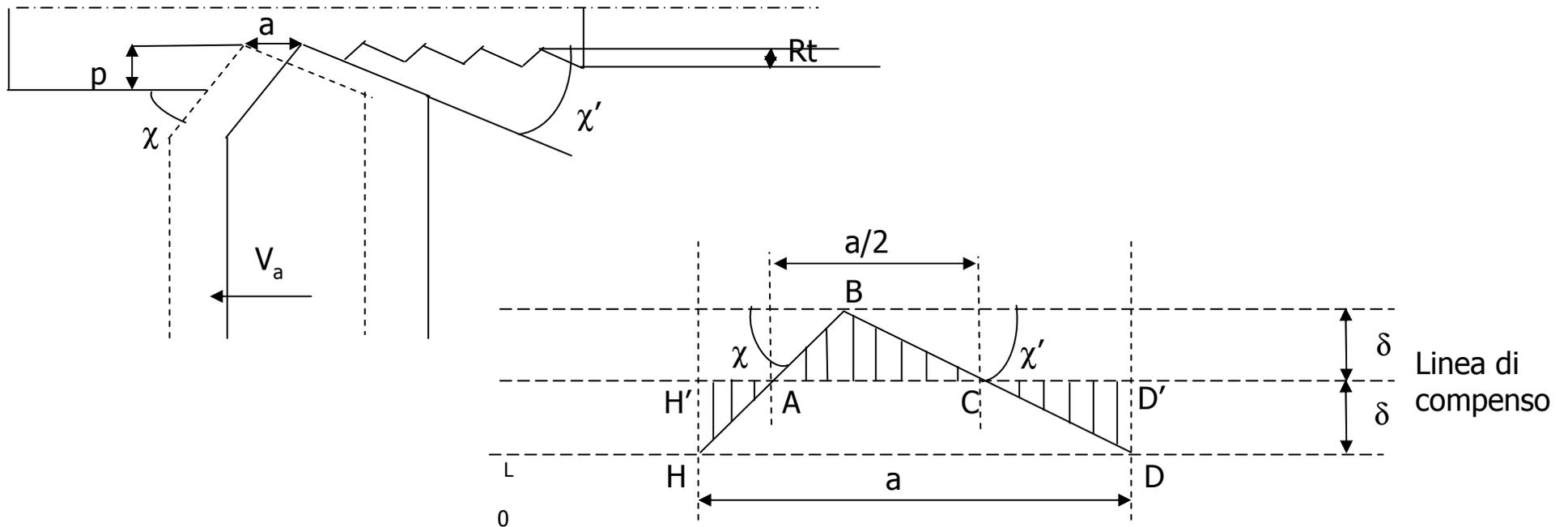
La rugosità teorica
dipende da fattori geometrici

La rugosità reale
dipende da:

- deformazioni plastiche
- vibrazioni
- dilatazioni termiche differenziali
- attrito
- struttura cristallina
- velocità di taglio $(v_t \uparrow, Ra \downarrow)$
- angolo g $(g \uparrow, Ra \downarrow)$
- raggio di raccordo fra i taglienti $(r \uparrow, Ra \downarrow)$
- profondità di passata $(p \downarrow, Ra \downarrow)$
- avanzamento $(f \downarrow, Ra \downarrow)$
- usura utensile

Rugosità teorica

I° caso: taglienti non raccordati



$$R_a = 1 / L \int |y| dx = 1 / a (AHH' + ABC + CDD') = 1 / a (2 \cdot a/2 \cdot \delta/2) = \delta/2$$

e

$$R_t = 4 R_a \text{ (valida per profili simmetrici e lineari)}$$

Determinare: $\delta = \delta (a, \chi_1, \chi_2)$

$$a / 2 = a_1 + a_2$$

$$\delta = a_1 \tan \chi = a_2 \tan \chi'$$

$$\begin{cases} a_1 = \delta / \tan \chi \\ a_2 = \delta / \tan \chi' \end{cases}$$

$$a / 2 = \delta (1/\tan \chi + 1/\tan \chi')$$

$$\delta = a/2 / (1/\tan \chi + 1/\tan \chi')$$

$$R_a = \delta / 2 = a/4 / (1/\tan \chi + 1/\tan \chi')$$

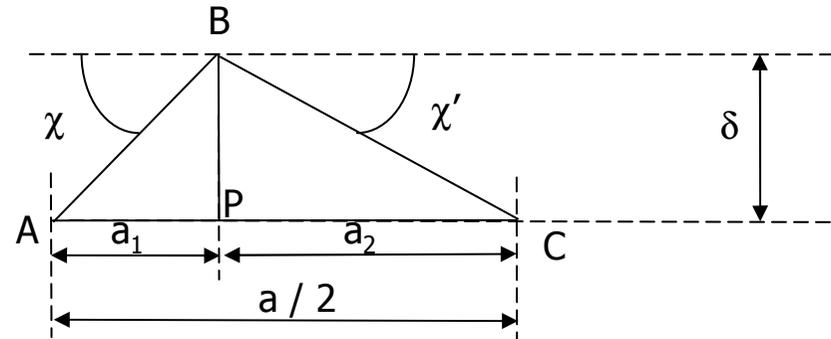


χ
 χ'
 a



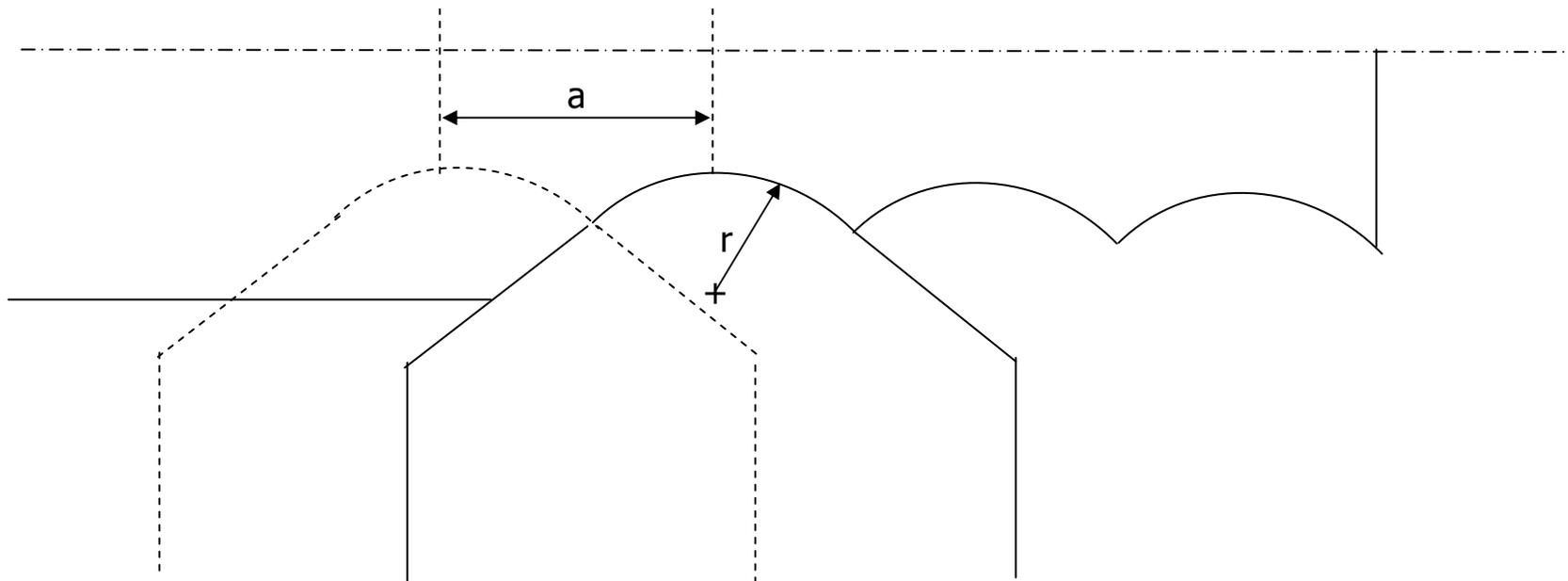
R_a aumenta

(ruotare l'utensile vuol dire far variare in senso opposto χ e χ' e quindi le tangenti)





2° caso: taglienti raccordati:



Si dimostra.....

l'effetto dell'avanzamento è analogo (al quadrato)

l'effetto degli angoli di registrazione è sostituito dall'effetto del raggio di raccordo

Formula di Schmalz! -> $R_a = 1000/32 a^2 / r$

(valida se lavora solo la parte raccordata)

$$\left\{ \begin{array}{l} a \quad [\text{mm}] \\ r \quad [\text{mm}] \\ R_a \quad [\mu\text{m}] \end{array} \right.$$



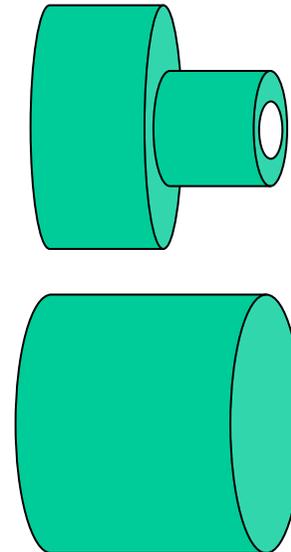
Sequenza delle operazioni
e scelta dei parametri

grezzo → finito

grezzo da

-- fonderia

-- semilavorato da deformazione plastica





Quanto deve essere asportato : la differenza fra quota del grezzo e quota del finito

H_{tot} è noto

In quante passate $H_{tot} = H_1 + H_2 + \dots + H_n$

?

Elementi di valutazione: tolleranze richieste
finitura superficiale richiesta

tolleranze / finiture
modeste → poche passate, grande profondità
elevate → molte passate, le ultime con piccola profondità

sgrossatura → semifinitura → finitura



Come deve essere asportato :

- il più velocemente possibile
- il più economicamente possibile
- compatibilmente con i vincoli di
 - tolleranze
 - finiture
 - forze
 - potenze
 -

Il più velocemente possibile vuol dire

alla velocità di taglio ottima per il tempo con l'avanzamento più grande possibile

Il più economicamente possibile vuol dire

alla velocità di taglio ottima per il costo usurando gli utensili il meno possibile

?

Compatibilmente con i vincoli vuol dire

.....



Compatibilmente con i vincoli vuol dire che:

Parametri

le forze in gioco non devono essere troppo elevate per evitare che il pezzo si infletta troppo (scarse tolleranze) → piccoli p e a

l'avanzamento deve essere adeguato per ottenere la rugosità richiesta → piccolo a

La V_t deve essere piccola per non usurare troppo gli utensili

Utensili

l'utensile deve essere abbastanza robusto per non rompersi sotto l'azione delle forze di taglio → grande β

deve essere fatto con un materiale 'povero' per non costare troppo

Macchine

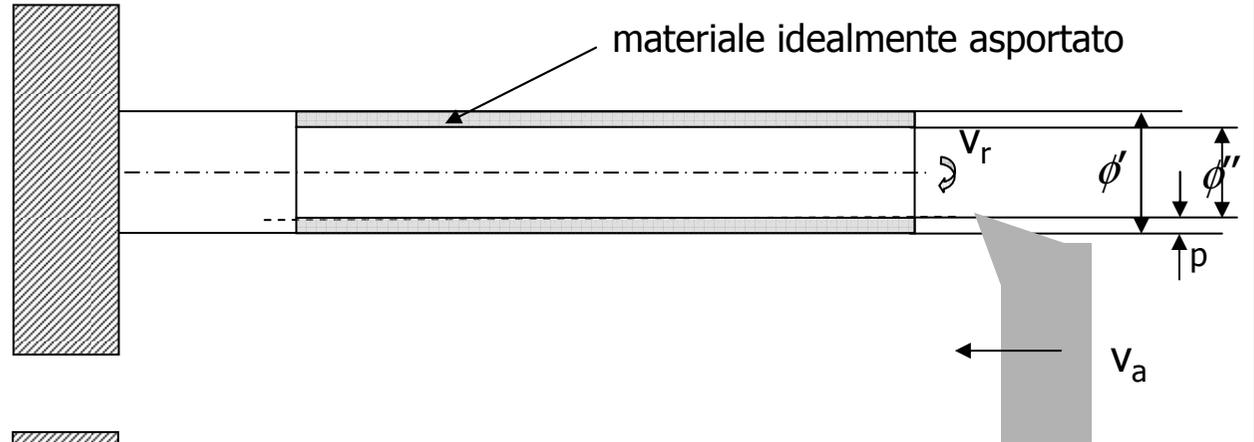
la macchina deve essere abbastanza robusta per non deformarsi sotto l'azione delle forze di taglio

la macchina deve essere abbastanza potente per fornire adeguata V_t e F

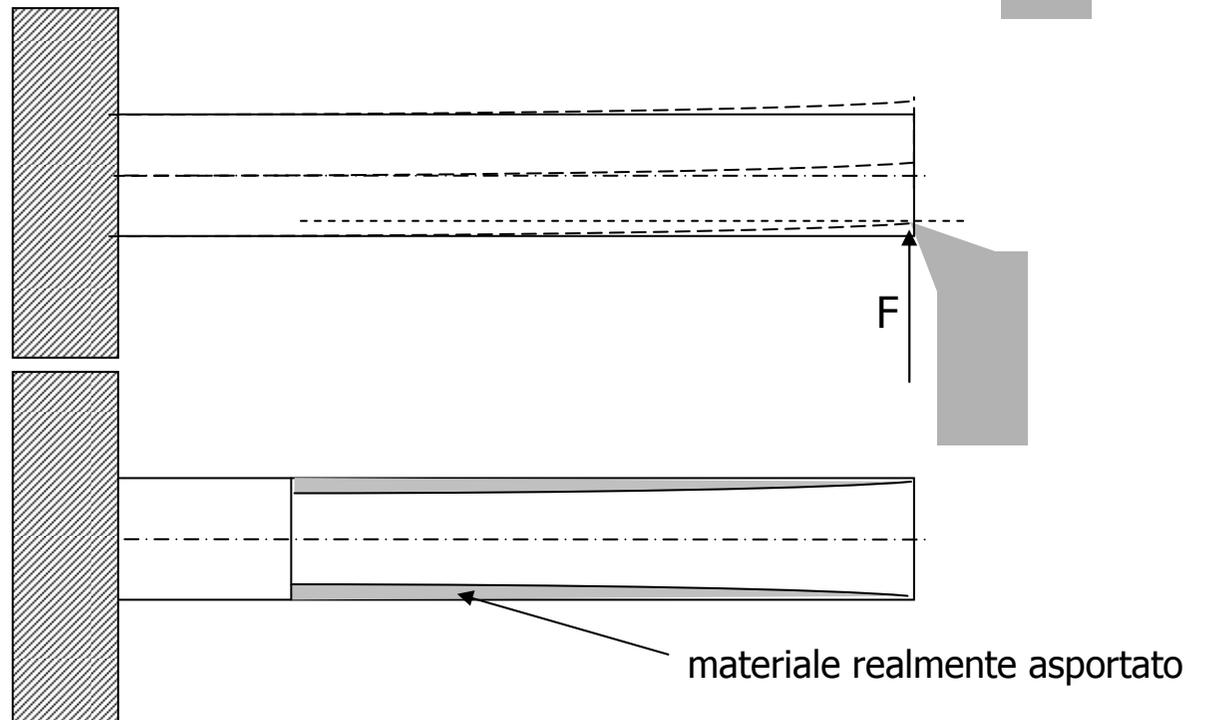


Tolleranze

Caso ideale: no forze
no deformazioni
rigidezza infinita

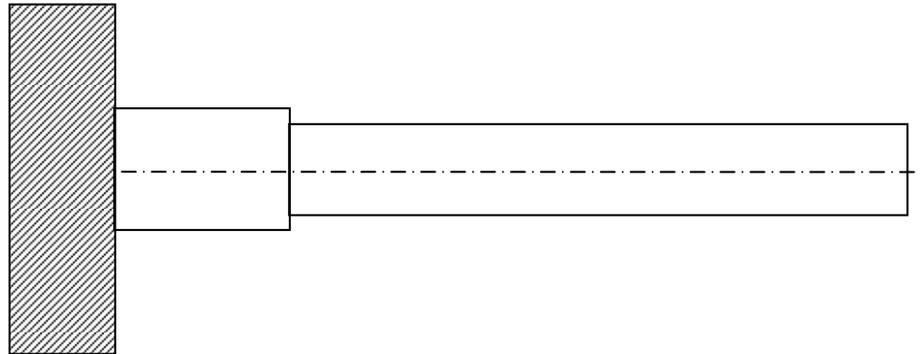


Caso reale: forze
deformazioni
elasticità

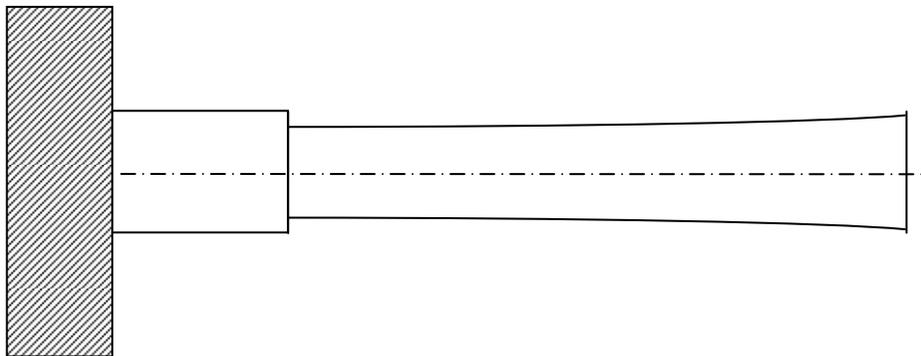




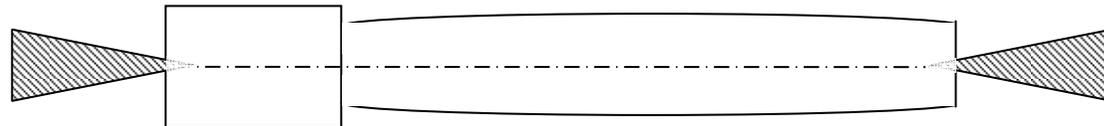
caso ideale



caso reale
mandrino autocentrante



caso reale
punta e contropunta





Soluzione: ridurre le forze → ridurre la sezione del truciolo → ridurre p e a

Metodo del K_s

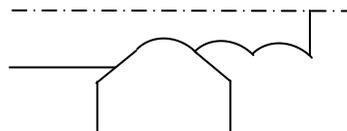
Riduzione di p : aumenta il numero di passate

Riduzione di a : aumenta il tempo della singola passata



Finiture

Relazione di Schmalz



Aumentare raggio dell'utensile

aumenta ingombro dell'utensile

Diminuire l'avanzamento

aumenta il tempo della passata



Forze

Metodo del K_s

sul pezzo

forze troppo grandi → basse tolleranze → vedi sopra

sull'utensile

forze troppo grandi → rischio rottura
→ aumento (piccolo) usura

sulla macchina

forze troppo grandi → potenze elevate
→ deformazioni
→ danni e rischi vari



Potenze

$$P = F V_t = K_s A V_t = K_s a p V_t$$

Se la potenza disponibile è inferiore alla potenza richiesta è necessario: ridurre le forze (a o p)
o
ridurre la velocità

ridurre la potenza riducendo l'avanzamento porta a:

finiture superficiali migliori
aumento dei tempi di lavorazione

ridurre la potenza riducendo la profondità di passata porta a:

tolleranze migliori
aumento dei tempi di lavorazione

ridurre la potenza riducendo la velocità di taglio porta a:

minore usura utensili
aumento dei tempi di lavorazione



Ottimizzazione non vincolata ad un parametro

esiste sicuramente almeno una soluzione

Ottimizzazione vincolata multi parametri

Ottimizzazione vincolata pochi parametri

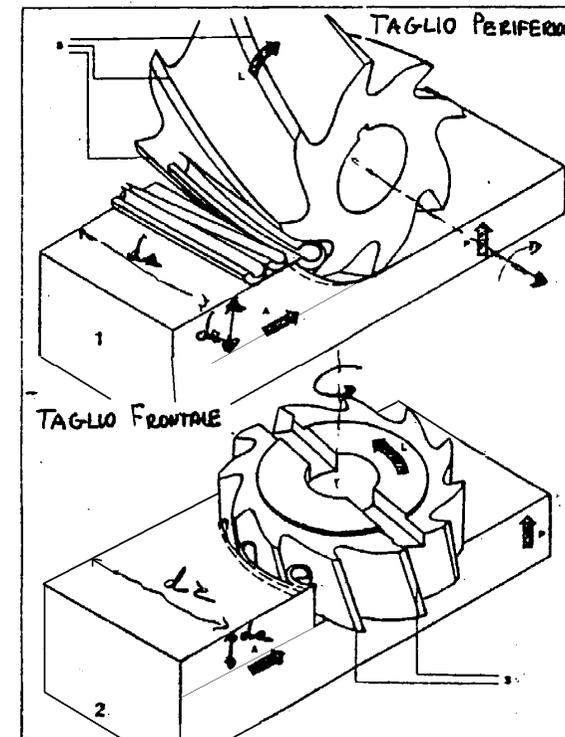
potrebbero non esistere soluzioni

Ottimizzazione vincolata ad un parametro



Fresatura

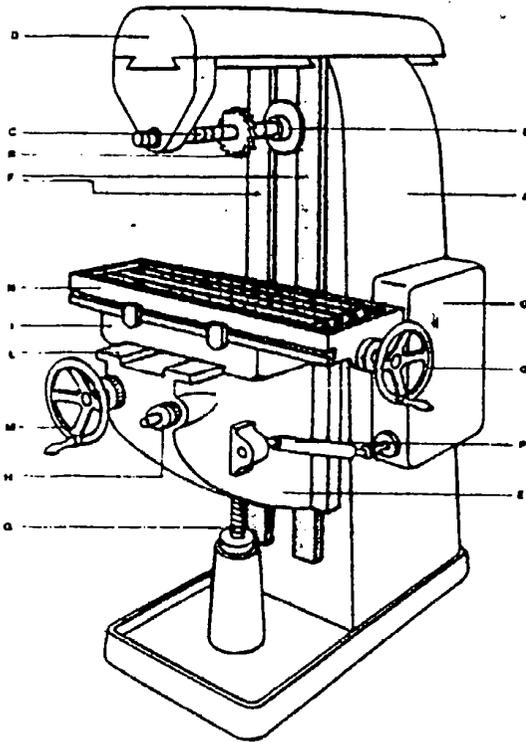
<u>Moto di taglio</u>	utensile	rotatorio
<u>Moto di avanzamento</u>	pezzo	lineare rettilineo o meno
<u>Moto di registrazione</u>	pezzo	lineare discontinuo
<u>Moto di lavoro</u>		cicloidale
<u>Periferica</u>	asse fresa	// superficie lavorata
<u>Frontale</u>	" "	∩ " "



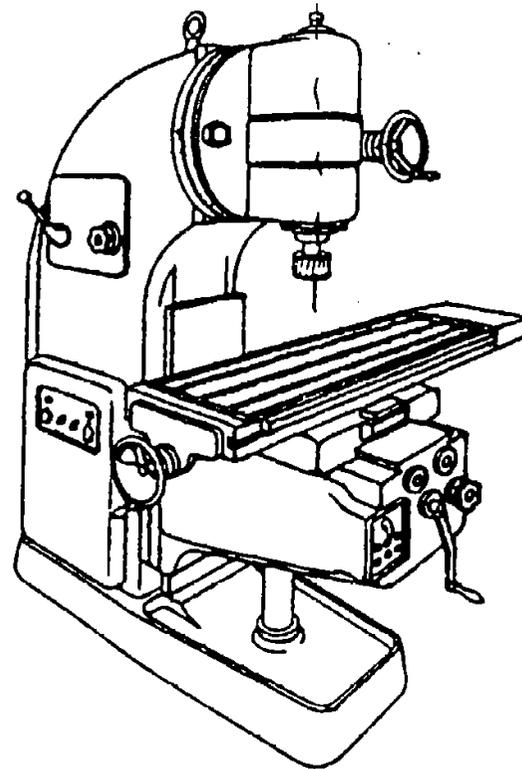


Struttura fresatrici

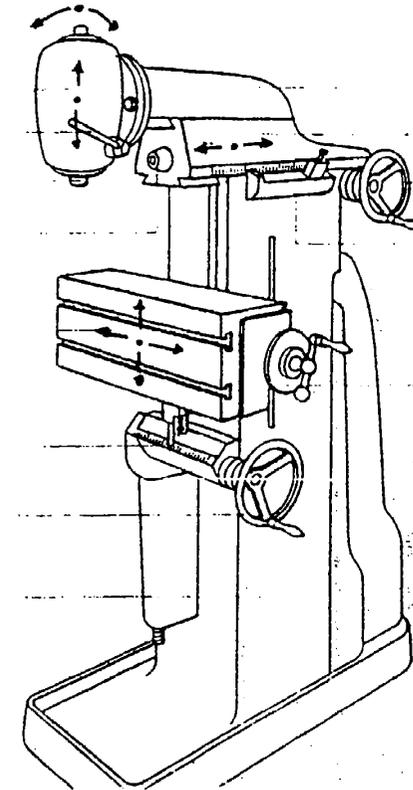
orizzontale



verticale



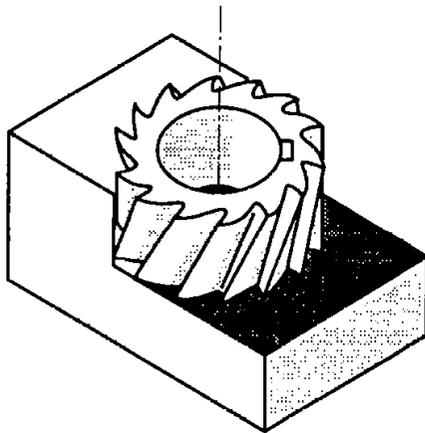
per attrezzisti



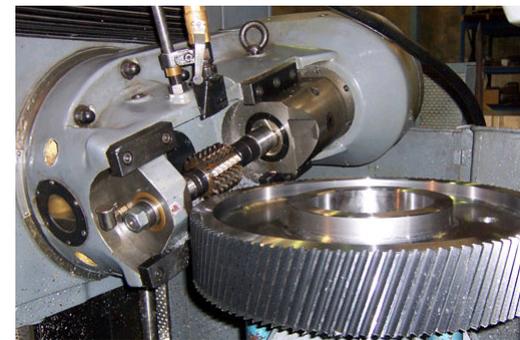
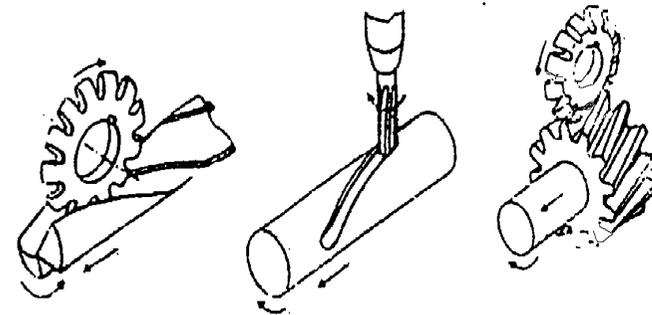


Lavorazioni possibili

spianatura

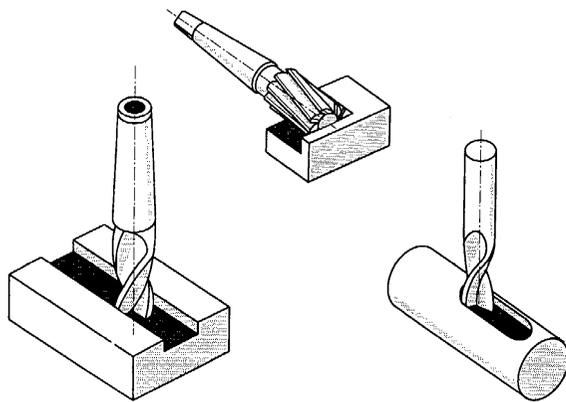


taglio ruote dentate

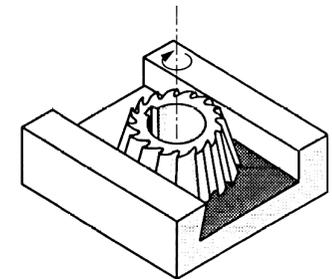
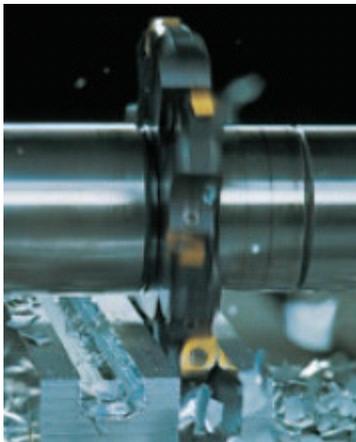
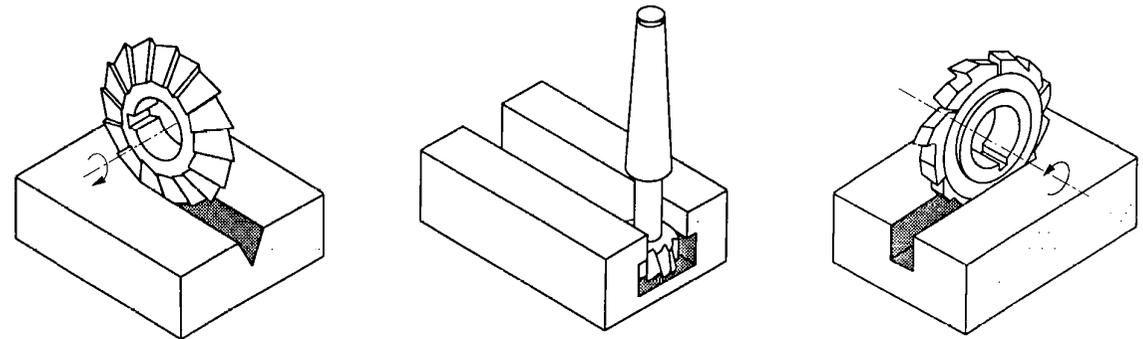




esecuzione scanalature



esecuzione cave

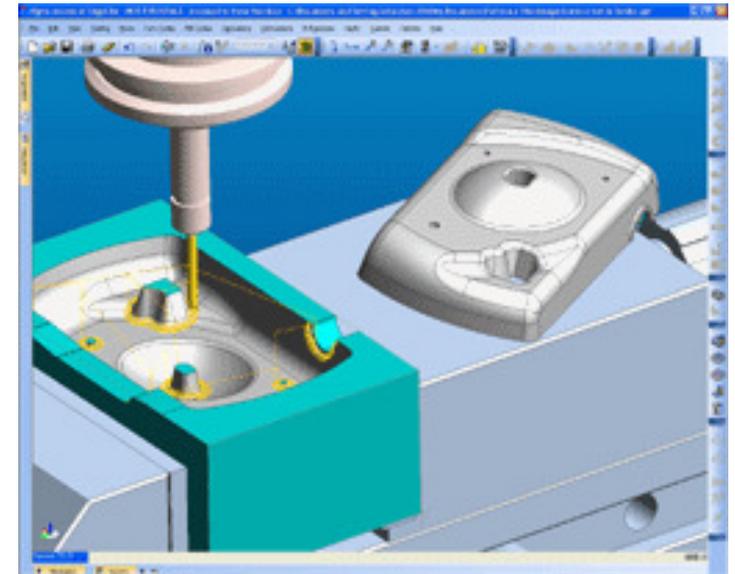




fresatura di superfici complesse

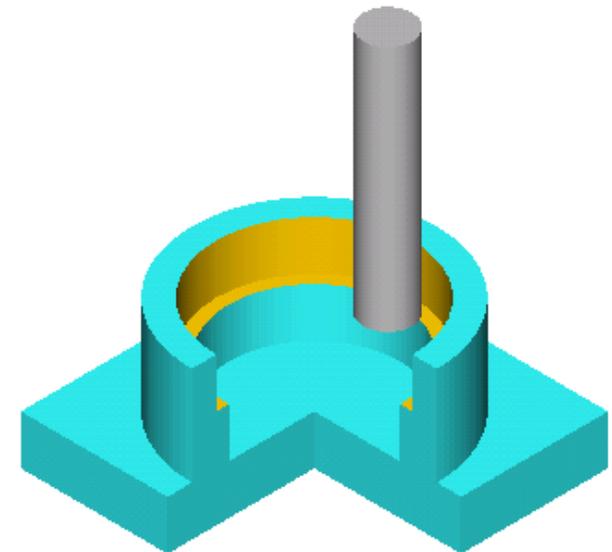


interna



contornatura

esterna



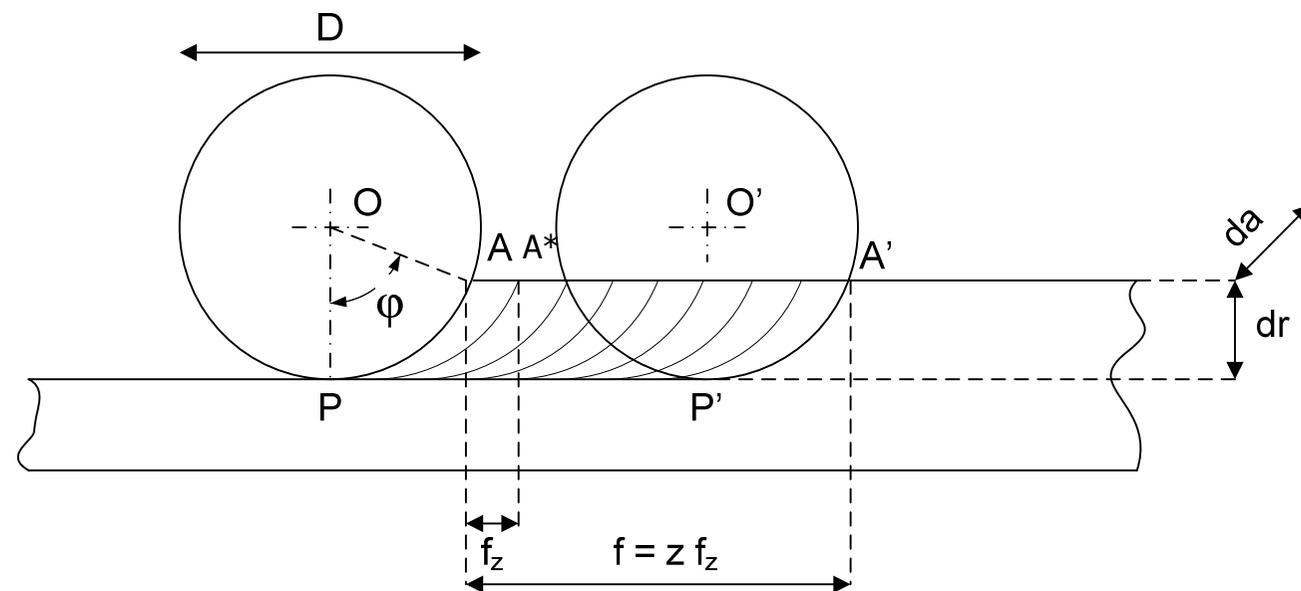


avanzamento della fresa: f [mm/giro]

Avanzamento per dente: f_z [mm/giro]

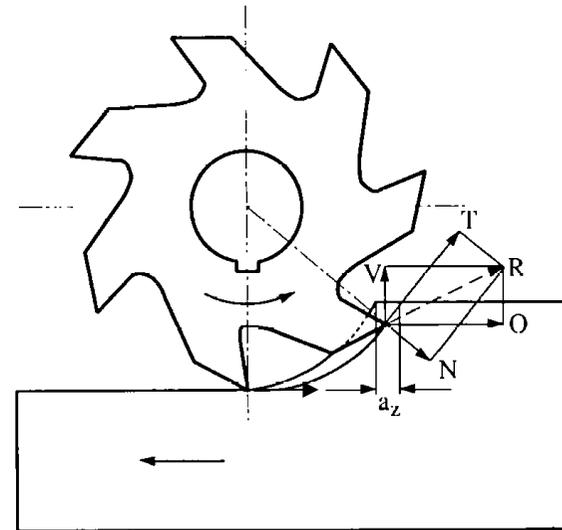
velocità di avanzamento: $V_f = f n$ [mm/s]

Numero di denti: z

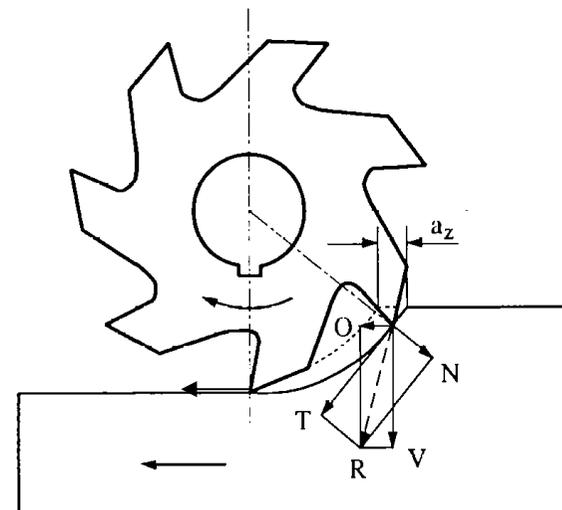




fresatura in discordanza
up milling



fresatura in concordanza
down milling





Confronto

up milling vs

down milling

usura

quindi

dorsale
 α grande

frontale
 γ piccolo

il pezzo viene

quindi

sollevato
basse tolleranze

schacciato
migliori tolleranze

il pezzo viene

quindi

quindi

spinto contro l'utensile
moto regolare
sistema di recupero automatico dei giochi

allontanato dall'utensile
moto irregolare

zona di lavoro

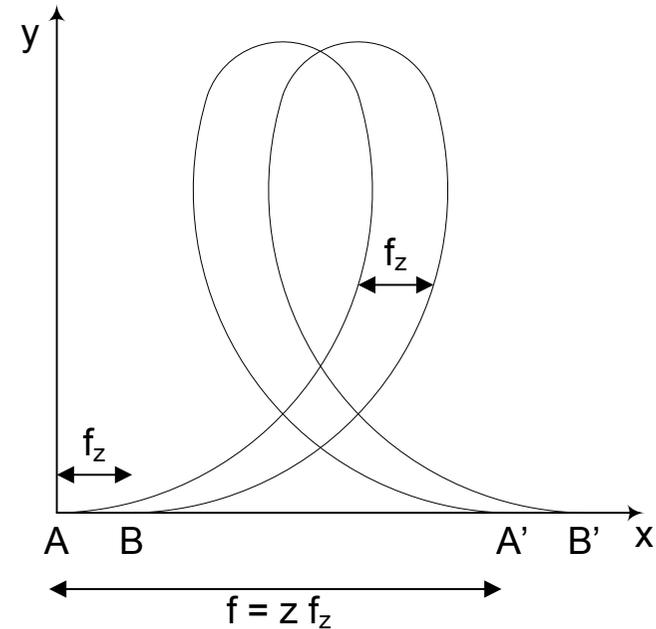
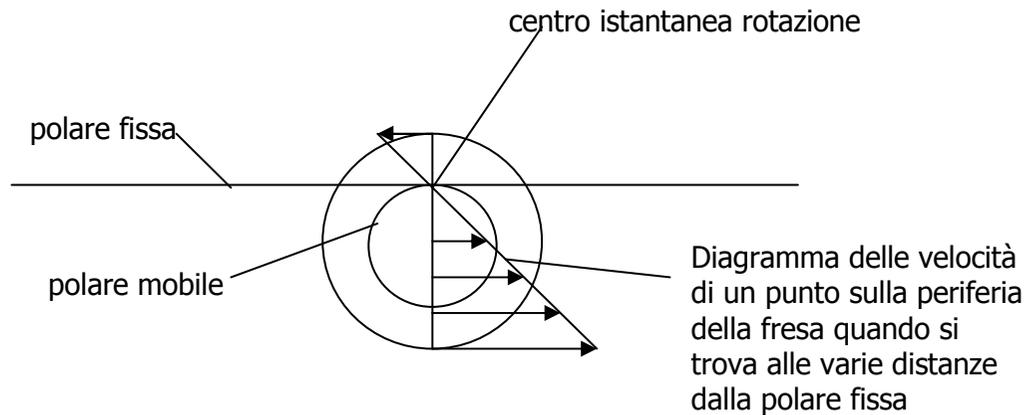
già lavorata

crosta superficiale
non adatta su grezzi di fonderia

Sezione del truciolo

è necessario individuare la
traiettoria del dente:

il moto relativo, somma del moto di avanzamento
con il moto di taglio è dato dal rotolamento senza
strisciamento di una polare mobile su una polare fissa;
la fresa è solidale con la polare mobile



Con alcune ipotesi semplificative:

- trascuriamo centro di istantanea rotazione
- un solo dente in presa
- denti dritti

lo spessore del truciolo vale:

$$h_{\theta} = \overline{AD} \approx \overline{AB} = \overline{AC} \sin \theta = f_z \sin \theta$$

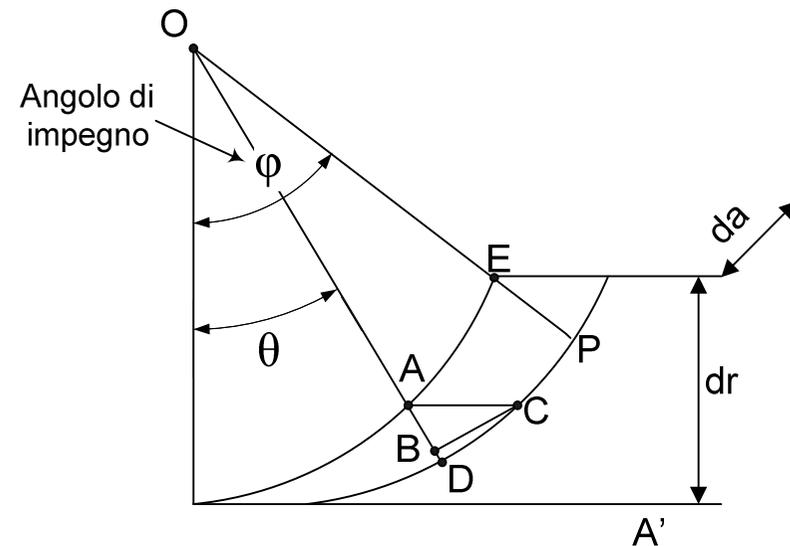
lo spessore medio:

$$h_{med} = \frac{1}{f} \int_0^{\varphi} h_{\theta} d\theta = 2 \frac{d_r f_z}{D \varphi}$$

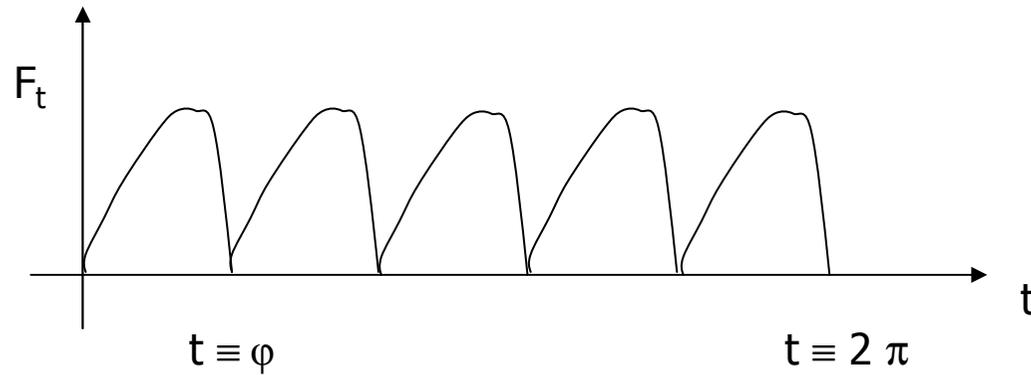
lo spessore massimo:

$$h_{max} = f_z \sin \varphi = f_z 2 \sqrt{\frac{dr}{D} \left(1 - \frac{dr}{D} \right)}$$

(da semplificare se $d_r \ll D$)

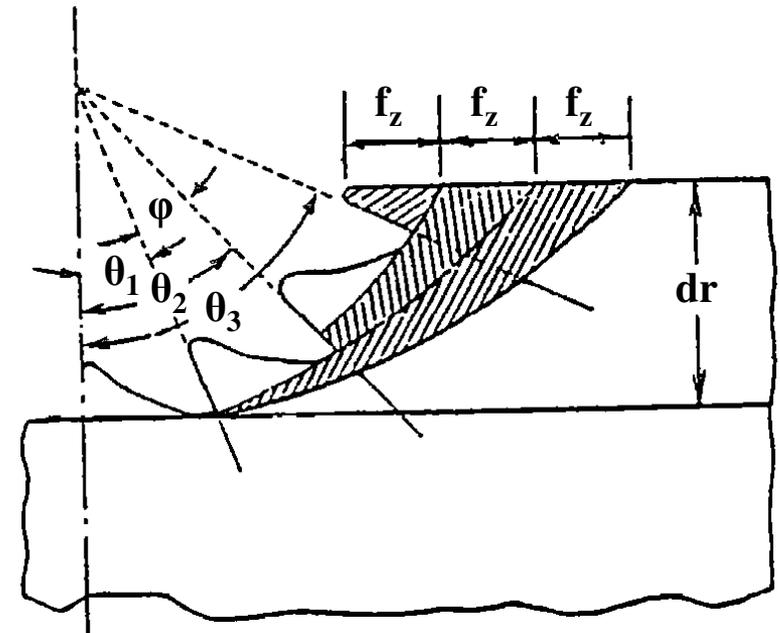


Le forze di taglio hanno quindi il seguente andamento:



vibrazioni
urti
usura utensile

avere almeno 3
denti in presa





Potenza di lavorazione

$$F_{t,\theta} = K_s A_\theta$$

$$M_t = \sum_{\theta} K_s A_\theta \frac{D}{2} \cong K_s A_{medio} \frac{D}{2} = K_s z \cdot d_a \cdot h_{med} \frac{D}{2}$$

$$M_{t,\theta} = K_s A_\theta \frac{D}{2}$$

(per un dente in presa)

$$P = \frac{M_t \omega}{\eta} = \zeta \frac{K_s \cdot d_a \cdot h_{med} \cdot D \cdot \omega}{2\eta}$$

$$h_{med} = 2 \frac{d_r f_z}{D \phi}$$

$$\omega = 2\pi \cdot n$$

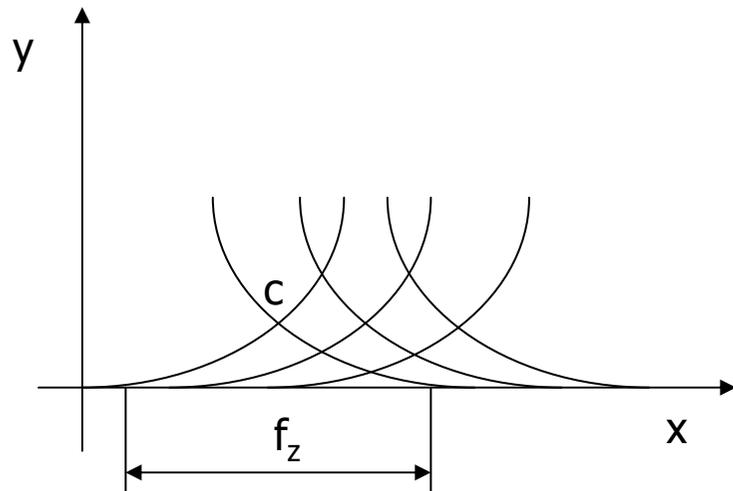
$$\zeta = \frac{\phi}{\phi_0} = \frac{\phi}{\frac{2\pi}{z}}$$

$$P_t = \frac{K_s \cdot d_a \cdot d_r \cdot z \cdot f_z \cdot n}{\eta} = \frac{K_s \cdot d_a \cdot d_r \cdot V_f}{\eta}$$

P_a viene trascurata



Rugosità teorica



dobbiamo trovare l'ascissa
e l'ordinata del punto c

per simmetria $x_c = \frac{f_z}{2}$

viene soddisfatta per $R \sin(\omega \cdot t_c) + V_f \cdot t_c = \frac{f_z}{2}$

ma per piccoli angoli $\sin(\omega \cdot t_c) \cong \omega \cdot t_c$

allora:

$$t_c = \frac{\frac{f_z}{2}}{\omega \cdot R + V_f} = \frac{\frac{f_z}{2}}{V_t + V_f}$$

$$\omega \cdot t_c = \frac{\omega \cdot \frac{f_z}{2}}{\omega \cdot R + z \cdot f_z \cdot n} = \frac{\omega \cdot \frac{f_z}{2}}{\omega \cdot R + z \cdot f_z \cdot \frac{\omega}{2\pi}} = \frac{\frac{f_z}{2}}{R + z \cdot \frac{f_z}{2\pi}}$$



L'ordinata y è la rugosità massima (altezza picco valle)

$$Y = R[1 - \cos(\omega \cdot t_c)] = R[1 - \sqrt{1 - \sin^2(\omega \cdot t_c)}] \cong R[1 - \sqrt{1 - (\omega \cdot t_c)^2}] \cong$$

$$\cong R\left[1 - \left(1 - \frac{(\omega \cdot t_c)^2}{2}\right)\right] = \frac{R}{2}(\omega \cdot t_c)^2 = \frac{R}{2}\left(\frac{\frac{f_z}{2}}{R + z \cdot \frac{f_z}{2\pi}}\right)^2 = \frac{R}{2} \frac{\pi^2 f_z^2}{(2R \pm z \cdot f)^2}$$

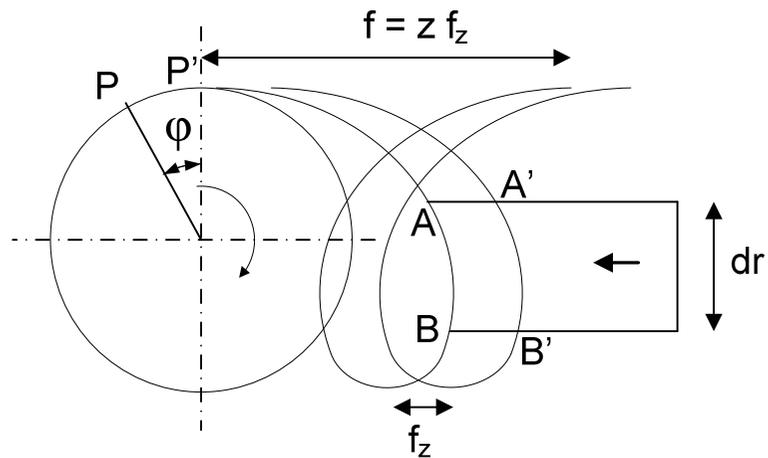
$$R_{\max} = \frac{R}{2} \frac{\pi^2 f_z^2}{(2R \pm z \cdot f)^2} \xrightarrow{\text{se } 2\pi R \gg z \cdot f_z} R_{\max} = \frac{f_z^2}{8R}$$

+ discordanza
- concordanza

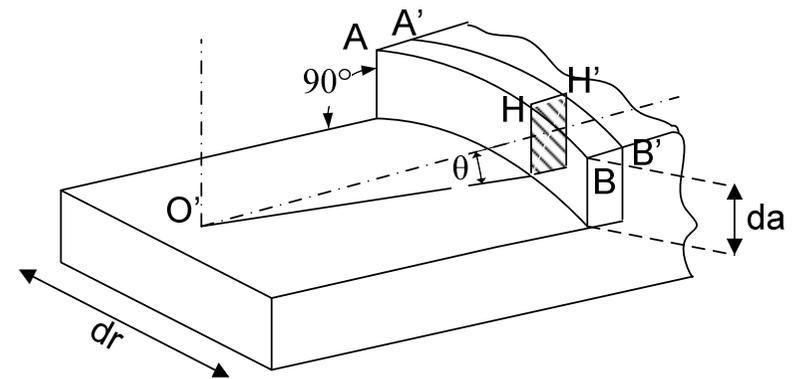
NB: la rugosità reale è maggiore

Fresatura frontale

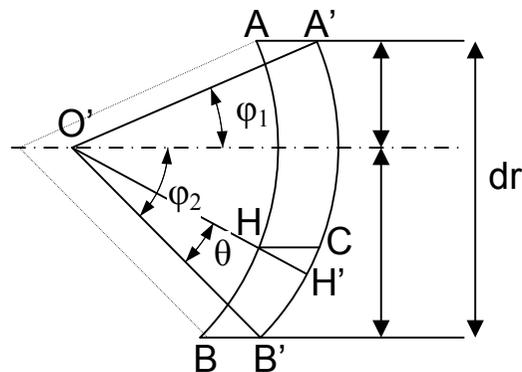
traiettoria dente



spessore del truciolo



arco di lavoro



$$h_{\theta} = \overline{HH'} \cong \overline{HC} \cos \theta = f_z \cos \theta$$

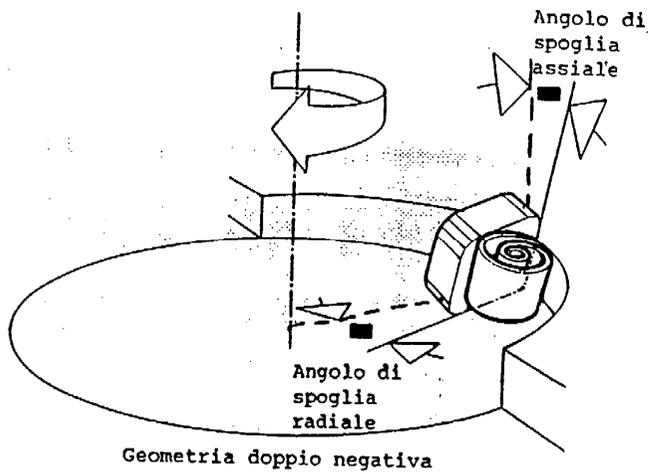
$$h_{med} = \frac{1}{\varphi} \int_{-\varphi_2}^{\varphi_1} h_{\theta} d\theta = \frac{f_z}{\varphi} \int_{-\varphi_2}^{\varphi_1} \cos \theta d\theta =$$

$$= \frac{f_z}{\varphi} [\sin \varphi_1 - \sin(-\varphi_2)] = \frac{f_z}{\varphi} [\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2]$$

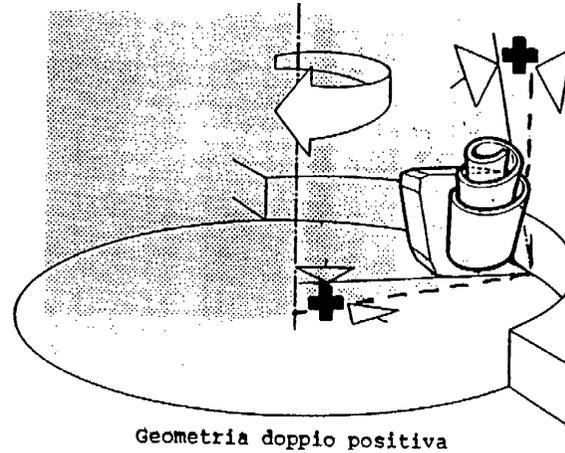
$$\text{se } \frac{D}{2} \sin \varphi_1 + \frac{D}{2} \sin \varphi_2 = dr \Rightarrow h_{med} = 2 \frac{d_r f_z}{D \varphi}$$



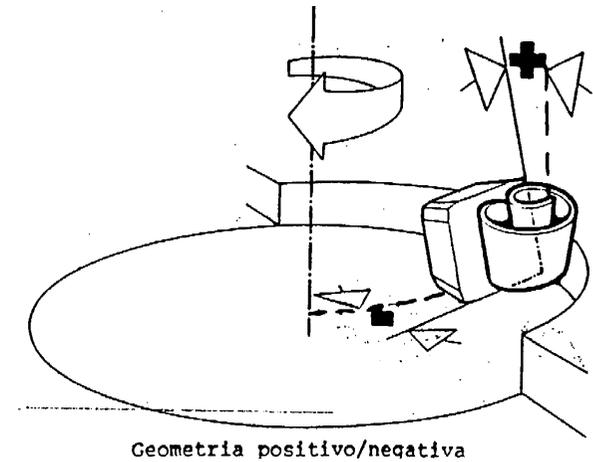
Geometria delle frese frontali



materiali duri
tagliente robusto
peggiore evacuazione truciolo



materiali duttili

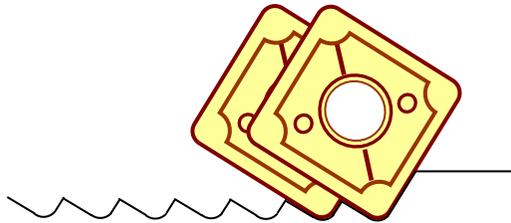


tagliente robusto
evacuazione truciolo

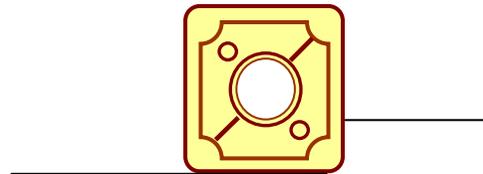


Finitura superficiale

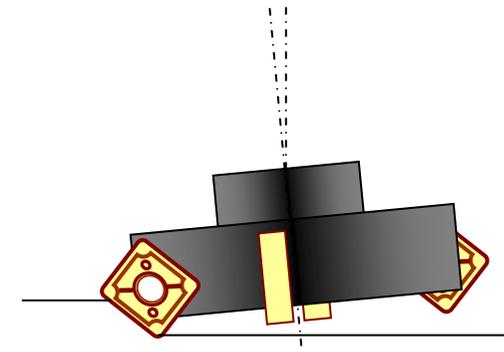
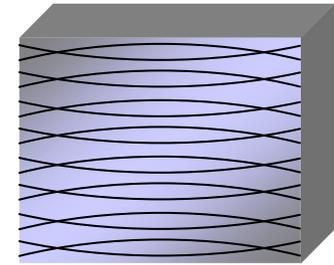
Segni di lavorazione



Angolo di registrazione



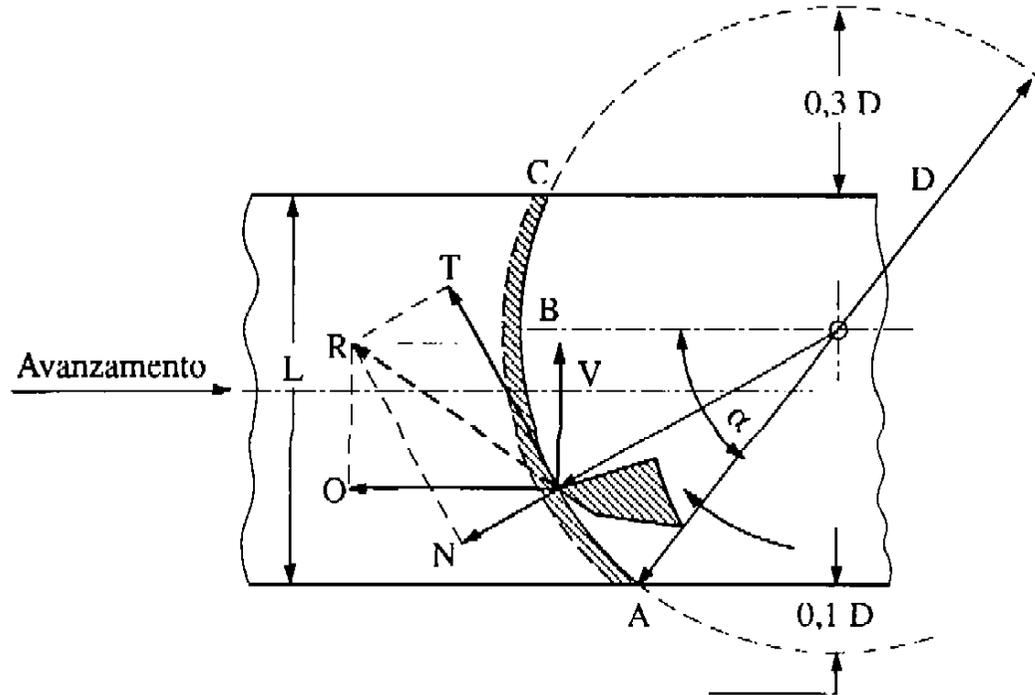
Inserto raschiante



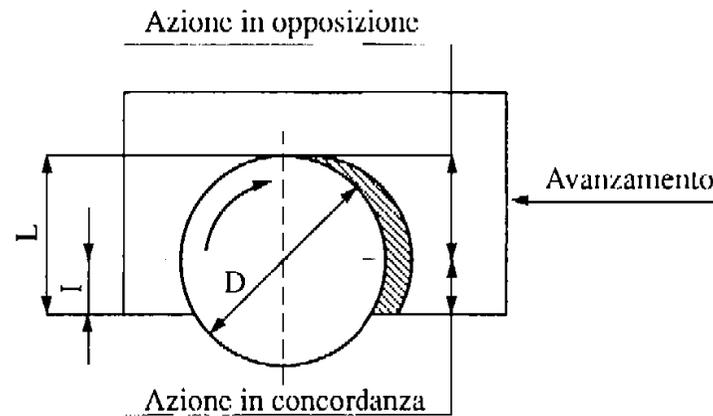
inclinazione asse fresa



eccentricità



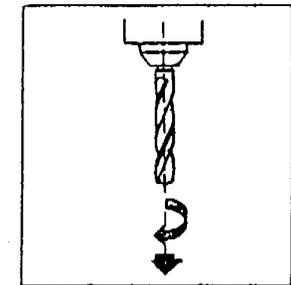
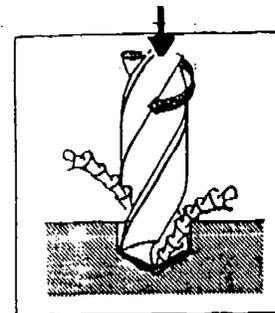
diametro troppo piccolo



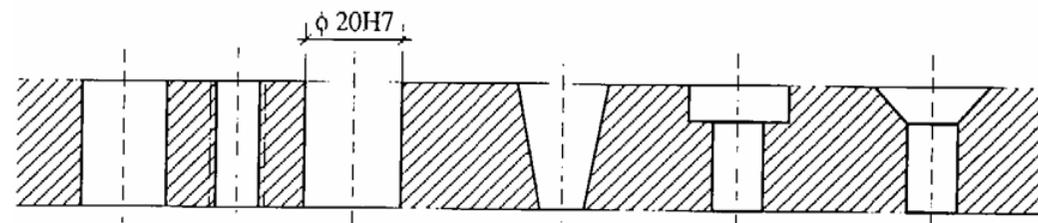


Foratura

Moto di taglio	utensile	rotatorio
Moto di avanzamento	utensile	rettilineo
Moto di registrazione	utensile pezzo	
Moto di lavoro		elicoidale



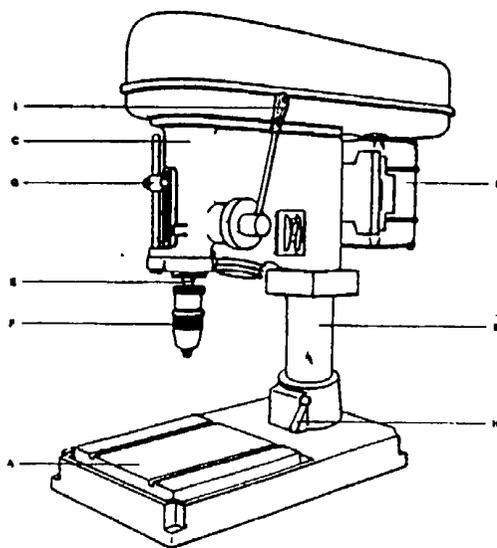
lavorazioni



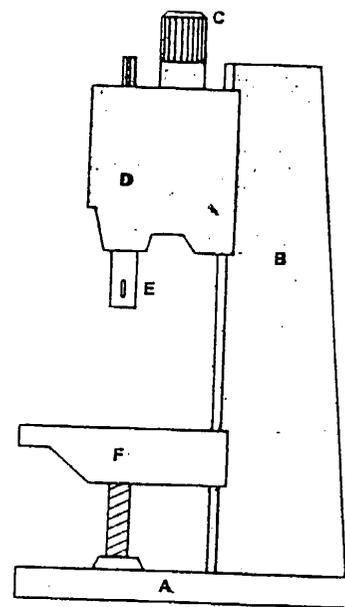


Struttura trapani

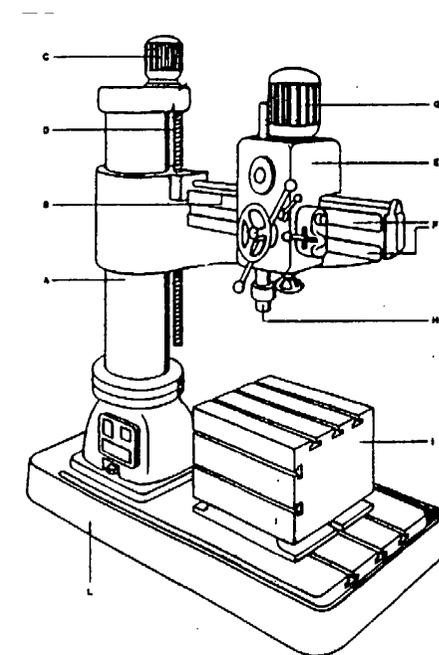
da banco, sensitivo



a colonna



radiale



Punta elicoidale

Struttura della punta:

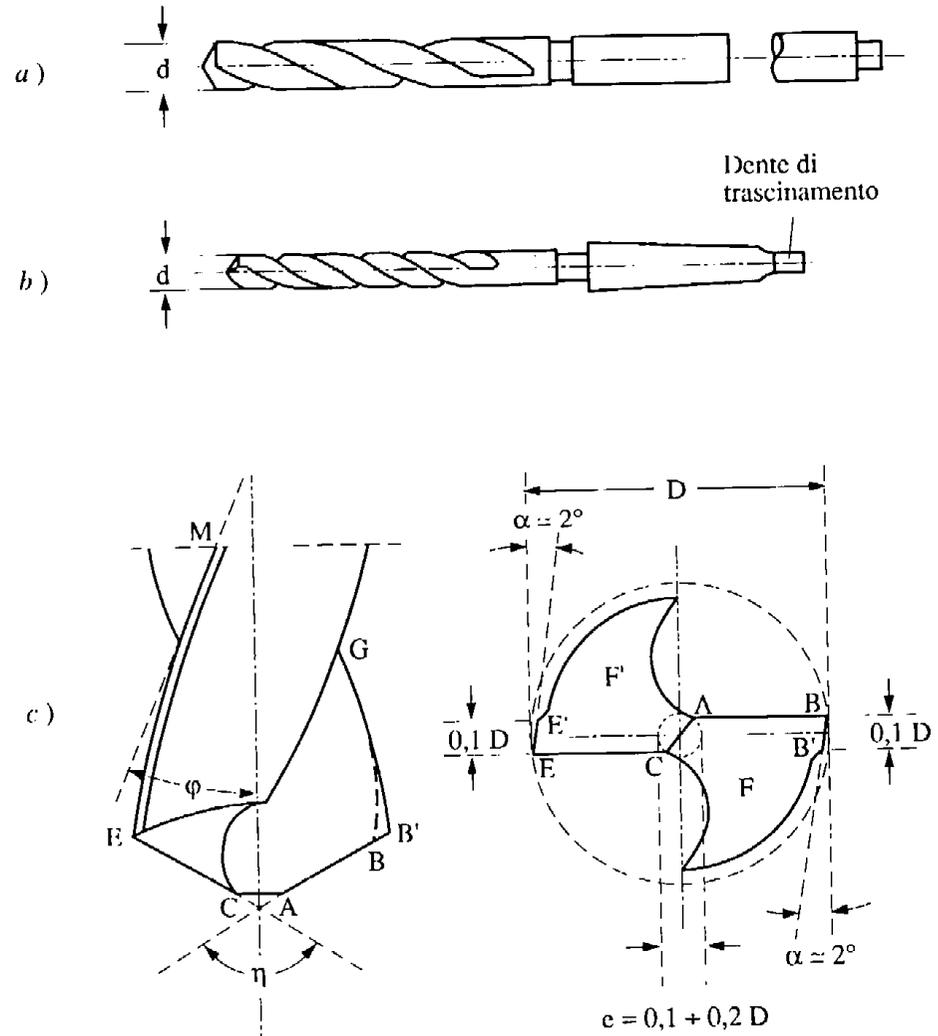
codolo, testa, corpo

Grandezze caratteristiche:

angolo fra i taglienti

quadretto

faccette di affilatura



Altri utensili per foratura

Refrigerata

ad inserti

a gradini

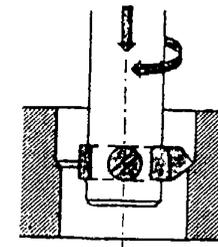
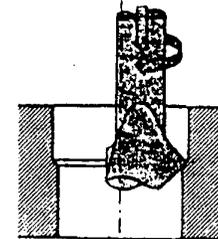
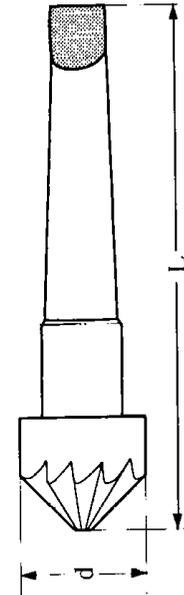
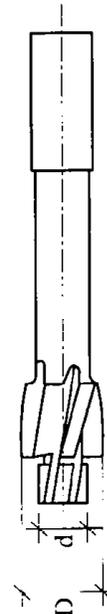
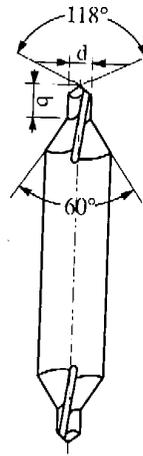
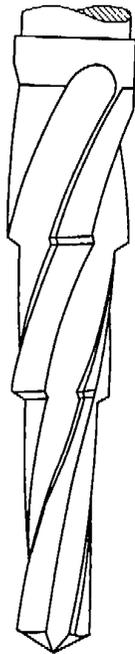
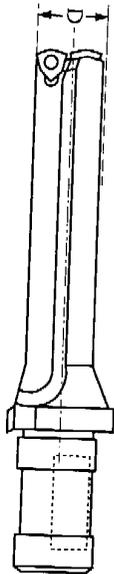
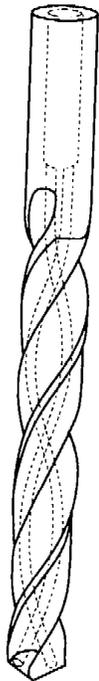
doppia

da centri

svasatore

svasatore conico

bareno



Forze di taglio

componenti della forza di taglio

P_1 → resistenza all'avanzamento

P_3 →

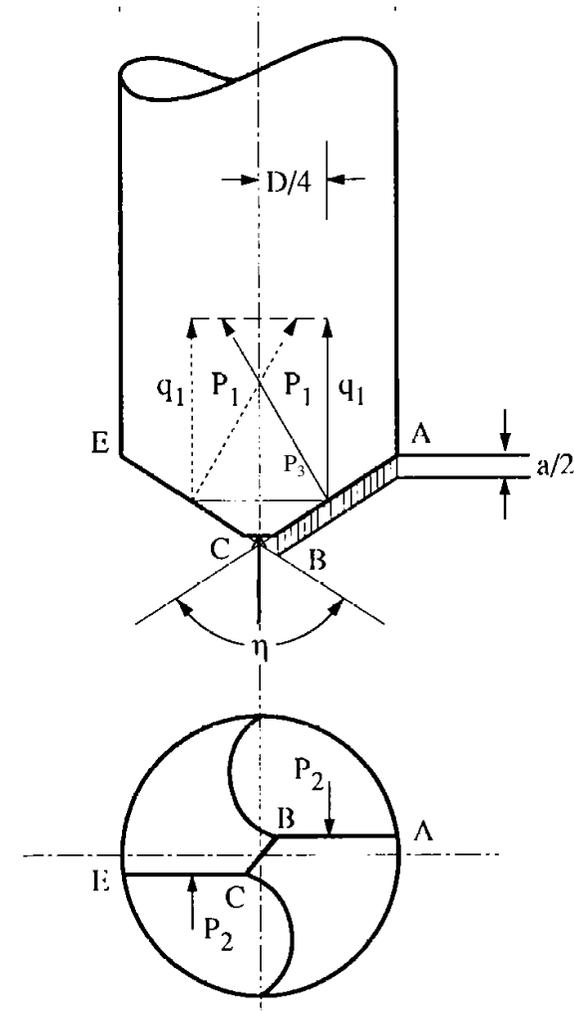
P_2 → coppia di taglio

sezione del truciolo $s = a/2 \quad D/2$

$$M_t = P_2 \cdot \frac{D}{2} = K_s \frac{a}{2} \frac{D}{2} \frac{D}{2} = a \cdot D^2 \frac{K_s}{8}$$

$$W = M_t \omega = a \cdot D^2 K_s n \frac{2\pi}{60} \frac{1}{8} \frac{1}{1000} \quad [W]$$

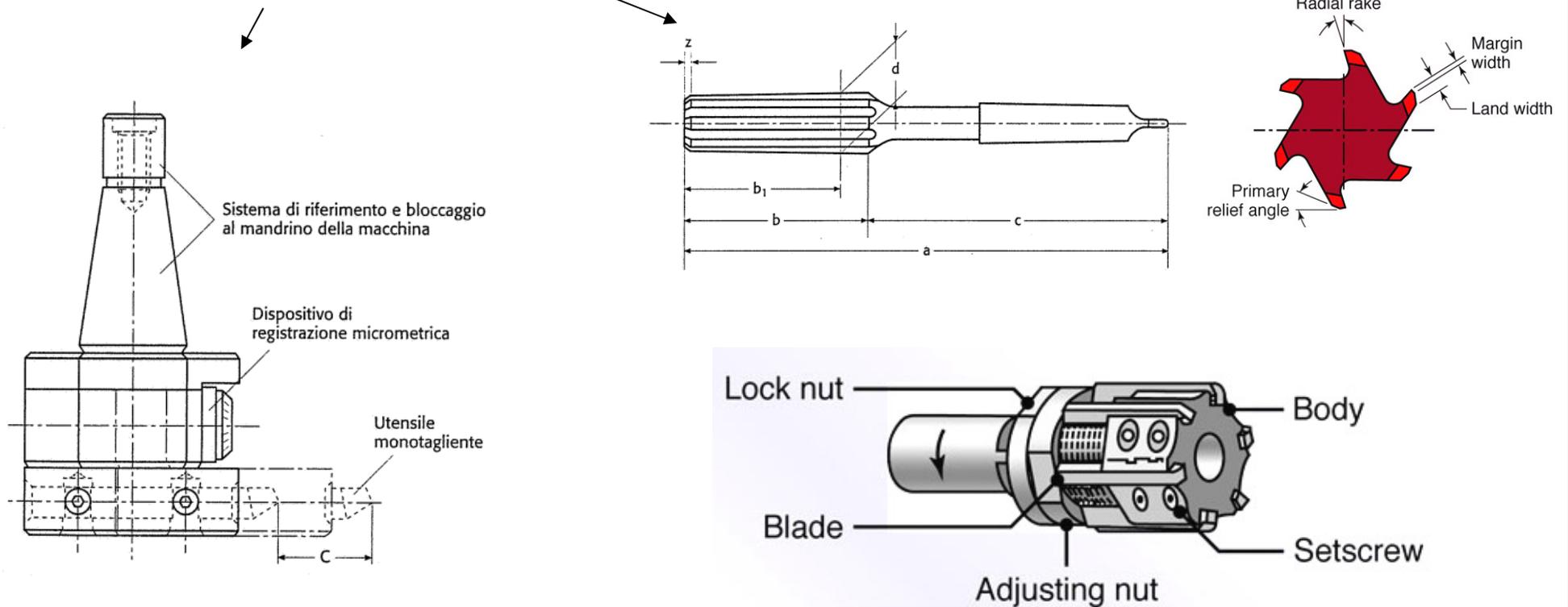
empiricamente $P_2 = 2 P_1$



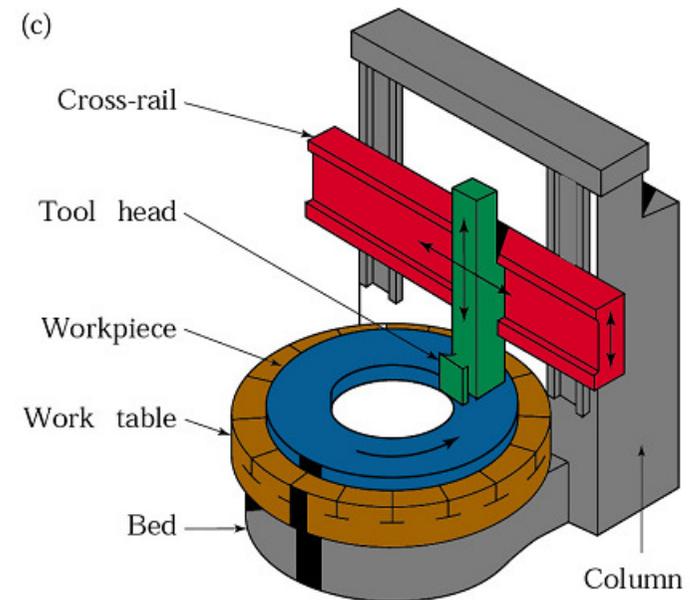
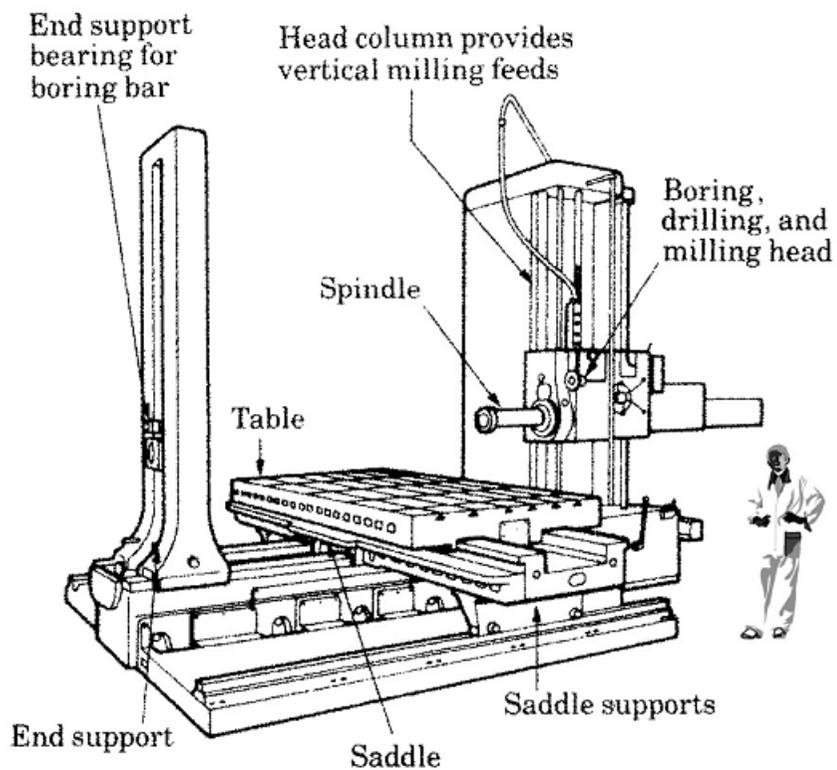
Alesatura

Calibratura di un foro precedentemente eseguito mediante foratura

Utensile monotagliante o pluritagliente



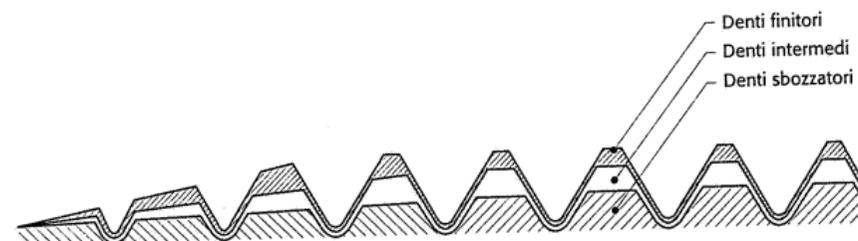
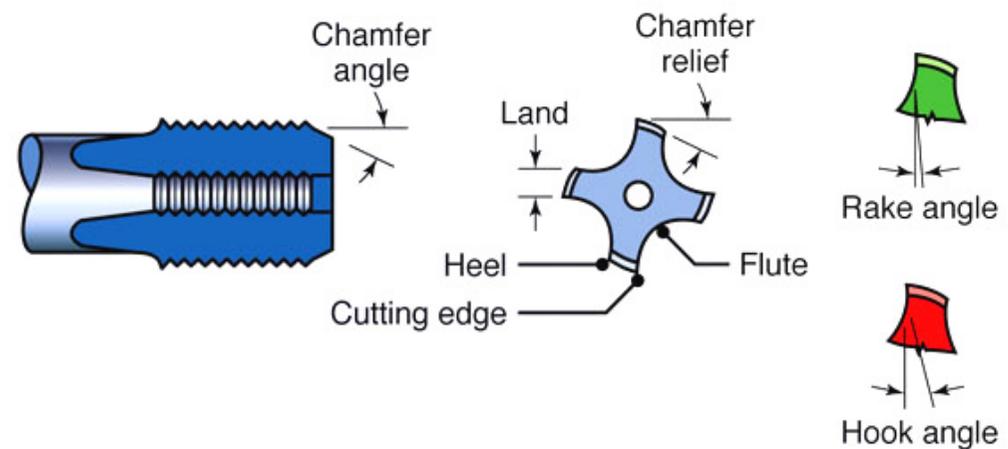
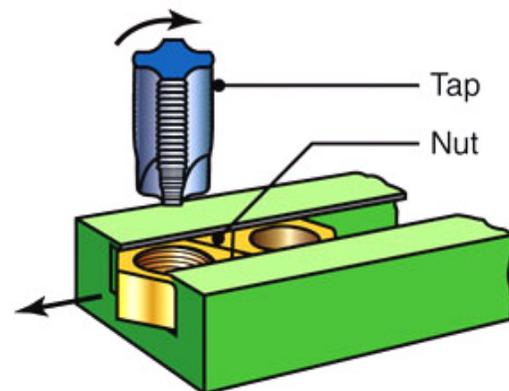
Struttura delle macchine



Maschiatura

Utensile pluritagliente

Tagliante interrotto da 3 o 4 canali di forma e sezioni tali da avere una adeguata spoglia frontale

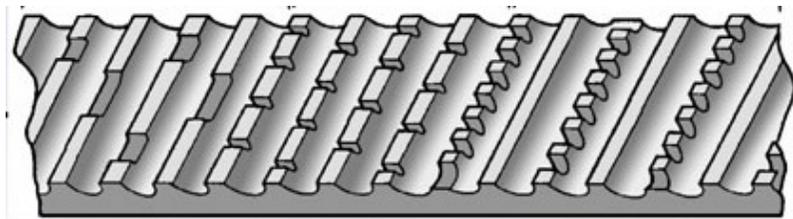
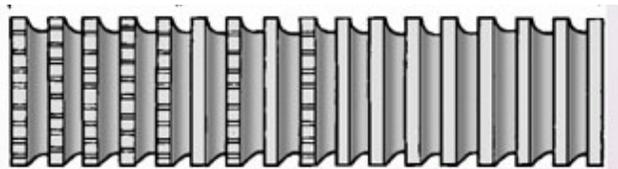




Lavorazioni per moto di taglio rettilineo: brocciatura

Utensile multitagliente gradualmente diversificato per ottenere diverse lavorazioni con un'unica operazione

Utensile:

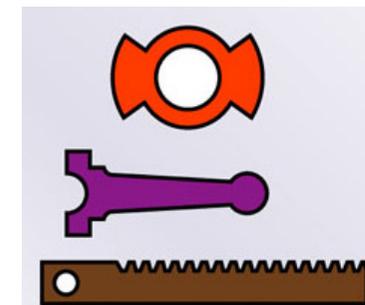


lavorazione:

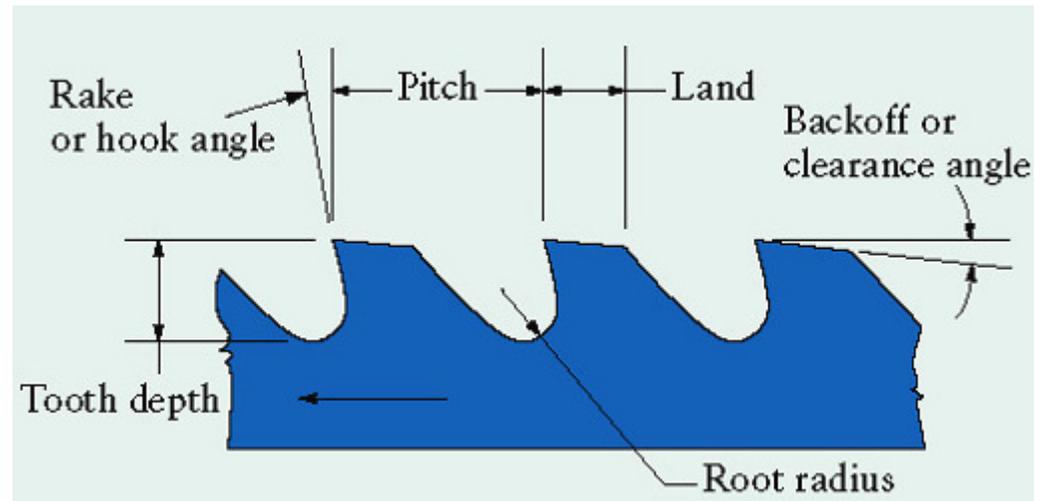
Brocciatura interna



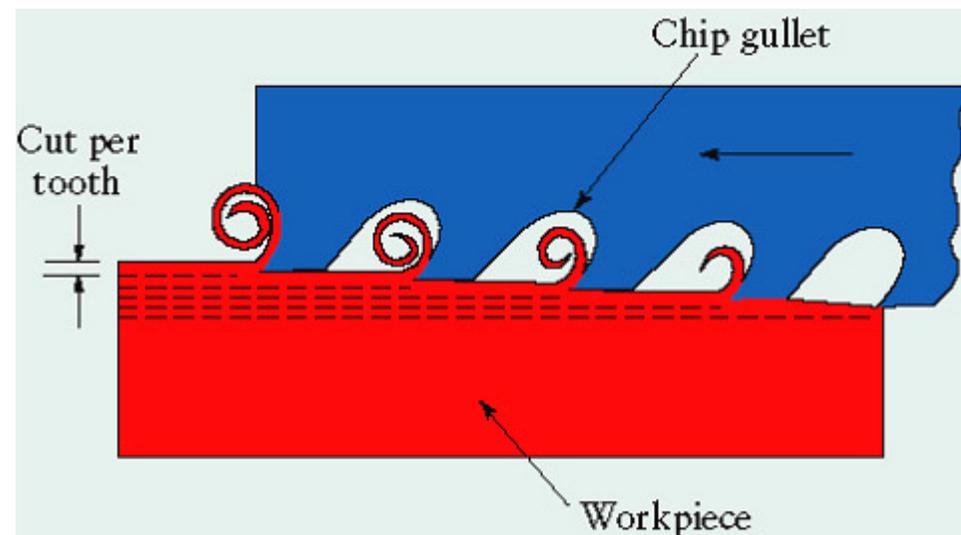
Brocciatura di superficie



Geometria dei taglienti:



Meccanica di formazione del truciolo:

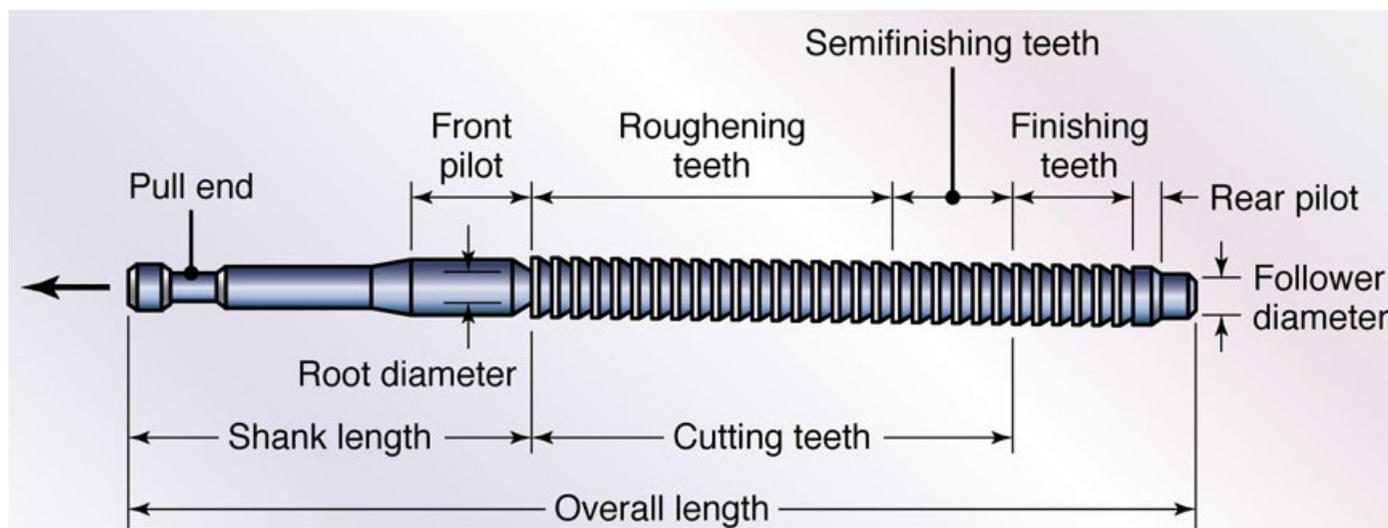




Brocciatrice verticale



Struttura degli utensili





Stozzatura

Utensile monotagliante

Moto alternativo conferito all'utensile

Tipicamente utilizzata per l'esecuzione di:

Linguette

anche interne

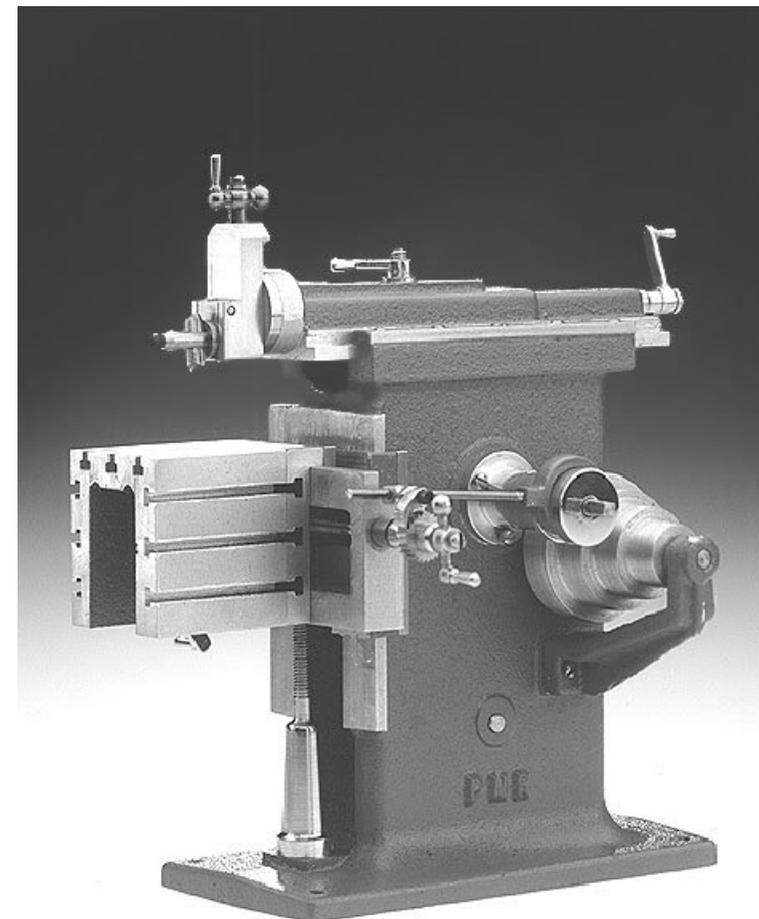
Chiavette

Cave

Utensile HSS

velocità di taglio ~ 10 m/min

Stozzatrice





Operazioni obsolete:

Limatura

Piallatura

Vecchia piallatrice



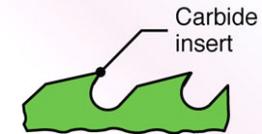
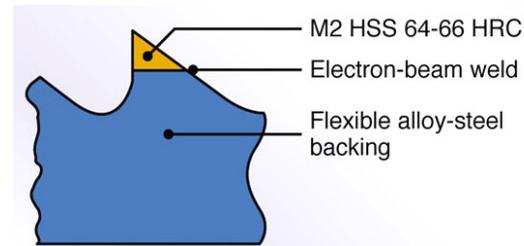
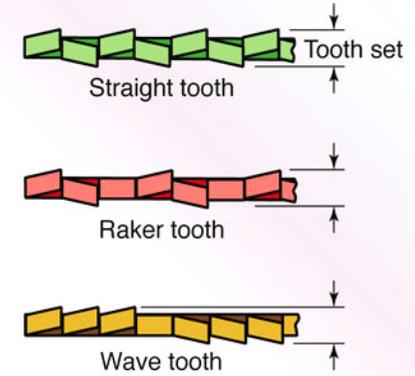
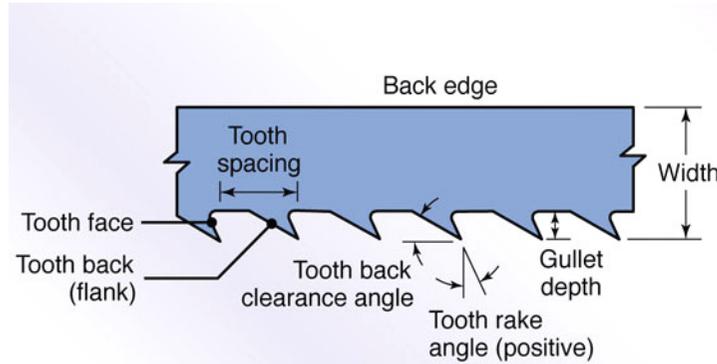


Segagione

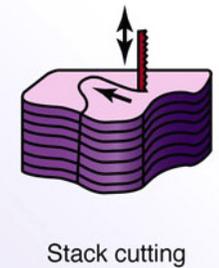
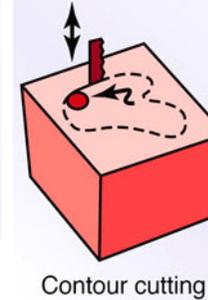
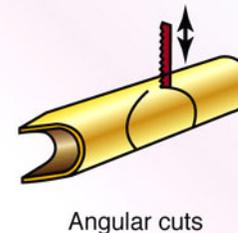
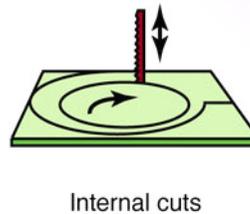
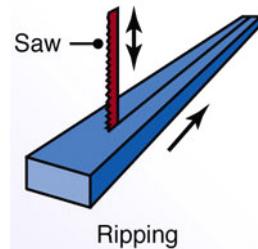
Utensile multitagliente

Moto di taglio continuo

Utensile flessibile

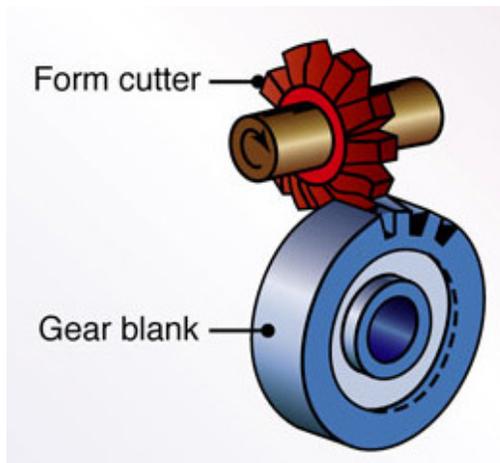


Operazioni tipiche:



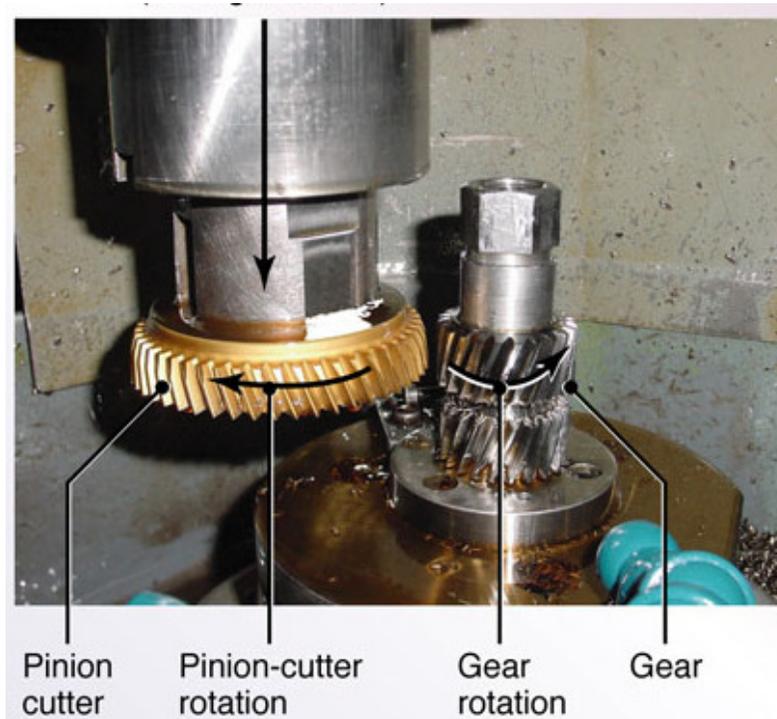
Taglio delle ruote dentate

Con fresa di forma



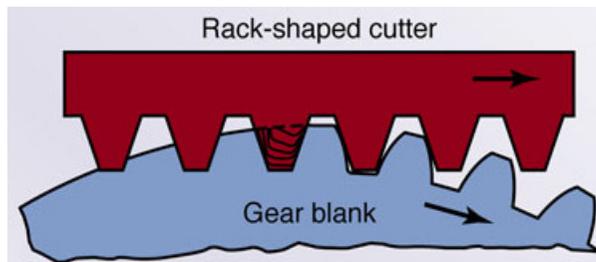
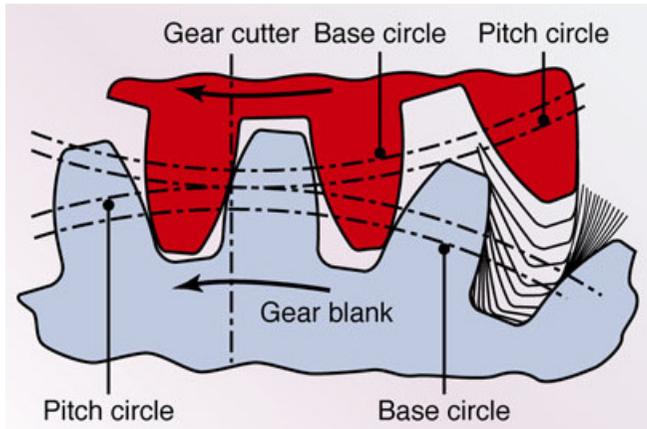
Diverse forme dell'utensile
a seconda di:
diametro
numero di denti
modulo

Con utensile a forma di ruota dentata



Diversi utensili
solo in dipendenza
del modulo

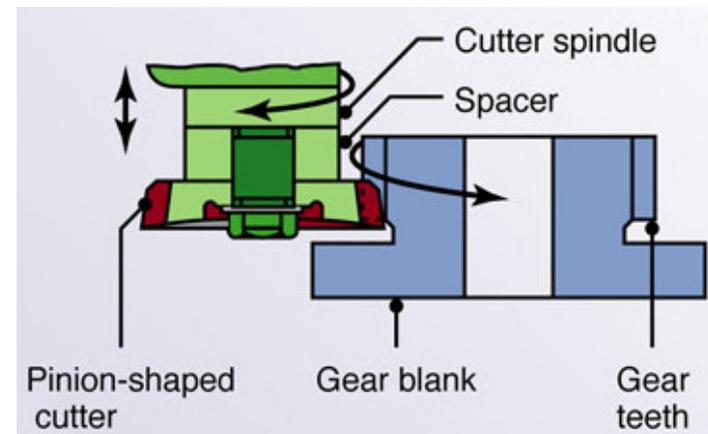
Riproduce la cinematica del moto di accoppiamento tra profili ad evolvente



Coltello dentiera

Moto di avanzamento: combinazione tra le rotazioni dell'utensile e della ruota in lavorazione con l'avvicinamento degli assi

Moto di taglio: alternativo dell'utensile



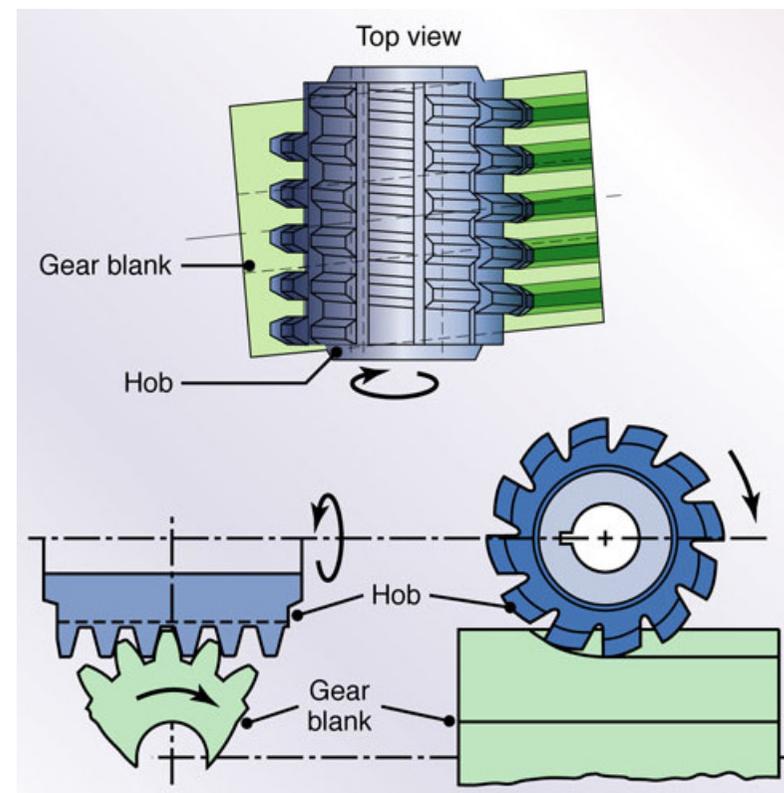
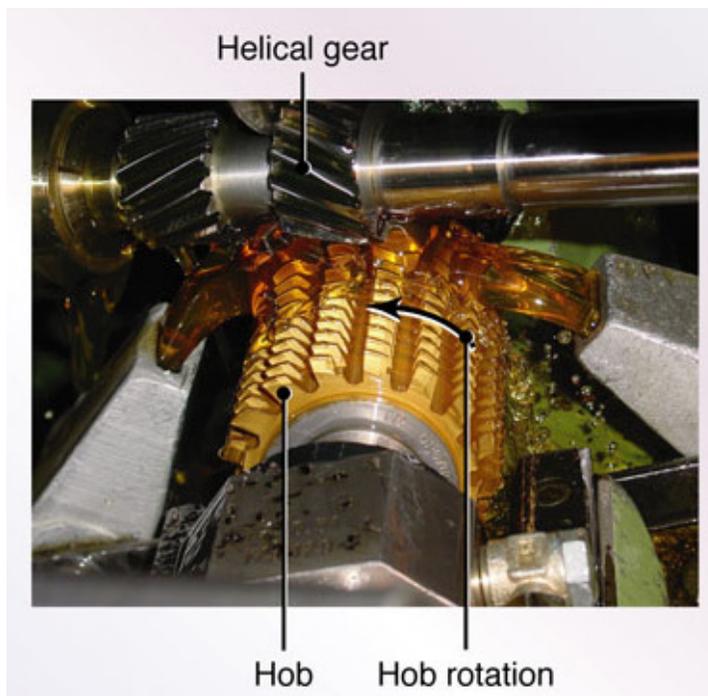
Creatore

Utensile pluritagliente

Taglio interrotto

Cinematica

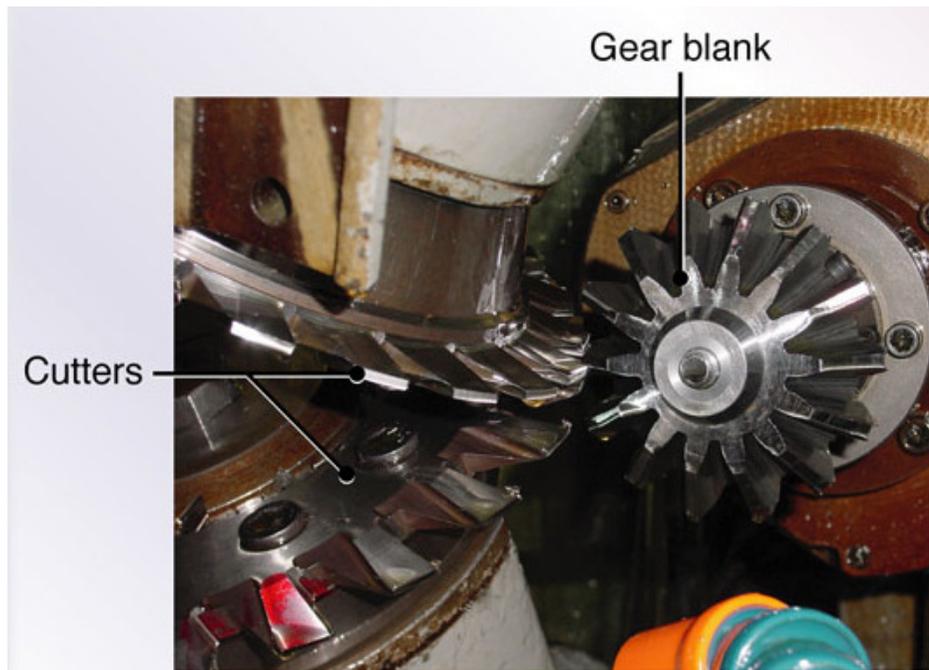
Permette la costruzione di ruote dentate cilindriche a denti elicoidali con e senza inclinazione



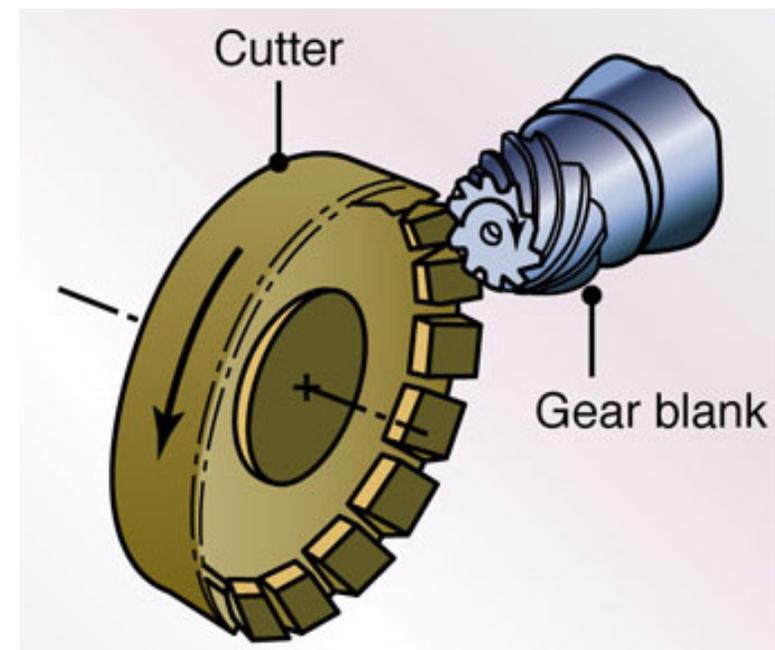
Ruote coniche

Utensile pluritagliente

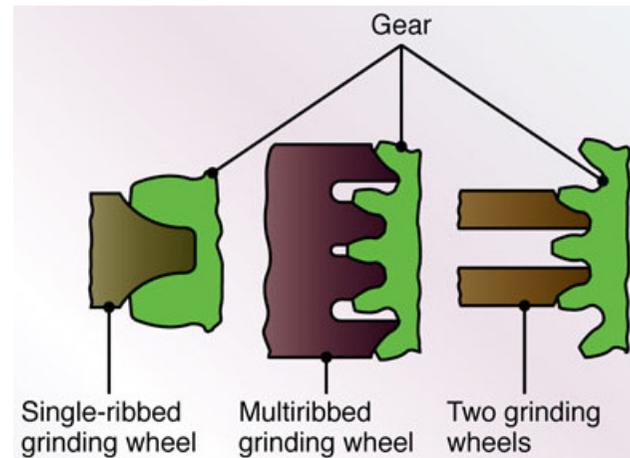
Mediante frese di forma con avanzamento discontinuo per denti dritti



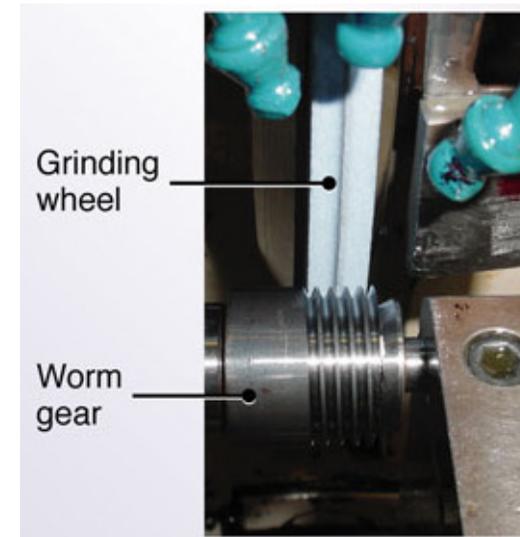
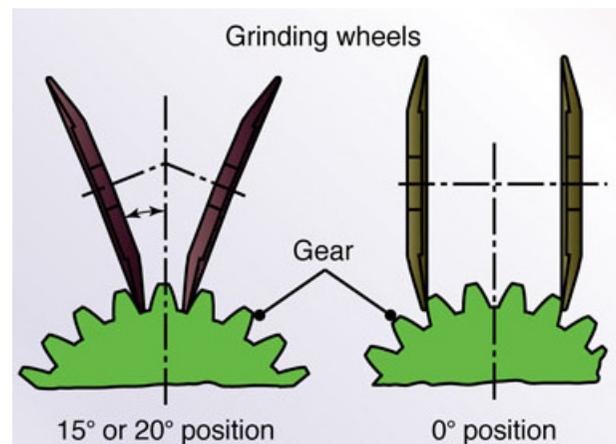
Mediante utensile e avanzamento continuo (ingranamento) per denti inclinati



Finitura delle ruote dentate

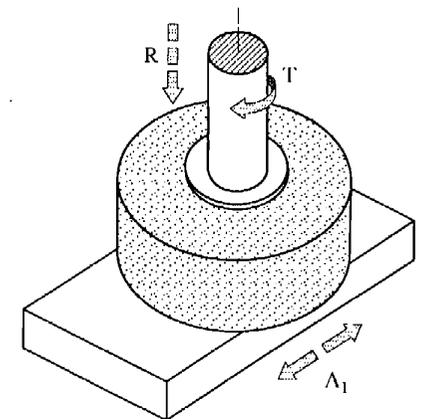
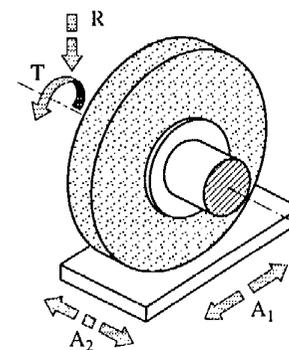
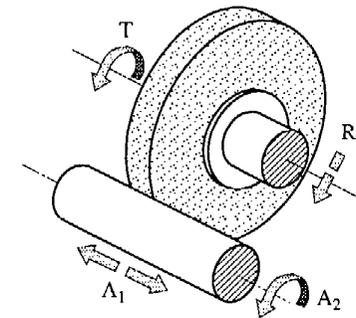


Mole di forma



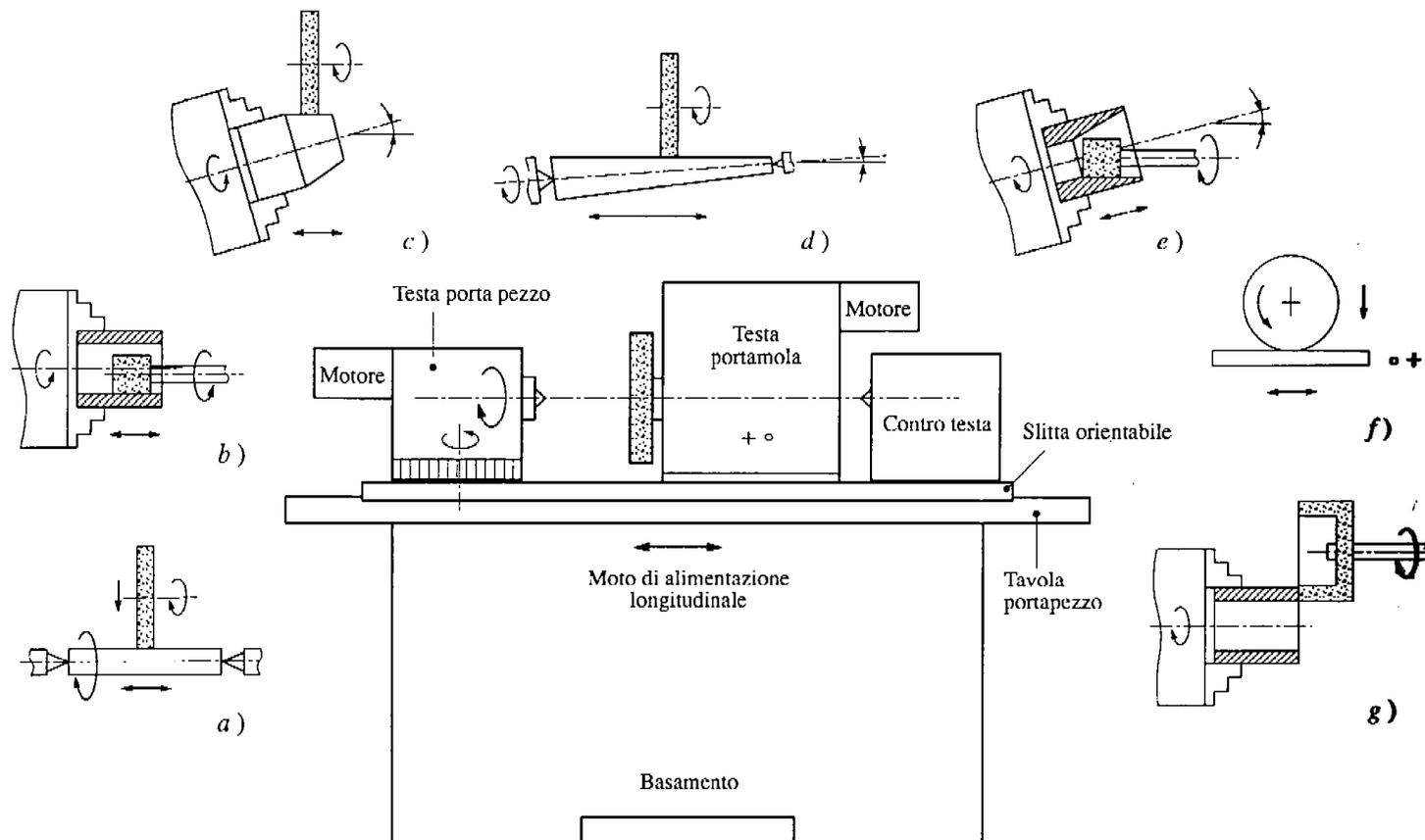
Lavorazioni per abrasione (rettifica)

Moto di taglio	utensile	rotatorio
Moto di avanzamento	utensile / pezzo	rettilineo curvilineo
Moto di registrazione	utensile	
Moto di lavoro		(cicloidale) rettilineo



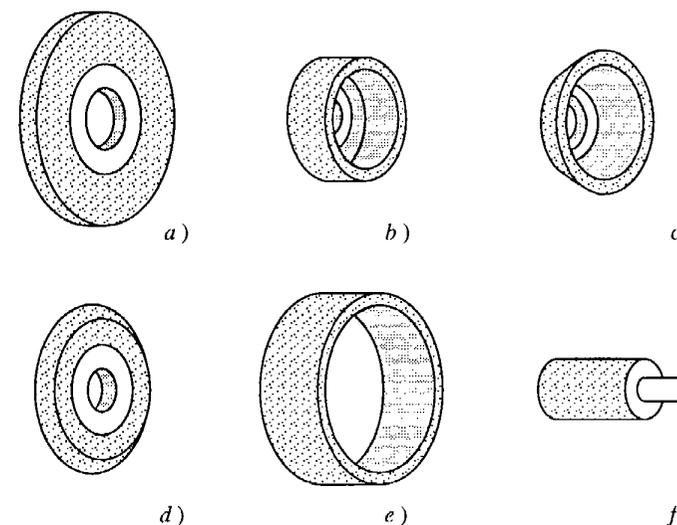
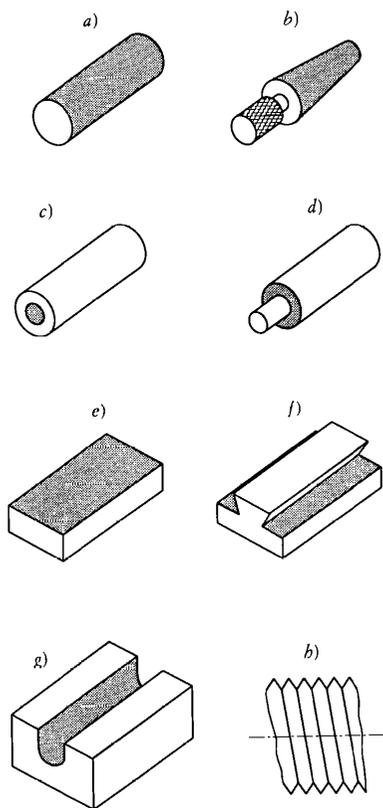


rettificatrice
universale

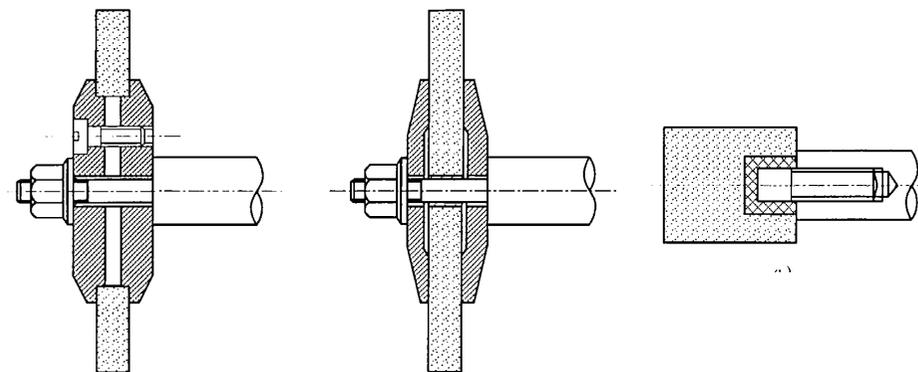




Tipiche forme delle mole



Montaggio mole





Caratteristiche delle mole

- abrasivo**
- alundum Al_2O_3
 - carborundum SiC
 - borazon NB nitruro di boro cubico
 - diamante
- legante**
- vetrosi (forti, rigidi buona finitura)
 - argille
 - silicati
 - feldspati
 - elastici (gomma)
 - alta velocità e finitura
 - resinosi (bachelite)
 - metallici per diamante

codifica Norton

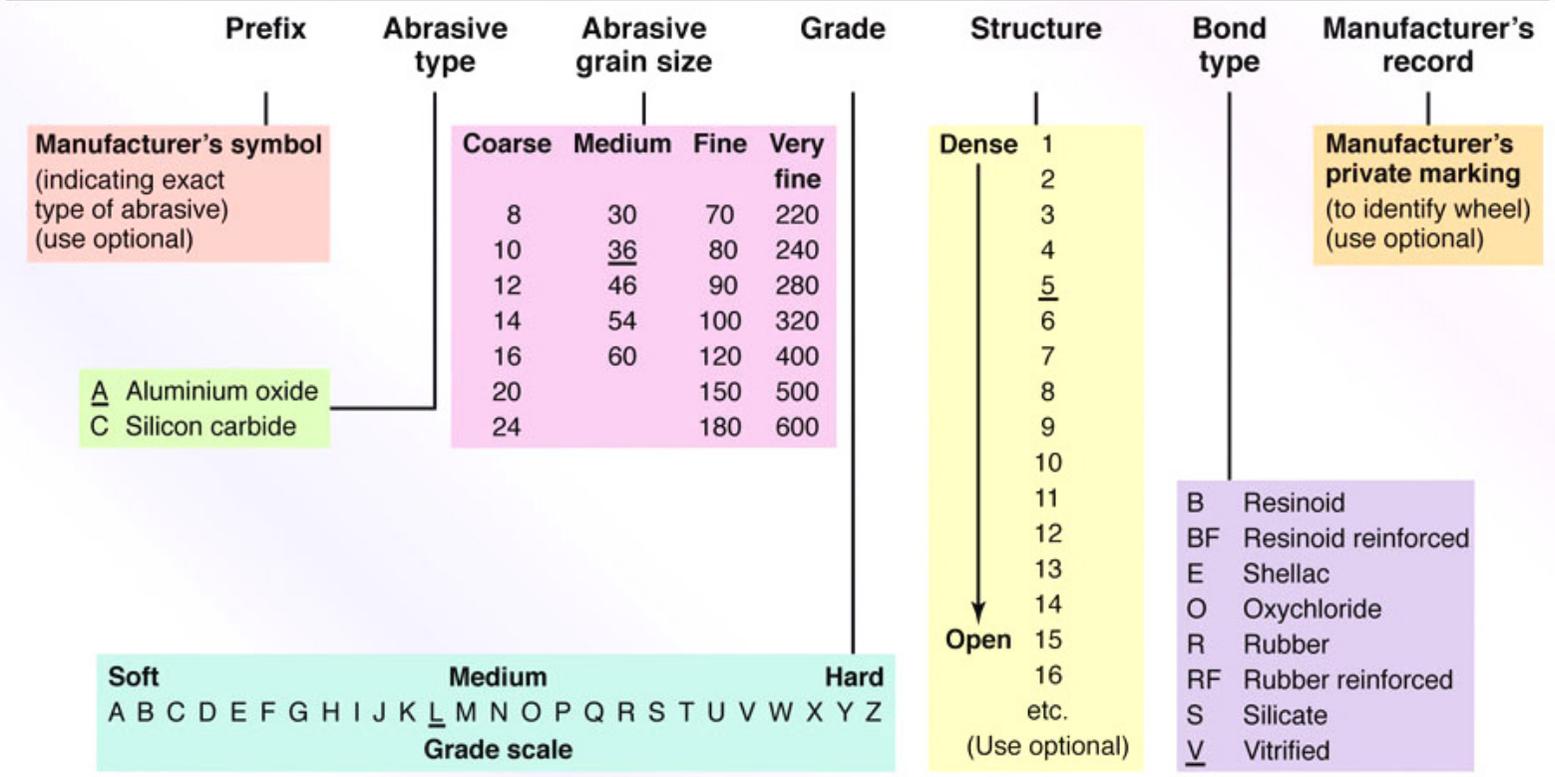
32A - 60 - M - 5 - VKP

	Abrasivo	Grana				Durezza				Struttura			Agglomerante				
		Grossa	Media	Fine	Fanissima	Tenerissima	Tenera	Media	Dura	Durissima	Chiusa	Media	Aperta	Vetrificato	Resinoido		
Alundum regol.	A	10	30	70	220	D	H	L	P	T	0	4	7	V	regolare	B	regolare
Alundum 19	19A	12	36	80	240	E	I	M	P	U	1	5	8	VA	tipo A	B 2	tipo B 2
Alundum 32	32A	14	46	90	280	F	J	N	R	V	2	6	9	VBA	tipo BA	B 5	tipo B 5
Alundum 38	38A	16	54	100	320	G	K	O	S	W	3	8	10	VBE	tipo BE	B 7	tipo B 7
Alundum 44	44A	20	60	120	400					X	4	9	11	VC	tipo C	B 11	tipo B 11
Alundum 37	37A	24		150	500					Y	5	10	12	VK	tipo K	B H	tipo B H
Alundum 39	39A			180	600					Z				VP	superporoso		
														VREP	tipo BE		
														VKP	superporoso tipo K poroso		

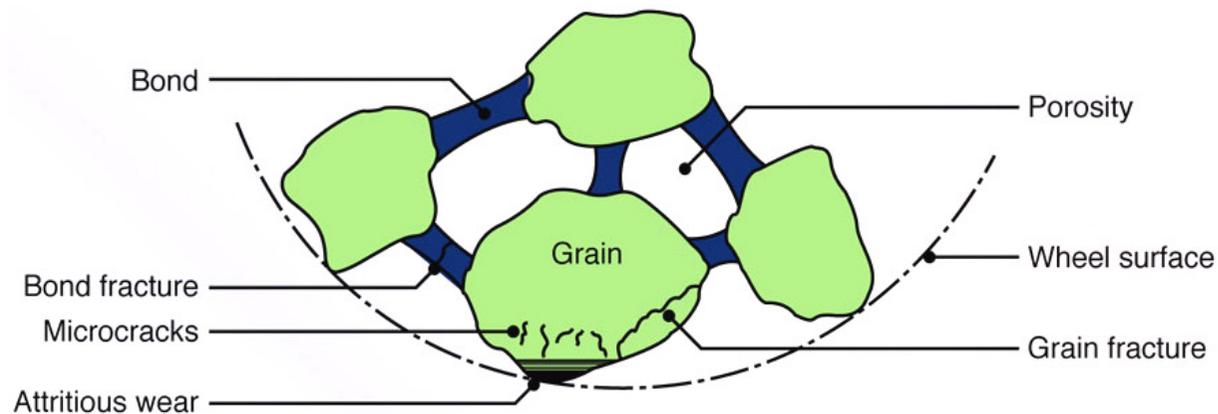


Esempio di codifica Norton

Example: 51 – A – 36 – L – 5 – V – 23

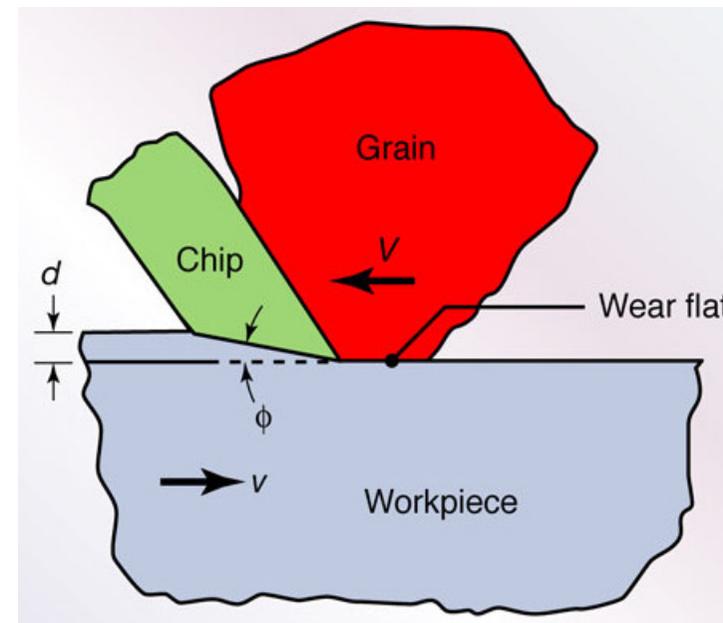
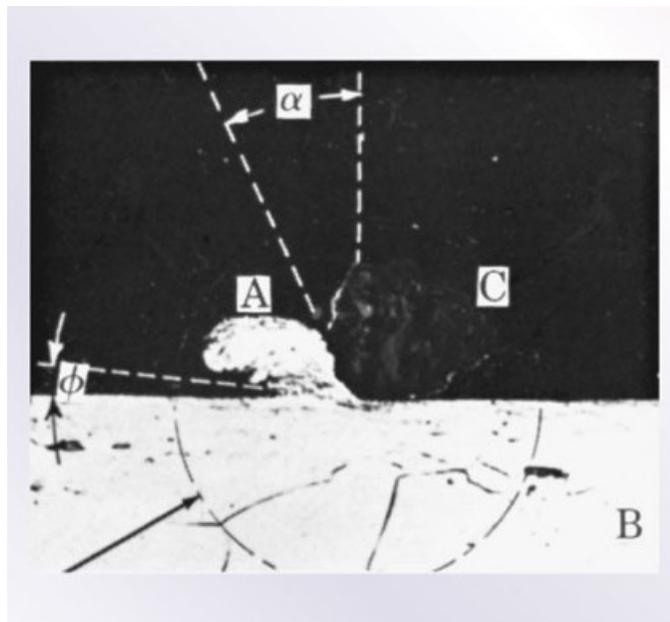


Altre caratteristiche



- disposizione casuale dei grani attivi
utensile elementare indefinito
- sezione del truciolo piccola e variabile
- γ fortemente negativo
- elevato ricalcamento / strisciamento
- elevato K_s
- generazione di elevate quantità di calore

Meccanica della rettifica



Formazione del truciolo

$$\text{Potenza} = F_t v_t$$

$$\text{MRR} \times K_s = \quad [\text{mm}^3/\text{s}] \quad [\text{N}/\text{mm}^2 \text{ mm}/\text{mm}]$$

$$= d_a d_r v_a K_s$$

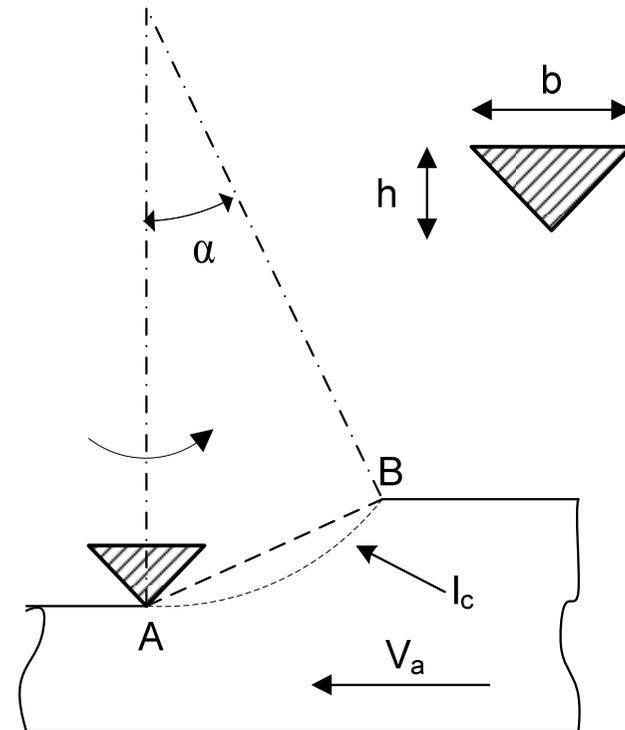
$$\rightarrow F_t = K_s A v_a / v_t$$

Sezione del truciolo

$$b = k_1 h$$

Volume del singolo truciolo

$$V_c = 1/3 \cdot 1/2 b h l_s$$





Lunghezza arco di contatto $l_s = AB = \sqrt{d_r D}$

Numero di trucioli

$$N_c = k_2 \cdot V_t \cdot d_a \quad k_2 = \text{numero di grani attivi}$$

Volume totale asportato

$$V_c \cdot N_c = \frac{1}{6} k_1 \cdot s^2 \sqrt{d_r \cdot D} \cdot k_2 \cdot V_t \cdot d_a = MR = MRR \cdot 1 = d_a \cdot d_r \cdot V_a \cdot 1$$

$$s^2 = \frac{6 \cdot V_a \cdot d_r}{k_1 \cdot k_2 \cdot \sqrt{d_r \cdot D} \cdot V_t} = \frac{6}{k_1 \cdot k_2 \cdot \sqrt{D}} \frac{V_a \cdot \sqrt{d_r}}{V_t} = k_3 \frac{V_a}{V_t} \sqrt{d_r}$$

$v_a \uparrow$ $v_t \downarrow$ $d_r \uparrow$ \longrightarrow comportamento tenero

