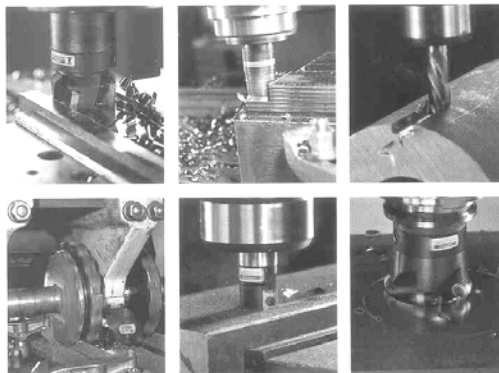


- 7b -

FRESATURA

FRESATURA

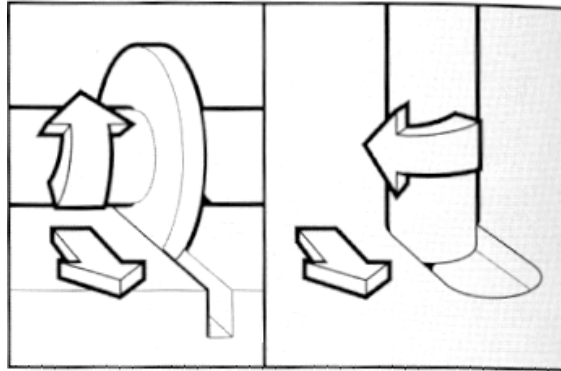
La fresatura è una lavorazione per asportazione di materiale che consente di ottenere una vasta gamma di superfici (piani, scanalature, spallamenti, ecc.) mediante l'azione di un utensile pluritagliente a geometria definita.



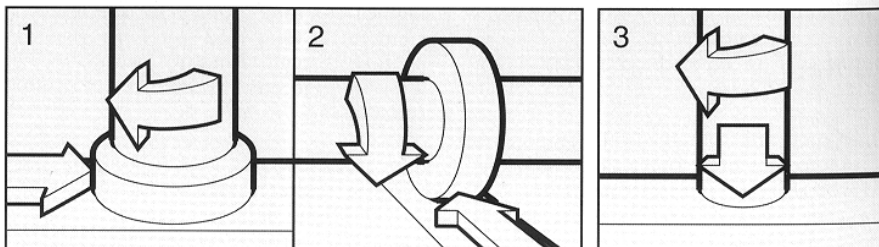
Moti relativi

Taglio: moto rotatorio posseduto dall'utensile.

Avanzamento: traiettoria relativa utensile pezzo.



Moti relativi



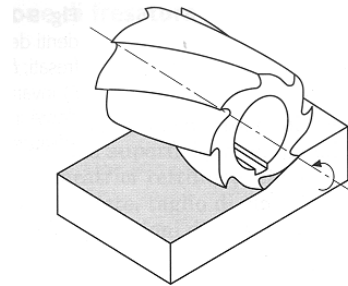
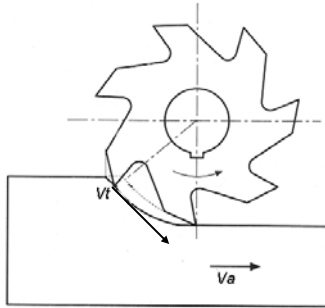
FRESATURA
FRONTALE

FRESATURA
PERIFERICA

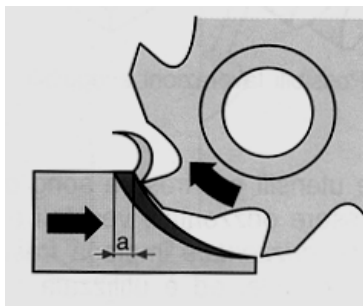
FRESATURA
ASSIALE

FRESATURA PERIFERICA

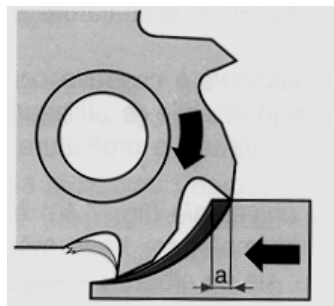
I taglienti sono disposti lungo la periferia esterna del disco o cilindro.



Modalità di avanzamento



IN OPPOSIZIONE

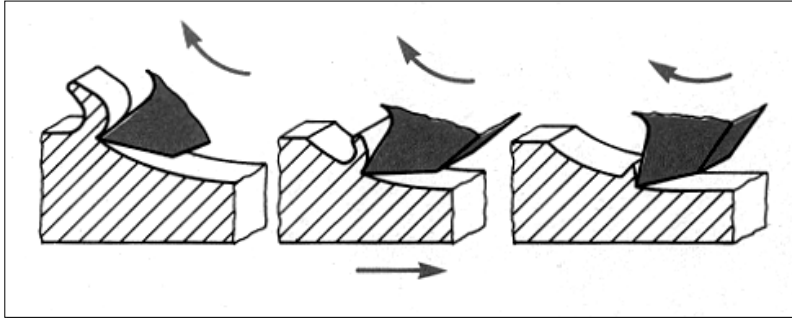


IN CONCORDANZA

Fresatura discorde

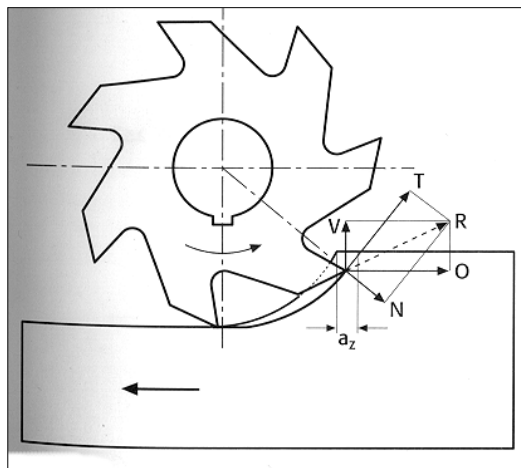
Per fresatura discorde si intende la fresatura nella quale l'avanzamento risulta in opposizione:

- il tagliente nella parte iniziale striscia sulla superficie;
- vince la resistenza del materiale ed inizia a tagliare;
- lo spessore del truciolo cresce gradatamente.



Fresatura discorde: forze

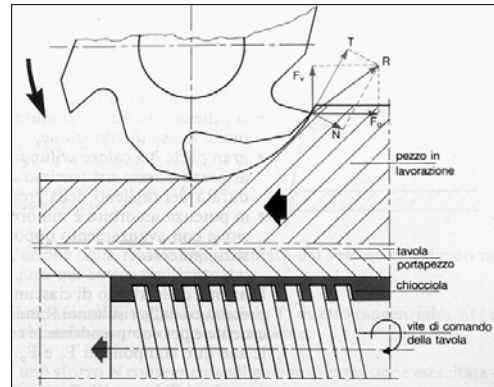
Possibile scomposizione della risultante R:



Fresatura discorde: pro e contro

- Strisciamento iniziale:
 - usura del dente della fresa
 - incrudimento del materiale
 - eccessivo riscaldamento del tagliente

- Forza verticale verso l'alto:
- vibrazioni della macchina
 - distacco del pezzo dall'attrezzatura

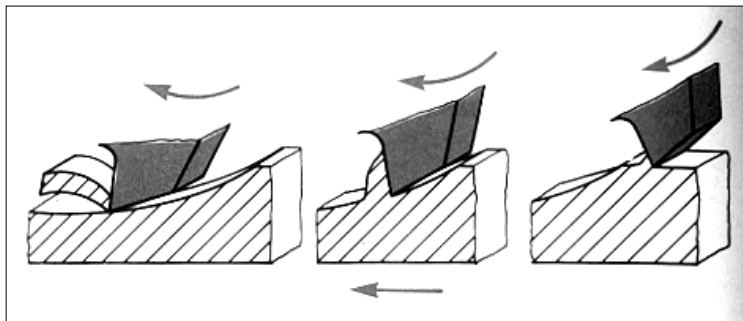


- + Forza orizzontale opposta all'avanzamento:
 - contatto continuo dei fianchi dei filetti della vite e della madrevite

Fresatura concorde

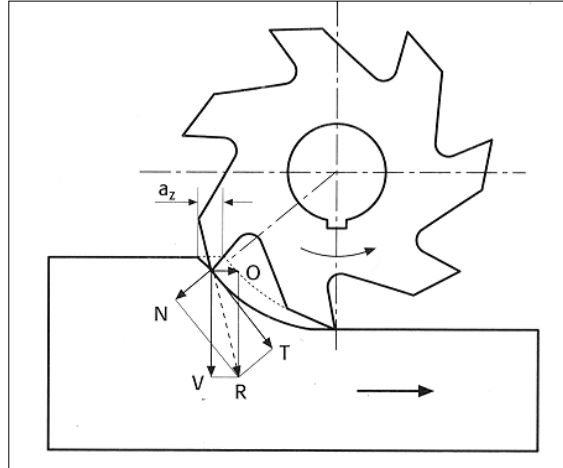
Per fresatura concorde si intende la fresatura nella quale l'avanzamento risulta in concordanza:

- il tagliente inizia a tagliare in modo netto dalla parte a sezione maggiore (non vi è strisciamento, ma urto);
- lo spessore di truciolo decresce.



Fresatura concorde: forze

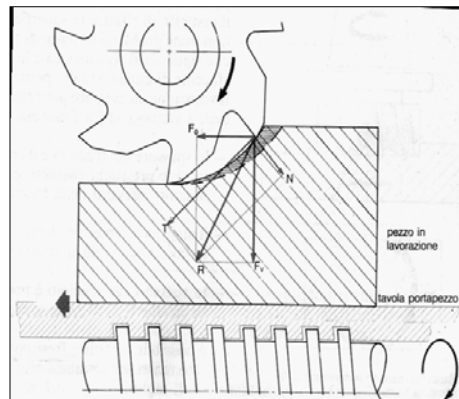
Possibile scomposizione della risultante R:



Fresatura concorde: pro e contro

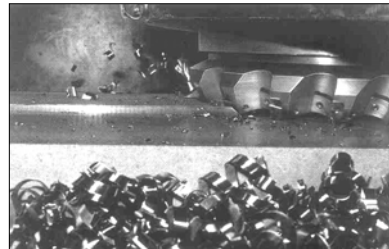
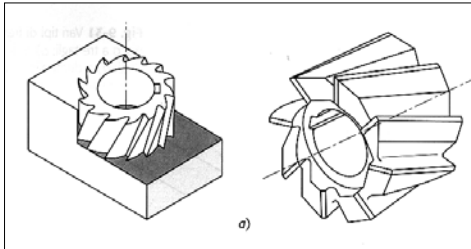
- +** Assenza strisciamento:
 - buona finitura superficiale
 - ridotto riscaldamento del pezzo e del tagliente
 - potenza assorbita minoreForza verticale verso il basso:
 - stabilità del bloccaggio

- Forza orizzontale concorde:
 - distacco periodico dei fianchi dei filetti della madre vite da quelli della viteUrto iniziale:
 - rischi di rottura del dente

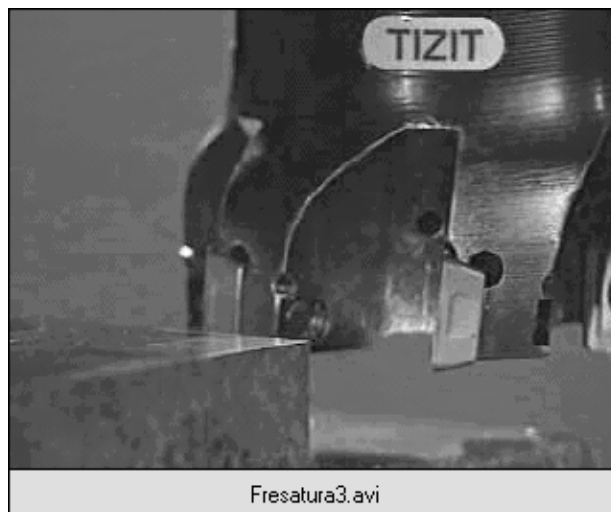


FRESATURA FRONTALE

I taglienti sono disposti in modo tale che la loro parte attiva sia in corrispondenza della base del corpo cilindrico della fresa.



Fresatura frontale spianatura

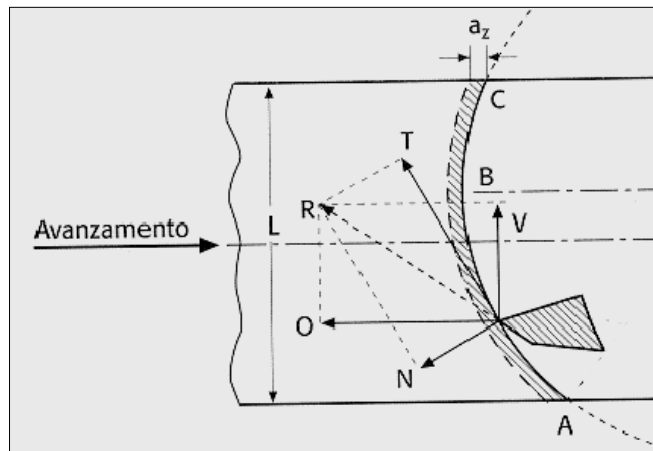


Fresatura frontale spianatura



Fresatura frontale: forze

Possibile scomposizione della risultante R:



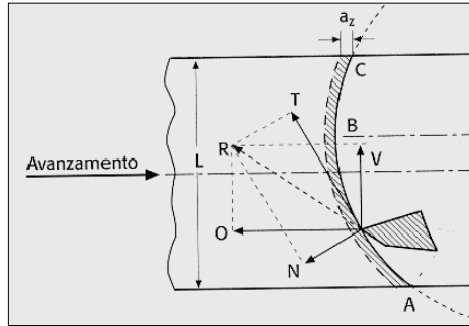
Fresatura frontale: forze

Forza parallela alla direzione di moto O:

- nel tratto AB opposta alla direzione di avanzamento
- nel tratto BC concorde alla direzione di avanzamento

Forza ortogonale alla direzione di moto V:

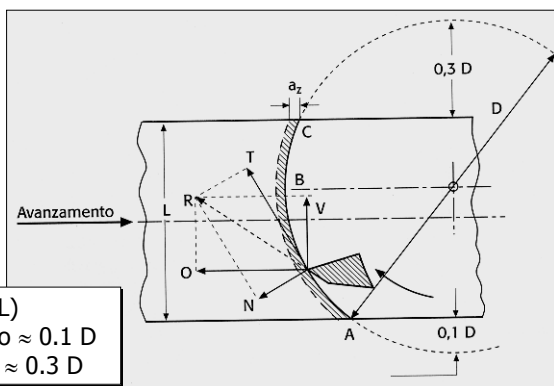
- sposta lateralmente il pezzo



Fresatura frontale: forze

Per la stabilità della lavorazione la risultante orizzontale deve opporsi all'avanzamento:

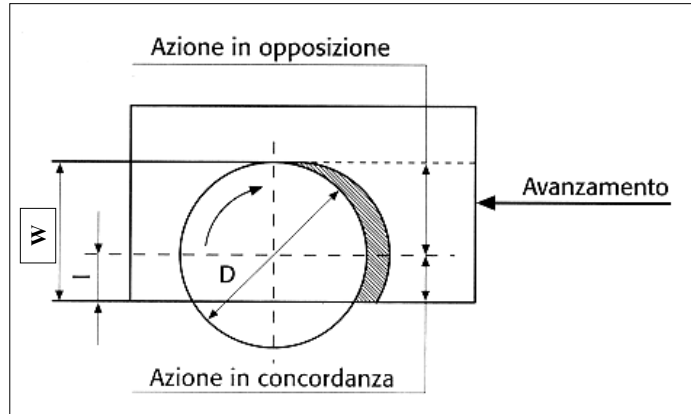
- tratto di ingresso AB > del tratto di uscita BC
- disallineamento dell'asse della fresa



Se $D > L$ ($D > 1.3-1.7 L$)
sporgenza nel tratto in ingresso $\approx 0.1 D$
sporgenza nel tratto in uscita $\approx 0.3 D$

$$D < L$$

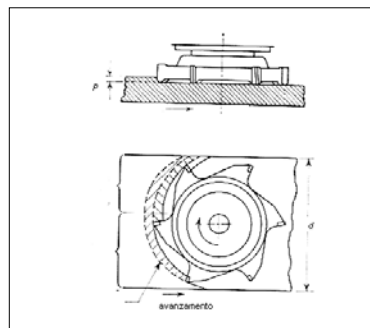
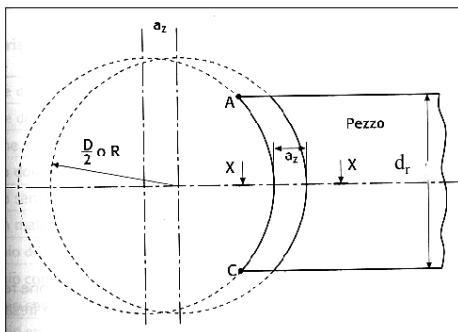
$$I < W/3$$



Fresatura: FRONTALE vs PERIFERICA

Nella fresatura frontale:

- spessore del truciolo pressoché costante: assenza di vibrazioni
- maggiore rigidità (asse della fresa corto)
- solitamente maggior numero di denti in presa: lavorazione più uniforme



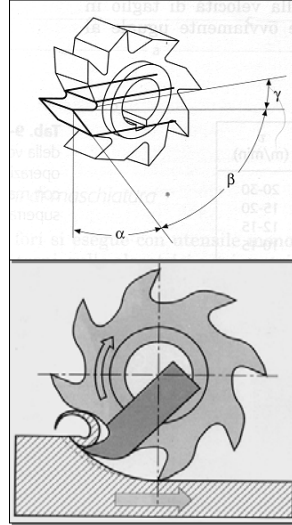
Angoli caratteristici fresatura periferica

Le frese sono utensili pluritaglienti, con taglienti disposti su varie superfici:

- piane
- di rivoluzione
 - cilindriche
 - coniche
 - di forma

Ogni dente (con petto e fianco) è assimilabile ad un utensile monotagliante.

Ciascun tagliente della fresa lavora ad intermittenza.

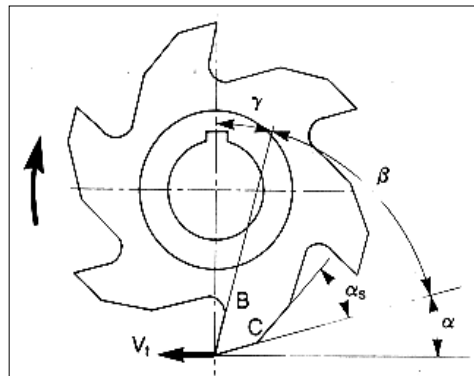


Frese a denti dritti

Si considera la sezione secondo un piano perpendicolare ai taglienti e all'asse della fresa.

In questo piano si hanno:

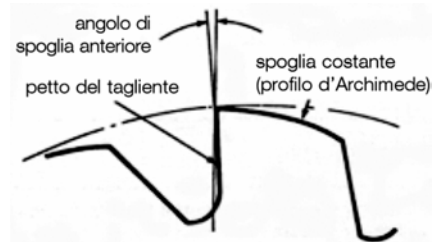
- angolo di spoglia superiore γ
- angolo di taglio β
- angolo di spoglia inferiore α
- angolo di scarico α_s



Tipologie di profili

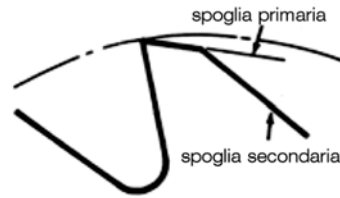
PROFILO COSTANTE:

- E' necessario riaffilare la fresa solo sul petto del tagliente.
- L'angolo di spoglia effettivo non cambia, neanche dopo più operazioni di riaffilatura.

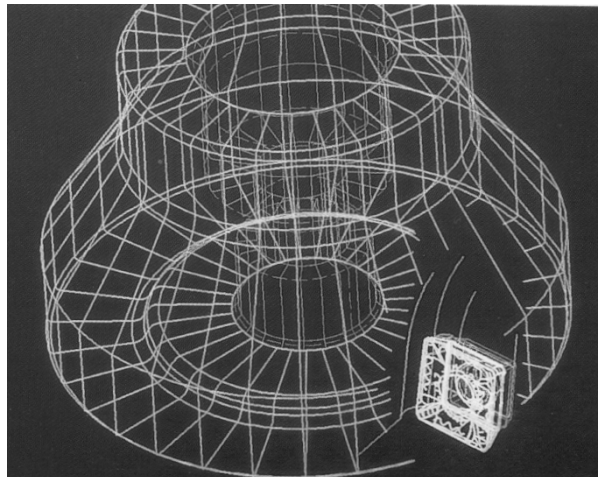


PROFILO PER PIANI:

- E' possibile ottenere tolleranze più strette sul diametro.
- Meno rischio di vibrazioni durante la lavorazione.

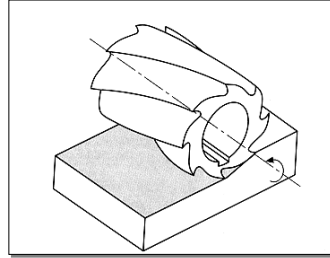


Angoli caratteristici fresatura frontale

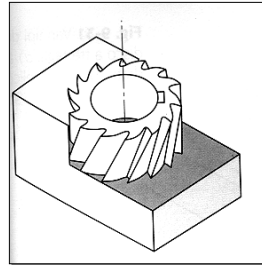


Tipologie di frese

Frese cilindriche-periferiche
– superfici piane

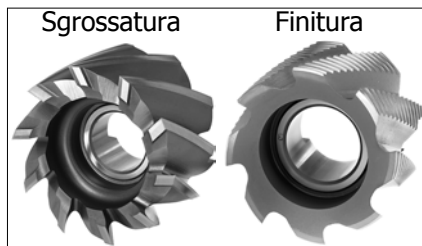


Frese cilindrico-frontali
– frese a manicotto
– frese a codolo
– frese a codolo ad
estremità semisferica

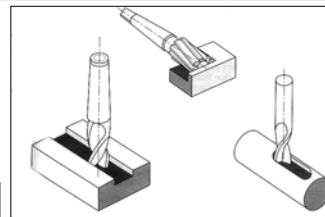


Tipologia di frese

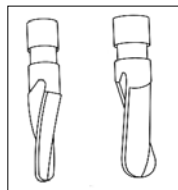
Frese a manicotto
– spianatura di superfici piane
– lavorazione contemporanea di
due superfici ortogonali.



Frese a codolo
– scanalature, anche curvilinee
– contornature esterne ed interne
– cave per linguette.

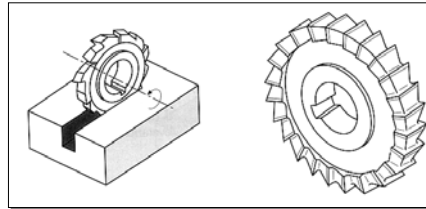


Frese a codolo semisferiche
– superfici complesse

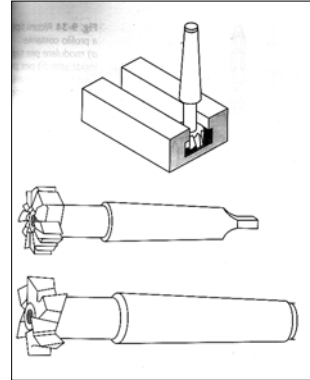


Tipologia di frese

Frese a disco a tre tagli
– scanalature rettilinee.

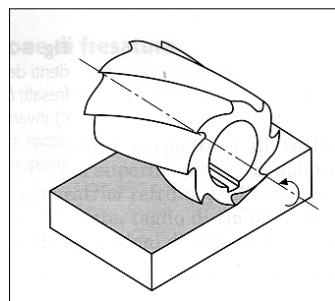
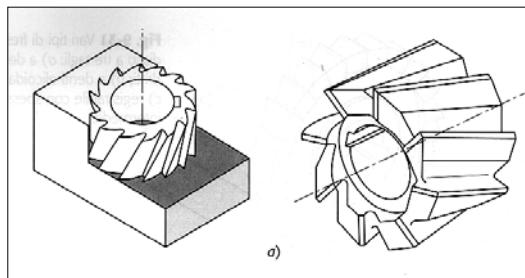


Frese per scanalature a T
– l'esecuzione di una scanalatura a T vuole la prescanalatura a sezione rettangolare.

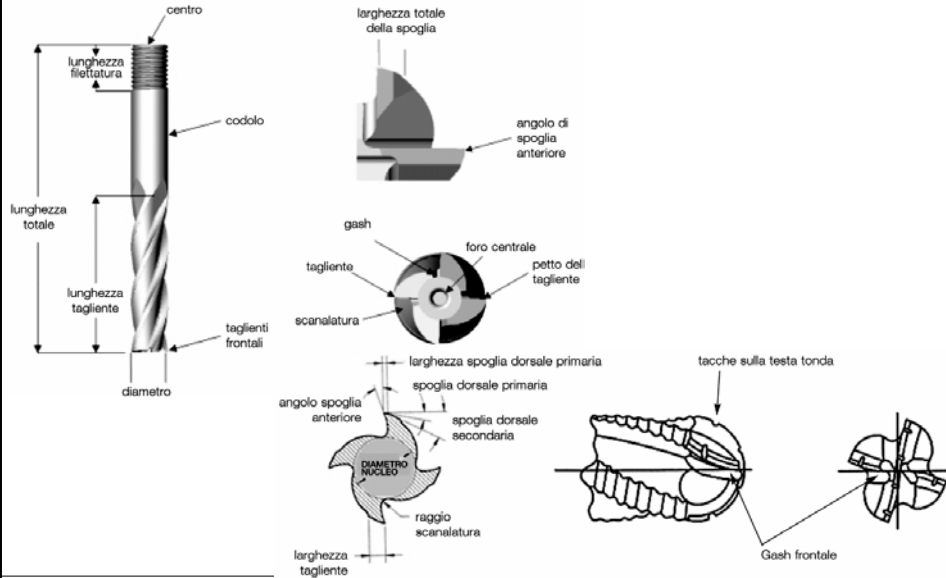


Spianatura

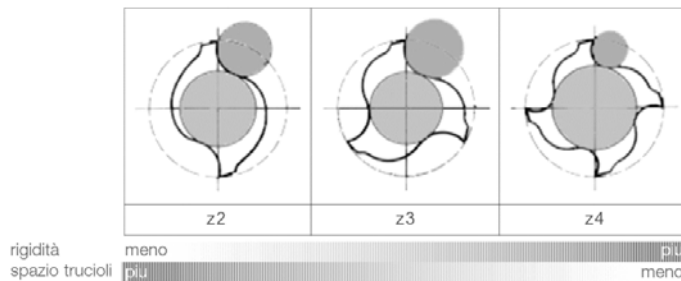
È la lavorazione di piani, con eventuali spallamenti laterali.



Frese a codolo



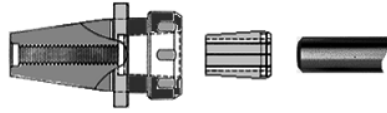
Frese a codolo: numero di taglienti



- Il numero di taglienti per la **contornitura** deve essere quanto più elevato possibile.
- Il numero di taglienti per l'esecuzione di **cave** deve essere in relazione alla profondità di taglio.

Frese a codolo: sistema di bloccaggio

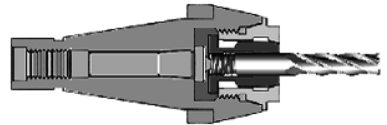
Mandrino portapinza con
codolo liscio:



Codolo con piano di bloccaggio
ISO/ANSI:

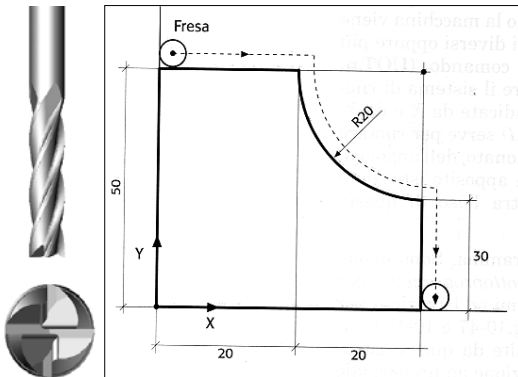
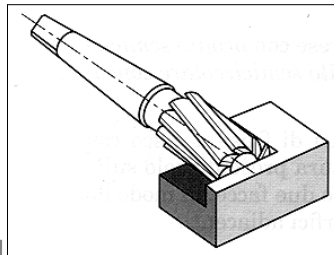


Codolo filettato BS122 Parte 4
adatto ai mandrini tipo Fastloc:



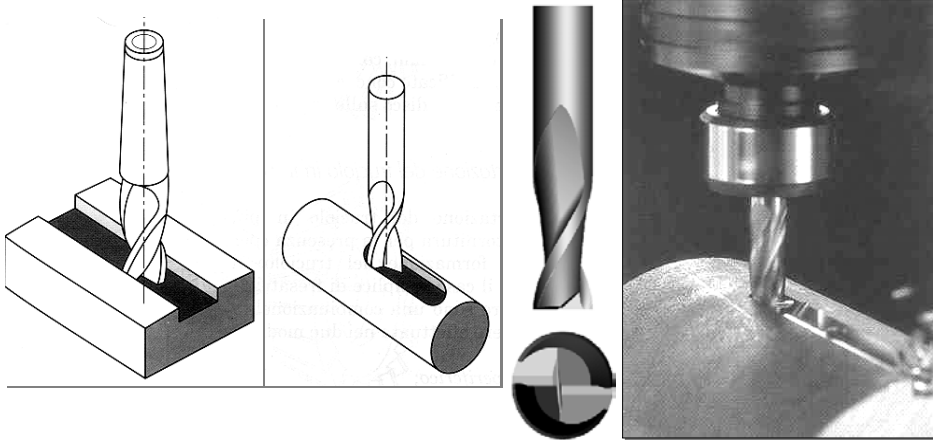
Contornitura

È la lavorazione
di profili mediante frese
"a candela".



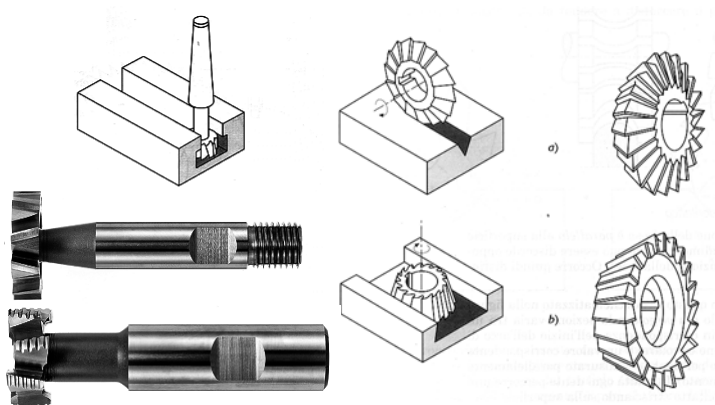
Esecuzione di cave

È la lavorazione con cui si ottengono cave, scanalature o asole di diverse geometrie.



Esecuzione di cave

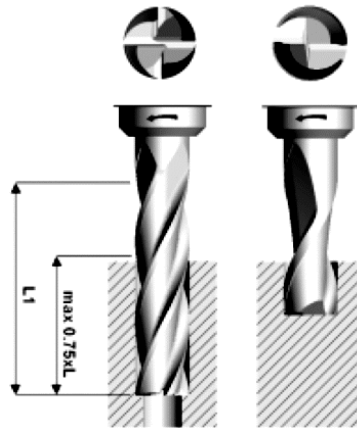
È possibile ottenere scanalature a T o con geometrie complesse.



Fresatura a tuffo

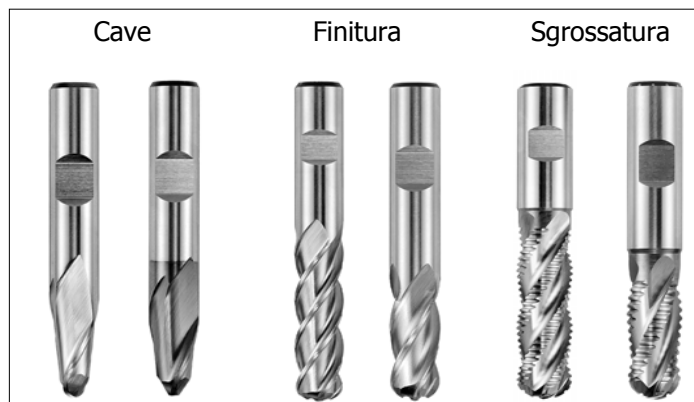
Per questo tipo di operazione è necessario ridurre l'avanzamento con un fattore pari al numero di taglienti.

- Ottima per realizzare fori fuori allineamento.
- Funziona come un alesatore.

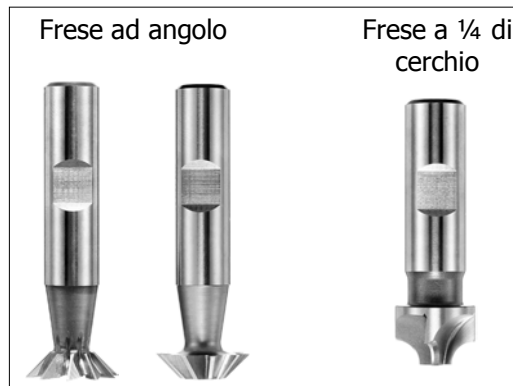


Frese con testa emisferica

Si possono avere, modificando al momento della riaffilatura o su ordine speciale, profili raggiati, smussati, tondi ed arrotondati.

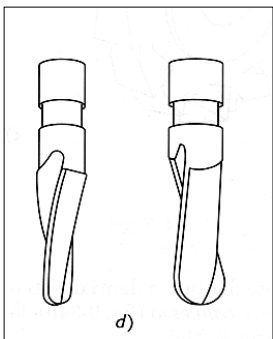


Frese sagomate

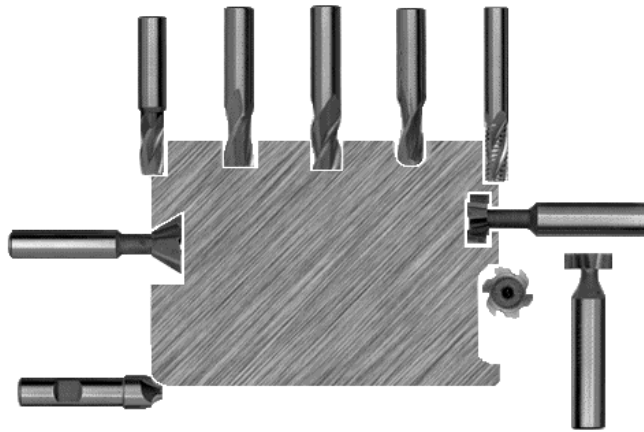


Superfici complesse

Si ha, ad esempio, con la lavorazione di superfici di stampi.

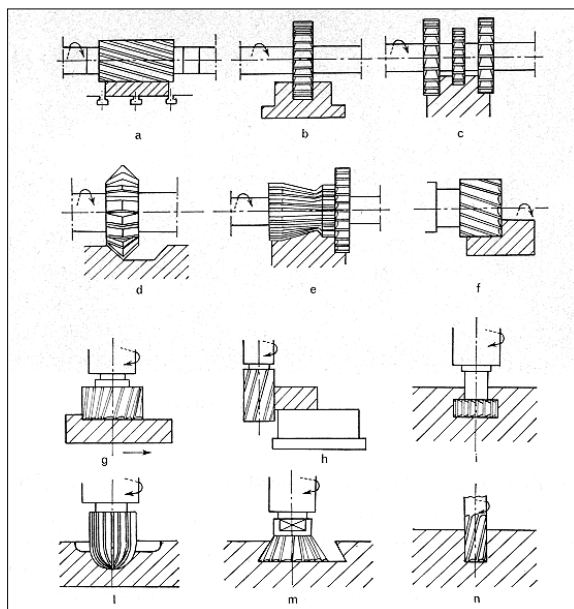


Applicazioni delle frese a codolo

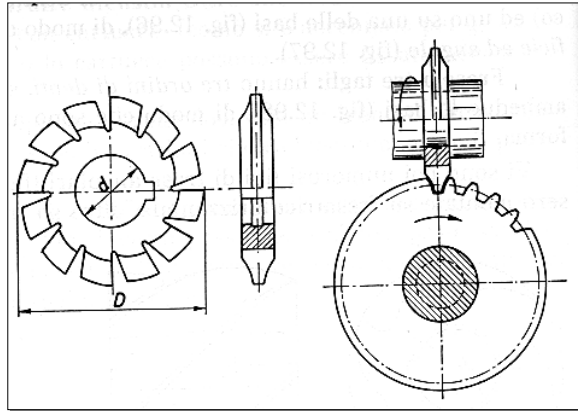


Tipi di frese

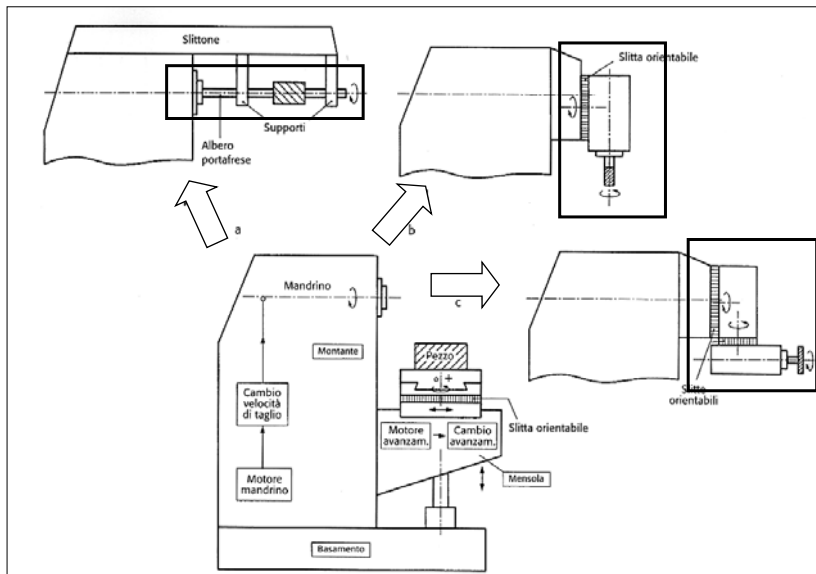
Esiste inoltre una grande varietà di tipi di frese per poter realizzare diverse geometrie



Taglio di ingranaggi



La fresatrice universale

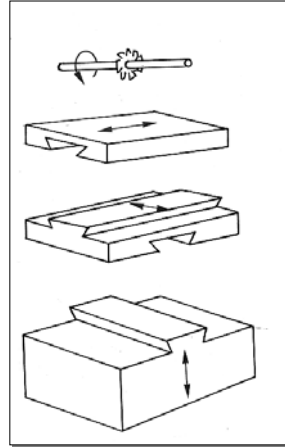


Elementi caratteristici

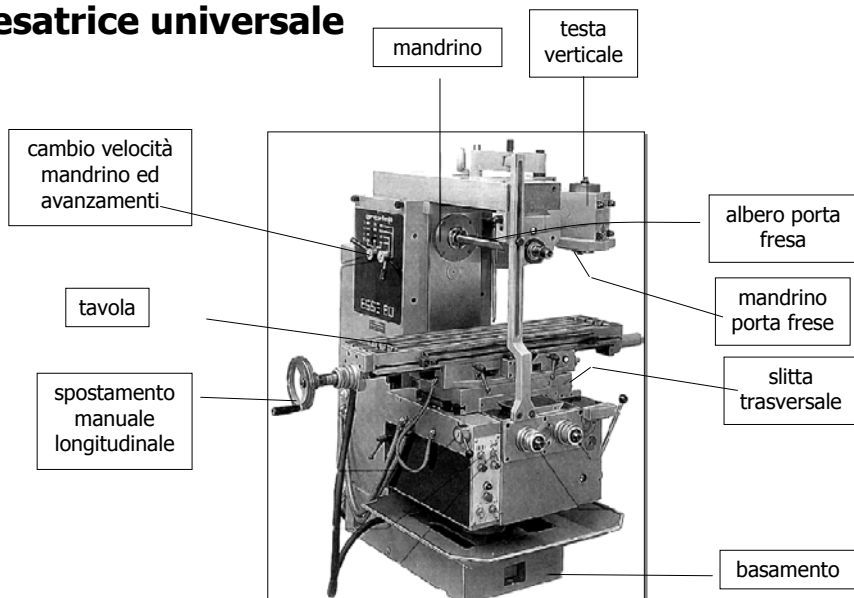
Mandrino ad asse orizzontale o verticale

Gruppo sostegno del pezzo

- mensola
- slitta trasversale
- slitta longitudinale

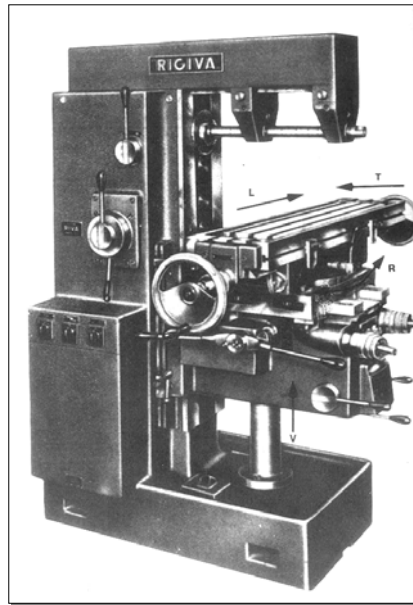
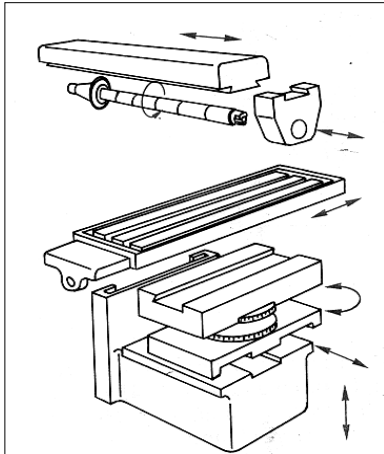


Fresatrice universale

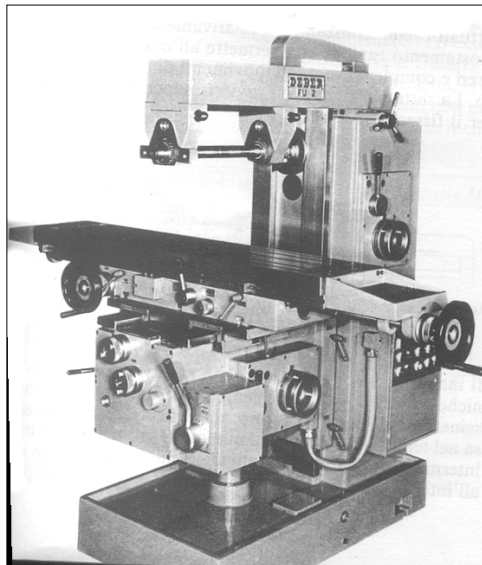


Fresatrice universale

Piattaforma girevole sulla
slitta trasversale

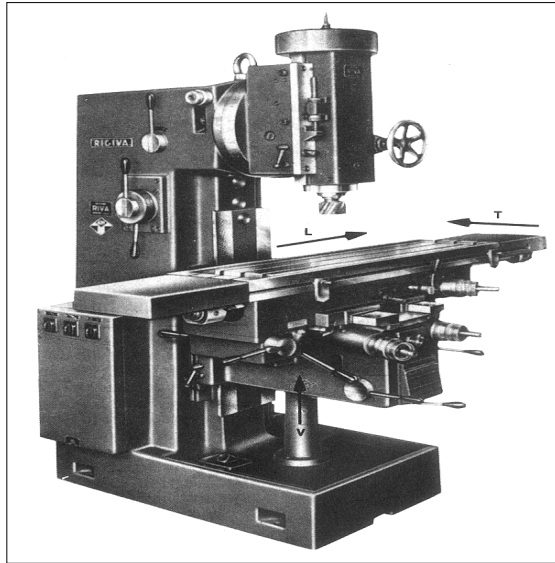
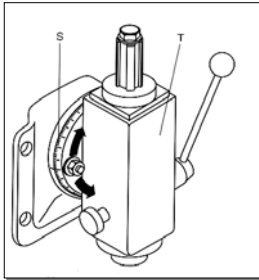


Fresatrice orizzontale

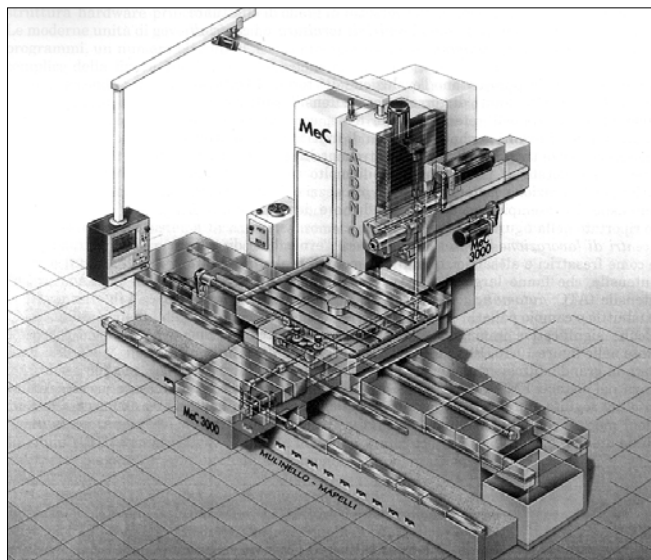


Fresatrice verticale

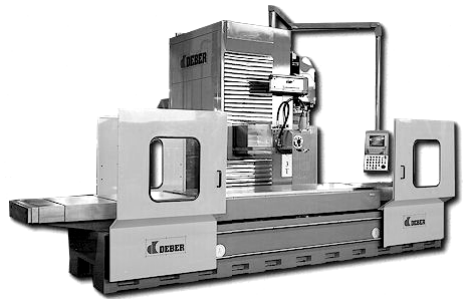
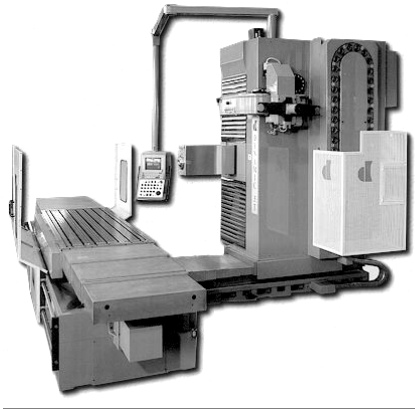
Albero verticale
o
inclinabile



Le fresatrici moderne



Le fresatrici moderne



Parametri di taglio

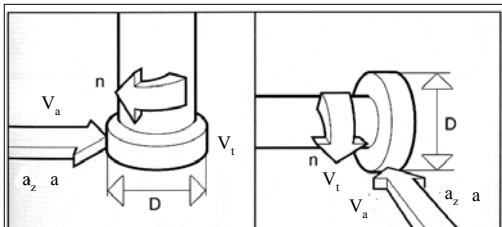
Velocità di rotazione del mandrino n [giri/min]

Velocità di taglio v_t [m/min]

Avanzamento al dente a_z [mm/dente*giro]

Avanzamento al giro a [mm/giro]

Velocità di avanzamento V_a [mm/min]



$$V_a = Z \cdot a_z \cdot n \quad \left[\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right]$$

$$v_t = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \quad (\text{m/min})$$

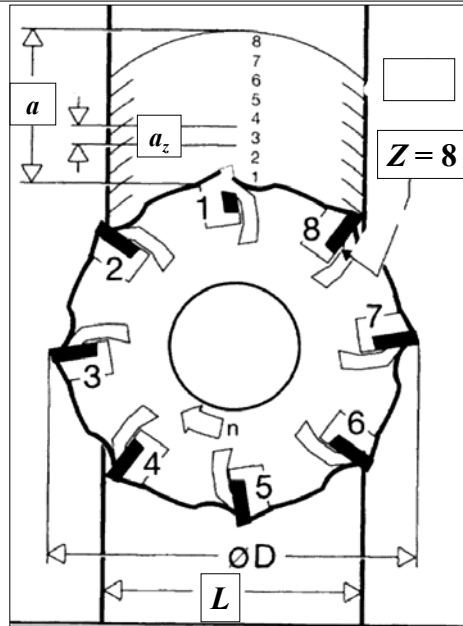
$$n = \frac{v \times 1000}{\pi \times D} \quad (\text{giri/min})$$

Parametri di taglio

Materiale del pezzo	Frese cilindriche e frontali	Frese a disco	Frese a profilo costante	Frese a codolo
Leghe di magnesio	400	400	250	300
Leghe di alluminio	250	250	160	200
Ottone	60	60	40	50
Ghisa dolce	40	40	25	30
Ghisa semidura	25	25	16	20
Ghisa malleabile	20	20	12	18
Acciaio dolce	20	20	12	18
Acciaio con R_m 400- 500 MPa	20	20	12	18
Acciaio con R_m 500-700 MPa	16	16	10	12
Acciaio con R_m 700-900 MPa	16	16	10	12
Acciaio con R_m 900-1200 MPa	12	12	8	10

Materiale del pezzo	Frese cilindriche e frontali	Frese a disco	Frese a profilo costante	Frese a codolo
Acciai non legati con $R_m = 600$ MPa	0,20	0,06	0,04	0,05
Acciai non legati con $R_m = 600+900$ MPa	0,16	0,06	0,03	0,04
Acciai bonificati con $R_m = 1100$ MPa	0,10	0,05	0,02	0,02
Acciai bonificati con $R_m = 1300$ MPa	0,08	0,04	0,01	0,01
Ghisa grigia HB = 1800 MPa	0,25	0,08	0,05	0,08
Ghisa grigia HB > 1800 MPa	0,16	0,06	0,04	0,06
Rame	0,25	0,10	0,05	0,08
Ottone duro	0,20	0,08	0,04	0,05
Bronzo	0,16	0,06	0,05	0,04
Leghe leggere di alluminio	0,10	0,08	0,04	0,05

Materiale del pezzo	Materiale dell'inserto	Velocità di taglio (m/min)	Avanzamento per dente (mm)
Acciaio $R_m = 600 + 850$ MPa	P25-P40	120	0,3
Acciaio $R_m = 850 + 1200$ MPa	P20-P30	80	0,2
Ghisa grigia HB < 1800 MPa	K10-K20	100	0,3
Ghisa grigia HB > 1800 MPa	K10-K20	80	0,2
Ottone-bronzo	K10-K30	180	0,5
Leghe leggere	K10-K20	500	0,3



$$a = 8 a_z$$

Fresatura periferica - Forze e Potenze di taglio

$$s_\theta = a_z \cdot \sin \theta \longrightarrow s_m = \frac{1}{\varphi} \int_0^\varphi s_\theta d\theta = \frac{1}{\varphi} \int_0^\varphi a_z \sin \theta d\theta = \frac{a_z}{\varphi} (1 - \cos \varphi)$$

$$\cos \varphi = 1 - \frac{2p}{D} \longrightarrow s_m = \frac{2a_z}{\varphi} \frac{p}{D} \longrightarrow S_m = s_m \cdot L$$

Poiché la sezione del truciolo non è costante, risulta non costante anche il valore della pressione di taglio. Anche per questa ci si riferisce ad un valore medio k_{sm} .
Quindi:

$$T_m = k_{sm} S_m$$

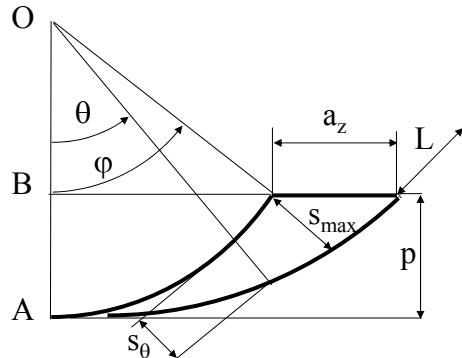
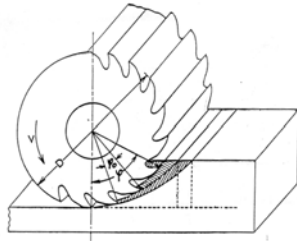
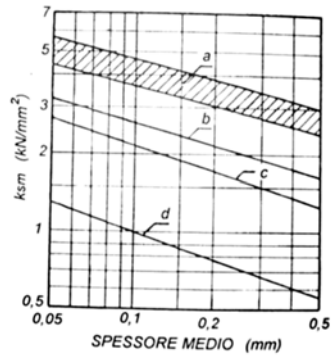


Fig. 9.11

Pressione di taglio media k_{sm}
in funzione dello spessore medio h_m .

- a) acciai ($R_m = 500-700$
 N/mm^2),
- b) ghisa sferoidale,
- c) ghisa grigia,
- d) ottone.

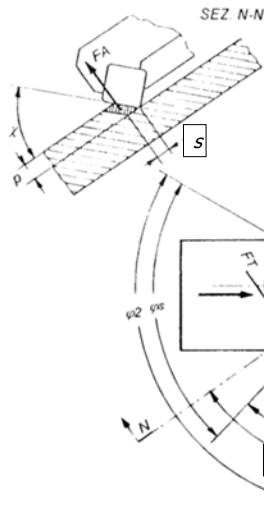


$$z_c = \frac{\varphi}{2\pi} \cdot z$$

z : numero di denti della fresa

$$P_{tot} = P_m \cdot z_c = \frac{F_m \cdot v_t \cdot z_c}{60 \cdot 1000} \cdot \frac{1}{\eta} \text{ [kW]}$$

Fresatura frontale – Forze e Potenze di taglio



$$s_\theta = a_z \sin \theta$$

$$s_m = \frac{1}{\varphi_2 - \varphi_1} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} s_\theta d\theta = \frac{1}{\varphi_2 - \varphi_1} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} a_z \sin \theta d\theta$$

$$s_m = \frac{a_z}{\varphi_2 - \varphi_1} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2)$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{2 \cdot B_1}{D}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{-2 \cdot B_2}{D}$$

$$s_m = a_z \cdot \frac{2 \cdot B}{D \cdot (\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$S_m = s_m \cdot p$$

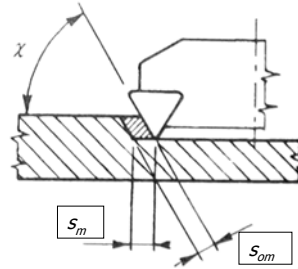
Anche in questo caso vale il discorso che poiché la sezione del truciolo non è costante, risulta non costante anche il valore della pressione di taglio. Anche per questa ci si riferisce ad un valore medio k_{sm}

Quindi vale: $T_m = k_{sm} S_m$

Il valore di k_{sm} però questa volta non è funzione dello spessore medio del truciolo, bensì dello **spessore medio effettivo** s_{om} .

Questo vale: $s_{om} = s_m \cdot \sin \chi$

$$P_{tot} = P_m \cdot z_c = \frac{F_m \cdot v_t \cdot z_c}{60 \cdot 1000} \cdot \frac{1}{\eta} \text{ [kW]}$$

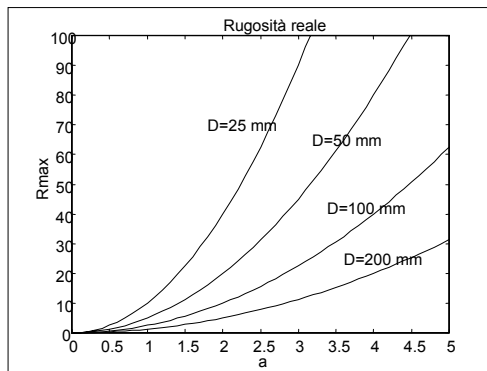


Rugosità in fresatura frontale

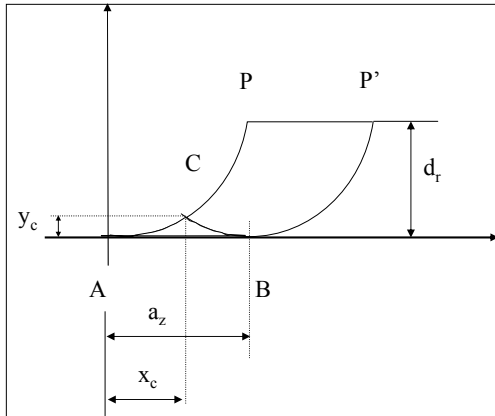
Analogamente alla tornitura vale:

$$R_{max} \cong \frac{a_z^2}{8R} \quad R_a \cong \frac{1}{4} R_{max}$$

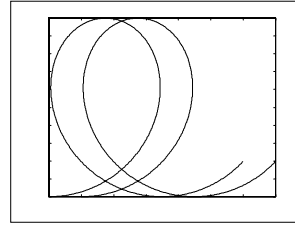
Sperimentalmente si verifica che il valore della rugosità reale è superiore:



Rugosità teorica in fresatura periferica



Con R si intende il raggio della fresa.



Per ragioni di simmetria:

$$x_c = \frac{a_z}{2}$$

$$R_{\max} \cong \frac{a_z^2}{8R}$$

$$R_a \cong \frac{1}{4} R_{\max}$$