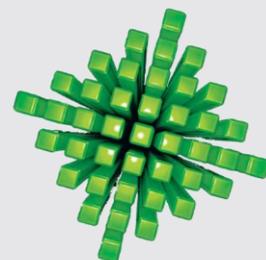
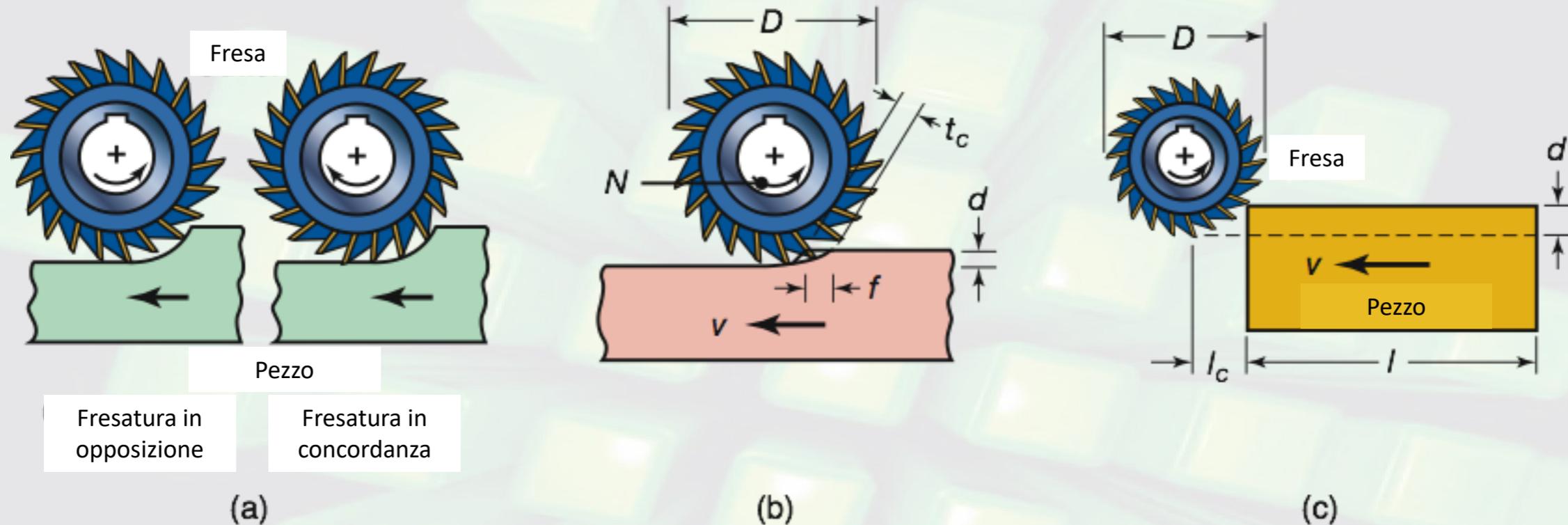


Fresatura

- Utensili pluritaglienti
- Gli utensili lavorano in condizione di «taglio interrotto»



Fresatura periferica in concordanza (*climb*) e in discordanza o opposizione (*conventional*)

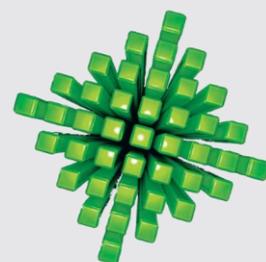


(a) Fresatura in opposizione e in concordanza.

(b) Fresatura periferica, riportante **profondità di passata**, d ; **avanzamento per dente**, $f = \frac{V}{N \cdot z}$; **spessore del truciolo**, t_c ; **velocità del pezzo**, V ; **numero di denti**, z ; **velocità di rotazione**, N .

(c) Schema della **corsa**, l_c , della fresa per raggiungere la profondità di passata.

$$Velocità di taglio = V_C = \pi \cdot D \cdot N$$



Fresatura periferica

W_p = larghezza pezzo

W_f = spessore fresa

D = diametro fresa

d = profondità di passata

f_d = avanzamento per dente = $\frac{V}{N \cdot z}$

z = numero di denti della fresa

$$t_c = \text{spessore massimo truciolo} = f_d \cdot \sin \varphi \cong 2f_d \sqrt{\frac{d}{D}}$$

W = minore(W_p , W_f)

$$MRR = d \cdot W \cdot v_{avanz} \quad (\text{mm}^3/\text{min})$$

$$v_{avanz} = f_d \cdot z \cdot N \quad (\text{mm}/\text{min})$$

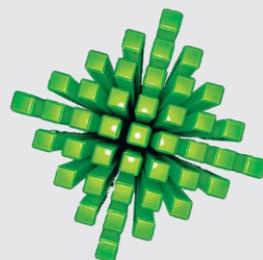
$$P = \frac{u}{60} \cdot MRR \quad (\text{W})$$

$$T = \frac{60 \cdot P}{2\pi N} \quad (\text{Nm})$$

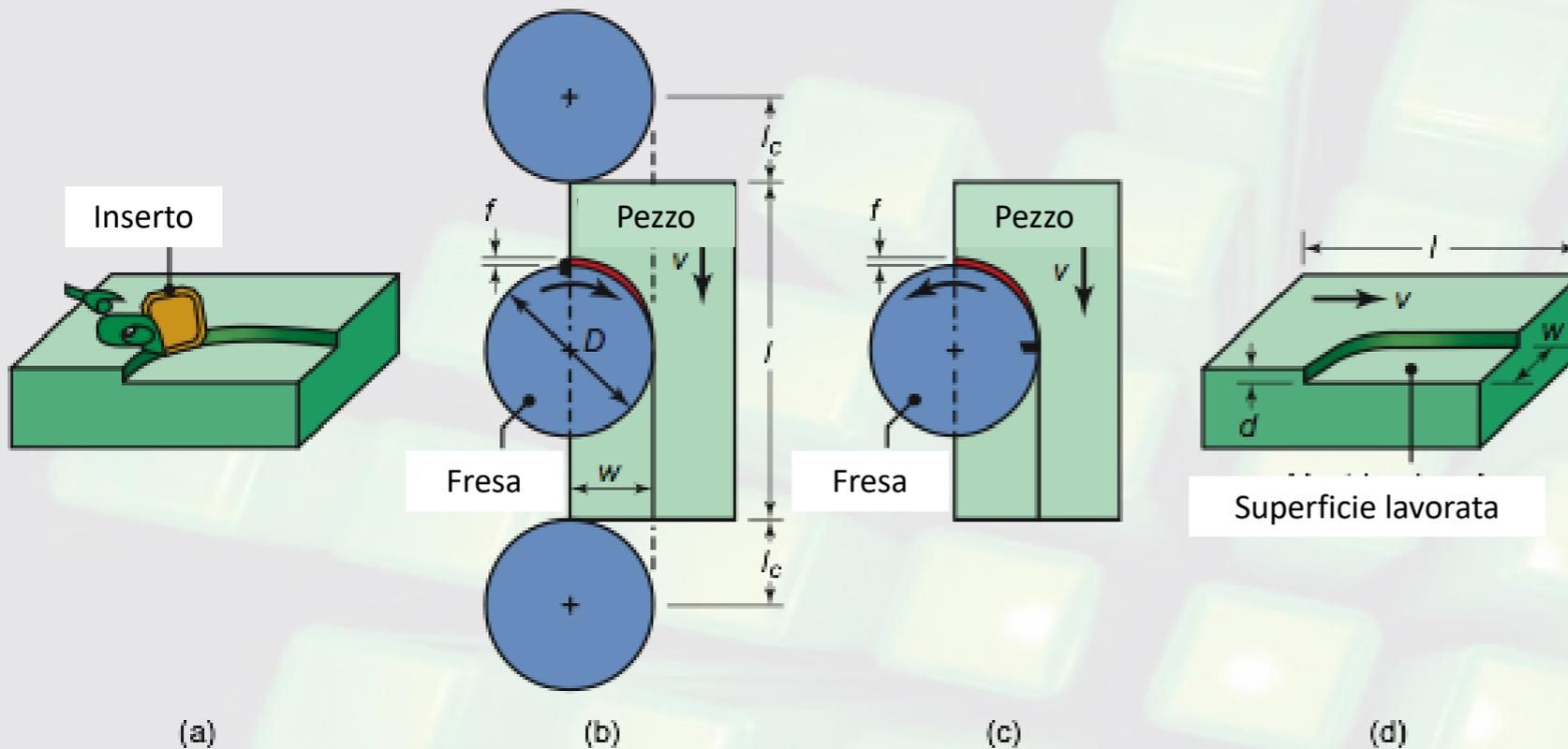
$$\bar{F} = \frac{2000 \cdot T}{D} \quad (\text{N})$$

$$v_{taglio} = \omega \cdot R = \frac{2\pi N}{60} \cdot \frac{D}{2} = \frac{\pi ND}{60} \quad (\text{mm}/\text{s})$$

$$t_{\text{lavorazione}} = \frac{(L+D)}{f_d \cdot z \cdot N} \quad (\text{min})$$



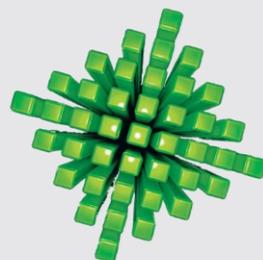
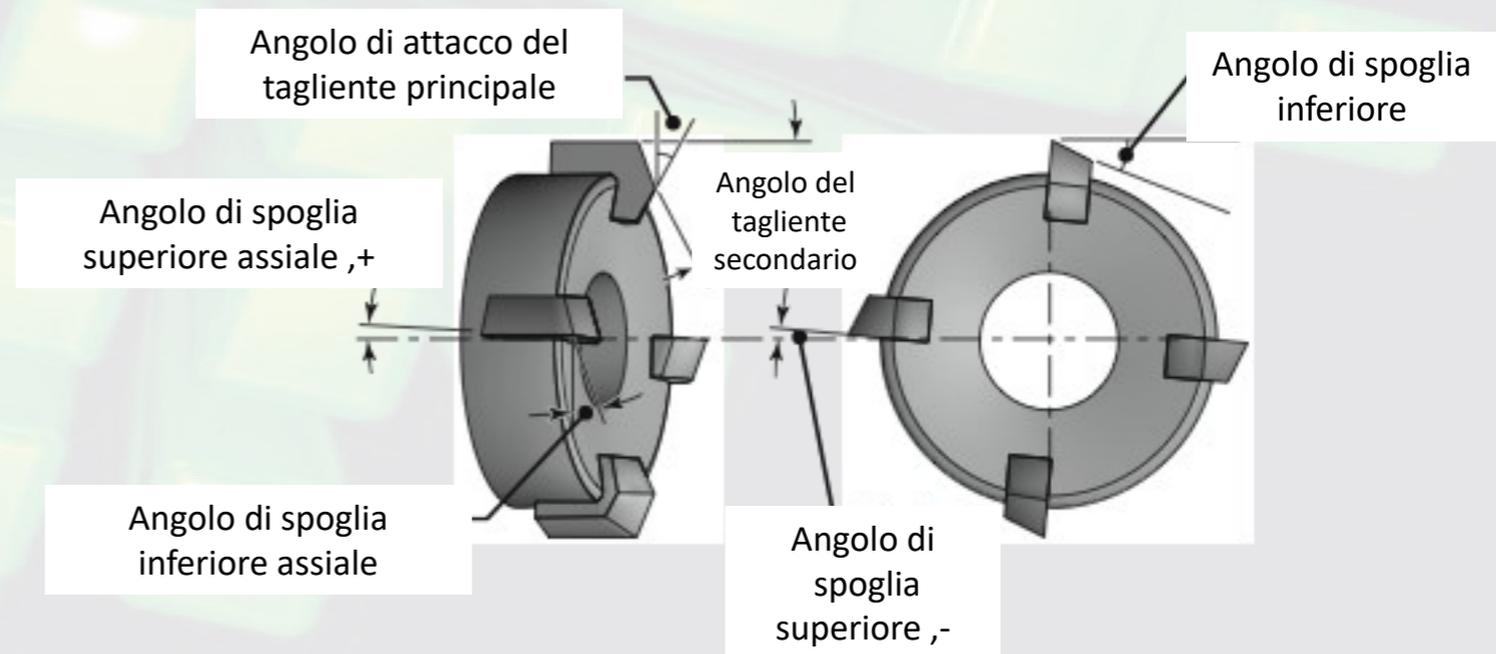
Fresatura Frontale



Fresatura Frontale

- (a) Azione di un inserto;
- (b) Fresatura in concordanza;
- (c) Fresatura in opposizione;
- (d) Dimensioni nella fresatura frontale.

Terminologia riguardante una fresa frontale.



Fresatura frontale

W_p = larghezza pezzo

W_f = spessore fresa

w = larghezza di taglio, quanto entra la fresa nel pezzo lateralmente

D = diametro fresa

d = profondità di passata

f_d = avanzamento per dente

z = numero di denti della fresa

W = minore(W_p , D , larghezza di taglio= w)

$$MRR = d \cdot W \cdot v_{avanz} \quad (\text{mm}^3/\text{min})$$

$$v_{avanz} = f_d \cdot z \cdot N \quad (\text{mm}/\text{min})$$

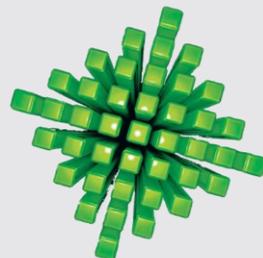
$$P = \frac{u}{60} \cdot MRR \quad (\text{W})$$

$$T = \frac{60 \cdot P}{2\pi N} \quad (\text{Nm})$$

$$\bar{F} = \frac{2000 \cdot T}{D} \quad (\text{N})$$

$$v_{taglio} = \omega \cdot R_{min}^{max} = \frac{2\pi N}{60} \cdot \frac{D_{min}^{max}}{2} = \frac{\pi N D_{min}^{max}}{60} \quad (\text{mm}/\text{s})$$

$$t_{\text{lavorazione}} = \frac{(L+D)}{f_d \cdot z \cdot N} \quad (\text{min})$$

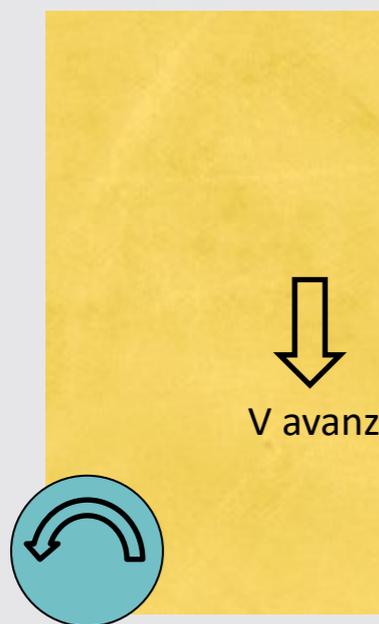


Fresatura frontale

Il tagliente lascia delle marcature sulla superficie lavorata dovute al moto di avanzamento e si distingue in:

- **Opposizione** (convenzionale)
- **Concordanza**

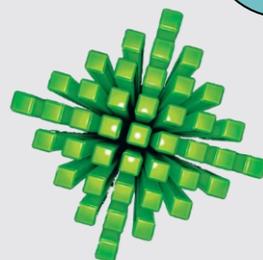
OPPOSIZIONE



CONCORDANZA



In entrambi i casi non va bene che il tagliente entri ortogonalmente (90°) o parallelamente (0°) al pezzo, ma **sempre con un certo angolo**, in fatti se entra ortogonalmente il primo punto di contatto è l'estremo del tagliente che è il punto più debole. Analogamente si può ragionare all'uscita quando viene rilasciata la forza sul tagliente.



Meccanica del truciolo



Effetto dell'angolo di inclinazione dell'inserto sullo spessore del truciolo indeformato. Al crescere di tale angolo lo spessore del truciolo indeformato decresce come pure lo spessore del truciolo, ma la lunghezza di contatto aumenta e conseguentemente la larghezza del truciolo.

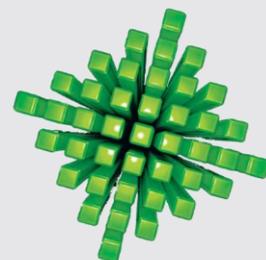
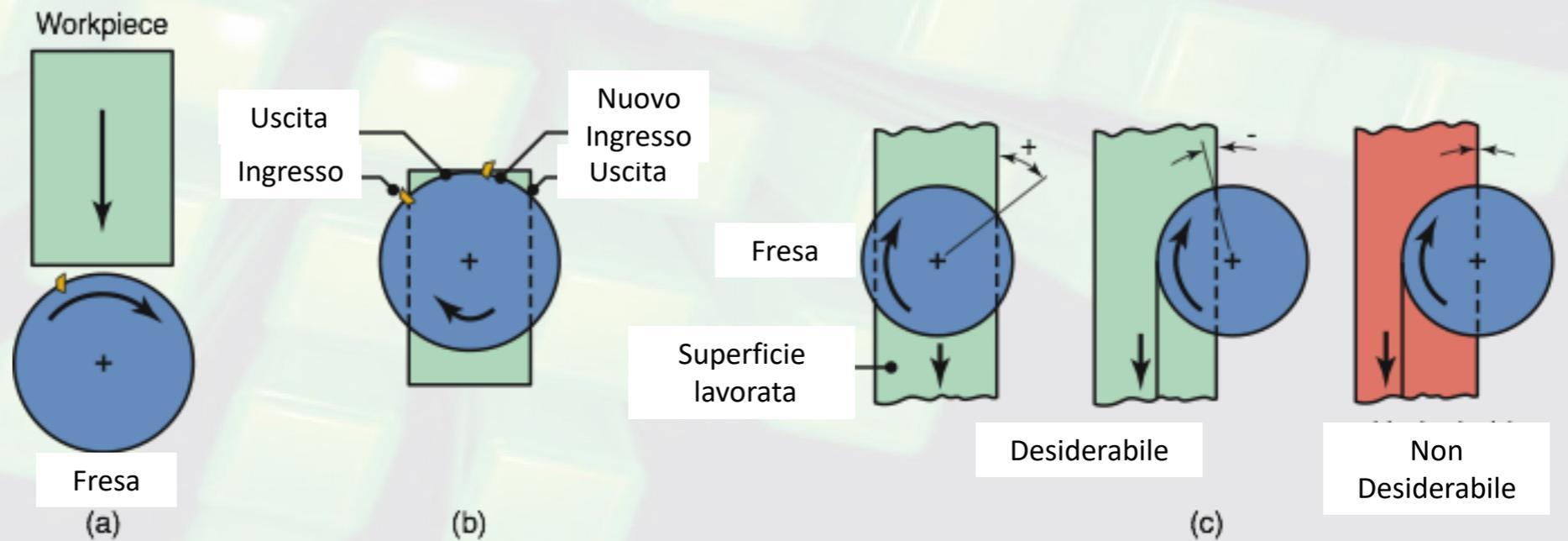
Pertanto l'inserto deve essere abbastanza grande per consentire l'aumento della lunghezza di contatto.

(a) Posizione relativa della fresa e dell'inserto nel fase di primo contatto con il pezzo nella fresatura frontale.

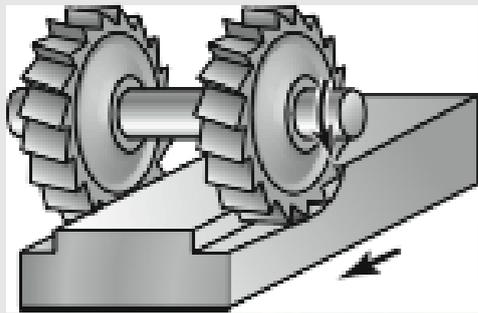
(b) Posizioni dell'inserto in ingresso e in uscita, verso la fine della lavorazione.

(c) Esempi di angoli di uscita desiderabili (positive o negative) e da evitare (angolo nullo).

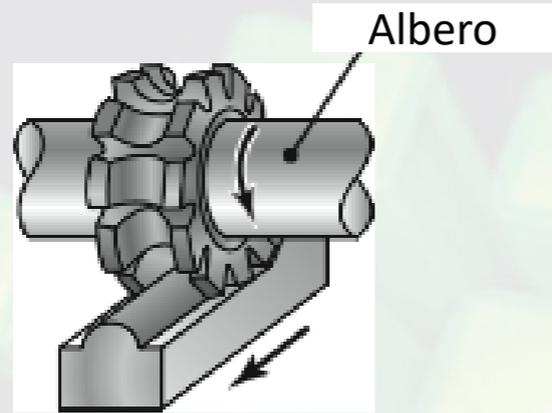
In tutte le figure l'asse della fresa è perpendicolare alla pagina.



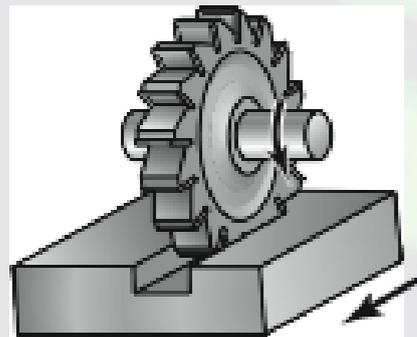
Operazioni di fresatura



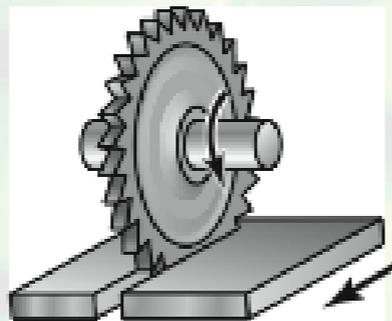
(a) Superfici parallele



(b) Profili



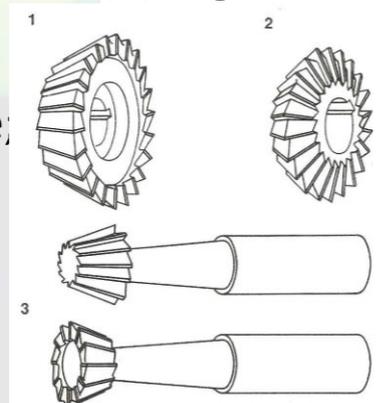
(c) Scanalature



(d) Taglio

Frese

- (a) Per Superfici parallele;
- (b) Per Profili;
- (c) Per Scanalature ;
- (d) Per Taglio;
- (e) A codolo;
- (f) A profilo.



(e) A codolo



(f) A profilo

Valori indicativi delle velocità di taglio nella fresatura.

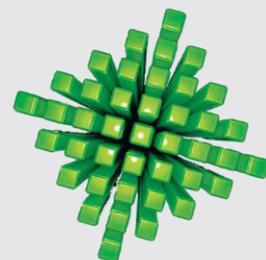
Materiale	Velocità di taglio m/min
Leghe di Alluminio	300-3000
Ghise grigie	90-1300
Leghe di Rame	90-1000
Leghe per alte temperature	30-550
Acciai	60-450
Acciai inossidabili	90-500
Termoplastici e termoindurenti	90-1400
Leghe di Titanio	40-150

Queste velocità sono per **carburi, ceramici, cermets e diamante.**

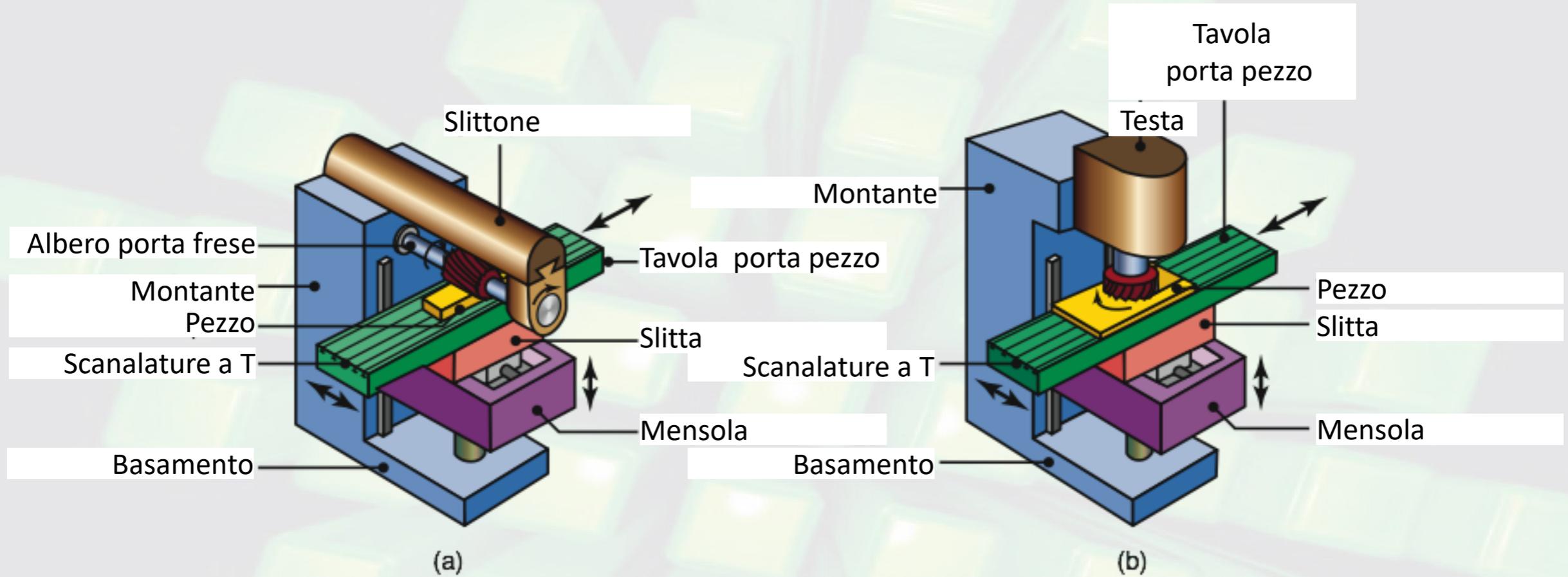
Per **acciai super rapidi** usare *valori più bassi.*

Profondità di passata, d , nel campo 1-8 mm;

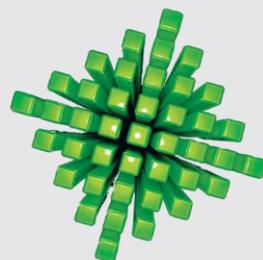
Avanzamento per dente, f , nel campo 0.08-0.46 mm/giro.



Fresatrici



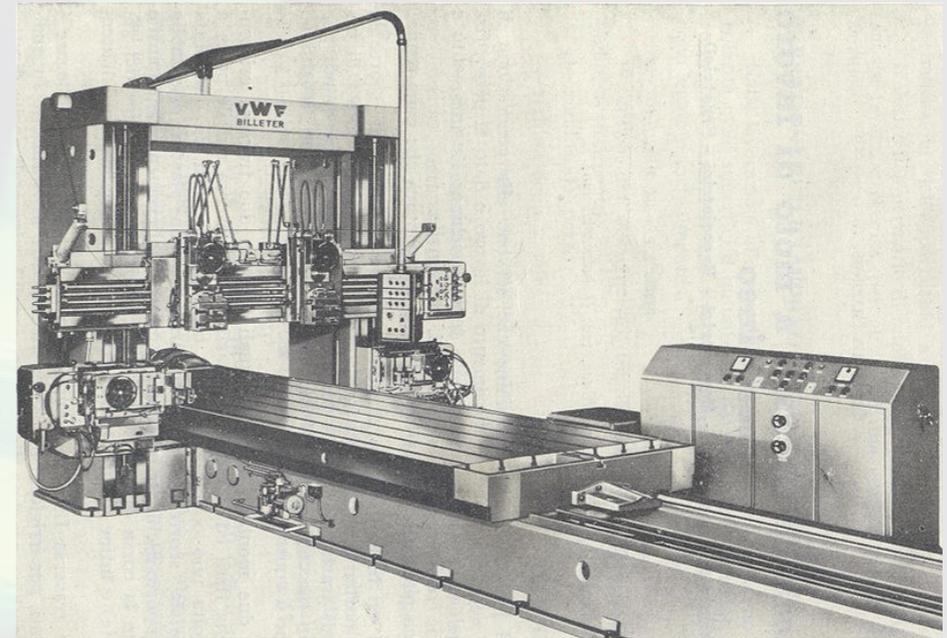
(a) Fresatrice universale orizzontale;
(b) Fresatrice universale verticale.



Piallatura e Limatura

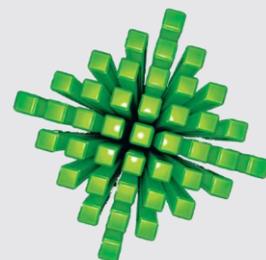
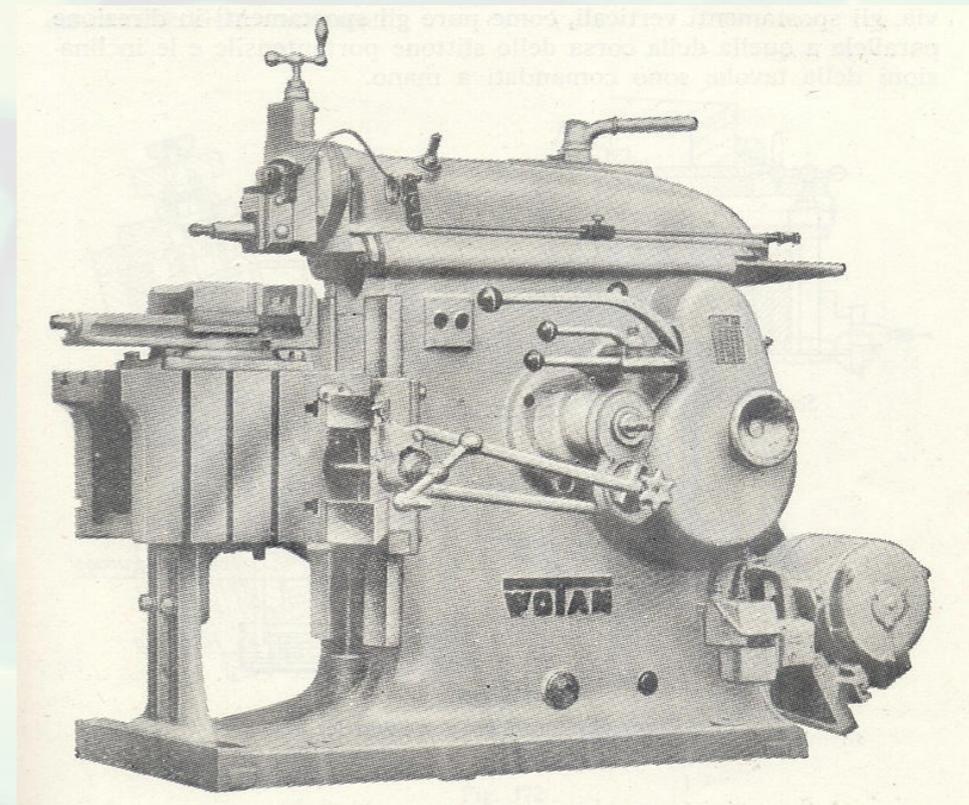
Piallatura

- Su pezzi larghi e lunghi (fino a 25 m x 15 m)
- Moto rettilineo alternativo
- Utensili stazionari
- Pezzo in movimento
- Il movimento di ritorno comporta un tempo perso se non posso usare utensili che lavorano anche in questa movimentazione

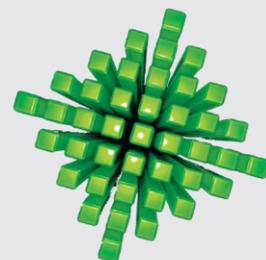


Limatura

- Su pezzi più piccoli
- Moto rettilineo alternativo
- Utensili in movimento
- Pezzo in stazionario



Brocciatatura



Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.
Kalpakjian • Schmid
© 2008, Pearson Education
ISBN No. 0-13-227271-7

Brocciatura

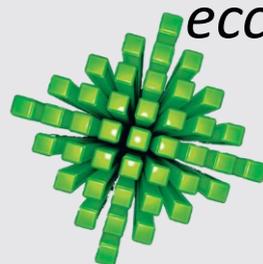
- Utensile pluri tagliente con moto rettilineo che lavora **a trazione** (<1000 mm) o **a compressione** (150-350 mm)
- Ottima *precisione dimensionale (IT7)* e *finitura superficiale (Ra = 0.8 μm)*
- Bassi costi per grande serie di pezzi
- Elevato costo utensile
- Bassa velocità di taglio, ma basso tempo di lavorazione
- Elevata vita della broccia
- **Passo longitudinale = p = 1,5-2.5 $\sqrt{L_{lavorare}}$**
 - Dove $L_{lavorare}$ è la lunghezza della parte che deve subire la brocciatura

- **Passo radiale = i**
- **Passo radiale di calibrazione $i_c = 0$**
- **Se la lunghezza della broccia $L_{broccia} > 1000$ mm**



La suddivido in due brocche altrimenti durante la tempra si deformerebbe eccessivamente

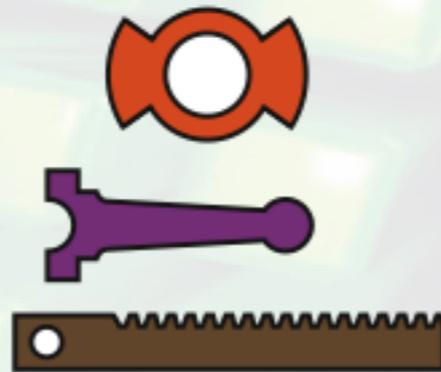
Velocità di taglio (m/min)	Materiali	l sgrossatura (mm)	l finitura (mm)
12-18	Leghe leggere	0.12-0.20	0.02
8-13	Ottone e bronzo	0.12-0.30	0.01
6-10	Acciai con carico di rottura a trazione 55-65 kg/mm ²	0.07-0.12	0.01
5-8	Acciai con carico di rottura a trazione 65-75 kg/mm ²	0.04-0.08	0.01
	Acciai con carico di rottura a trazione 75-85 kg/mm ²	0.04-0.06	0.01
4-6	Acciai con carico di rottura a trazione 85-95 kg/mm ²	0.04-0.06	0.01



Brocciatura



(a)

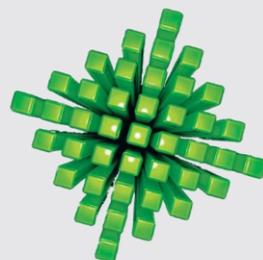


(b)

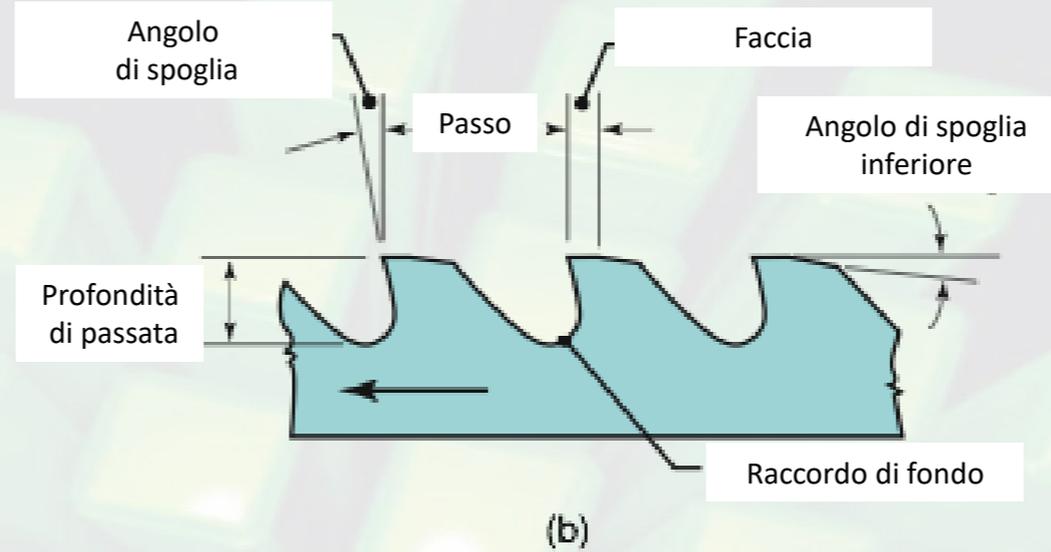
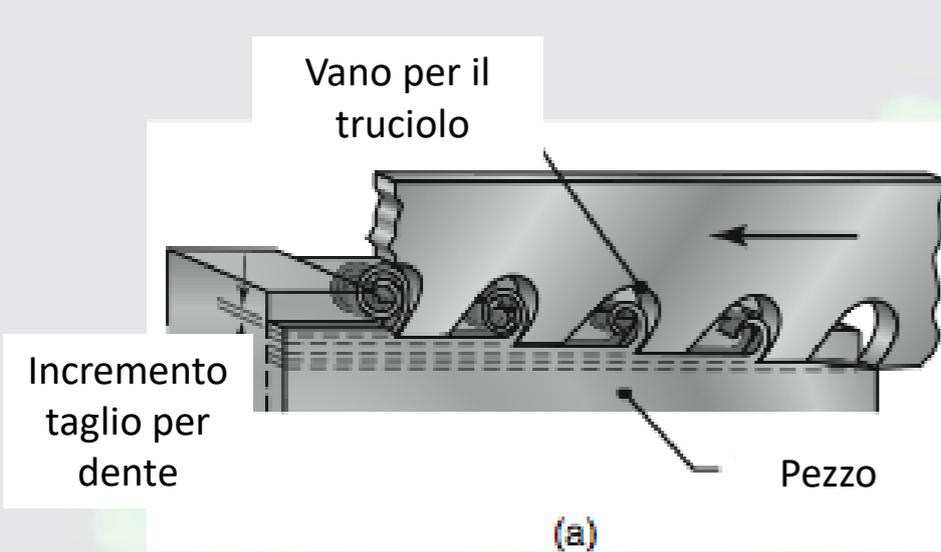


(c)

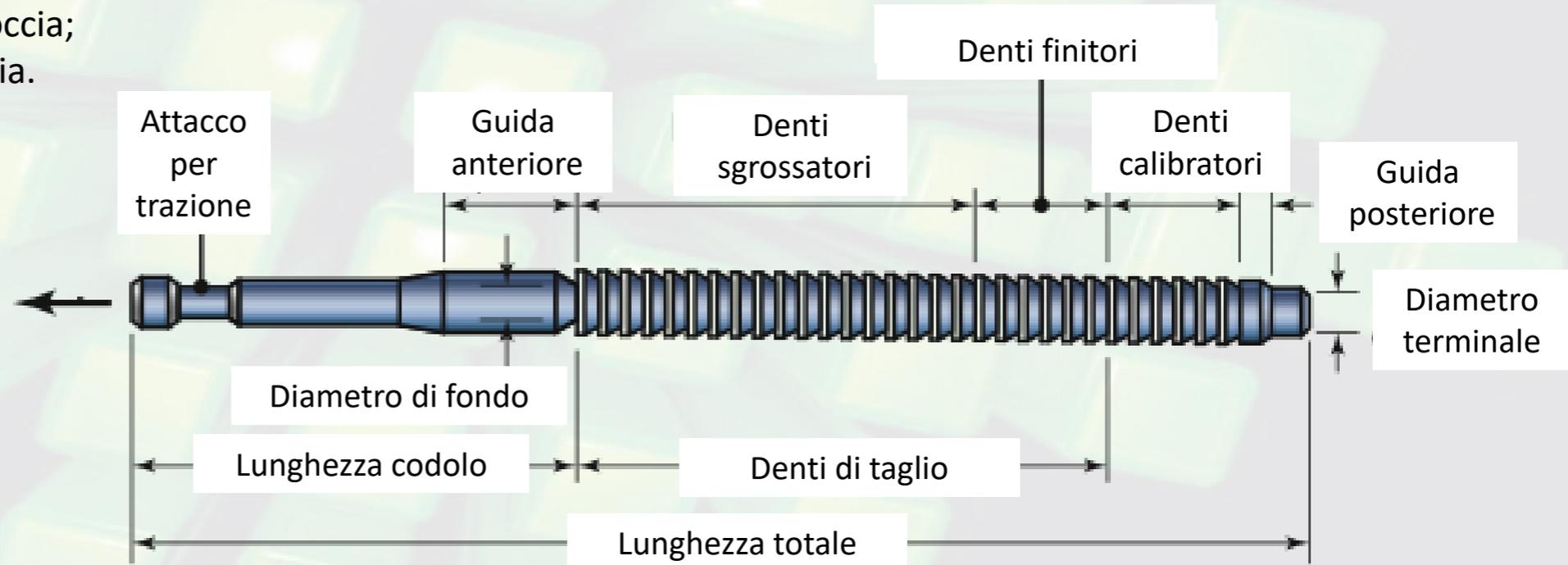
- (a) Tipiche parti finite mediante brocciatura di interni.
- (b) Parti finite mediante brocciatura esterna.
- (c) Una brocciatrice verticale.



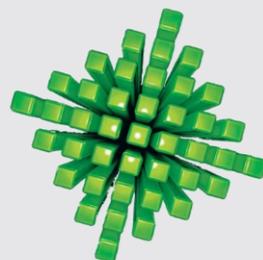
Brocche



(a) Azione di taglio della broccia;
 (b) Terminologia della broccia.

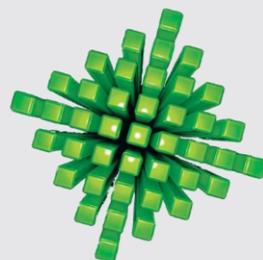


Terminologia per una broccia per interni da usare a trazione, usata di solito per allargare fori lunghi.



Brocciatura

- Utensile molto costoso
- Velocità di taglio bassa
- Lunga vita dell'utensile
- Ottime lavorazioni ($IT7$, $Ra=0.8 \mu\text{m}$) ← **RETTIFICA**
- Adatto a produzioni di serie medio-grandi
- Lavorazione molto rapida



Dimensionamento della Broccia

$$is > if > ic = 0$$

$$is = 0.05 - 0.2 \text{ mm}$$

$$if = 0.01 - 0.02 \text{ mm}$$

$$p = 1.5 \div 2.5 \cdot \sqrt{L_{foro}}$$

$$N_{teorico\ sgros} = \frac{D_f - D_0}{2 is}$$

$$N_{sgros} = parte_intera(N_{teorico\ sgros})$$

$$N_{teorico\ fin} = \frac{D_f - (D_0 + 2is \cdot N_{sgros})}{2 if}$$

$$N_{fin} = parte_intera(N_{teorico\ fin} + 1)$$

$$L_{broccia} = p \cdot \sum N_j + L_{attacchi} + L_{guida}$$

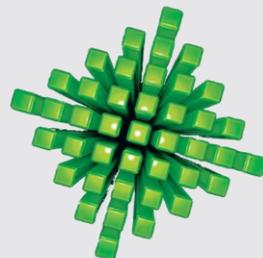
- **Broccia a trazione**

$$L_{attacchi} > L_{foro}$$

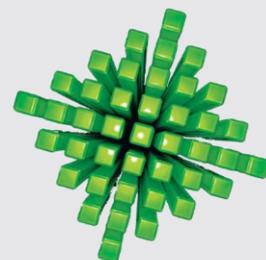
$L_{broccia} < 1000 \text{ mm}$ a causa delle distorsioni dovute ai trattamenti termici

- **Broccia a compressione**

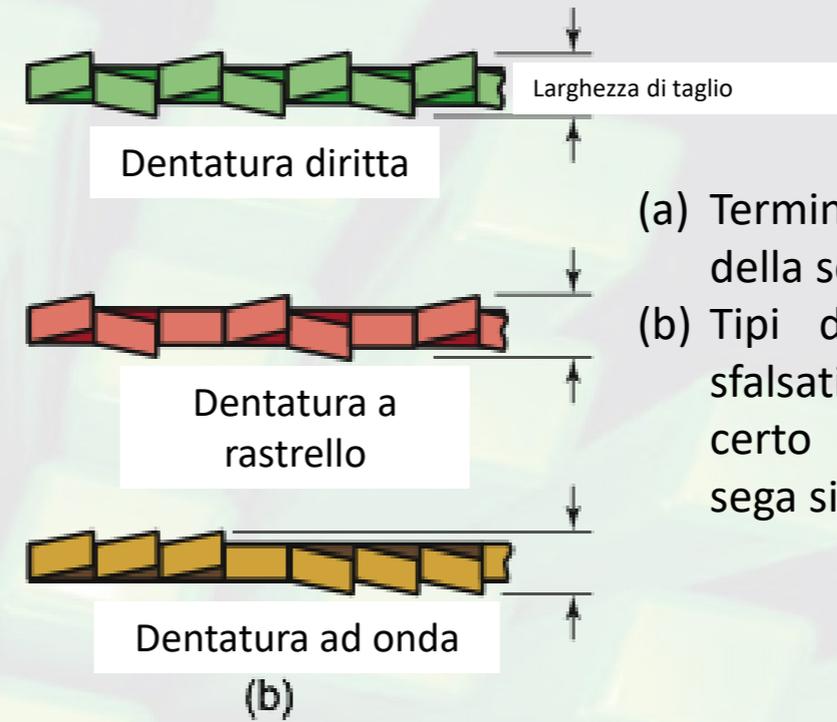
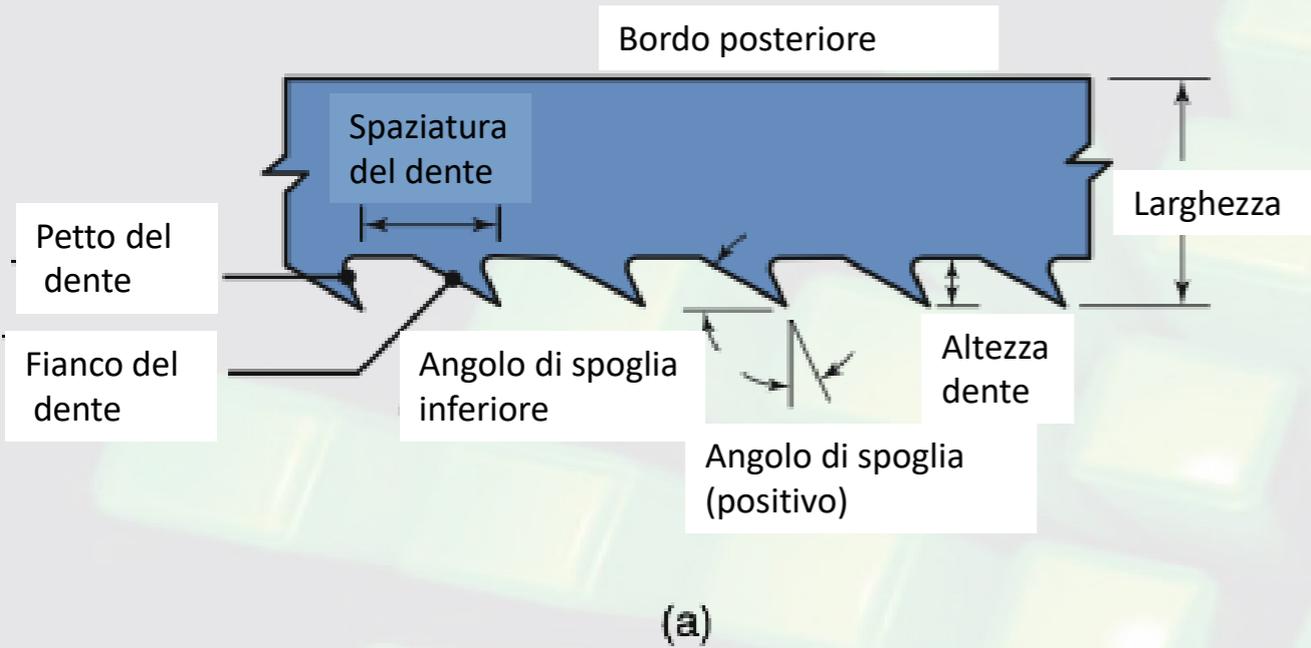
$L_{broccia} < 350 \text{ mm}$ a causa dell'instabilità al carico di punta quando lavora



Taglio con Segatrice



Seghe e denti della sega

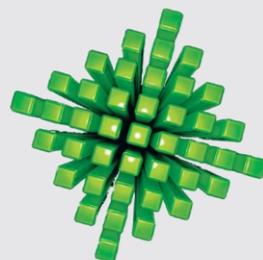
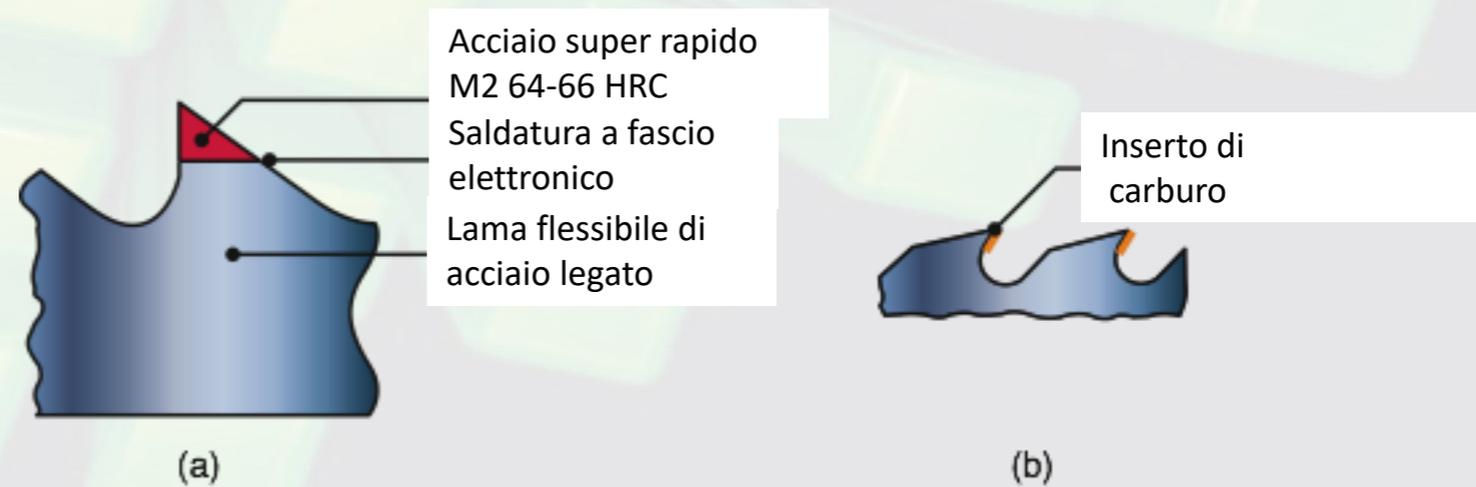


(a) Terminologia per la dentatura della sega.

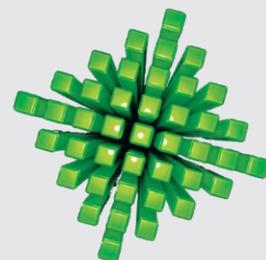
(b) Tipi di dentature, con denti sfalsati in modo da garantire un certo gioco ed evitare che la sega si inceppi.

(a) Dente di acciaio super rapido saldato su lama di acciaio.

(b) Insetto di carburo brasato sul dente.



Lavorazioni per asportazione di truciolo di Ingranaggi



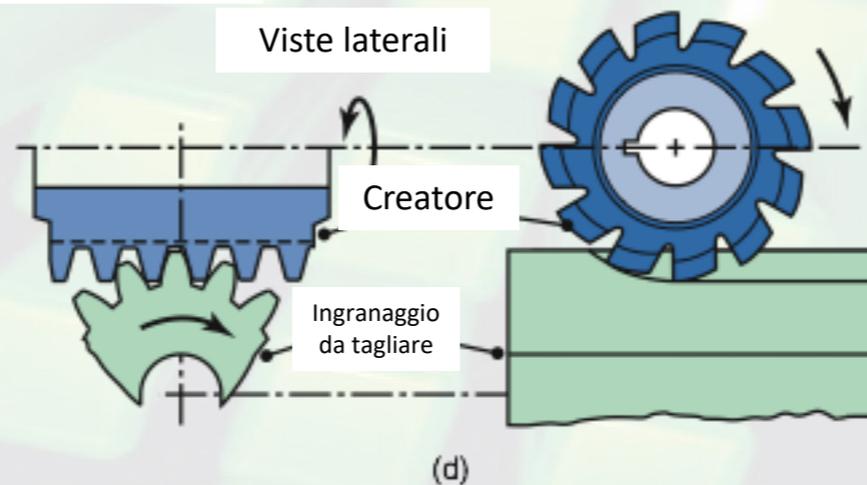
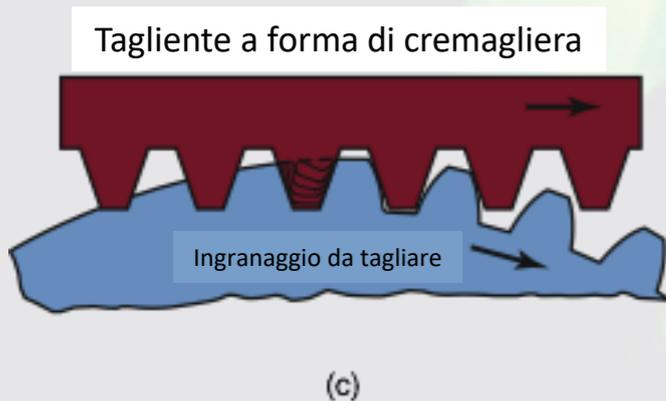
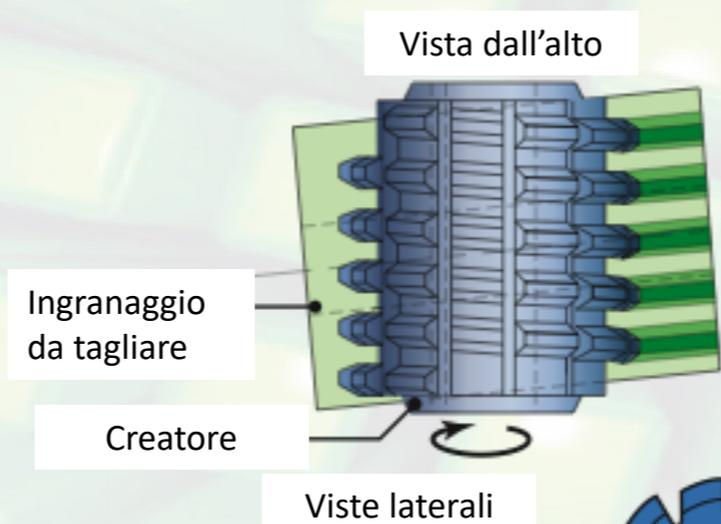
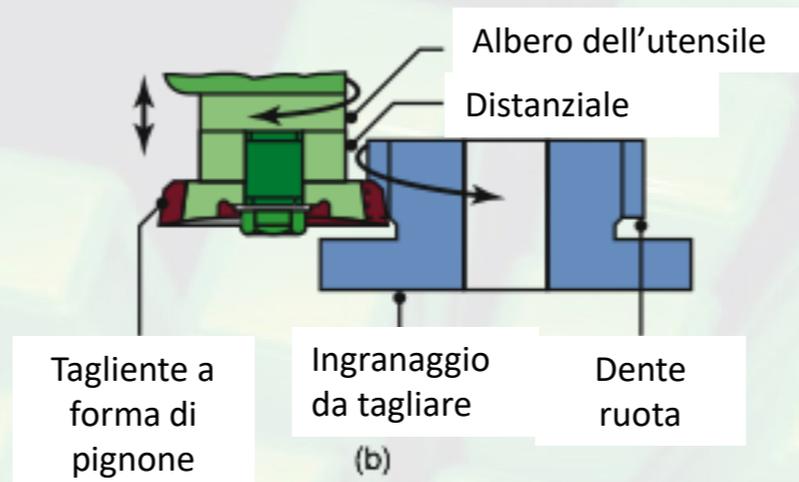
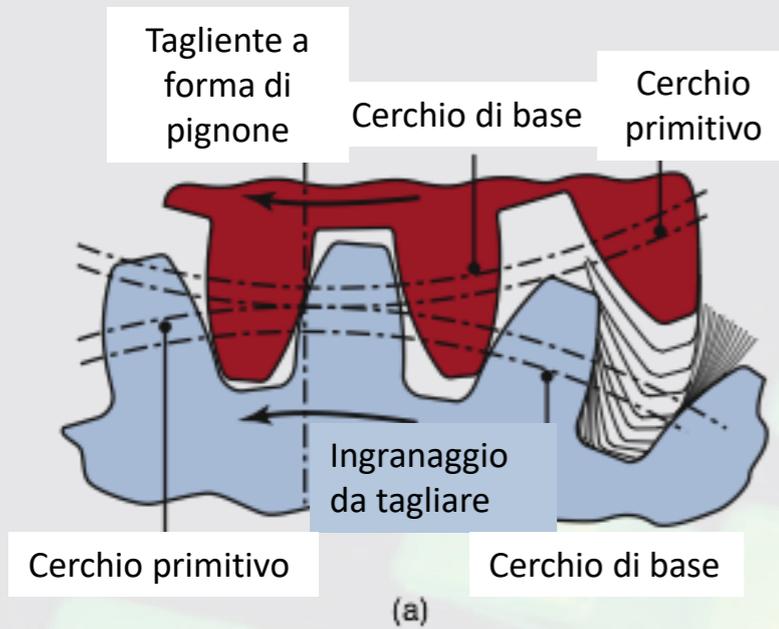
Manufacturing Processes for Engineering Materials, 5th ed.

Kalpakjian • Schmid

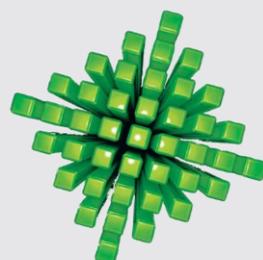
© 2008, Pearson Education

ISBN No. 0-13-227271-7

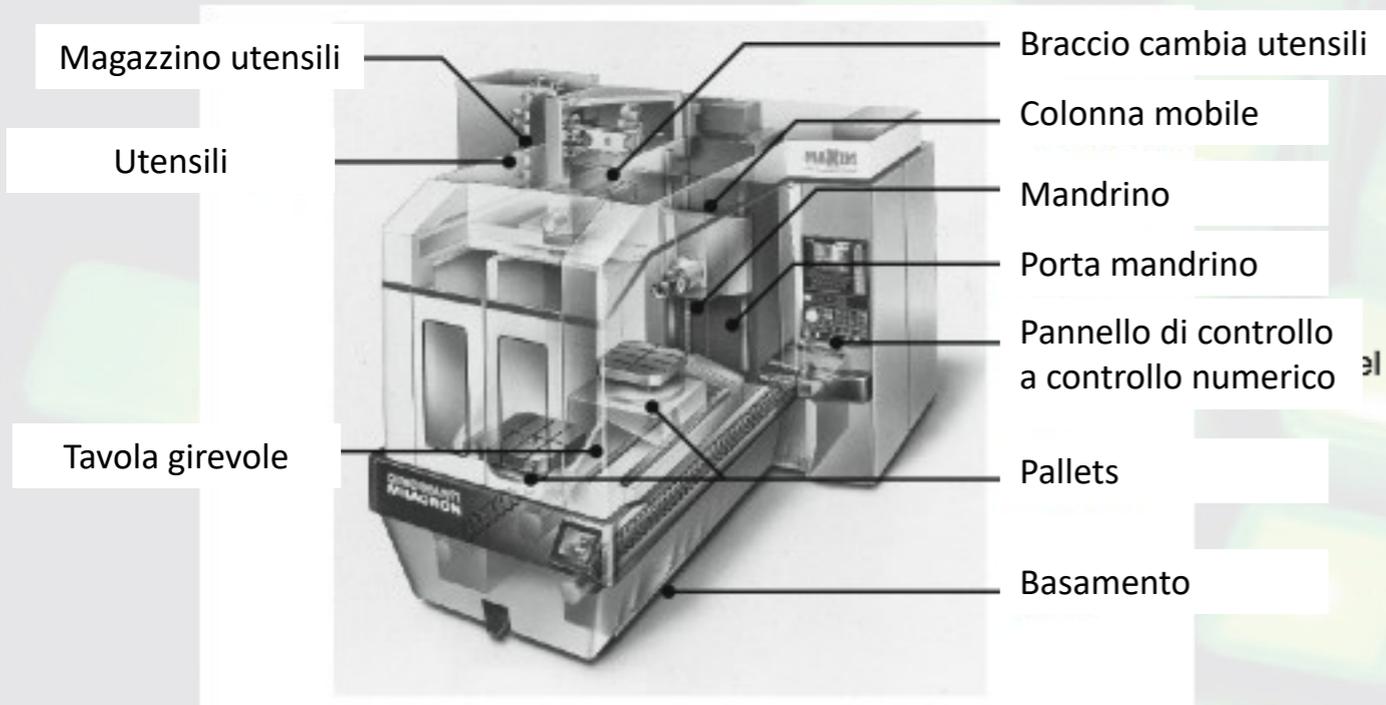
Fabbricazione delle ruote dentate



- (a) Schema della lavorazione basata su tagliante a forma di pignone.
- (b) Schema della lavorazione basata su tagliante a forma di pignone con coltello circolare. Il tagliante ha un moto alternato verticale.
- (c) Schema della lavorazione basata su tagliante a forma di cremagliera.
- (d) Schema della lavorazione basata su creatore.

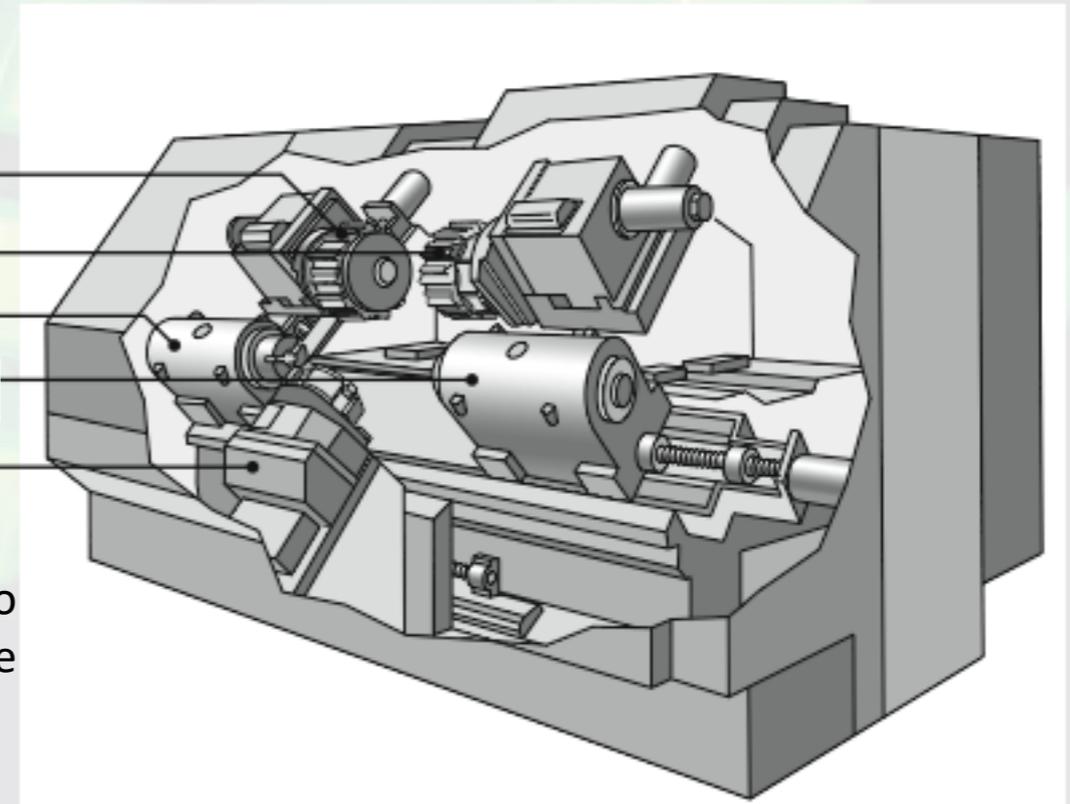


Centri di Lavorazione

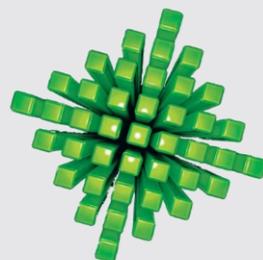


Centro di lavorazione a mandrino orizzontale con sistema di cambio utensile automatico. I magazzini degli utensili possono contenere fino a 200 utensili.

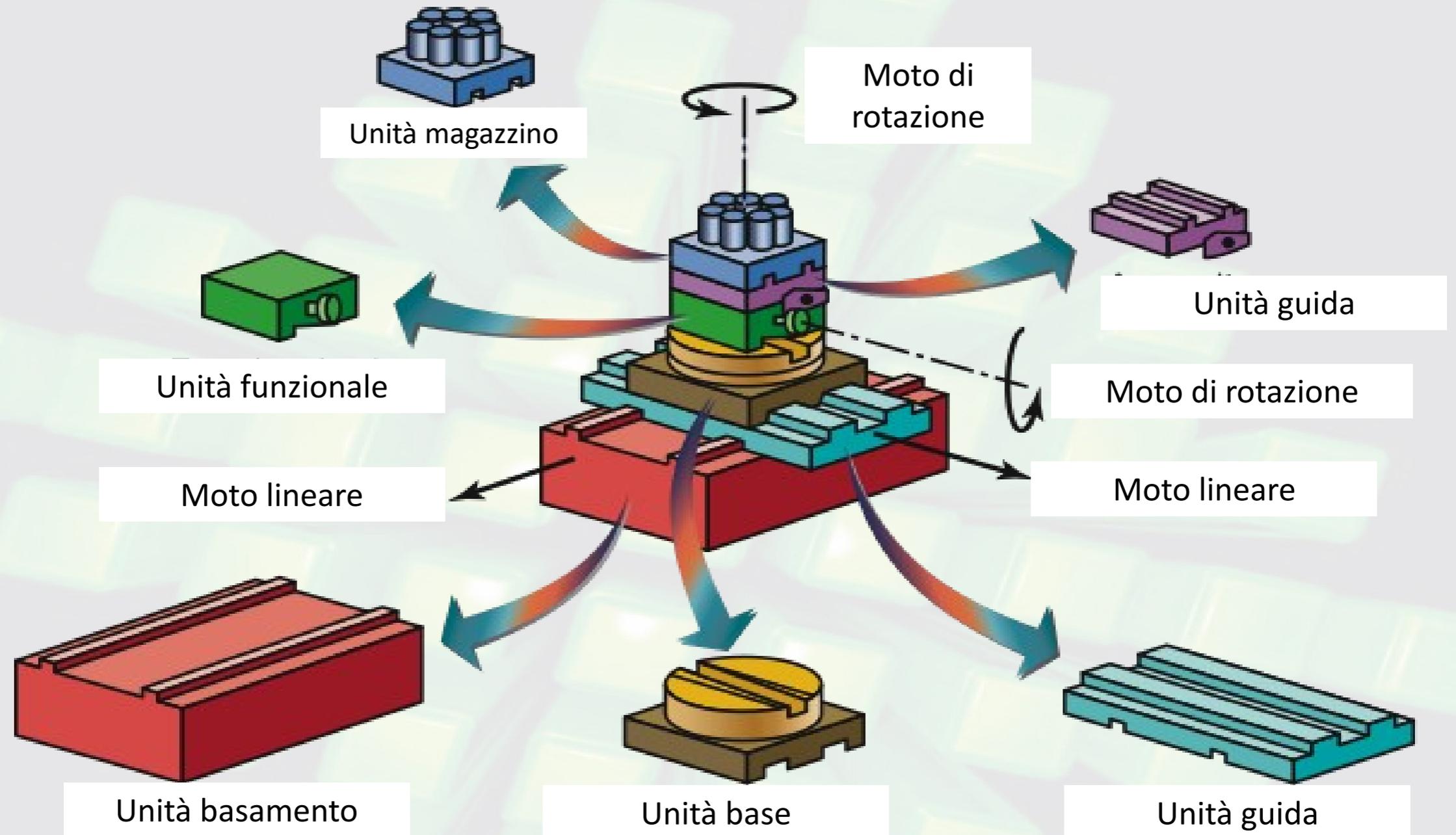
- Torretta 1
- Torretta 2
- Mandrino 1
- Mandrino 2
- Torretta 3



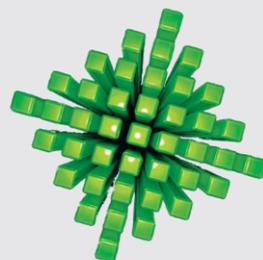
Schema di un centro di tornitura a controllo numerico. Il centro ha due mandrini e tre torrette portautensili.



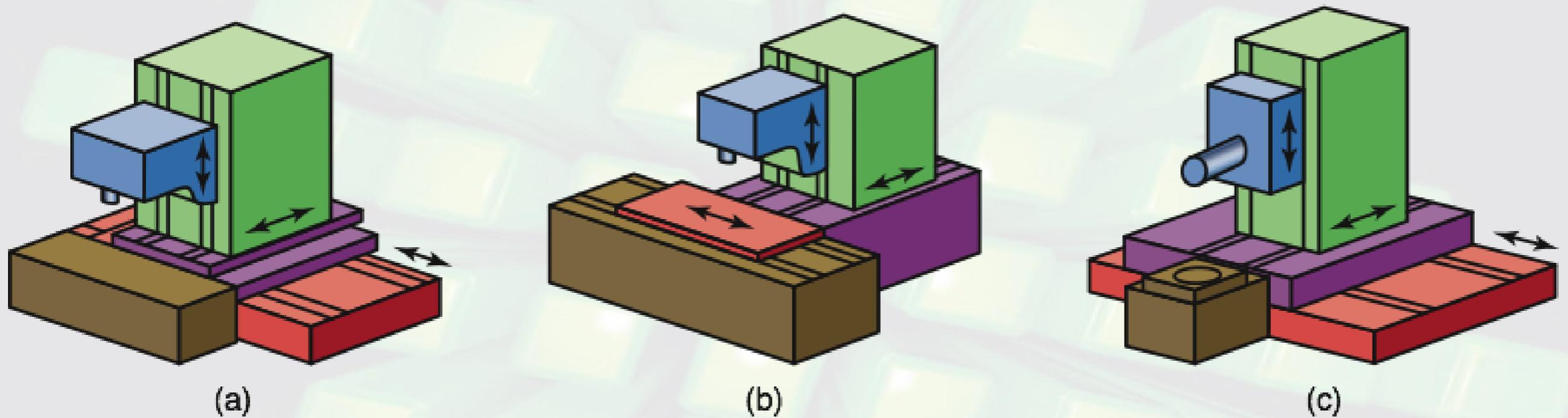
Macchine riconfigurabili



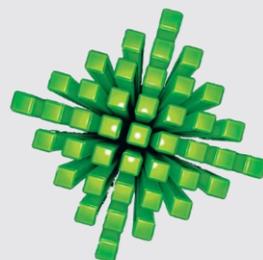
Schema di un centro di lavorazione modulare riconfigurabile, in grado di operare su diversi pezzi (sia nella forma che nelle dimensioni) che richiedono diverse operazioni di asportazione di truciolo sulle loro varie superfici.



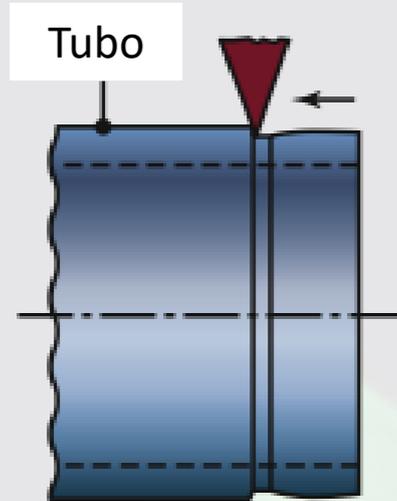
Centri di Lavorazione Riconfigurabili



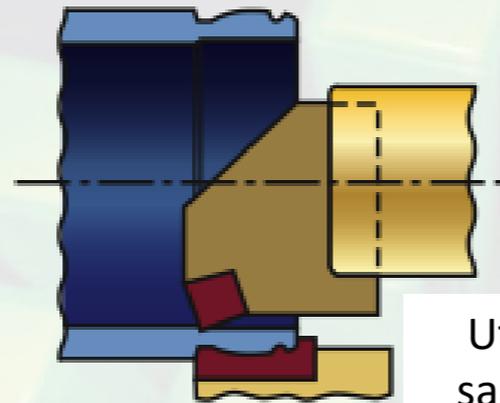
Schema di tre esempi di un centro di lavorazione riconfigurabile in tre possibili diverse configurazioni.



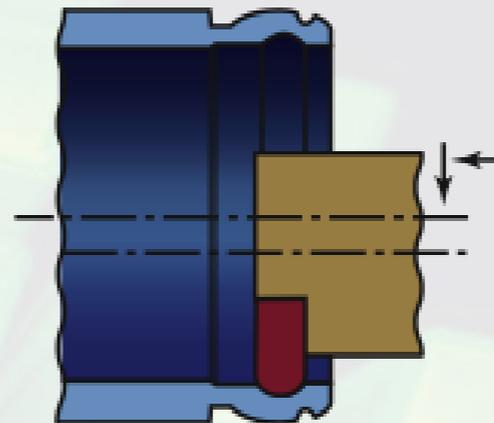
Lavorazione dell'anello esterno di un cuscinetto



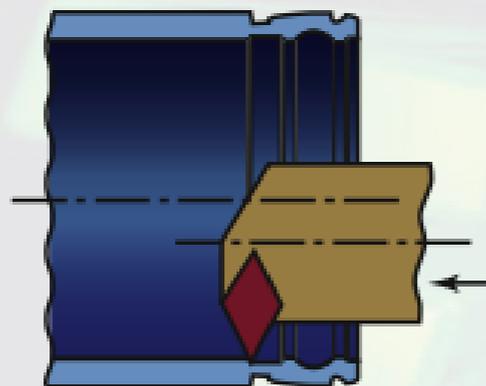
1. Tornitura di finitura del diametro esterno



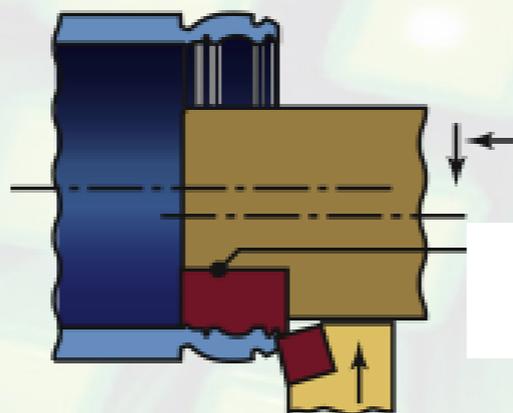
2. Tornitura interna e scanalatura esterna



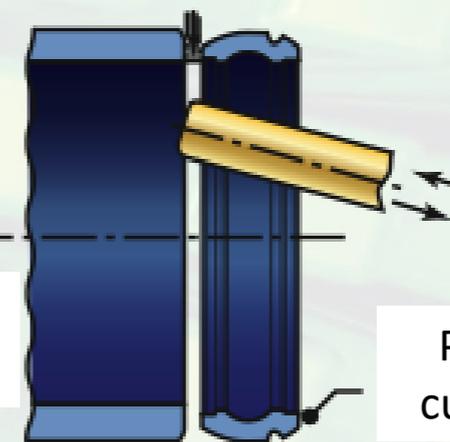
3. Scanalatura interna con utensile sagomato



4. Finitura della scanalatura interna e sgrossatura del diametro interno

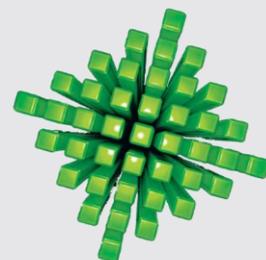


5. Scanalatura interna con utensile sagomato e smussatura

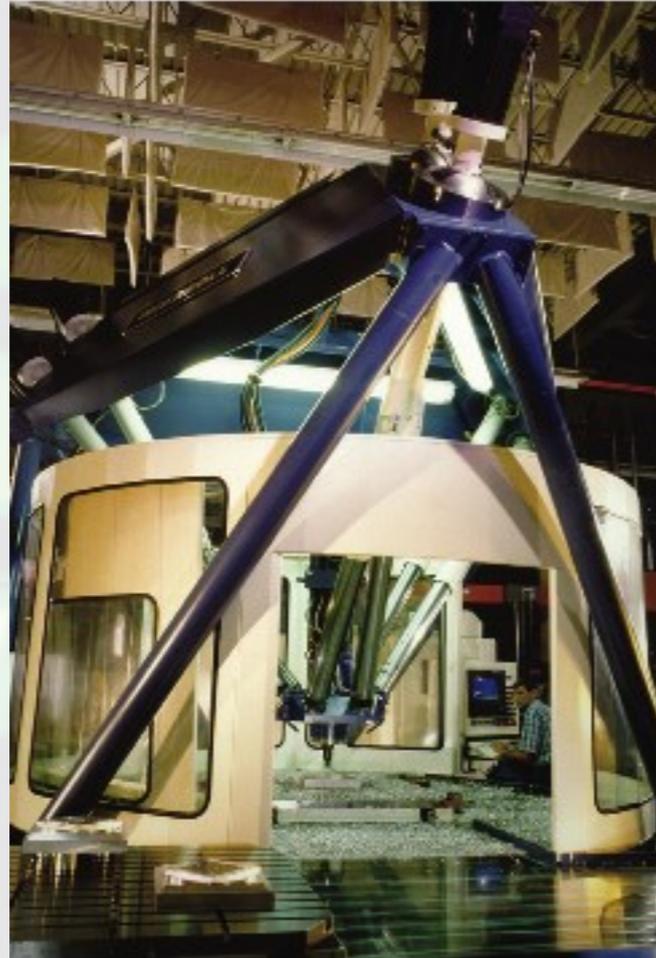


6. Troncatura del pezzo finito; la barra interna inclinata consente lo scarico controllato del pezzo

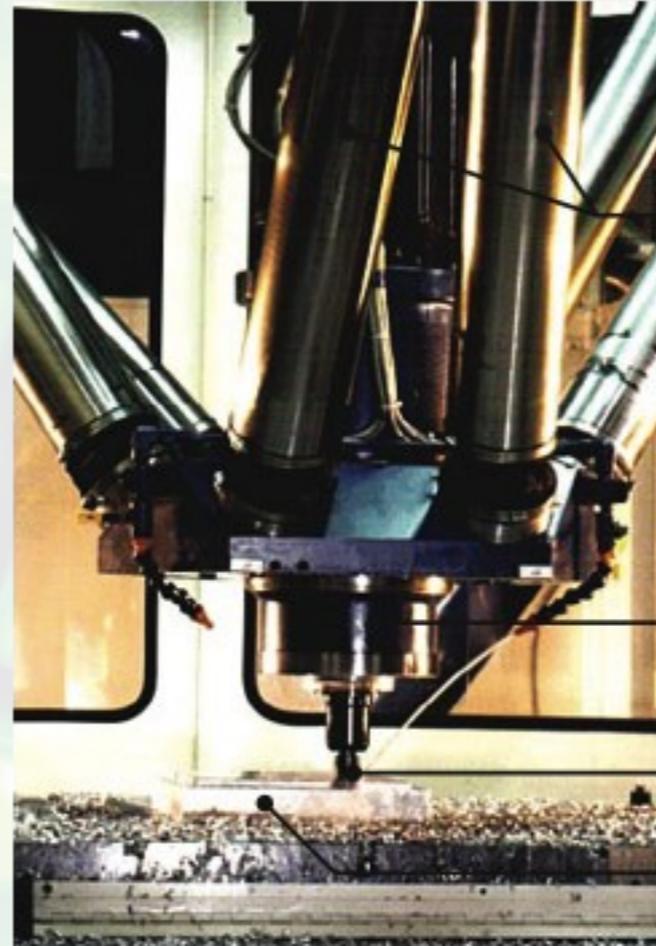
Sequenza delle operazioni per la lavorazione dell'anello esterno di un cuscinetto su un centro di tornitura.



Macchina a Cinematica Parallela o Macchina Esapode



(a)



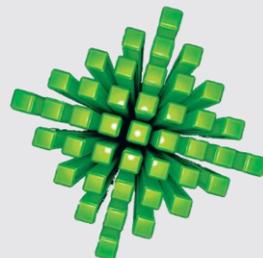
Bracci
telescopici

Mandrino

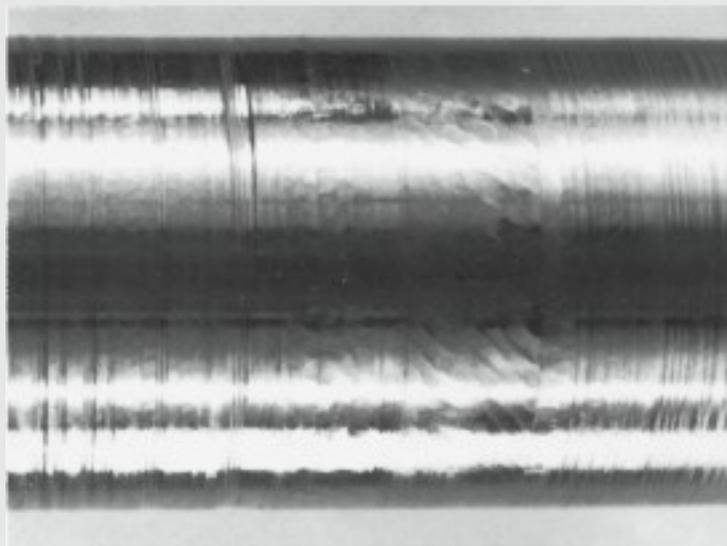
Utensile
Pezzo

(b)

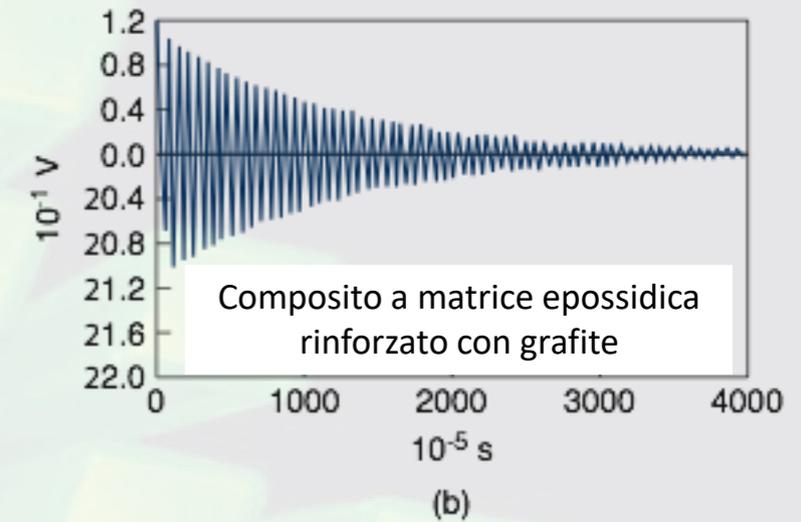
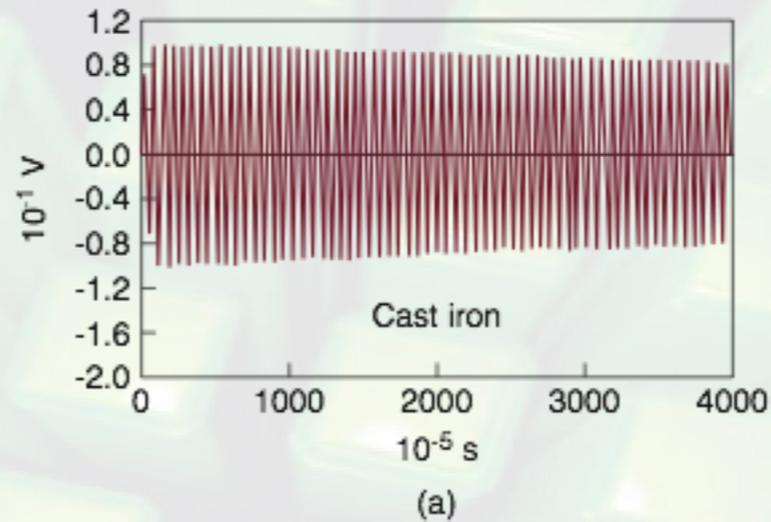
- (a) Macchina esapode con i suoi maggiori componenti;
(b) Vista da vicino dell'utensile da taglio e della testa.



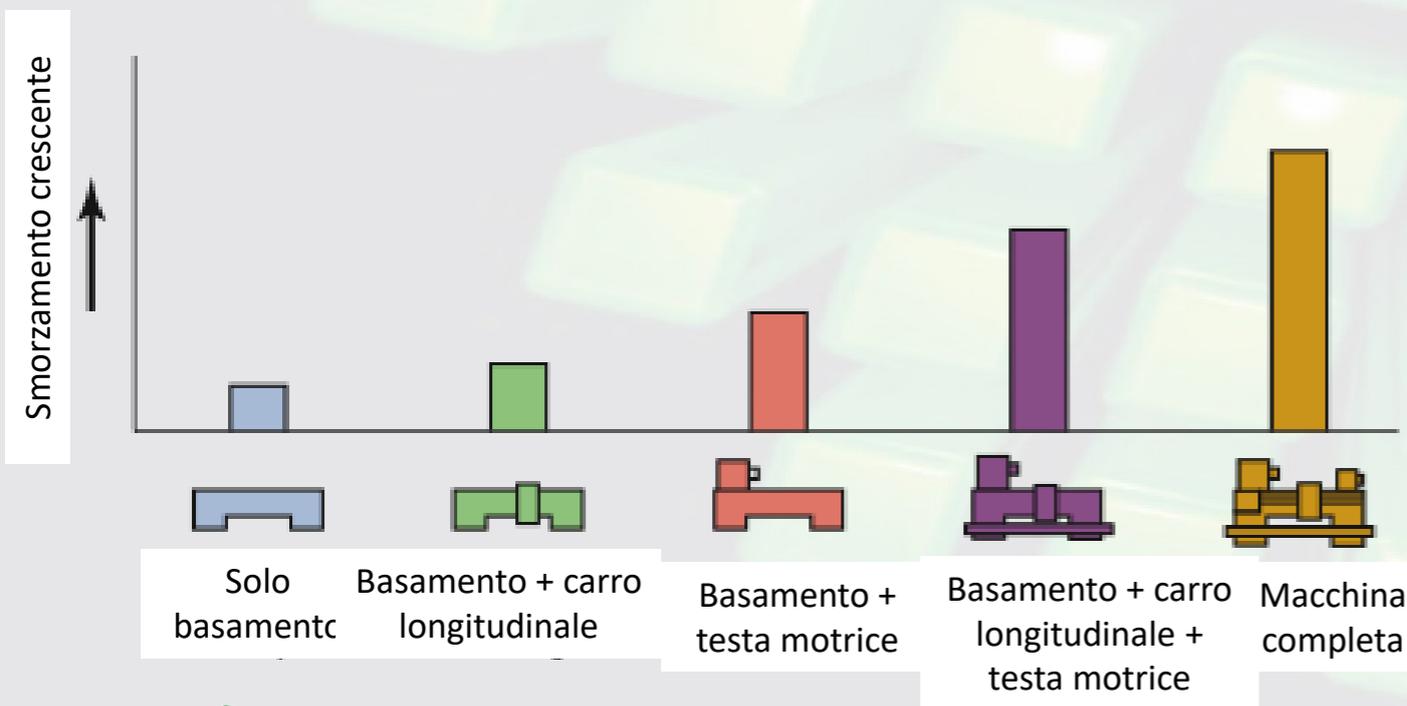
Vibrazione autoeccitata (*Chatter*) & Vibrazione forzata (*Vibration*)



Nella destra della fotografia ondulazione superficiale generate dalla vibrazione autoeccitata (*chatter*) su un pezzo tornito.



Confronto della capacità di smorzamento di (a) una ghisa grigia e (b) un materiale composito a matrice epossidica rinforzato con fibre di carbonio.



Smorzamento delle vibrazioni in funzione del numero dei componenti del Tornio. La giunzione di parti comporta la dissipazione di energia e quindi quanti più sono gli elementi presenti nel Tornio, tanto maggiore sarà la dissipazione e quindi la capacità di smorzare le vibrazioni.

