

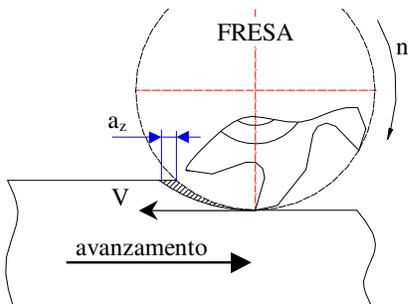
❖ FRESATURA PERIFERICA: *forma e sezione del truciolo, forze in gioco.*

Nella fresatura periferica si usano frese a taglio periferico con l'asse di rotazione della fresa parallelo alla superficie lavorata. La sezione del truciolo varia durante il taglio assumendo una forma a "virgola".

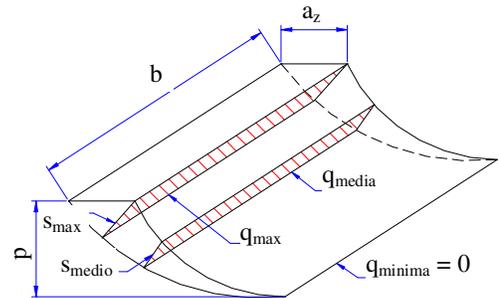
Il verso del moto di avanzamento (o di alimentazione) del pezzo in lavorazione può essere discorde o concorde con il verso di rotazione della fresa.

✓ **Fresatura in discordanza (o in opposizione)**

La velocità periferica della fresa (velocità di taglio) e l'avanzamento del pezzo hanno verso opposto.



La forma del truciolo è a "virgola" e la sezione varia da un valore nullo in corrispondenza dell'arco di contatto e un valore massimo uguale all'avanzamento per dente  $a_z$ . In realtà ogni dente percorre un tratto dell'arco strisciando sulla superficie lavorata provocando un assorbimento di potenza, un incrudimento del materiale lavorato e una maggiore usura della fresa.

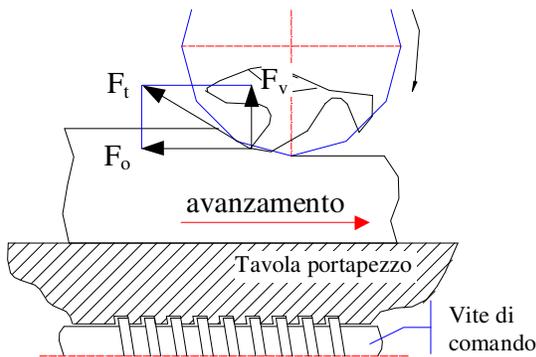


In ambedue i casi la sezione del truciolo ha la forma di un rettangolo, con un lato uguale alla larghezza  $b$  del pezzo e l'altro pari allo spessore  $s$  del truciolo. Il lato  $b$  rimane costante, mentre lo spessore  $s$  varia da zero fino a un valore massimo che si calcola con la formula

$$s_{MAX} \cong 2 \cdot a_z \cdot \sqrt{\frac{p}{D}} \quad (\text{mm}) \quad \text{con} \quad \begin{cases} p = \text{profondità di passata} \\ D = \text{diametro della fresa} \end{cases}$$

Pertanto, come si vede anche in figura, l'area della sezione del truciolo varia da zero fino ad un valore massimo dato da:

$$q_{MAX} = b \cdot s_{MAX} \cong b \cdot 2 \cdot a_z \cdot \sqrt{\frac{p}{D}} \quad (\text{mm}^2)$$

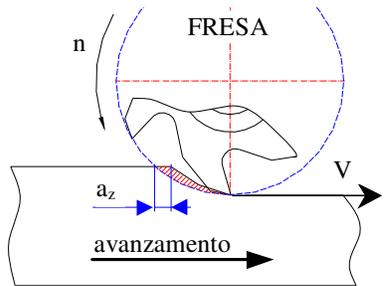


Nella fresatura in opposizione, parte delle forze in gioco durante il taglio sono rappresentate in figura. La forza di taglio  $F_t$  è tangente alla traiettoria percorsa dal tagliente del dente (**arco di cicloide**). Scomponendo tale forza in due componenti si nota che:

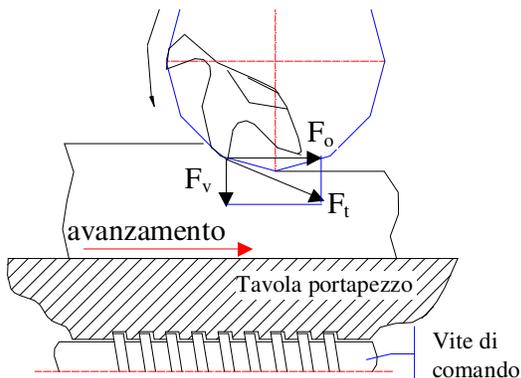
- la componente della forza di taglio orizzontale  $F_o$  ha verso opposto al verso del moto di avanzamento ed agendo sulla tavola portapezzo permette di mantenere a contatto i fianchi dei filetti della vite e della madrevite del cinematismo della fresatrice, indipendentemente dalla presenza di gioco;
- la componente della forza di taglio verticale  $f_v$  tende a sollevare il pezzo in lavorazione che deve essere ancorato in modo efficace con la tavola portapezzo.

## ✓ Fresatura in concordanza

La velocità periferica della fresa (velocità di taglio) e l'avanzamento del pezzo hanno verso concorde.



Il dente inizia a tagliare con un urto nel punto dell'arco di contatto dove lo spessore del truciolo  $a_z$  è massimo ed il fenomeno di strisciamento dei denti è assente.

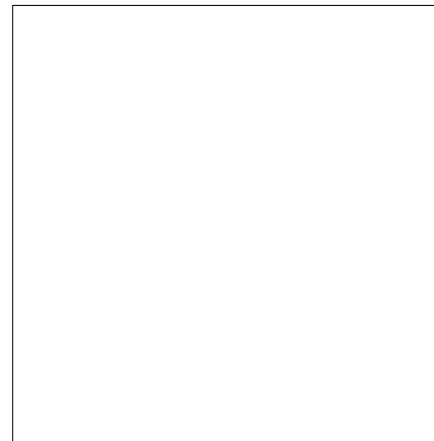


Nella fresatura in concordanza, parte delle forze in gioco durante il taglio sono rappresentate in figura. La forza di taglio  $F_t$  è tangente alla traiettoria percorsa dal tagliente del dente (arco di cicloide). Scomponendo tale forza in due componenti si nota che:

- la componente della forza di taglio orizzontale  $F_o$  ha verso concorde con il verso del moto di avanzamento ed agendo sulla tavola portapezzo può provocare il distacco periodico dei filetti della madrevite da quelli della vite del cinematismo di avanzamento, provocando pericolose vibrazioni; questo fenomeno si può eliminare dotando la fresatrice di un sistema con recupero automatico del gioco;
- la componente della forza di taglio verticale  $f_v$  tende a spingere il pezzo in lavorazione contro la tavola portapezzo con beneficio sulla stabilità.

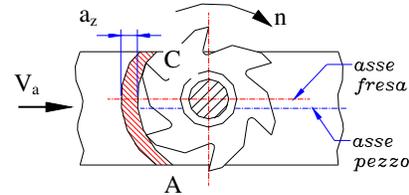
In conclusione si può affermare che la fresatura in concordanza, purchè eseguita su fresatrici a recupero automatico del gioco (in figura è rappresentato uno schema di questo dispositivo), è preferibile a quella in discordanza per la minore usura dei taglienti, per la maggiore stabilità del pezzo e per l'assenza di fenomeni di strisciamento del fianco del dente sulla superficie lavorata.

La fresatura con taglio periferico, sia in concordanza, sia in opposizione, è caratterizzata da una periodica variazione dello spessore del truciolo e quindi della forza di taglio: ciò provoca sempre un regime vibratorio di cui occorre tenere conto nella scelta dei parametri di taglio.

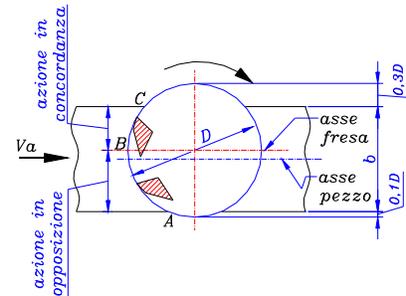


❖ **FRESATURA FRONTALE: forma e sezione del truciolo, forze in gioco.**

L'asse di rotazione della fresa è perpendicolare alla superficie lavorata; vi sono contemporaneamente più denti in presa ed ognuno di essi asporta un truciolo a forma di “doppia virgola mozzata” con spessore poco variabile lungo l'arco di taglio, tra il punto d'ingresso A e quello d'uscita C.



Alcuni dei denti in presa agiscono in opposizione (quelli in presa nell'arco AB, gli altri in concordanza (quelli dell'arco BC). Per evitare il distacco dei fianchi dei filetti della vite e della madrevite della tavola porta pezzo, nelle fresatrici senza dispositivo a ripresa automatica dei giochi, occorre fare il modo che l'arco d'ingresso AB sia maggiore dell'arco d'uscita BC. Ciò si ottiene spostando l'asse della fresa rispetto all'asse del pezzo, dal lato opposto all'entrata dei denti, di una quantità

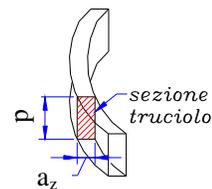


$$s = (0,05 \div 0,1) \cdot D$$

In generale, una fresa a taglio frontale deve essere impegnata per non più dei 2/3 del suo diametro.

La sezione del truciolo ha la forma rettangolare con i lati uguali alla profondità di passata  $p$  e all'avanzamento per dente  $a_z$ . L'area della sezione, che rimane quasi costante, vale quindi:

$$q = a_z \cdot p \quad (\text{mm}^2)$$



✓ **Confronto fra i vari tipi di fresatura nella lavorazione di spianatura**

Nella **fresatura periferica in discordanza**, il tagliente della fresa, quando inizia il contatto con il pezzo, scivola su di esso per un piccolo tratto, quindi inizia l'asportazione del truciolo in un punto più avanzato di quello di contatto, lasciando una fascia di superficie del pezzo non lavorata. Questo fatto causa l'*usura del dente* della fresa e il *riscaldamento del tagliente* che fanno diminuire la durata del tagliente (devono essere affilate più spesso).

Inoltre lo spessore di truciolo aumenta gradualmente fino a un brusco distacco che origina *vibrazioni* con effetti negativi sulla finitura superficiale.

Le forze in gioco durante questo tipo di fresatura (componenti delle forze di taglio) sono tali che tendono a *sollevare il pezzo* (effetto negativo) e ad esercitare, come effetto positivo, *una pressione della chiocciola solidale con la tavola porta pezzo contro i fianchi dei filetti della vite conduttrice* che neutralizza eventuali giochi tra vite e chiocciola. Per questo motivo è utilizzata nelle fresatrici senza ripresa automatica dei giochi.

Nella **fresatura periferica in concordanza**, il tagliente della fresa, quando entra in contatto con il pezzo, taglia in modo netto, senza strisciare dalla parte di massima sezione del truciolo. In questo caso la *manca di vibrazioni* permette di ottenere una buona finitura superficiale; gran parte del *calore che si sviluppa resta nel truciolo* (il dente non striscia sul pezzo) con aumento della durata dei taglienti della fresa; la *potenza per il taglio è minore* mancando la fase di strisciamento del dorso dei denti.

Le forze in gioco durante questo tipo di fresatura (componenti delle forze di taglio) sono tali che tendono a *bloccare il pezzo* sulla tavola (effetto positivo) e ad esercitare, come effetto negativo, quando il tagliente inizia a penetrare nel pezzo, *un brusco spostamento pari al gioco tra chiocciola e vite conduttrice*, con conseguente ingrossamento del truciolo e rischio di rottura del dente.

Questo inconveniente non si presenta quando la macchina è dotata di un sistema di ripresa automatica dei giochi.

Nella **fresatura frontale**, il taglio avviene ancora per l'azione dei taglienti disposti sulla superficie cilindrica, mentre quelli frontali, disposti sulla superficie piana, hanno il compito di rifinire la superficie lavorata. In questo tipo di fresatura non si hanno problemi di senso di avanzamento del pezzo, purchè si faccia lavorare la fresa in modo che il suo asse sia opportunamente sfalsato rispetto all'asse del pezzo. Lo spessore del truciolo all'incirca costante e il maggior numero di denti in presa non fanno nascere vibrazioni,

rendono la lavorazione più uniforme, con vantaggio per la finitura superficiale. È possibile lavorare con spessori di truciolo maggiori, perché la fresa è montata su un albero corto (sono ridotti gli effetti flessionali), ed utilizzare frese con taglienti riportati in metallo duro che permettono un aumento della velocità di taglio. Questi due ultimi fattori aumentano la produttività rispetto alla fresatura periferica.

#### ❖ TEMPO DI LAVORAZIONE NELLA FRESATURA

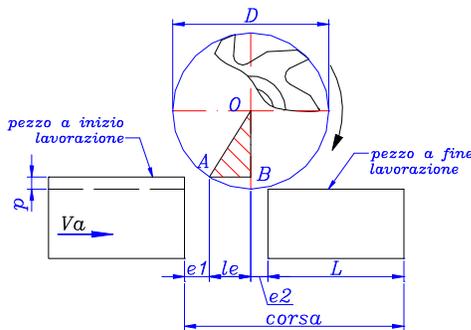
La relazione con cui si calcola il tempo è analoga a quella del caso della tornitura, ma nella fresatura la velocità di avanzamento è posseduta dal pezzo in lavorazione e la corsa corrisponde allo spostamento della tavola porta pezzo e quindi ancora del pezzo in lavorazione.

$$\text{tempo di lavoro} = \frac{\text{corsa}}{\text{velocità di avanzamento}} = \frac{\text{corsa}}{V_a} = \frac{\text{corsa}}{a_g \cdot n} \quad (\text{min})$$

Per il calcolo della corsa si devono distinguere i casi di fresatura **periferica** e di fresatura **frontale**.

#### ✓ Fresatura periferica

Con riferimento alla figura si nota che la corsa, cioè lo spostamento che deve subire il pezzo è la somma di quattro quantità; precisamente:



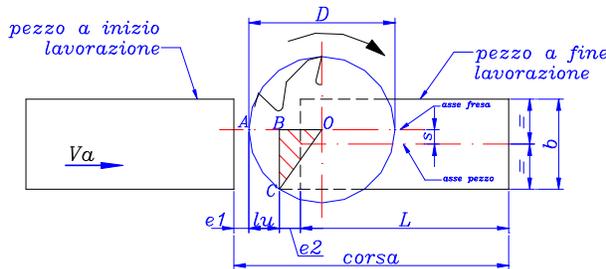
$L$  è la lunghezza del pezzo da fresare  
 $e_1$  è l'extracorsa di attacco:  $e_1 = 2 \div 3$  mm  
 $e_2$  è l'extracorsa di uscita:  $e_2 = 2 \div 3$  mm  
 $l_e$  è la lunghezza di entrata della fresa che si calcola applicando il teorema di Pitagora al triangolo rettangolo OBA

$$l_e = \overline{AB} = \sqrt{\overline{OA}^2 - \overline{OB}^2} = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - p\right)^2}$$

$$t_1 = \frac{L + e_1 + e_2 + l_e}{a_g \cdot n} \quad (\text{min})$$

#### ✓ Fresatura frontale

Con riferimento alla figura si nota che la corsa, cioè lo spostamento che deve subire il pezzo è la somma di quattro quantità; precisamente:



$L$  è la lunghezza del pezzo da fresare  
 $e_1$  è l'extracorsa di attacco:  $e_1 = 2 \div 3$  mm  
 $e_2$  è l'extracorsa di uscita:  $e_2 = 2 \div 3$  mm  
 $l_u$  è la lunghezza di uscita, cioè la lunghezza di cui deve sporgere la fresa a fine corsa rispetto al pezzo per completare la fresatura. Si calcola nel modo seguente, applicando il teorema di Pitagora al triangolo rettangolo OBC

$$l_u = \overline{AB} = \overline{AO} - \overline{BO} = \frac{D}{2} - \sqrt{\overline{OC}^2 - \overline{BC}^2} = \frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{2} + s\right)^2} \quad \text{con } s = (0,05 \div 0,1) \cdot D$$

$$t_1 = \frac{L + e_1 + e_2 + l_u}{a_g \cdot n} \quad (\text{min})$$

Nel caso in cui l'asse della fresa coincide con l'asse di simmetria del pezzo (modo di lavorare solo con fresatrici con ripresa automatica del gioco), la lunghezza di uscita  $l_u$  si calcola come visto prima, sostituendo a  $s$  il valore zero

$$l_u = \frac{D}{2} - \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2}$$