

## Le condizioni di lavoro con le frese cilindrico-frontali

Prima di entrare nel merito è opportuno aprire una parentesi per dire che la simbologia usata per la geometria delle frese e per indicare le condizioni di lavoro è stata oggetto della normalizzazione DIN con le tabella 6580 – 6584 e credo che sia utile riportare almeno qualche indicatore normalizzato tra i più importanti.

Tab. N°1

<i>grandezza indicata</i>	<i>unità di misura</i>	<i>indicatore</i>
Numero di giri	min <sup>-1</sup>	n
Lunghezza della corsa di fresatura (o foratura)	mm	l <sub>f</sub>
Diametro di taglio	mm	D <sub>c</sub>
Profondità radiale di taglio	mm	a <sub>e</sub>
Velocità di taglio	mm/min	V <sub>c</sub>
Forza di taglio	N	F <sub>c</sub>
Potenza di taglio	Kw	P <sub>c</sub>
Profondità assiale di taglio	mm	a <sub>p</sub>
Spessore del truciolo	mm	h
Spessore medio del truciolo	mm	h <sub>m</sub>
Avanzamento per giro	mm	f
Avanzamento per dente	mm	f <sub>z</sub>
Velocità di avanzamento	mm/min	V <sub>f</sub>
Volume di truciolo asportato nell'unità di tempo	cm <sup>3</sup> /min	Q
Angolo di inclinazione dell'asse	gradi	β
Diametro nominale della fresa	mm	d
Diametro effettivo impegnato	mm	d <sub>eff</sub>

Per prima cosa è necessario ricordare che utilizzando le frese con i taglienti diametrali, per spianature, per esempio, i risultati dipendono molto dal senso dell'avanzamento, cioè dal fatto se la fresatura è in concordanza o in opposizione.

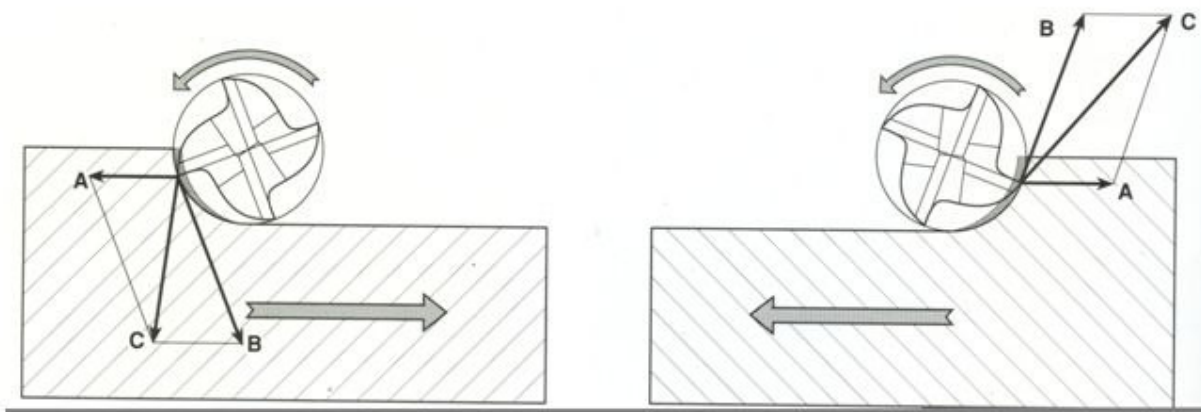


Figura N°1

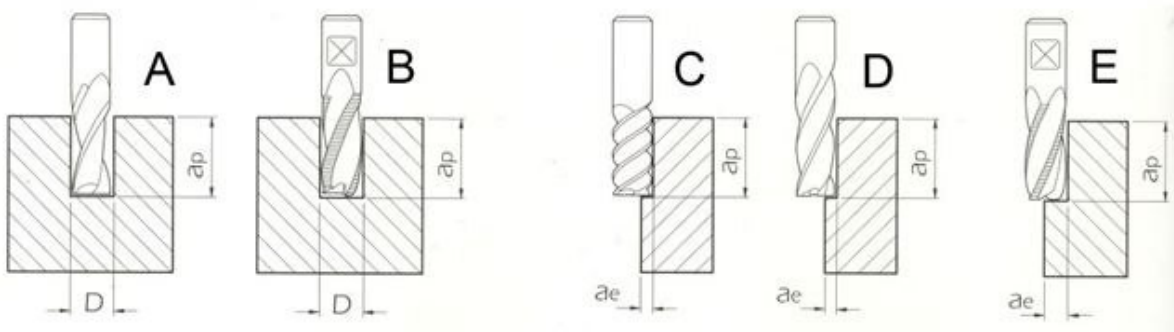
Nella fresatura in concordanza (fig.N°1-a), il senso di taglio ed il senso dell'avanzamento coincidono ed in questo caso l'attacco del tagliente sul pezzo inizia sulla maggiore sezione del truciolo; il tagliente penetra subito sul materiale da tagliare con le seguenti conseguenze:

- *diminuzione delle vibrazioni;*
- *buona qualità della superficie lavorata;*
- *maggior durata dei taglienti;*
- *possibilità di lavorare con velocità di taglio maggiori.*

Nella fresatura in opposizione (fig.N°1-b), il tagliente inizia a toccare il pezzo dove la sezione di truciolo è nulla. Il tagliente striscia un po' nella superficie già fresata in precedenza e sforza notevolmente prima di "mordere" il materiale e quindi si ha:

- *maggiori vibrazioni dovute al maggior sforzo di taglio;*
- *minore durata dei taglienti a causa dello strisciamento iniziale;*
- *la componente di taglio B tende a staccare il pezzo dal suo appoggio.*

Le frese cilindrico-frontali possono essere impiegate per eseguire scanalature o contornature. Nella figura N°2 sono riepilogati alcuni esempi di lavorazione, mentre nella tabella N°2 sono riportate le caratteristiche salienti delle frese ed i valori consigliati dei tratti di tagliente impegnati, in funzione del diametro d per evitare eccessivi sforzi, per ottenere una maggiore precisione ed per ridurre le flessioni.



**Figura N°2**

*Tab. N°2*

Rifer. fig. N°2	A	B	C	D	E
Tipo di fresa	2 taglienti elica 30°	3 taglienti elica 30° rompitrucioli	3 taglienti elica 55°	4 taglienti elica 30°	4 taglienti elica 30° rompitrucioli
$a_p$	0,75 -1,0 d	0,75 – 1,2 d	1,5 d	1,5 d	1,5 d
$a_e$	--	--	0,02-0,03 d	0,10-0,15 d	0,30-0,40 d

Alcune altre considerazioni possono essere fatte riguardo alle frese cilindriche con testa sferica.

Intanto bisogna osservare che una fresa che lavori con asse verticale, in corrispondenza del suo asse avrà velocità di taglio uguale a zero e quindi è opportuno evitare di lavorare così.

Se la fresa comunque è ad asse verticale, la sua effettiva velocità di taglio massima non va calcolata sul diametro nominale d, ma sul diametro effettivo  $d_{eff}$  calcolato con:

$$d_{eff} = 2 \cdot \sqrt{d \cdot a_p - a_p^2}$$

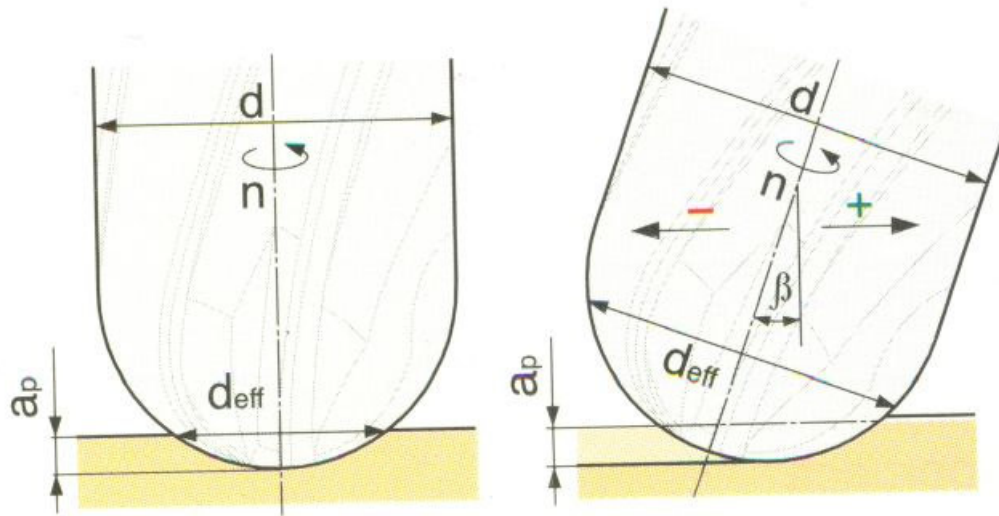
Sempre con riferimento alla figura N°3 inoltre si può vedere che se la fresa è posizionata con un angolo  $\beta$  rispetto alla normale alla superficie, il diametro effettivo massimo sarà di:

$$d_{eff} = d \cdot \text{sen} \left[ \beta \pm \arccos \left( \frac{d - 2 \cdot a_p}{d} \right) \right]$$

e quindi le rispettive velocità di taglio massime saranno calcolate con:

$$V_{ceff} = \frac{2 \cdot \Pi \cdot n}{1000} \cdot \sqrt{d \cdot a_p - a_p^2} \quad \text{per } \beta = 0$$

$$V_{ceff} = \frac{\Pi \cdot n \cdot d}{1000} \cdot \text{sen} \left[ \beta \pm \arccos \left( \frac{d - 2 \cdot a_p}{d} \right) \right] \quad \text{per } \beta \neq 0$$

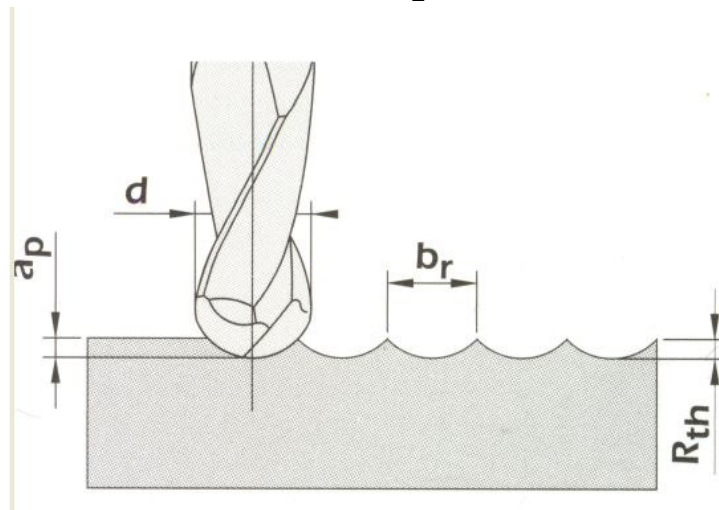


**Figura N°3**

Se la fresa a testa sferica percorre una superficie piana e, per ogni corsa viene spostata di un'entità  $b_r$  (passo d'avanzamento), si può calcolare la rugosità teorica  $R_{th}$  lasciata sulla superficie (vedi fig.N°4).

Se  $b_r \geq d_{eff}$  si avrà  $R_{th} = a_p$  mentre se  $b_r < d_{eff}$  si ha  $R_{th} < a_p$  e precisamente:

$$R_{th} = \frac{d - \sqrt{d^2 - b_r^2}}{2}$$



**Figura N°4**

### Frese per alta velocità

Si tratta di una particolare categoria di frese, prodotte dalla Cerin (Affi – Verona), realizzate per lavorazioni difficili, come acciai temprati con durezza fino a 65 HRC e grafite.

Esse sono caratterizzate da un maggior numero di taglienti che, per i diametri di 20 mm, possono arrivare anche a 12, da un'elica fino a 45° e da raggi di raccordo tra i taglienti frontali e diametrali che sono particolarmente importanti: raggi che vanno da 0,2 mm per frese di diametro 2 mm a raggi di 2 mm per frese di diametro 20 mm.



**Figura N°5-** Fresa cilindrico frontale per alta velocità d'asportazione (cortesia CERIN)

Naturalmente le frese in metallo duro per la lavorazione dell'acciaio temprato sono sempre ricoperte in TiAlN.

Per le lavorazioni di acciai temprati sono suggerite le condizioni di lavoro riportate in tabella N°3, ma tutti questi dati devono essere applicati con una certa cautela in quanto i tipi di impiego sono innumerevoli e a volte molto diversi tra loro.

Oltre alla naturale distinzione tra operazioni di sgrossatura e di finitura, bisognerebbe tener conto anche del tipo di acciaio, oltre che alla sua durezza e allo stato della macchina operatrice.

I dati suggeriti quindi sono del tutto indicativi e costituiscono un punto di riferimento per la loro determinazione ottimale che può avvenire solo dopo una serie di prove pratiche.

Tab. N°3

Tipo di fresa		Acc. con 50 HRC $V_c = 280 \text{ m/min}$		Acc. con 50–60 HRC $V_c = 140 \text{ m/min}$		Acc. fino a 65 HRC $V_c = 70 \text{ m/min}$	
Diametro	N° denti	Av. per giro (mm)	Posiz. fresa	Av. per giro (mm)	Posiz. fresa	Av. per giro (mm)	Posiz. fresa
4	6	0,25	$a_p = 1-1,5 d$ $a_e = 0,05 d$	0,25	$a_p = d$ $a_e = 0,05 d$	0,25	$a_p = d$ $a_e = 0,2 \text{ mm}$
5	6	0,30		0,30		0,30	
6	6	0,35		0,35		0,35	
8	6	0,45		0,45		0,40	
10	8	0,50		0,50		0,50	
12	8	0,55		0,55		0,60	
14	8	0,60		0,60		0,60	
16	10	0,60		0,60		0,65	
18	10	0,60		0,60		0,50	
20	12	0,65		0,65		0,45	

Le frese per lavorare la grafite, previste con  $Z = 2$ , possono essere prive di ricopertura, ma preferibilmente dovrebbero essere *ricoperte in diamante* per garantire una accettabile durata, specie se la grana della grafite è molto fine.

Infatti le caratteristiche di lavoro dipendono prevalentemente dalla grossezza del grano della grafite.

Sono consigliati i valori della tabella seguente.

Tab. N°4

Dimensione del grano di grafite in micrometri	Velocità di taglio $V_c$ m/min	Velocità di avanzamento $V_f$ mm/min
da 25 a 30	1000	8000
da 20 a 25	800	7000
da 15 a 20	600	6000
da 10 a 15	500	4500
da 5 a 10	300	3500
da 1 a 5	200	2000
meno di 1	45 - 200	1500 - 6000

Bisogna fare almeno un rapido cenno ad un tipo di fresa particolare che consente un elevato rendimento.

Si tratta di una fresa a tre taglienti simile, nelle sue dimensioni di massima, a quanto previsto dalla norma DIN 6527 ma avente la divisione dei tre taglienti irregolare.

Se si fa riferimento alla figura N°6, gli angoli  $\alpha, \beta, \gamma$ , sono diversi tra loro.

Questo consente una attenuazione delle vibrazioni sulla macchina e sul pezzo e assicura una lavorazione più silenziosa.

Come si può notare nella stessa figura N°6, uno dei taglienti arriva fino al centro in modo da facilitare la lavorazione con i taglienti frontali.

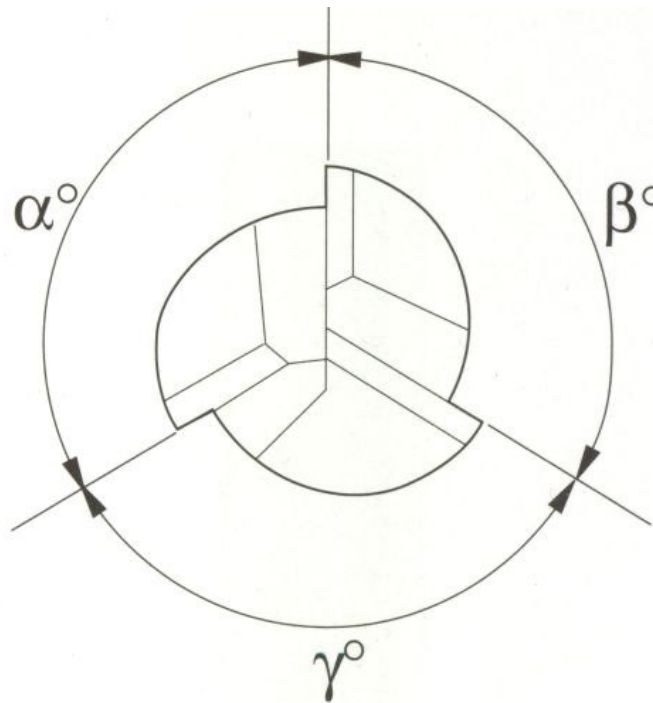


Figura N°6