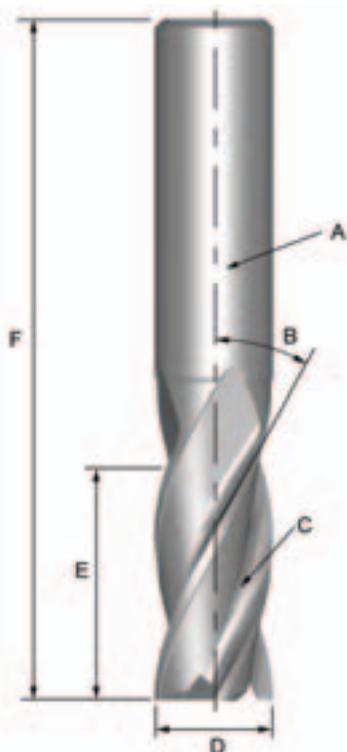
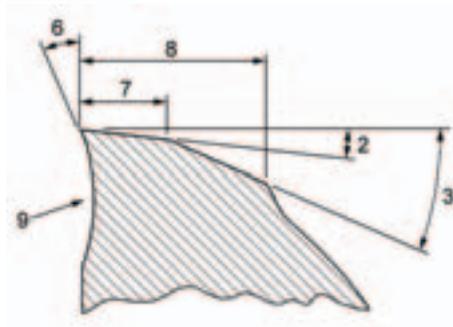
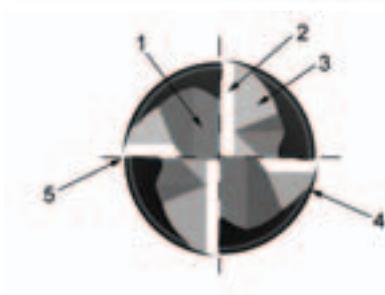


## NOMENCLATURA



- A Codolo
- B Angolo elica
- C Scanalatura
- D Diametro nominale
- E Lunghezza tagliente
- F Lunghezza totale



- 1 Scarico
- 2 Angolo primo tempo di spoglia
- 3 Angolo secondo tempo di spoglia
- 4 Tallone
- 5 Spigolo tagliente

- 6 Angolo di spoglia frontale
- 7 Larghezza primo tempo spoglia dorsale
- 8 Larghezza quadretto o fascetta
- 9 "Petto" tagliente

## INFORMAZIONI GENERALI SULLA FRESATURA

L'operazione di fresatura consiste nell'asportazione di materiale (sottoforma di truciolo) attraverso un movimento rotatorio dell'utensile fresa associato ad un movimento di avanzamento affidato al pezzo in lavoro o all'utensile stesso.

La fresa è per definizione un utensile di rotazione dotato di un numero definito di taglienti, i quali entrano in contatto in maniera sequenziale con il pezzo il lavorazione.

### TIPI DI FRESE

Le tre operazioni di fresatura di base sono descritte qui di seguito: (A) fresatura periferica, (B) fresatura frontale e (C) fresatura periferico - frontale.



Nella fresatura periferica l'asse di rotazione della fresa è parallelo alla superficie in lavoro. La fresa è munita di una serie di denti disposti lungo la circonferenza, ogni dente agisce come un utensile da taglio a punta singola, definito fresa semplice. Le frese impiegate nella fresatura periferica possono essere dotate di denti dritti o elicoidali.

Nella fresatura frontale la fresa è montata su di un mandrino che ruota lungo un asse perpendicolare alla superficie in lavoro. I taglienti principali sono disposti in corrispondenza della base del corpo cilindrico fresa.

Nella fresatura periferico - frontale l'utensile fresa è dotato di taglienti principali (normalmente di tipo elicoidale) posizionati sulla superficie cilindrica, e di taglienti secondari posizionati frontalmente in corrispondenza della base cilindrica.

## FRESE PERIFERICHE E FRESE FRONTALI

Fresa a Manicotto	Frese a Disco	Frese ad Angolo	
			
<p>Munite di taglienti periferici e frontali su una faccia. Dotate di apposita cava assiale per permettere un'adeguata trasmissione del momento torcente dal mandrino all'utensile.</p>	<p>Munite di taglienti disposti lungo i lati e lungo la superficie cilindrica. I denti sono sfalsati in modo che ogni dente tagli su di un lato preciso della scanalatura. Adatte per fresatura profonda e gravosa.</p>	<p>Sulle frese ad angolo i taglienti periferici sono disposti lungo un cono invece che un su una superficie cilindrica, creando un angolo singolo o doppio.</p>	

## FRESE PERIFERICO-FRONTALI

Frese a candela	Frese Semisferiche	Frese a Raggio o Toriche	Minifrese
			
<p>I taglienti principali e secondari formano un angolo retto, permettono quindi di ottenere spallamenti retti</p>	<p>I taglienti secondari definiscono una superficie semisferica, permettendo di ottenere profili raggiati</p>	<p>In corrispondenza della zona congiungimento fra taglienti primari e secondari, le frese in oggetto sono dotate di un raccordo raggiato.</p>	<p>Frese con diametro nominale massimo pari ad 1 mm</p>

## SELEZIONE DELLA FRESA E DEI PARAMETRI DI FRESATURA

Prima d'intraprendere un'operazione di fresatura, e' necessario determinare:

- il tipo di fresa più idoneo da usare
- I parametri di lavoro velocità di taglio e avanzamento, al fine di ottenere il desiderato rapporto tra materiale rimosso nell'unità di tempo e vita utensile.

*Nel determinare la fresa più idonea, è a sua volta necessario:*

- il tipo di fresatura che si deve effettuare in termini di tipologia di operazione e specifiche condizioni al contorno (lubrorefrigerazione, tipologia porta utensile,...)
- considerare le condizioni della macchina utensile al fine di valutare il livello di rigidità della stessa.

Vi sono comunque alcune regole basilari che risultano utili quando si debba definire l'utensile più appropriato:

- selezionare le dimensioni della fresa più indicate al fine di minimizzare le deformazioni utensile:
  1. diametro di fresa maggiore possibile
  2. evitare eccessiva sporgenza dell'utensile dal portautensili.
- scegliere i parametri geometrici numero denti, angolo elica, presenza o meno taglienti al centro e tipologia rompitrucolo (operazione di sgrossatura) più adeguati.

A tale proposito si confrontino i paragrafi successivi dedicati.

*La determinazione dei parametri velocità di taglio ed avanzamento utensile corretti è possibile solo se si è a conoscenza dei seguenti fattori:*

- materiale da lavorare
- operazione di fresatura da eseguire (finitura, sgrossatura, esecuzione cave, ...)
- tipologia macchina utensile utilizzata (stabilità, potenza disponibile e rotazione massima al mandrino, lubrorefrigerazione disponibile)
- caratteristiche fresa prescelta per l'operazione in oggetto
- proprietà richieste inerenti la superficie lavorata (livello di finitura, verticalità)

## CARATTERISTICHE DELLA FRESA - TIPI DI TAGLIENTE

Le frese periferico - frontali si dividono in:

Frese con Taglienti al Centro	Frese con Camera
	
<p>Permette di eseguire operazioni di fresatura "a tuffo".                      Due taglienti, diametralmente opposti, raggiungono il centro utensile nel caso di numero denti pari (2-4-6, ecc.). Solo un tagliente raggiunge il centro in caso di denti dispari (3-5, ecc.).</p>	<p>Per operazioni di contornatura e fresatura di cave "aperte".                      Permette la riaffilatura su centri.</p>

## CARATTERISTICHE DELLA FRESA – SCELTA DEL NUMERO DI DENTI

La scelta del parametro numero di denti utensile dipende dai seguenti fattori:

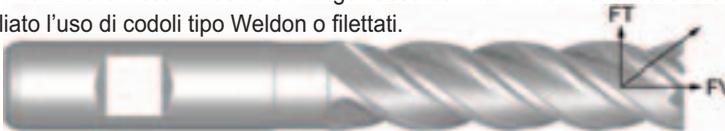
- Caratteristiche materiale lavorato
- Tipologia operazione di fresatura
- Condizioni di fresatura

2 Denti	3 Denti	4 denti o più
Resistenza alla Flessione <i>Bassa</i> ←————→ <i>Alta</i>		
Spazio per il truciolo <i>Ampio</i> ←————→ <i>Ristretto</i>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampio spazio per il truciolo.</li> <li>• Facile evacuazione del truciolo.</li> <li>• Adatta per fresatura di cave profonde o comunque per operazioni in cui il parametro evacuazione truciolo rappresenti la problematica principale.</li> <li>• Scarsa rigidità data la ridotta sezione resistente (nucleo).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spazio per il truciolo leggermente superiore alle frese dotate di 2 taglienti.</li> <li>• Nucleo maggiore – Rigidità superiore rispetto alle frese con 2 denti.</li> <li>• Migliore finitura superficiale comparata a frese con 2 taglienti.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sezione resistente maggiore rispetto ad utensili dotati di 2 o 3 taglienti – spazio per evacuazione truciolo ulteriormente ridotto.</li> <li>• Rigidità utensile elevata.</li> <li>• Massima finitura superficiale.</li> <li>• Raccomandata per operazioni di contornatura, e fresatura di cave poco profonde.</li> </ul>

## CARATTERISTICHE DELLA FRESA – ANGOLO D'ELICA

Aumentando il parametro geometrico angolo elica, la variazione di “carico” su ogni singolo dente , durante l’asportazione di truciolo, risulta più omogenea nel tempo, riducendo quindi la problematica vibrazione utensile e permettendo in ultima analisi, una miglior finitura della superficie lavorata ed una riduzione delle scheggiature utensile. Aumentando l’angolo d’elica, aumenta però anche il carico (FV) lungo l’asse della fresa. Un elevato FV può dar luogo a:

- Problemi di carico elevato, relativamente ai cuscinetti del mandrino
- Movimenti della fresa indesiderati lungo l’asse del mandrino. Per evitare tale problema è consigliato l’uso di codoli tipo Weldon o filettati.



## CARATTERISTICHE DELLA FRESA – TIPO DI FRESA

La norma DIN 1836 definisce i vari tipi di profili delle frese:

	Tipologia per acciaio.
	Tipologia per materiali malleabili e leghe leggere.

La stessa norma definisce anche i vari tipi di rompitruciolo:

	<b>Rompitruciolo tondo a passo grosso</b> Adatto per sgrossatura di acciai e materiali non ferrosi con carico di rottura sino a 800 N/mm <sup>2</sup> .
	<b>Rompitruciolo tondo a passo fine</b> Idoneo per operazioni di sgrossatura di acciai altoresistenti e materiali non ferrosi con carico di rottura superiore a 800 N/mm <sup>2</sup> .
	<b>Rompitruciolo per semifinitura</b> Idoneo per effettuare sgrossatura di leghe leggere e semifinitura di acciai e materiali non ferrosi.
	<b>Rompitruciolo piatto</b> Ha le medesime applicazioni del rompitruciolo tipo NR, ma garantisce una migliore finitura superficiale.

MASTER ha introdotto due nuove tipologie di rompitruciolo **a profilo asimmetrico**:

	<b>Rompitruciolo a profilo tondo asimmetrico a passo fine</b> L'asimmetria del rompitruciolo rende il contatto utensile – pezzo in lavoro estremamente omogeneo, riducendo di conseguenza le vibrazioni. Per il campo di utilizzo si veda il rompitruciolo tipo HR.
	<b>Rompitruciolo a profilo tondo asimmetrico a passo grosso</b> Vantaggi analoghi a quando riportato per il rompitruciolo HRA. Per il campo di utilizzo si veda il rompitruciolo tipo NR.

## TIPOLOGIA DI FRESATURA

Numerose sono le operazioni che vanno sotto il termine “fresatura”.

Per ogni operazione esiste la specifica tipologia di fresa. Tre sono i parametri guida nella scelta del tipo di fresa:

- Direzioni di avanzamento dell'utensile fresa
- MRR (tasso di rimozione materiale)
- Applicazione

## DIREZIONE DI AVANZAMENTO DELL'UTENSILE FRESA

I tipi di fresa possono essere suddivisi a seconda delle direzioni di avanzamento permesse all'utensile. Si possono individuare tre principali tipologie:

3 Direzioni	2 Direzioni	1 Direzione

La fresatura lungo l'asse della fresa ("a tuffo") è possibile solo con frese dotate di taglienti al centro.

## MRR (TASSO DI RIMOZIONE MATERIALE) Q

Il tasso di rimozione materiale Q può essere definito come il volume di materiale rimosso nell'unità di tempo durante l'operazione di fresatura in oggetto. Il volume rimosso è pari alla differenza fra il volume iniziale del pezzo in lavoro ed il volume dello stesso al termine dell'operazione di fresatura. Il tempo di fresatura rappresenta il tempo impiegato dall'utensile per effettuare l'operazione di asportazione materiale. Il parametro Q influenza notevolmente il grado di finitura della superficie lavorata.

$$Q = \frac{a_p * a_e * v_f}{1000}$$

Q = tasso di rimozione materiale (cm<sup>3</sup>/min)

a<sub>e</sub> = profondità radiale (mm)

a<sub>p</sub> = profondità assiale (mm) v<sub>f</sub> = avanzamento mm/min

## APPLICAZIONI

L'MRR ed i vari tipi di lavorazione sono fra loro strettamente legati. Ogni tipo di lavorazione è caratterizzata da un MRR specifico, il quale varia a seconda dei parametri di lavoro utilizzati: profondità assiale e radiale, avanzamento utensile.

Finitura/semifinitura	Contornatura di sgrossatura	Fresatura di cave (*)	Fresatura "a Tuffo"	Fresatura a Rampa
La profondità radiale del taglio deve essere pari a 0.1 del diametro nominale fresa per operazioni di finitura e pari a 0.25 per fresatura di semifinitura.	La profondità radiale del taglio deve essere non superiore a 0.9 del diametro utensile.	La profondità radiale di taglio è pari al diametro della fresa.	Utilizzando frese con taglienti al centro è possibile effettuare operazioni di foratura. Nota: maggiori informazioni all'interno del paragrafo Strategie di Foratura.	L'utensile fresa è dotato di 2 movimenti combinati: assiale e radiale. Nota: maggiori informazioni all'interno del paragrafo Strategie di Foratura.



(\*) Fresatura di Cave con tolleranza P9

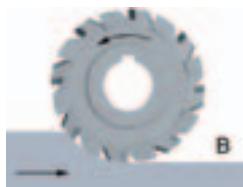
Particolare importanza assume la fresatura di cave in tolleranza P9. Le nostre frese in grado di lavorare secondo tale tolleranza sono identificate dalla toll. e8. La tolleranza P9 risulta essere necessaria qualora si eseguano sedi per chiavette.

## FRESATURA – DISCORDE (CONVENZIONALE) E CONCORDE

L'operazione di fresatura può essere eseguita utilizzando due diversi sistemi, la cui differenza principale risiede nel rapporto fra la direzione del pezzo in lavoro e la direzione di rotazione dell'utensile.



Fresatura discorde



Fresatura concorde

### FRESATURA DISCORDE

Nella fresatura discorde, detta anche fresatura convenzionale, la direzione di avanzamento del pezzo in lavorazione e la rotazione dell'utensile sono opposte, quindi la sezione del truciolo passa da un valore iniziale nullo ad un valore finale massimo.

#### Vantaggi:

- La fase di impegno dei taglienti non è influenzata in alcun modo dalle caratteristiche superficiali del pezzo in lavoro.
- Contaminazioni o inclusioni superficiali non compromettono la vita dell'utensile.
- L'operazione di taglio risulta omogenea, sempre che i taglienti siano affilati.
- Tale sistema di fresatura può essere adottato anche qualora si disponga di macchine utensili che presentino giochi lungo la direzione di lavoro.
- Consigliato quando durante l'operazione di fresatura si verificano grandi variazioni di sovrametallo.

#### Svantaggi:

- L'utensile tende a vibrare.
- Il pezzo tende a muoversi verso l'alto, un buon serraggio dello stesso è quindi importante.
- L'utensile si usura più rapidamente rispetto alla fresatura concorde.
- I trucioli si posizionano davanti alla fresa in lavoro, con conseguente difficoltà di rimozione degli stessi.
- E' richiesta più potenza al mandrino, a parità di parametri di lavoro, rispetto al sistema concorde, dovuta all'iniziale fase di strisciamento tagliente – superficie in lavoro (spessore truciolo nullo).
- La finitura superficiale risulta danneggiata dai trucioli che cadono davanti ai taglienti, gli stessi inoltre possono incunearsi fra tagliente e pezzo causando la scheggiatura o rottura del tagliente stesso.

## FRESATURA CONCORDE

Nella fresatura concorde la sezione del truciolo varia fra il valore massimo iniziale e quello minimo in corrispondenza dell'ultimo punto di contatto utensile - pezzo. Il movimento d'avanzamento e la rotazione dell'utensile hanno la medesima direzione.

### Vantaggi:

- La componente verso il basso delle forze di taglio mantiene il pezzo posizionato correttamente, vantaggio particolarmente importante durante la lavorazione di particolari sottili.
- Il truciolo viene facilmente allontanato dalla zona di lavoro.
- Minor usura taglienti – la vita dell'utensile aumenta sino al 50%.
- Finitura superficiale migliore – minori problematiche di scheggiatura o rottura tagliente, in questo caso infatti i trucioli trasportati verso il tagliente successivo in presa verrebbero tagliati.
- E' richiesta meno potenza – si può usare un utensile dotato di un elevato angolo di spoglia frontale.

### Svantaggi:

- A causa delle elevate forze generatesi nel momento in cui i singoli taglienti entrano in contatto con la superficie in lavoro, l'operazione deve essere caratterizzata da un settaggio rigido e il meccanismo d'avanzamento tavola essere esente da qualsiasi tipologia di gioco.
- La fresatura concorde non è adatta per lavorare pezzi che abbiano scorie superficiali, quali metalli lavorati a caldo, pezzi forgiati o fusi. Le eventuali scorie presenti risultano infatti caratterizzate da elevata durezza e abrasività, causando un'elevata usura e o danneggiamento (scheggiature, rotture) dei taglienti, riducendo di conseguenza la vita dell'utensile.
- Sconsigliata quando durante l'operazione di fresatura si verificano grandi variazioni di sovrametallo.

## FRESE SEMISFERICHE

Una fresa semisferica è caratterizzata dal fatto che i taglienti secondari descrivono nello spazio una superficie semisferica. Sono usate nella lavorazione di filiere, stampi, e nell'industria automobilistica, spaziale e militare per la lavorazione di pezzi caratterizzati da superfici complesse.

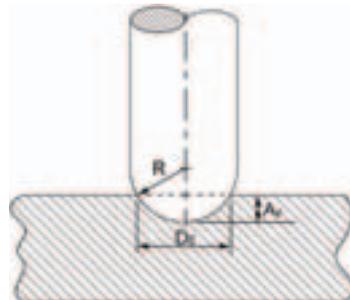
Il diametro effettivo è il fattore principale usato per il calcolo della necessaria velocità del mandrino. Esso è definito come il diametro reale dell'impronta di taglio della fresa, sulla superficie del pezzo lavorato per una data profondità di taglio ed è caratterizzato da due parametri: il raggio dell'utensile e la profondità assiale di taglio.

$$D_E = 2 * \sqrt{R^2 - (R - A_p)^2}$$

$D_E$  = Diametro effettivo

$R$  = Raggio dell'utensile

$A_p$  = Profondità assiale di taglio



Il diametro effettivo sostituisce il diametro nominale della fresa, quando si effettua il calcolo dell'effettiva velocità di taglio  $V_c$  per la fresatura con frese semisferiche. La formula diventa:

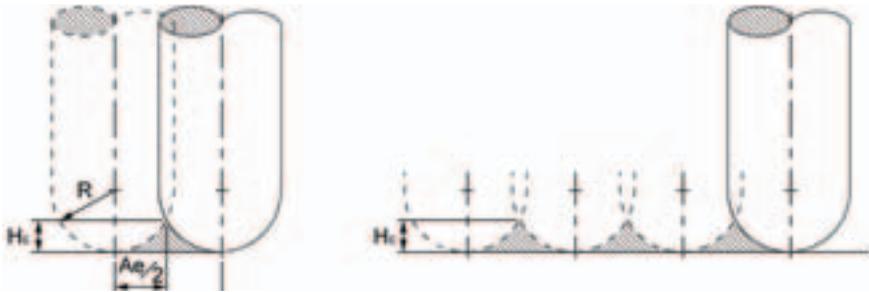
$$V_c = \frac{\pi * D_E * n}{1000}$$

$V_c$  = Velocità di taglio (m/min)

$D_E$  = Diametro effettivo (mm)

$n$  = Velocità di rotazione (rpm)

Quando si usa una fresa a testa semisferica per lavorare una superficie piana con un percorso a zigzag, si crea una banda non tagliata tra due passate successive. L'altezza di queste bande indesiderate è definita altezza della cuspidi.



L'altezza della cuspidi può essere calcolata da

$$H_c = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{Ae}{2}\right)^2}$$

O

$$Ae = 2 \sqrt{R^2 - (R - H_c)^2}$$

$H_c$  = Altezza della cuspidi

$R$  = Raggio della fresa semisferica

$Ae$  = Passo fra due passate successive

La correlazione tra  $H_c$  e  $R_A$  (rugosità superficiale) è approssimativamente:

$H_c$ ( $\mu\text{m}$ )	0,2	0,4	0,7	1,25	2,2	4	8	12,5	25	32	50	63	100
$R_A$ ( $\mu\text{m}$ )	0,03	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	8	12,5	16	25

$R_A$  è approssimativamente 25 % di  $H_c$

## FRESATURA DI ACCIAI TEMPRATI CON FRESE SEMISFERICHE

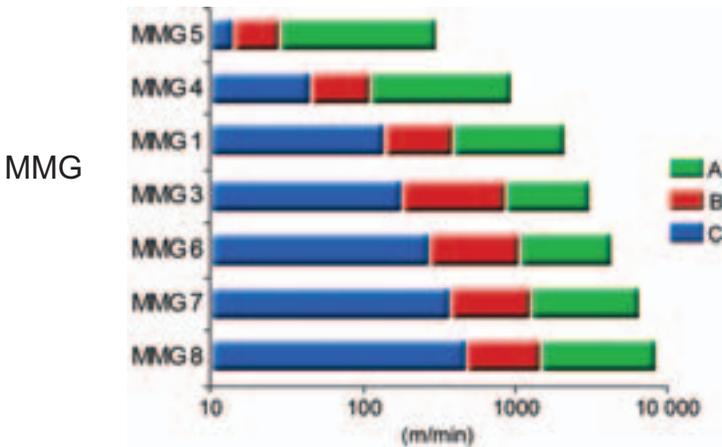
Nella lavorazione di acciai temprati si possono applicare le seguenti linee guida per il calcolo della profondità assiale.

Durezza (HRC)	Profondità Assiale = $A_p$
$30 \leq 40$	$0,10 \times D$
$40 \leq 50$	$0,05 \times D$
$50 \leq 60$	$0,04 \times D$

## FRESATURA AD ALTA VELOCITÀ

La prima definizione di HSM (High Speed Machining) fu proposta nel 1931 da Carl Salomon, secondo cui a velocità di taglio decisamente più elevate di quelle normalmente utilizzate (5-10 volte superiori alle velocità convenzionali), la temperatura della zona tagliente interessata dall'azione di taglio inizia a diminuire.

A = Gamma HSM, B = Gamma di Transizione, C = Gamma Normale



## VANTAGGI DI HSM

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualità dei particolari migliorata, in termini di migliore finitura superficiale del pezzo lavorato (nella copiatura di stampi la rugosità media è inferiore a 0,3 micron) e precisione dimensionale in quanto vi è una minore deformazione termica sia del pezzo lavorato che dell'utensile in lavoro</li> <li>• Elevato volume di truciolo asportato nell'unità di tempo</li> <li>• Riduzione dei tempi di lavorazione e conseguentemente dei costi di produzione</li> <li>• Riduzione temperatura dell'utensile rispetto a lavorazioni convenzionali</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ridotte forze di taglio</li> <li>• Possibilità di lavorare superfici sottili grazie al fatto che le forze in gioco sono ridotte, come pure le vibrazioni utensile</li> <li>• Maggior stabilità nell'operazione di taglio in termini di riduzione problematiche vibrazioni utensile</li> </ul> |
|---|--|

## STRATEGIE DI FRESATURA

### CORREZIONE DELL'AVANZAMENTO IN FASE DI FRESATURA DI PROFILI INTERNI ED ESTERNI

Profilo Interno	Profilo Esterno
$v_f prog = v_f * \frac{R2 - R}{R2}$	$v_f prog = v_f * \frac{R2 + R}{R2}$
<p>A = Percorso eseguito sul pezzo            B = Movimento del centro della fresa            R = Raggio della fresa            R1 = Raggio del percorso della fresa            R2 = Raggio da fresare sul pezzo</p>	

**Importante:** Alcune macchine a controllo numerico sono dotate di correzioni automatiche, funzione-M.

## FRESATURA LUNGO TRAIETTORIE A RAMPA

Angolo rampa ( $\alpha$ ) massimo consigliato, utilizzando frese HM.

Numero taglienti fresa	2	3	≥4
Acciaio e ghisa	≤ 15	≤ 10	≤ 5
Alluminio, rame e materiali plastici	≤ 30	≤ 20	≤ 10
Acciaio temprato	≤ 4	≤ 3	≤ 2



## FRESATURA SEGUENDO TRAIETTORIE A SPIRALE

Suggerimenti generali.

Materiale	Ap raccomandato
Acciaio	< 0,10 x D
Alluminio	< 0,20 x D
Acciaio temprato	< 0,05 X D

$$D_{bmax} = 2 * (D - R)$$

$D_{bmax}$  = massimo diametro possibile del foro

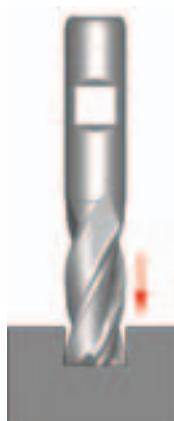
D = diametro della fresa

R = raggio di raccordo fra taglienti principali e secondari della fresa (fresse raggiate o toriche)

Usare il massimo diametro foro ammesso ( $D_{bmax}$ ), al fine di ottenere una buona rimozione del truciolo.

## FRESATURA "A TUFFO"

Come precedentemente scritto tale operazione è effettuabile solamente con frese dotate di taglienti al centro. Il calcolo del parametro avanzamento avviene mediante una formula dettata dall'esperienza pratica. Avanzamento "tuffo" = avanzamento nominale / numero taglienti. È inoltre consigliato un numero massimo taglienti pari a 4.



## RISOLUZIONE DEI PROBLEMI DURANTE LA FRESATURA

Problema	Causa	Soluzione
Rottura	Eccessivo materiale asportato nell'unità di tempo (carico tagliente troppo elevato)	Diminuire l'avanzamento per dente
	Avanzamento troppo veloce	Ridurre avanzamento
Usura	Lunghezza tagliente o sporgenza utensile eccessiva	Posizionare codolo più in profondità all'interno del mandrino portautensili, usare una fresa più corta
	Materiale in lavoro caratterizzato da bassa lavorabilità	Consultare le pagine SELECTOR nel catalogo per definire l'utensile ed i parametri più idonei
	Avanzamento e velocità non corretti	Consultare le pagine SELECTOR nel catalogo per definire l'utensile ed i parametri più idonei
	Scarsa rimozione del truciolo	Posizionare correttamente gli ugelli del lubrorefrigerante
Scheggiatura	Fresatura discorde	Fresatura concorde
	Geometria – materiale – rivestimento utensile	Consultare le pagine SELECTOR nel catalogo per definire l'utensile ed i parametri più idonei
	Avanzamento utensile troppo alto	Ridurre avanzamento
	Vibrazione utensile	Ridurre il numero di giri/minuto
Vita utensile breve	Velocità di taglio bassa	Aumentare il numero di giri/minuto
	Aumentare il numero di giri/minuto	Fresatura concorde
	Bassa rigidità dell'utensile	Posizionare il codolo più in profondità all'interno del mandrino portautensili, usare una fresa più rigida (maggiore numero denti, minore lunghezza, massimo diametro utensile adottabile). Utilizzare sistemi porta utensili più rigidi (es.: calettamento a caldo)
	Rigidità del pezzo	Serrare bene il pezzo
	Materiale difficile da lavorare	Consultare le pagine SELECTOR nel catalogo per un'alternativa di utensile più idonea
Scarsa finitura superficiale	Angolo di spoglia frontale o dorsale non idonei	Scegliere utensile con geometria adeguata
	Eccessiva temperatura raggiunta dai taglienti in lavoro	Usare un utensile rivestito
	Avanzamento troppo elevato	Ridurre l'avanzamento utensile
	Velocità di taglio troppo bassa	Aumentare la velocità di taglio
	Truciolo irregolare	Diminuire il quantitativo di sovrametallo asportato
	Usura eccessiva utensile	Sostituire o riaffilare l'utensile
Scarsa precisione dimensionale del pezzo lavorato	Formazione di tagliente di riporto	Utilizzare geometria idonea (angolo elic, angolo di spoglia dorsale e frontale)
	Saldatura del truciolo sui taglienti in lavoro	Aumentare il quantitativo di refrigerante
	Flessione dell'utensile	Posizionare il codolo più in profondità all'interno del mandrino portautensili, usare una fresa più rigida (maggiore numero denti, minore lunghezza, massimo diametro utensile adottabile)
	Portautensili usurato	Riparare o sostituire il portautensili
Vibrazione utensile	Scarsa rigidità del portautensili	Sostituire con portautensili più rigido (es.: calettamento a caldo)
	Scarsa rigidità del mandrino	Usare mandrino di maggiori dimensioni
	Avanzamento e velocità troppo elevate	Correggere avanzamento e velocità con l'ausilio del SELECTOR
	Lunghezza tagliente o sporgenza utensile eccessiva	Posizionare il codolo più in profondità all'interno del mandrino portautensili, usare una fresa più corta
Scarsa rigidità del pezzo in lavoro	Profondità assiale troppo elevata	Ridurre la profondità assiale
	Scarsa rigidità (sistema complessivo macchina e portautensili)	Verificare il portautensili e sostituirlo se necessario
	Scarsa rigidità del pezzo in lavoro	Bloccare il pezzo saldamente