



# FRESATURA

Introduzione D 2

## APPLICAZIONI

Informazioni preliminari D 3

Fresatura di materiali diversi D 32

Fresatura di spallamenti D 42

Spianatura D 54

Profilatura e tornitura-fresatura D 66

Fresatura di cave e di filetti D 84

Metodi specifici D 100

Risoluzione dei problemi D 128

## PRODOTTI

Frese per spallamenti a 90° D 134

CoroMill® 490, CoroMill® 390, CoroMill® 290, CoroMill® 690, fresa di contornatura Coromant per finitura, CoroMill® 790, CoroMill® Century

Frese per spianatura e fresatura a tuffo, 10° - 75° D 146

CoroMill® 170, CoroMill® 345, CoroMill® 245, CoroMill® 365, AUTO, CoroMill® 360, T-Max 45, CoroMill® 210, fresa a tuffo Coromant

Frese con inserti rotondi D 163

CoroMill® 200, CoroMill® 300

Frese a testa sferica D 166

CoroMill® 216, CoroMill® 216F per finitura

Frese per cave, scanalature, fresatura laterale/spianatura e fresatura di filetti

CoroMill® 327, CoroMill® 328, CoroMill® 329, T-Max Q-Cutter, CoroMill® 331 D 168

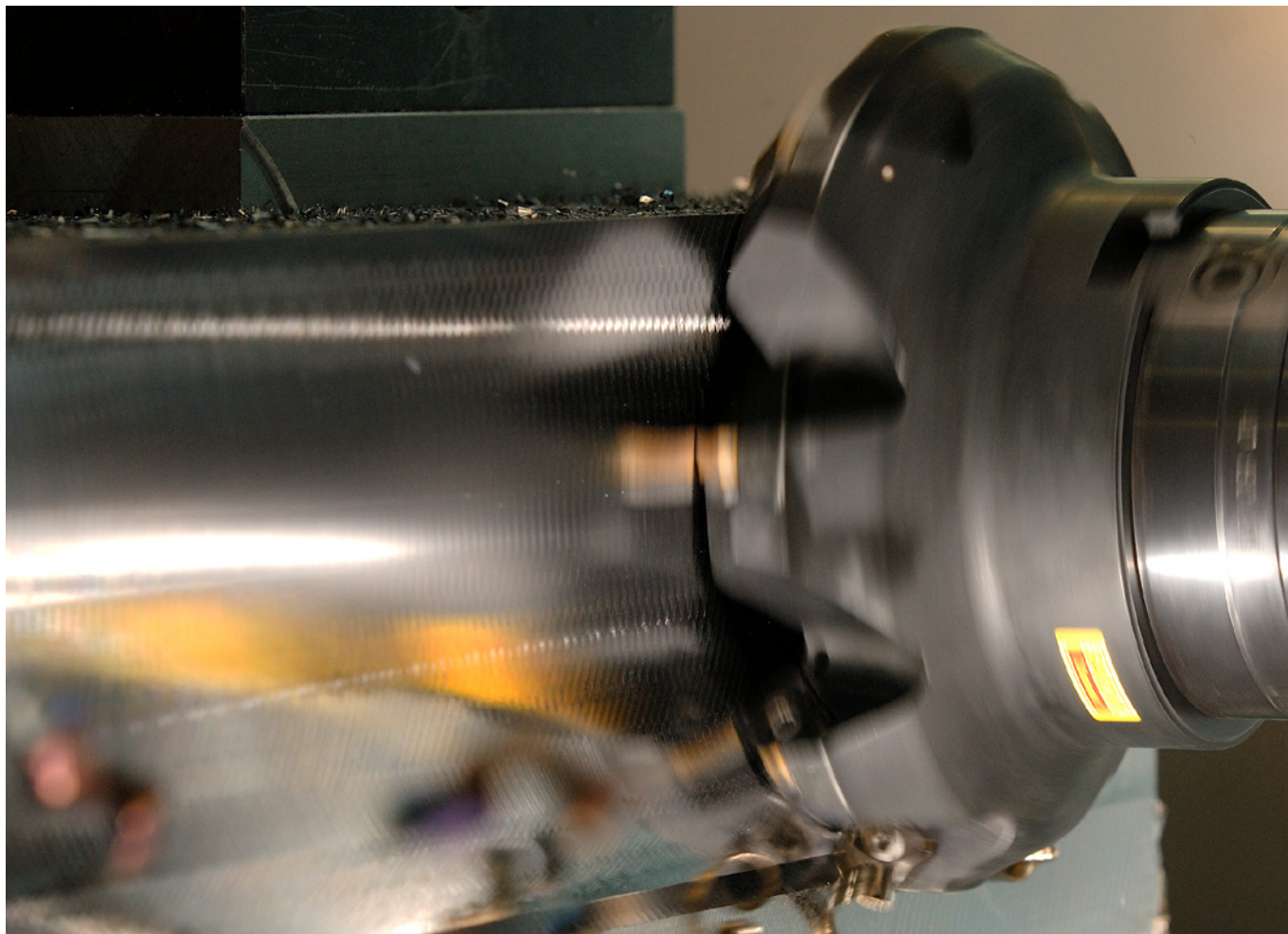
Frese integrali di metallo duro ed a testina intercambiabile

CoroMill® 325, CoroMill® Plura, CoroMill® 316 D 180

Ampliamento della gamma D 190

Informazione sulle qualità di metallo duro D 192

Avanzamenti consigliati D 196



## Introduzione

Negli anni '90, le prime frese CoroMill hanno stabilito un nuovo standard di riferimento nel mercato per quanto riguarda la produttività, la precisione e l'affidabilità. Da allora, la famiglia CoroMill è cresciuta e si è sviluppata notevolmente. Oggi la gamma di soluzioni per la fresatura è davvero completa, e soddisfa tutte le esigenze e le tendenze del campo della lavorazione ad asportazione di truciolo.

Tutti i tipi di frese CoroMill sono basati su tecnologie esclusive ed innovative, ed anche i nuovi sviluppi non fanno eccezione: pensiamo ad esempio agli inserti e alle relative sedi intelligenti, che costituiscono le fondamenta per garantire le prestazioni eccezionali di frese come CoroMill 345, CoroMill 490, CoroMill 690, ecc. Il nuovo sistema di accoppiamento a testine intercambiabile (EH), che ha reso possibile la versatilità della gamma di frese a candela CoroMill 316, è un altro esempio di soluzione innovativa studiata da Sandvik Coromant.

Con una vasta gamma di geometrie e qualità degli inserti, è sempre possibile trovare una soluzione CoroMill adatta alle proprie esigenze, indipendentemente dal materiale da lavorare e dalle condizioni operative.

## Tendenze

### Macchine e metodi di lavorazione

- Maggiore flessibilità con centri di lavorazione a 5 assi e macchine Multi-task
- Macchine più piccole e meno stabili - metodi di fresatura leggera e veloce – profondità di taglio inferiori
- Minor numero di macchine/set-up per realizzare un componente
- Utensili di lunghezza maggiore

### Componenti e materiali

- Materiali più robusti, più leggeri e più resistenti alla corrosione
- Componenti con pareti sottili
- Fusioni e pezzi forgiati di forma prossima a quella definitiva

# Operazioni preliminari

## Metodi di fresatura

La fresatura è il metodo di lavorazione più flessibile, e consente di lavorare praticamente qualsiasi forma. Il rovescio della medaglia di questa flessibilità è che il processo è caratterizzato da molte variabili, pertanto è più difficile ottimizzarlo. Il presente capitolo illustra queste variabili, e si propone di aiutare gli utilizzatori a scegliere i metodi e gli utensili migliori in base all'applicazione.

La sezione Informazioni preliminari comprende una presentazione dei prodotti per la fresatura, delle tipologie di macchine, definizioni delle variabili e consigli generali; vedere pagine D 3 – D 31.

La sezione Fresatura di materiali diversi comprende consigli sulla fresatura dal punto di vista del materiale da lavorare; vedere pagine D 32 – D 41. Inoltre, sono riportate le risposte a domande del tipo: Devo usare fluido da taglio durante la fresatura del titanio? Qual è il tipo di fresa più indicato per l'alluminio? È possibile utilizzare inserti in ceramica nella lavorazione di ghisa? ecc.

La fresatura in passato era suddivisa in spianatura, fresatura di spallamenti, fresatura di cave e profilatura, ma con la nascita di nuovi tipi di macchine e software, la gamma di metodi si è ampliata, e oggi le lavorazioni come tornitura-fresatura, fresatura di filetti, lavorazione in rampa circolare, fresatura trocoidale, ecc. sono molto comuni. In questo capitolo, la fresatura è stata suddivisa nelle seguenti aree:

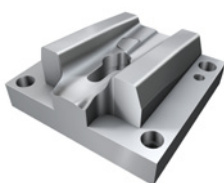
- Spianatura, vedere pagina D 54.
- Fresatura di spallamenti, vedere pagina D 42.
- Fresatura di profili e tornitura-fresatura, vedere pagina D 66.
- Fresatura di cave e di filetti, vedere pagina D 84.
- Metodi specifici, vedere pagina D 100.

L'ultima sezione è dedicata a metodologie come la lavorazione in rampa, la lavorazione a tuffo, la fresatura trocoidale, ecc.



### Scelta del metodo

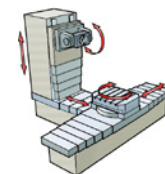
Per determinare il metodo di fresatura più adatto e la soluzione di attrezzamento ottimale, occorre prendere in considerazione fin dall'inizio i seguenti tre fattori.



1. Particolare del componente da lavorare



2. Materiale, forma e dimensione del lotto



3. Parametri della macchina

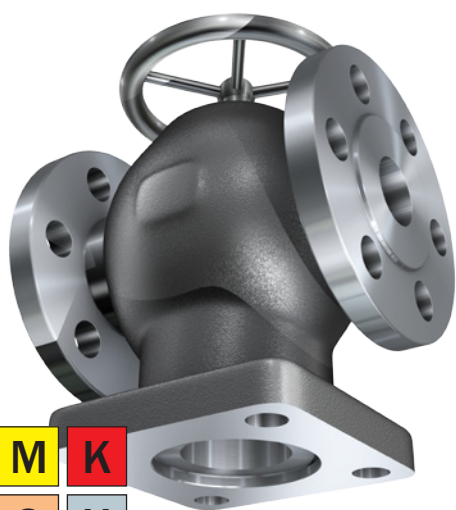
## Considerazioni iniziali

### 1. Configurazione del componente da fresare

La fresatura si è evoluta nel tempo e oggi è un metodo di lavorazione impiegato per una vasta gamma di applicazioni.

Oltre alle applicazioni tradizionali, la fresatura rappresenta una valida alternativa per produrre fori, filettature, cavità e superfici che un tempo venivano realizzati tramite tornitura, foratura o maschiatura.

Occorre prestare molta attenzione alle varie caratteristiche del componente da lavorare. Alcuni particolari possono trovarsi in profondità, richiedere una serie di utensili prolungati o contenere interruzioni e inclusioni.



### 3. Macchina

La macchina è molto importante per la scelta del metodo di fresatura. La spianatura/fresatura di spallamenti o fresatura di cave può essere eseguita su macchine a 3 assi, mentre per la fresatura di profili 3D sono necessarie macchine a 4 o 5 assi, a seconda dei casi.

Oggi, i centri di tornitura spesso consentono di eseguire la fresatura grazie ad utensili rotanti o motorizzati, e i centri di lavorazione spesso sono dotati anche di funzione di tornitura. Con gli sviluppi nell'area del CAM, oggi le macchine a 5 assi sono sempre più diffuse. Queste macchine offrono una maggiore flessibilità, ma la stabilità può rappresentare un problema.

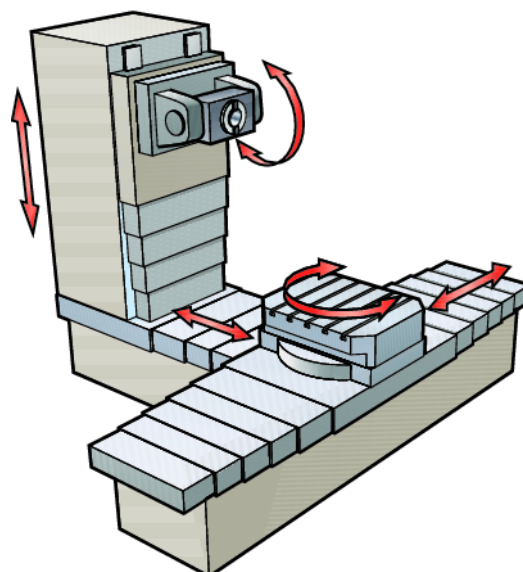
Per ulteriori informazioni sulle macchine per la fresatura, vedere pagina D 10.

### 2. Componente

Le superfici del pezzo possono presentare caratteristiche difficili, come crosta di fusione o scaglia di forgiatura.

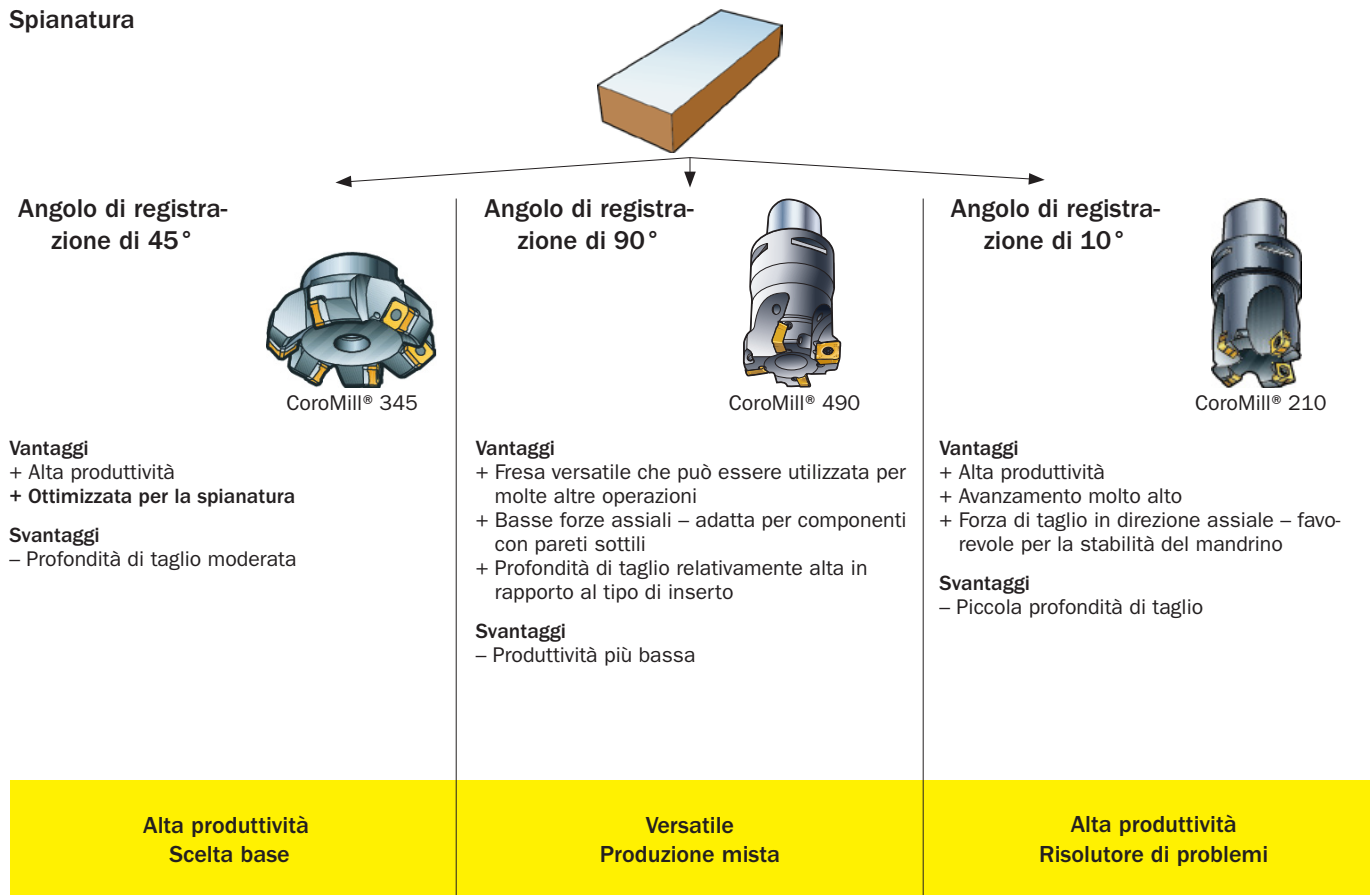
In caso di problemi di rigidità, causati da sezioni sottili o bloccaggio debole, occorre utilizzare metodi e utensili specifici.

Inoltre, occorre analizzare il materiale del pezzo e la sua lavorabilità per determinare dati di taglio ottimali.

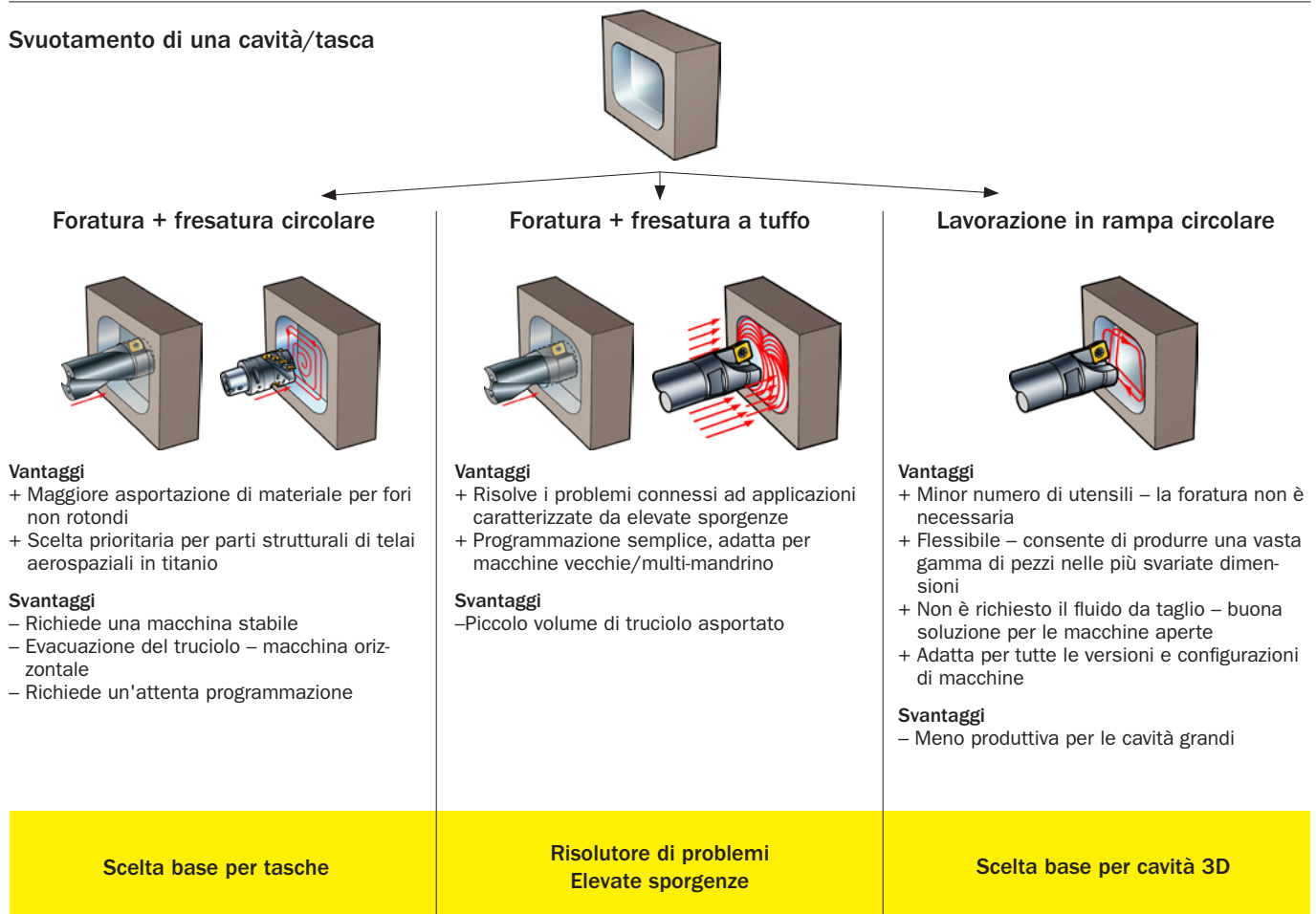


## Scelta del metodo – Esempio

### Spianatura



### Svuotamento di una cavità/tasca



## Presentazione delle applicazioni – Fresatura

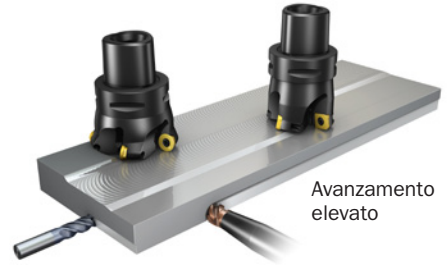
Fresatura di spallamenti  
vedere pagina D 42

## Spianatura

vedere pagina D 54

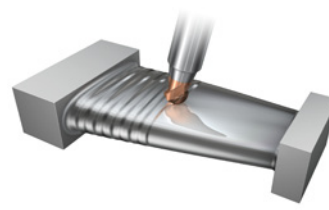
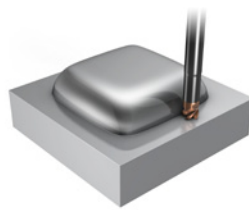
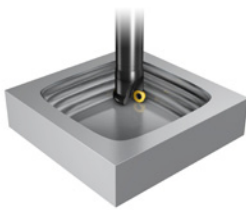


Wiper

Avanzamento  
elevato

## Profilatura e tornitura-fresatura

vedere pagina D 66

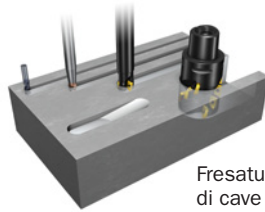
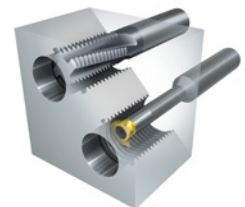


Da finitura a sgrossatura di superfici concave e convesse

Tornitura-fresatura

## Fresatura di cave e di filetti

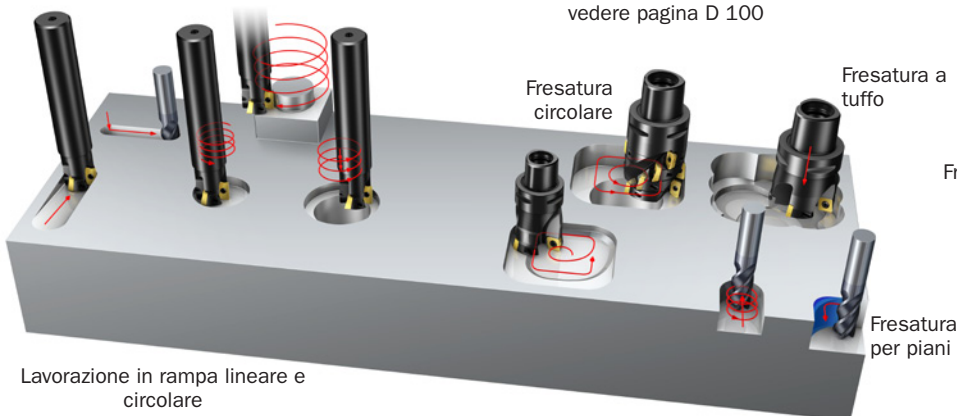
vedere pagina D 84

Fresatura radiale  
di caveFresatura assiale  
di cave

Fresatura di filetti

## Metodi specifici

vedere pagina D 100

Lavorazione in rampa lineare e  
circolareFresatura  
circolareFresatura a  
tuffo

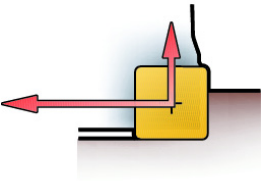
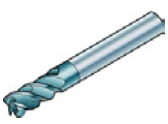


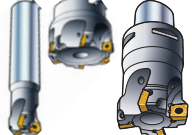

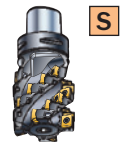


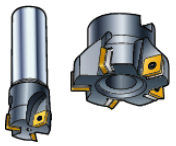
Fresatura di smussi

Angoli chiusi

Fresatura  
per piani

## Presentazione dei prodotti – Fresatura

## Frese per spallamenti a 90°

 Pagina	<b>CoroMill® Plura</b>  D 183	<b>CoroMill® 316</b>  D 187	<b>CoroMill® 390</b>  D 136	<b>CoroMill® 490</b>  D 134
 Pagina	<b>CoroMill® 690</b> <b>S</b>  D 140	<b>CoroMill® 790</b> <b>N</b>  D 143	<b>CoroMill® Century</b> <b>N</b>  D 144	<b>CoroMill® 290</b>  D 139

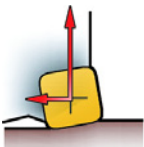
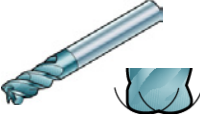







Le frese con angolo di registrazione di 90° sono molto versatili, e rappresentano il tipo più comune. Le frese per spallamenti e spianatura, le frese a candela e le frese per contornatura appartengono tutte a questo gruppo.

- CoroMill 490 è la scelta prioritaria per la fresatura di spallamenti e spianatura in generale.
- CoroMill 390 è un concetto di frese a candela, frese per spallamenti e spianatura e frese per contornatura con buone capacità di lavorare in rampa. Sono disponibili utensili antivibranti e una vasta gamma di inserti raggiati per operazioni specifiche.

Le frese integrali di metallo duro, CoroMill Plura e CoroMill 316, con testine intercambiabili, coprono la gamma dei diametri più piccoli.

- CoroMill 690 è una fresa a tagliente lungo specifica per la lavorazione del titanio.
- CoroMill 790 è la fresa più adatta per lavorazioni in rampa, utilizzata principalmente per l'alluminio.
- In questo gruppo figurano inoltre la fresa di contornatura Coromant per finitura e la fresa di spianatura Sandvik Auto-FS per operazioni di finitura.

## Frese per spianatura e fresatura a tuffo, 10° – 75°

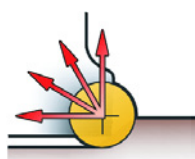
 Pagina	<b>CoroMill® Plura</b> Avanzamento elevato  D 183	<b>CoroMill® 316</b> Avanzamento elevato  D 187	<b>CoroMill® 210</b>  D 160	<b>CoroMill® 245</b>  D 150
 Pagina	<b>CoroMill® 345</b>  D 148	<b>CoroMill® 360</b>  D 157	<b>CoroMill® 365</b>  D 152	<b>Auto</b> D 154 <b>T-Max 45</b> D 158

Questa ampia gamma di frese è impiegata principalmente per operazioni di spianatura, ma questo gruppo comprende anche frese con angoli di registrazione molto piccoli, adatte per la fresatura a tuffo.

- CoroMill 345 è la soluzione base per la spianatura generale, mentre CoroMill 245 rappresenta la scelta complementare.
- CoroMill 365 è impiegata principalmente per la ghisa.
- CoroMill 360 è la fresa per lavorazione pesante per eccellenza.
- CoroMill 210 e le versioni corrispondenti di CoroMill 316 e CoroMill Plura si adattano bene ai metodi di spianatura ad alti avanzamenti. Queste frese sono eccellenti per le lavorazioni in rampa; CoroMill 210 può anche essere utilizzata per la fresatura a tuffo.

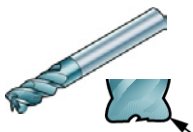


### Frese con inserti rotondi e raggio grande



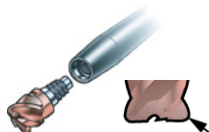
Pagina

CoroMill® Plura  
Raggio grande



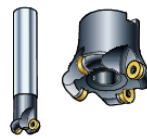
D 182

CoroMill® 316  
Raggio grande



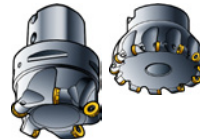
D 186

CoroMill® 200



D 163

CoroMill® 300

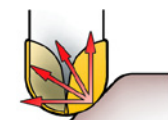


D 164

Le frese con inserti rotondi sono molto versatili e sono utilizzate sia per operazioni di spianatura difficili che per operazioni di profilatura, e si prestano molto bene alle lavorazioni in rampa.

- CoroMill 300, la fresa dal taglio leggero, è la scelta prioritaria. È disponibile anche in versione a candela toroidale, da utilizzare in alternativa alle frese a testa sferica.
- CoroMill 200 è la scelta adatta per applicazioni molto impegnative.
- CoroMill Plura e CoroMill 316 con grandi raggi possono essere considerate come frese ad inserti rotondi.

### Frese a testa sferica



Pagina

CoroMill® Plura



D 182

CoroMill® 316



D 186

CoroMill® Testa Sferica



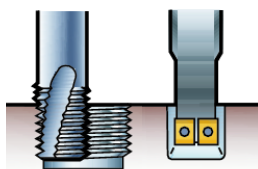
D 166

D 167

Le frese a testa sferica sono utilizzate principalmente per la profilatura di forme 3D (superfici sculturate).

- Le versioni a testa sferica di CoroMill Plura e CoroMill 316 sono adatte per operazioni di sgrossatura o finitura.
- La fresa ad inserti intercambiabili CoroMill 216 è adatta per sgrossatura e semisgrossatura, mentre CoroMill 216F è specifica per le operazioni di finitura.

### Frese per cave, scanalature, fresatura laterale/spianatura e fresatura di filetti



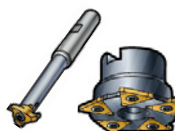
Pagina

CoroMill® Plura



D 95

CoroMill® 327  
CoroMill® 328



D 168

CoroMill®  
329



D 170

CoroMill®  
331

D 172

Queste frese sono state principalmente sviluppate per la fresatura di scanalature profonde o poco profonde. Eseguendo la scanalatura con un percorso elicoidale, possono realizzare anche la filettatura.

- CoroMill 327 e 328 hanno inserti ottimizzati rispettivamente per la filettatura e la scanalatura di sedi di anelli elastici.
- CoroMill 329 è studiata per la fresatura generale di scanalature e cave poco profonde. Q-cutter è un utensile complementare per le cave al di fuori della portata di CoroMill 329.
- CoroMill 331 è una soluzione completa per tutti i tipi di fresatura laterale, quindi cave lunghe e profonde, spallamenti retti, troncatura, ecc., nonché lamatura in tirata e barenatura.

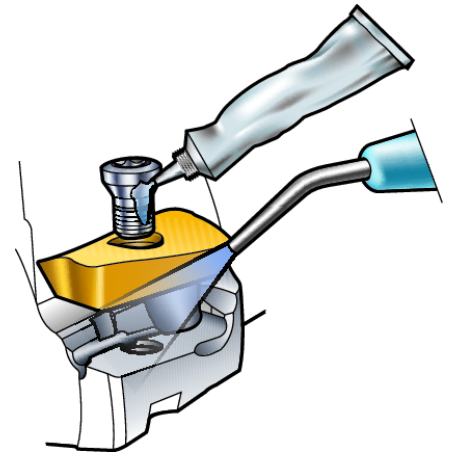


## Manutenzione dell'utensile

Controllare regolarmente le sedi inserto, per assicurarsi che non siano state danneggiate durante la lavorazione o la manipolazione. Assicurarsi che le sedi degli inserti non contengano polvere o trucioli metallici prodotti durante la lavorazione.

Sostituire le viti danneggiate o usurate e le rondelle. Utilizzare una chiave torsionometrica per serrare le viti in modo corretto.

Per ottenere prestazioni ottimali, si consiglia di pulire tutte le parti maschio e femmina e di lubrificarle con olio almeno una volta all'anno. Il lubrificante deve essere applicato secondo necessità sia sulla filettatura sia sulla testa della vite.



### Chiave torsionometrica

Per ottenere prestazioni ottimali con gli utensili per barenatura, è necessario impiegare una chiave torsionometrica per assemblare correttamente sia l'utensile che l'inserto.

Una coppia eccessiva, infatti, può avere conseguenze negative sull'utensile, provocando la rottura dell'inserto, della rondella e della vite.

Una coppia insufficiente, invece, può provocare lo slittamento o lo spostamento dell'inserto e vibrazioni, e un deterioramento della qualità di taglio. Per informazioni sulla coppia di serraggio corretta, consultare il Catalogo generale.

## Precauzioni di sicurezza – Pericoli

- I trucioli sono molto caldi e hanno spigoli taglienti, pertanto non devono essere rimossi a mani nude. I trucioli possono provocare ustioni alla pelle e danni agli occhi.
- Verificare che l'inserto e il componente siano bloccati correttamente nei rispettivi attacchi, onde evitare che si "liberino" durante l'uso. Una sporgenza eccessiva può provocare vibrazioni e la rottura dell'utensile.
- Utilizzare ripari di sicurezza appropriati, oppure "schermare" la macchina in modo tale da raccogliere le particelle che potrebbero venire proiettate, come trucioli o elementi di taglio che potrebbero staccarsi.
- Assicurarsi che la macchina abbia potenza e coppia necessari per operazioni di sgrossatura, grandi profondità di taglio o grandi diametri.

### Attenzione! Rotazione max. mandrino

Con un numero di giri/minuto elevato, il peso dell'inserto e degli elementi di bloccaggio aumenta, il che può influire sulla sistemazione dell'intero bloccaggio. È consigliabile eseguire tutte le lavorazioni ad alta velocità con un set-up della macchina che garantisca un'elevata protezione.

Prima di procedere al montaggio, assicurarsi che l'inserto e la sua sede siano in ottime condizioni, privi di bave o di qualsiasi altra particella che possa influire negativamente sull'intero sistema di fissaggio.

Il corretto bloccaggio dell'inserto si ottiene serrando la vite da 16 mm con una coppia di 2 Nm e l'inserto da 22 mm con una coppia di 5 Nm.

**Nota:** Un inserto di 19 g pesa 350 kg a 37.500 giri/minuto.

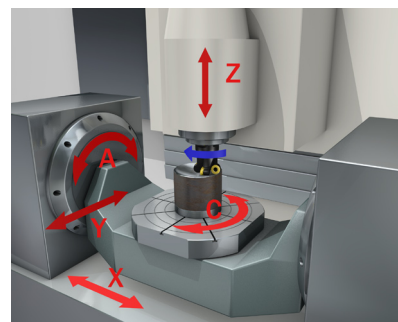
## Macchine per fresatura

### Configurazione della macchina utensile – Numero di assi

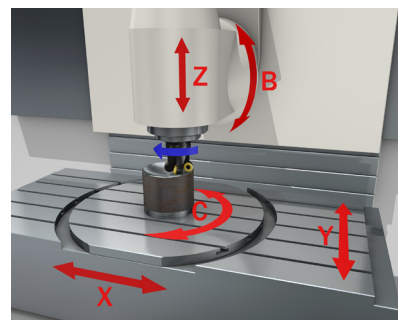
In passato, tutte le macchine potevano essere suddivise in quattro categorie: orizzontali e verticali, per tornitura o fresatura.

Oggi le macchine si stanno sviluppando in tutte le direzioni. I centri di tornitura spesso consentono di eseguire la fresatura con portautensili rotanti, e i centri di lavorazione sono dotati anche di funzione di tornitura: abbiamo quindi macchine per tornitura-fresatura o fresatura-tornitura. Con gli sviluppi operati nell'area del CAM, oggi le macchine a cinque assi sono sempre più diffuse. Queste tendenze determinano quindi nuove esigenze e opportunità di attrezzamento:

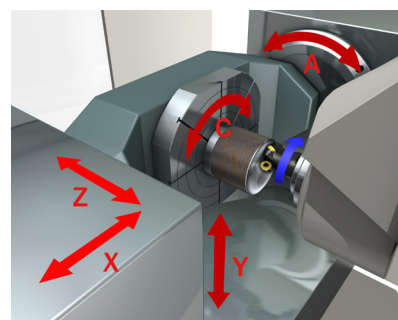
- Maggiore flessibilità
- Minor numero di macchine/set-up per realizzare un componente
- Minore stabilità
- Utensili di lunghezza maggiore
- Profondità di taglio inferiori.



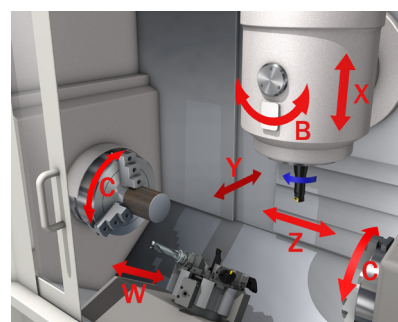
Centro di lavorazione verticale con un quinto asse A.



Centro di lavorazione verticale con un quinto asse B.



Centro di lavorazione assiale a 5 assi.



Macchina Multi-task a 5 assi.

### Orientamento del mandrino: orizzontale e verticale?

#### Orizzontale:

- adatto per la fresatura di componenti di grandi dimensioni
- facilita l'evacuazione dei trucioli nella fresatura di cavità ed evita la loro rimacinazione
- minore massa per accelerazione/decelerazione
- spesso, quattro assi permettono di accedere a tre lati
- tecnologia pallet ergonomica ed economica
- tipo di macchine più comuni per l'uso di frese a disco.

#### Piccoli centri di lavorazione verticali:

- ingombro totale ridotto, richiedono poco spazio in officina
- adatti per alte velocità/alti avanzamenti: leggere e veloci.

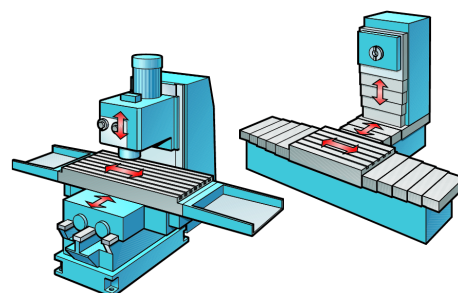
#### Grandi centri di lavorazione verticali:

- garantiscono una maggiore stabilità con il pezzo appoggiato sulla tavola
- adatti per pezzi più grandi e pesanti
- modelli a colonna per componenti molto grandi
- possono lavorare con set-up utensili più lunghi e pesanti.

### Stabilità

Le condizioni e la stabilità della macchina influiscono sulla qualità superficiale, e possono influire negativamente anche sulla durata tagliente. Un'usura eccessiva sui cuscinetti del mandrino o sul meccanismo di avanzamento può determinare una struttura superficiale scadente.

La stabilità del set-up utensile nel suo insieme è di estrema importanza. Occorre considerare fattori quali la sporgenza dell'utensile, l'accoppiamento Coromant Capto, adattatori pre-regolati e antivibranti, ecc.



Macchine a 3 assi verticali e orizzontali.

## Potenza e coppia

In generale, la potenza richiesta nella fresatura varia in relazione ai seguenti fattori:

- quantità di metallo da asportare
- spessore medio del truciolo
- geometria della fresa
- velocità di taglio.

Più il volume di truciolo asportato ( $Q \text{ cm}^3/\text{min}$ ) è alto, tanto maggiore sarà la potenza richiesta. Le lavorazioni con basse velocità del mandrino per la sgrossatura di materiali esotici dipendono molto dalla disponibilità di potenza e coppia sufficienti.

Una macchina con coppia e potenza insufficienti produrrà trucioli di spessore variabile, che a loro volta determineranno prestazioni non uniformi.

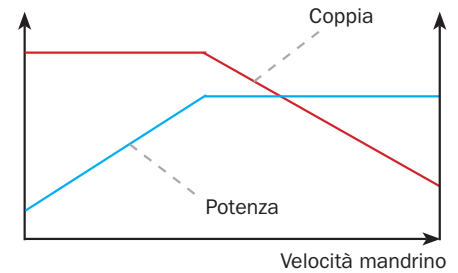
La maggior parte dei centri di lavorazione moderni è dotata di mandrini a trasmissione diretta. L'aumento costante della velocità raggiungibile dal mandrino determina:

- minore coppia a velocità superiori (giri/min)
- minore potenza a velocità inferiori (giri/min)

Pertanto, le macchine che consentono di raggiungere velocità (giri/min) elevate hanno delle limitazioni per la sgrossatura con frese con diametri grandi, che richiedono basse velocità e potenza elevata.

I metodi di lavorazione dovranno quindi essere adattati al contesto. Questo spiega la tendenza verso lavorazioni veloci e leggere, che utilizzano frese di diametro inferiore, piccole profondità di taglio,  $a_p/a_e$ , e alti avanzamenti per dente, mm  $f_z$ .

Le macchine per componenti che richiedono alta potenza alle basse velocità (giri/min) possono essere equipaggiate in modo da ottenere prestazioni ottimali sia per la sgrossatura che per la finitura.



## Dimensioni mandrino

I mandrini ISO 30, 40, 50 e 60 hanno vantaggi e limiti intrinseci.

Per la sgrossatura pesante è necessario un mandrino più grande, mentre per la fresatura ad alta velocità occorre una coppia più bassa, pertanto è più indicato un mandrino più piccolo.

La dimensione del mandrino determina il diametro massimo della fresa e la profondità di taglio che la macchina è in grado di gestire.

Anche se vi sono delle eccezioni, dovute al variare delle condizioni delle macchine utensili, è possibile adottare la seguente regola generale per la scelta delle dimensioni della fresa:

ISO 60 – “frese più grandi”.

ISO 50/Coromant Capto C8 –  $D_c$  160 mm.

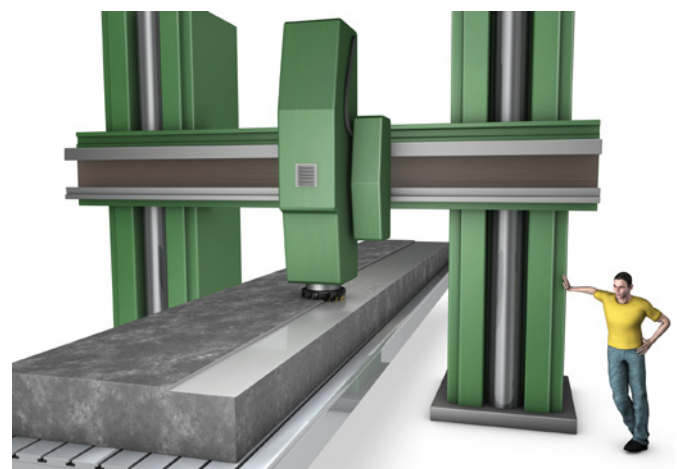
ISO 40/Coromant Capto C6 –  $D_c$  100 mm.

ISO 30/Coromant Capto C4 –  $D_c$  50 mm.

Per i componenti che richiedono frese a tagliente lungo, è necessario almeno un mandrino ISO 50 o Coromant Capto C8.

L'accoppiamento utensile integrato nel mandrino garantisce condizioni di stabilità ottimali.

Sulle macchine a portale e altre macchine più grandi, le frese possono essere montate direttamente sul naso mandrino, una soluzione che garantisce un'eccezionale stabilità e la sporgenza minore possibile.



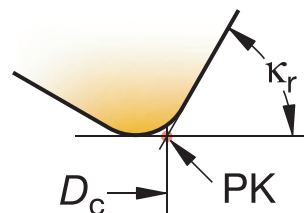
Grande fresatrice a portale per lavorazioni pesanti.

# Terminologia della fresatura

## La fresa

### Angolo di registrazione – $K_r$ (gradi)

L'angolo principale del tagliente ( $K_r$ ) della fresa è il fattore principale che influisce sulla direzione delle forze di taglio e lo spessore del truciolo; vedere pagina D 18.



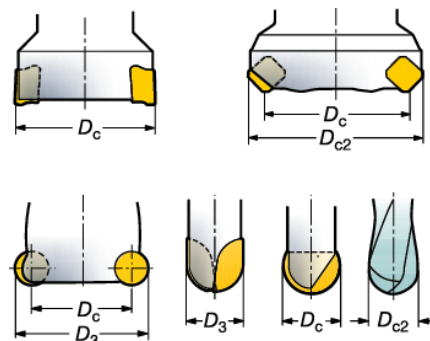
### Diametro fresa – $D_c$ (mm)

Il diametro della fresa ( $D_c$ ) si misura al di sopra del punto PK, dove il tagliente principale incontra il tratto piano parallelo.

$D_c$  è il diametro che nella maggior parte dei casi figura nel codice di ordinazione, ad eccezione di CoroMill 300, per la quale si utilizza  $D_3$ .

Il diametro più importante da considerare è ( $D_{cap}$ ) – Il diametro di taglio effettivo alla profondità di taglio effettiva ( $a_p$ ) – utilizzato per il calcolo della velocità di taglio reale ( $v_e$ ), vedere pagina D 76.

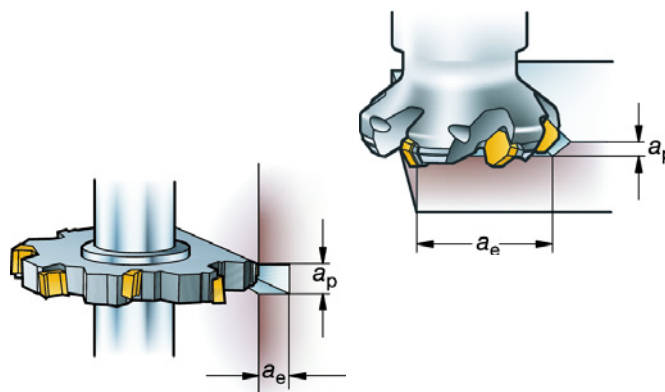
$D_3$  è il diametro maggiore dell'inserto; per alcune fresse è pari a  $D_c$ .



### Profondità di taglio – $a_p$ (mm)

La profondità di taglio ( $a_p$ ) è la differenza tra il raggio del diametro prima e dopo il taglio, ovvero è lo spessore di materiale da asportare. L'  $a_p$  massima è principalmente limitata dalle dimensioni dell'inserto e dalla potenza della macchina.

Un altro fattore critico per le operazioni di sgrossatura è la coppia e, nelle operazioni di finitura, la vibrazione.



### Fascia fresata – $a_e$ (mm)

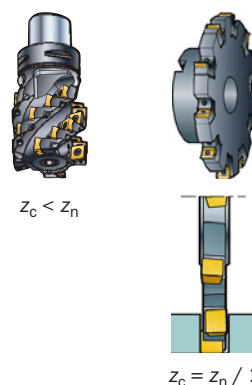
Profondità radiale della fresa ( $a_e$ ) impegnata nel taglio. Critica soprattutto per la larghezza di taglio nella lavorazione a tuffo e per le vibrazioni nella fresatura in corrispondenza di raccordi, in cui è particolarmente importante ottenere l' $a_e$  massima.

### Impegno radiale – $a_e / D_c$

L'impegno radiale ( $a_e / D_c$ ) è la larghezza del taglio in rapporto al diametro della fresa.

### Numero di denti effettivi sull'utensile – $z_c$

Per determinare l'avanzamento tavola ( $v_f$ ) e la produttività. Questo fattore spesso ha un'influenza fondamentale sull'evacuazione del truciolo e sulla stabilità operativa.

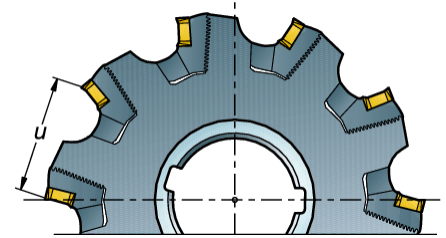


### Numero totale di denti effettivi dell'utensile – $z_n$

## Passo - $u$ (mm)

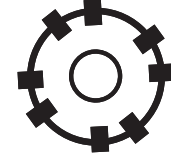
Distanza tra i denti (taglienti) effettivi ( $u$ ).

È possibile scegliere passi differenti per un diametro specifico di una fresa Sandvik Coromant: largo (-L), normale (-M), stretto (-H). Se il codice contiene una X, significa che la versione di fresa in questione ha un passo leggermente più stretto della versione base.



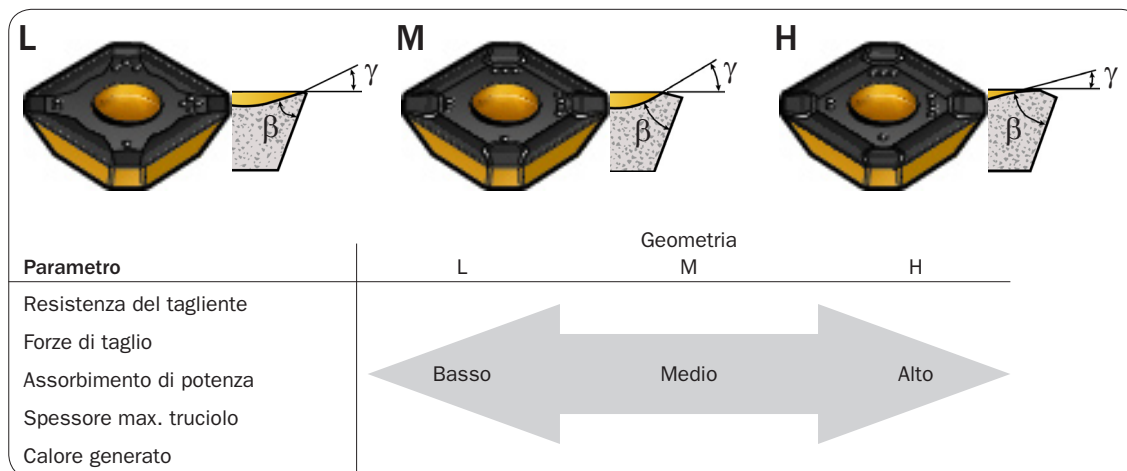
## Passo differenziato

Indica che i denti della fresa non sono distanziati in modo uniforme. Questa soluzione è molto efficace per ridurre la tendenza alle vibrazioni. Per ulteriori informazioni sul passo, vedere pagina D 17.



## L'inserto di fresatura

### Geometria inserto



Da uno studio più attento della geometria del tagliente, si possono osservare due angoli importanti sull'inserto:

- angolo di spoglia superiore ( $\gamma$ )
- angolo di spoglia inferiore ( $\alpha$ )

La macrogeometria è sviluppata per lavorare in condizioni di lavorazione leggera, medie o pesanti.

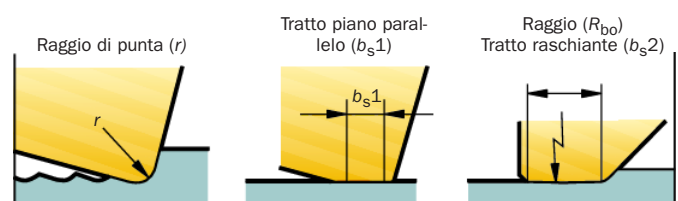
- La geometria L (Light - leggera) ha un tagliente più positivo, ma più debole ( $\gamma$  grande,  $\alpha$  piccolo)
- La geometria H (Heavy - pesante) ha un tagliente più robusto, ma meno positivo ( $\gamma$  piccolo,  $\alpha$  grande)

La macrogeometria influisce su molti parametri del processo di taglio. Un inserto con un tagliente robusto può lavorare con carichi maggiori, ma genera anche forze di taglio superiori, assorbe più potenza e genera più calore.

Le geometrie ottimizzate per materiali specifici sono indicate con le lettere della classificazione ISO. Ad esempio, le geometrie per la ghisa sono: KL, KM, KH.

## Forma delle punte degli inserti

La parte più importante del tagliente che produce la superficie è il tratto piano parallelo  $b_{s1}$  o, laddove applicabile, il tratto raschiante convesso  $b_{s2}$ , o il raggio di punta  $r_c$ .



## Il processo di fresatura

### Velocità di taglio – $v_c$ (m/min)

È la velocità superficiale sul diametro ed è un valore base per il calcolo dei dati di taglio.

Le velocità di taglio consigliate per tutti i materiali e per valori di  $h_{ex}$  diversi sono riportate nel Catalogo generale.

### Velocità di taglio effettiva o reale

È la velocità superficiale sul diametro effettivo ( $D_{cap}$ ).

Questo valore è necessario per determinare i dati di taglio reali alla profondità di taglio effettiva ( $a_p$ ). Questo valore, inoltre, è particolarmente importante quando si utilizzano frese con inserti rotondi, frese a candela con testa sferica e tutte le frese con raggi di punta grandi, nonché le frese con angolo di registrazione inferiore a  $90^\circ$ .

$$v_c = \frac{D_{cap} \times \pi \times n}{1000}$$

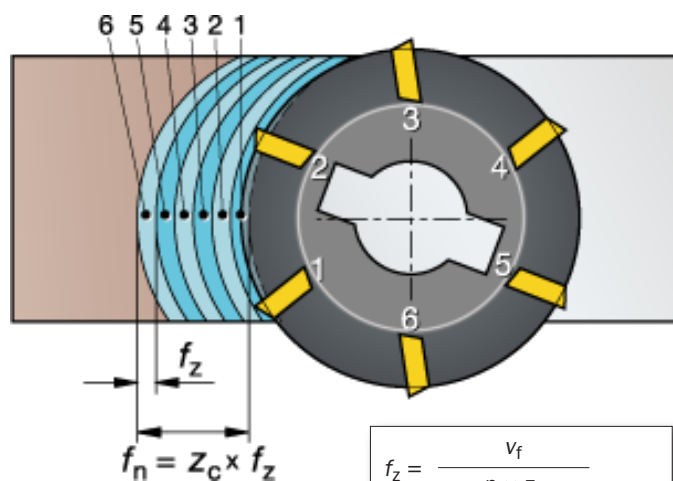
### Velocità di rotazione mandrino – $n$ (giri/min)

Numero di giri che l'utensile di fresatura compie in un minuto sul mandrino. È un valore che riguarda maggiormente la macchina, ed è calcolato in base alla velocità di taglio consigliata per un'operazione.

### Avanzamento/dente – $f_z$ (mm/dente)

Valore base per il calcolo dei dati di taglio, come l'avanzamento tavola. Per il calcolo, si prendono in considerazione anche lo spessore massimo del truciolo ( $h_{ex}$ ) e l'angolo di registrazione.

I valori iniziali consigliati ( $f_z$ ) per la maggior parte delle frese CoroMill sono riportati a pagina D 196 e nel Catalogo generale. Nel caso di CoroMill Plura, si prende in considerazione anche il tipo di materiale lavorato.



$$f_z = \frac{v_f}{n \times z_c}$$

### Avanzamento per giro – $f_n$ (mm/giro)

Valore ausiliario che indica l'entità del movimento dell'utensile nel corso di una rotazione completa.

È utilizzato principalmente per i calcoli relativi all'avanzamento e spesso anche per determinare la capacità di una fresa di eseguire operazioni di finitura.

### Avanzamento al minuto – $v_f$ (mm/min)

Avanzamento tavola, avanzamento macchina o velocità di avanzamento in mm/min. Rappresenta il movimento dell'utensile in relazione al pezzo, e dipende dall'avanzamento per dente ( $f_z$ ) e dal numero di denti della fresa ( $z_n$ ).

**Spessore massimo del truciolo –  $h_{ex}$  (mm)**

Questo valore è il risultato dell'impegno della fresa ed è correlato a ( $f_z$ ), ( $a_e$ ) e ( $K_r$ ).

Lo spessore del truciolo è un fattore importante da considerare nella scelta dell'avanzamento per dente, per essere certi di utilizzare l'avanzamento tavola più produttivo. Vedere pagina D 20.

**Spessore medio del truciolo –  $h_m$  (mm)**

Valore utile per determinare la forza di taglio specifica, utilizzato per il calcolo della potenza netta.

**Volume di truciolo asportato –  $Q$  (cm<sup>3</sup>/min)**

Volume di truciolo asportato in millimetri cubi all'ora. Viene determinato utilizzando i valori di profondità di taglio, fascia da fresare ed avanzamento.

**Forza di taglio specifica –  $k_{ct}$  (N/mm<sup>2</sup>)**

Fattore utilizzato per il calcolo della potenza. La forza di taglio specifica è correlata alla resistenza del materiale asportato ad uno specifico valore di spessore del truciolo. Per ulteriori informazioni, vedere Materiali, Capitolo H.

**Potenza  $P_c$  e rendimento  $\eta_{mt}$** 

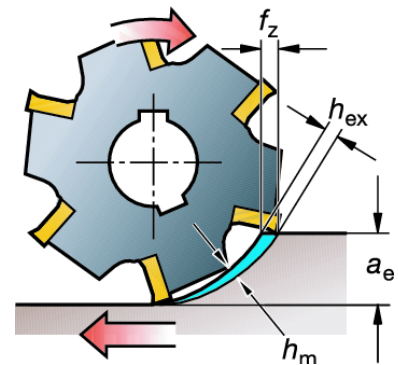
Valori riguardanti la macchina utensile, utili per calcolare la potenza netta necessaria per assicurare che la macchina possa gestire la fresa e la lavorazione.

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{\eta_{mt} \times 60 \times 10^6}$$

Per ulteriori formule e calcoli, vedere Informazioni/Indice, Capitolo I.

**Tempo di lavorazione –  $T_c$  (min)**

Lunghezza di lavorazione ( $l_m$ ) divisa per l'avanzamento tavola ( $v_f$ ).

**Espressioni utilizzate nella guida**

I termini riportati in questa guida sono utilizzati nell'accezione più comune del settore. Se esistono più termini per descrivere la stessa funzione, è stata utilizzata la nomenclatura Sandvik Coromant.

**Lavorazione ad alta velocità**

Il termine HSM (High Speed Machining) non è utilizzato in questa guida. HSM si riferisce ad argomenti trattati separatamente nelle varie sezioni.

**Lavorazione in rampa lineare**

Movimento rettilineo eseguito contemporaneamente nella direzione di avanzamento assiale e radiale.

**Fresatura circolare**

Percorso utensile circolare ad un'altezza costante lungo l'asse z (interpolazione circolare).

**Lavorazione in rampa circolare**

Percorso utensile in rampa circolare (interpolazione elicoidale).

**Fresatura "Waterline"**

Fresatura ad un livello costante lungo l'asse z.

**Fresatura con percorso punto a punto**

Taglio radiale poco profondo con frese con inserti rotondi o a testa sferica in cui la zona di taglio è lontana dal centro dell'utensile.

**"Smerlatura" o fresatura di "smerli"**

Configurazione a cuspidi che si incontra durante la lavorazione di superfici sculturate.

## Definizione - La produttività nella fresatura

La produttività nella fresatura, definita come volume di truciolo asportato,  $Q \text{ cm}^3/\text{min}$ , può essere ottimizzata in vari modi. È importante scegliere l'utensile giusto per l'applicazione, ma la scelta dei parametri di taglio è altrettanto critica.

Nei sette esempi sotto riportati sono illustrati i metodi per aumentare i dati di taglio oltre i valori normalmente consigliati, contribuendo così ad aumentare la produttività:



		1	2	3	4	5	6	7
Applicazione		Spianatura	Fresatura periferica	Profilatura	Spianatura	Spianatura	Spianatura	Spianatura
		Alluminio	Piccolo $a_e/D_c$	Finitura	Angolo di reg. piccolo	Lavorazione pesante	Raschiante	Ghisa
Parametri di taglio	$v_c$	Alta	Alta	Alta				
	$n$		Elevati	Elevati				
	$f_z$		Elevato		Elevato	Elevato	Elevato	
	$z$							Elevati
	$v_f$	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	$a_p$			Piccola	Piccola		Piccola	
	$a_e$		Piccola	Piccola		Alta		

$$Q = v_f \times a_p \times a_e / 1000 \text{ (cm}^3/\text{min)}, \text{ dove } v_f = f_z \times n \times z_n \text{ (mm/min)}$$

### 1. Spianatura – Alta velocità di taglio, $v_c$

Nella lavorazione dell'alluminio, e talvolta nella lavorazione della ghisa con inserti in CBN o ceramica, è possibile utilizzare velocità di taglio superiori a 1000 m/min, che determinano un avanzamento tavola molto elevato,  $v_f$ . Questo tipo di lavorazione è anche detta Lavorazione ad Alta Velocità (High Speed Machining, HSM).

### 2. Fresatura periferica – Alta velocità di taglio, $v_c$ , ed avanzamento elevato, $f_z$

Quando la fresa ha una piccola profondità di taglio radiale,  $a_e$ , il tempo per giro nel taglio è breve, pertanto la temperatura del tagliente sarà bassa. Ciò significa che è possibile aumentare la velocità di taglio oltre i valori normalmente consigliati. Inoltre, è possibile aumentare l'avanzamento,  $f_z$ , poiché lo spessore massimo del truciolo,  $h_{ex}$ , sarà piccolo. L'avanzamento sarà limitato dalla finitura superficiale richiesta. Per ulteriori informazioni, vedere a pagina D 50.

### 3. Profilatura – Alta velocità di rotazione del mandrino, $n$

Questo metodo di fresatura è spesso detto Lavorazione ad Alta Velocità (High Speed Machining, HSM) ed è tipicamente impiegato per operazioni di profilatura (finitura o superfinitura con una fresa a candela con testa sferica). Per ulteriori informazioni, vedere a pagina D 76.

### 4. Spianatura con angolo di registrazione piccolo ed avanzamento elevato, $f_z$

Le frese con angoli di registrazione molto piccoli consentono di aumentare notevolmente l'avanzamento,  $f_z$ , grazie all'affetto di assottigliamento dei trucioli con  $a_p$  piccola. Per ulteriori informazioni, vedere a pagina D 20.

### 5. Fresatura pesante – elevata profondità di taglio – lavorazione pesante

Nelle lavorazioni pesanti, si utilizzano frese con inserti di grandi dimensioni e grandi diametri. La velocità di taglio è normale, ma con valori di  $a_p$  ed  $f_z$  elevati, abbinati ad un valore di  $a_e$  elevato, si ottiene una maggiore produttività. Per ulteriori informazioni, vedere a pagina D 62.

### 6. Finitura con inserti raschianti

Nelle operazioni di finitura con una fresa per spianatura di grosse dimensioni, l'avanzamento,  $f_z$ , di norma deve essere mantenuto basso. Tuttavia, utilizzando inserti raschianti sulla fresa, è possibile aumentare di due o tre volte l'avanzamento, senza compromessi in termini di qualità superficiale. Per ulteriori informazioni, vedere a pagina D 64.

### 7. Spianatura – fresa a passo stretto

Durante la fresatura di materiali che producono trucioli corti, come la ghisa grigia, è possibile utilizzare una fresa per spianatura con passo stretto, ottenendo così un avanzamento tavola elevato. La lavorazione con passo stretto determina un avanzamento tavola elevato anche nel caso delle superleghe HRSA, con cui le velocità di taglio sono normalmente basse.

**Metodo "leggero e veloce":** I metodi 2, 3 e 4 prevedono una profondità di taglio ridotta,  $a_e$ , e/o  $a_p$ , che genera basse forze di taglio e poco calore, pertanto è possibile aumentare la velocità e/o l'avanzamento.



# Linee guida generali

## Passo e numero di taglienti

Quando si sceglie il numero più adatto di denti effettivi,  $z_c$ , per l'operazione, è fondamentale considerare anche il passo (distanza tra i taglienti). Tutte le frese CoroMill sono disponibili in versioni con passo costante.

A seconda delle dimensioni e del numero dei taglienti, alcune frese sono disponibili anche in versione a passo differenziato (denti disposti a distanze non uniformi attorno alla fresa).

Le frese a passo differenziato sono vantaggiose poiché spezzano le vibrazioni armoniche, aumentando la stabilità che è particolarmente utile con una profondità di taglio,  $a_e$  elevata e sporgenze lunghe.

Il passo influisce principalmente su:

- produttività
- stabilità
- assorbimento di potenza
- materiale del pezzo adatto.

Aumentando il numero di taglienti, è possibile aumentare l'avanzamento tavola, mantenendo la stessa velocità di taglio e lo stesso avanzamento per dente, senza generare maggiore calore sul tagliente.

Tuttavia, aumentando il numero di denti, l'utensile cambia la sua configurazione. Se si accorcia la distanza tra i taglienti dell'utensile, si ha minor spazio per l'evacuazione del truciolo, e, in molti casi, la fresa deve avere un passo costante.

La potenza richiesta spesso costituisce un limite per quanto riguarda il numero di denti impegnati nel taglio.

Sandvik Coromant offre tre passi per le frese, per ottenere una soluzione ottimizzata per una determinata applicazione:

- Passo largo –L
- Passo normale –M
- Passo stretto –H

Le frese a passo normale e stretto, -M ed -H, sono impiegate quando la stabilità è buona e per applicazioni con  $a_e$  piccola. In questo modo si è certi di avere sempre più di un dente impegnato nel taglio.



Passo largo –L

Frese a passo differenziato con minor numero di denti.

- Scelta prioritaria per operazioni instabili dovute alle basse forze di taglio
- Potenza limitata
- Maggior numero di utensili
- Esecuzione di cave dal pieno
- Materiali che producono trucioli lunghi ISO N (vano di evacuazione truciolo grande).



Passo normale –M

Frese a passo costante o differenziato a seconda della versione, con numero medio di denti.

- Scelta prioritaria per la sgrossatura in condizioni stabili
- Buona produttività
- Buona distanza tra i trucioli per sgrossatura di materiali ISO P, M ed S.



Passo stretto –H

Frese a passo costante con numero massimo di inserti.

- Scelta prioritaria per alta produttività con  $a_e$  ridotta (più di un tagliente in presa))
- Sgrossatura e finitura di materiali ISO K
- Sgrossatura di materiali ISO S con inserti rotondi.



**Nota:** Se il codice contiene una X, significa che la versione di fresa in questione ha un passo leggermente più stretto della versione base.

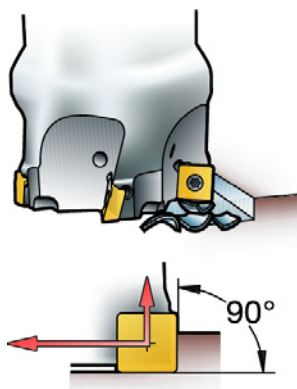
## Angolo di registrazione

Angolo tra il tagliente principale dell'inserto e la superficie del pezzo.

L'angolo di registrazione influisce particolarmente sullo spessore del truciolo, le forze di taglio e la durata del tagliente.

Gli angoli di registrazione più comuni sono 90°, 45° e 10°, più quelli eliminati dagli inserti rotondi, come le frese che utilizzano inserti con testa sferica a profondità di taglio ridotte.

- Riducendo l'angolo di registrazione,  $K_r$ , sui taglienti dritti, si ha una diminuzione dello spessore del truciolo,  $h_{ex}$ , per una velocità di avanzamento specifica,  $f_z$ . Questa riduzione dello spessore del truciolo fa sì che il materiale si distribuisca maggiormente su una parte più grande del tagliente.
- Con angoli di registrazione più piccoli si ha un'entrata più graduale nel pezzo, con conseguente riduzione della pressione radiale, e si protegge il tagliente.
- Le forze assiali maggiori che si determinano con la diminuzione dell'angolo di registrazione provocano un aumento della pressione sul pezzo.



### Frese a 90°

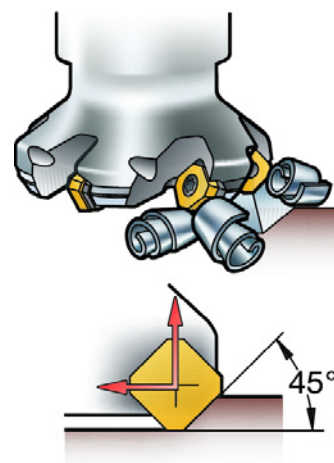
- Il campo di applicazione principale è la fresatura di spallamenti retti.
- Generano forze principalmente radiali, nella direzione di avanzamento.
- La superficie lavorata è esposta a un'elevata pressione assiale, vantaggiosa per la fresatura di pezzi con struttura debole o pareti sottili, e in caso di fissaggio instabile.

Gamma di frese: CoroMill 290, CoroMill 390, CoroMill 490, CoroMill 590, CoroMill 690, CoroMill 790, CoroMill Plura ed Auto-FS – e per applicazioni speciali, frese a disco e frese per scanalature: CoroMill 331, CoroMill 327/328 e T-Max Q-cutter.

### Frese a 45°

- Scelta prioritaria per la spianatura.
- Generano forze di taglio radiali e assiali ben bilanciate.
- Entrata regolare nel pezzo.
- Bassa tendenza alle vibrazioni durante operazioni di fresatura con sporgenze elevate o portautensili ed accoppiamenti più piccoli/deboli.
- Particolarmente indicate per la fresatura di materiali a truciolo corto che si "sfaldano" facilmente, se si esercitano forze radiali eccessive sulla quantità di materiale in progressiva diminuzione, lasciato alla fine del taglio.
- La formazione di un truciolo più sottile consente di ottenere un'elevata produttività in molte applicazioni, grazie alla possibilità di raggiungere velocità di avanzamento tavola elevate pur mantenendo un carico moderato sul tagliente.

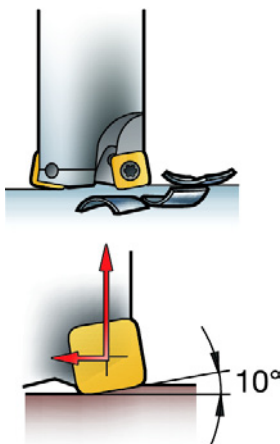
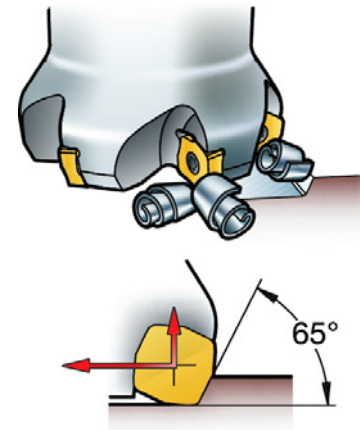
Gamma di frese: CoroMill 245, CoroMill 345, T-Max 45 e programma di frese Sandvik AUTO.



## Frese da 60° a 75°

- Frese di spianatura per applicazioni speciali che offrono profondità di taglio maggiori rispetto alle frese di spianatura per applicazioni generali.
- Forze assiali più basse rispetto alle frese di spianatura a 45°.
- Maggiore robustezza del tagliente rispetto alle frese a 90°.

Gamma di frese: CoroMill 360, CoroMill 365, Auto AF.



## Frese a 10°

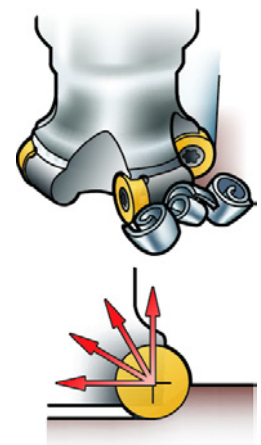
- Frese per elevati avanzamenti e frese a tuffo.
- Il truciolo sottile generato consente di raggiungere avanzamenti molto elevati per dente,  $f_z$ , con piccole profondità di taglio,  $e$ , conseguentemente, avanzamenti tavola molto alti,  $v_f$ .
- La forza di taglio assiale dominante è diretta verso il mandrino e lo stabilizza. Ciò è positivo per set-up lunghi e deboli, poiché limita la tendenza alle vibrazioni.
- Per la fresatura a tuffo di cavità, o in tutti i casi in cui si richiede una fresa più lunga.
- Efficace per l'esecuzione di fori usando tre assi.

Gamma di frese: frese ad elevati avanzamenti CoroMill 210, CoroMill 316 e CoroMill Plura.

## Inserti rotondi o frese con grande raggio di punta

- Frese efficienti per sgrossatura e applicazioni generiche.
- Il raggio di punta consente di avere un tagliente molto robusto.
- Possibilità di raggiungere elevate velocità di avanzamento tavola grazie alla generazione di trucioli più sottili da parte del tagliente lungo.
- Grazie a questo effetto di assottigliamento dei trucioli, queste frese sono adatte per la lavorazione del titanio e di leghe resistenti al calore.
- A seconda delle variazioni relative alla profondità di taglio,  $a_p$ , l'angolo di registrazione può variare da zero a 90°, modificando la direzione della forza di taglio lungo il raggio tagliente, e, conseguentemente, la pressione risultante durante l'operazione.

Gamma di frese: CoroMill 200, CoroMill 300 e, con profondità di taglio inferiori, frese a inserto raggiato CoroMill 390; frese a testa sferica CoroMill 216 e CoroMill 216F. Inoltre, le frese a candela integrali di metallo duro CoroMill Plura e CoroMill 316 sono disponibili in versione a testa sferica con grandi raggi di punta.



## Spessore massimo del truciolo

Lo spessore massimo del truciolo è il parametro più importante per una fresatura produttiva e affidabile.

Per una lavorazione efficace, è necessario mantenere questo parametro a un valore corretto in rapporto alla fresa utilizzata.

- Un truciolo sottile con un valore di  $h_{ex}$  troppo piccolo è la causa più comune di prestazioni scadenti, che determinano una scarsa produttività. Ciò può influire negativamente sulla durata del tagliente e la formazione del truciolo.
- Un valore troppo alto, invece, sovraccarica il tagliente, e può portare alla sua rottura.



### L'effetto di "assottigliamento" del truciolo consente di aumentare l'avanzamento

L'avanzamento per dente può essere aumentato nei seguenti tre casi, grazie all'effetto di assottigliamento del truciolo:

1. Utilizzando frese a tagliente dritto con angoli di registrazione inferiori a  $90^\circ$ .
2. Utilizzando inserti rotondi o a grande raggio a piccole profondità di taglio,  $a_p$ .
3. Fresatura periferica con impegno radiale ridotto,  $a_e/D_e$ .

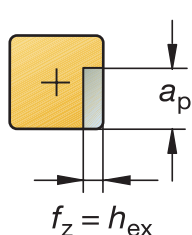
#### 1. Inserti a taglienti dritti

Nel caso degli inserti a taglienti dritti, lo spessore del truciolo,  $h_{ex}$ , è pari a  $f_z$  con un angolo di registrazione di  $90^\circ$ . Man mano che l'angolo di registrazione,  $\kappa_r$ , diminuisce, è possibile aumentare  $f_z$ .

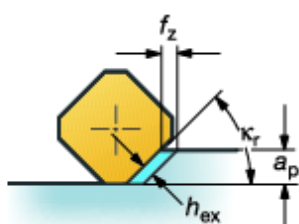
##### Esempio:

Se lo spessore massimo del truciolo,  $h_{ex}$ , è pari a 0,1 e l'angolo di registrazione,  $\kappa_r$ , è pari a  $45^\circ$ , l'avanzamento consigliato,  $f_z$ , sarà:  $1,4 \times 0,1 = 0,14$  mm/dente.

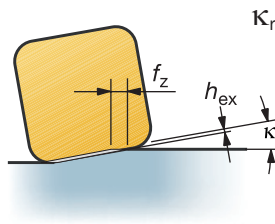
Angolo di registrazione $\kappa_r$	Fattore di correzione	$f_z$ (mm/dente):		
		min. <b>0.1</b>	iniziale <b>0.15</b>	max. <b>0.2</b>
$90^\circ$	1.0	0.10	0.15	0.20
$75^\circ$	1.0	0.10	0.16	0.21
$65^\circ$	1.1	0.11	0.17	0.22
<b><math>45^\circ</math></b>	<b>1.4</b>	<b>0.14</b>	0.21	0.28
$10^\circ$	5.8	0.58	0.86	1.15



$\kappa_r=90^\circ$



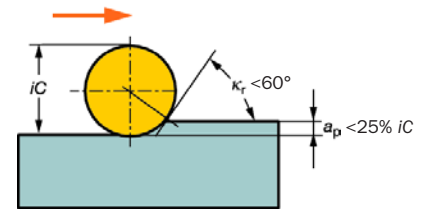
$\kappa_r 10^\circ$



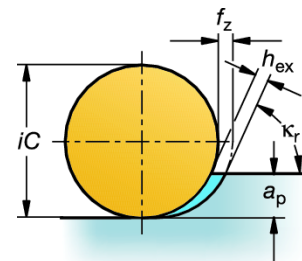
$$h_{ex} = f_z \times \sin \kappa_r$$

## 2. Frese con inserti rotondi e raggiati

- Le prestazioni migliori si ottengono quando l'angolo di registrazione,  $K_r$ , rimane al di sotto di  $60^\circ$ , quando si utilizzano frese con inserti rotondi o frese a candela con testa sferica a profondità di taglio limitate. Ciò significa che la profondità di taglio non deve essere superiore a  $25\% \times$  diametro inserto,  $iC$ .
- Per profondità di taglio maggiori, è meglio utilizzare inserti quadrati con  $K_r$  costante di  $45^\circ$ .
- Lo spessore del truciolo,  $h_{ex}$ , varia con gli inserti rotondi, e dipende dall'angolo di registrazione. Con rapporti  $a_p/iC$  bassi, è possibile impiegare un avanzamento considerevolmente più elevato per aumentare lo spessore del truciolo portandolo al livello desiderato.
- Gli inserti rotondi hanno una maggiore capacità di generare trucioli di spessore massimo rispetto alle soluzioni con tagliente diritto, grazie alla forma più robusta del tagliente e alla maggiore lunghezza di taglio.



$$\cos K_r = \frac{(0.5 iC - a_p)}{0.5 iC}$$



$$f_z = \frac{h_{ex} \times iC}{2 \times \sqrt{a_p \times iC - a_p^2}}$$

### Esempio: CoroMill 300 con geometria dell'inserto E-PL

iC	Spessore max. truciolo, $h_{ex}$ (mm)			Avanzamento/dente, $f_z$ (mm)									
	Min.	Iniziale	Max.	$a_p$ (mm)									
				0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4		
8	0.1	0.15	0.2	0.31	0.23	0.19	0.17						
10	0.1	0.2	0.25	0.46	0.33	0.28	0.25	0.23					
12	0.1	0.2	0.25	0.50	0.36	0.30	0.27	0.25	0.23				
16	0.1	0.2	0.25	0.57	0.41	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23		

## 3. Fresatura periferica

Il valore di  $h_{ex}$  varia a seconda del diametro della fresa e dell'impegno nel pezzo, ossia l'impegno radiale della fresa,  $a_e/D_c$ .

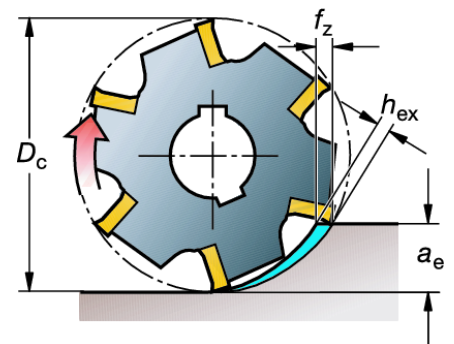
Se questo parametro è inferiore al 50%, lo spessore massimo del truciolo sarà inferiore rispetto a  $f_z$ .

L'avanzamento può essere aumentato applicando il fattore di correzione riportato nella tabella sotto, in base al rapporto  $a_e/D_c$ .

### Esempio:

$D_c$  20 mm –  $a_e = 2$  mm,  $a_e/D_c = 10\%$

$h_{ex} = 0,1$  mm,  $f_z = 0,17$  mm/dente.



Rapporto fascia fresata/ diametro $a_e/D_c$	Fattore di correzione	$f_z$ (mm/dente):		
		$h_{ex}$ (mm)		
		min.	iniziale	max.
50-100%	1.0	0.10	0.15	0.20
25%	1.16	0.12	0.17	0.23
20%	1.25	0.13	0.19	0.25
15%	1.4	0.14	0.21	0.28
10%	1.66	0.17	0.25	0.33
5%	2.3	0.23	0.34	0.46

## Formazione del truciolo in base alla posizione della fresa

### Carico sul tagliente

Ogni volta che un tagliente entra nel pezzo, è soggetto ad un carico. Il tipo di contatto corretto fra tagliente e materiale al momento dell'entrata e dell'uscita da un pezzo deve essere preso in considerazione per ottenere una fresatura soddisfacente.

### Fresatura concorde

Nella fresatura concorde, l'utensile avanza nella direzione di rotazione.

- La fresatura concorde è sempre preferibile in tutti i casi in cui la macchina utensile, il fissaggio ed il pezzo da lavorare lo consentano.
- Nella fresatura concorde periferica, lo spessore del truciolo diminuisce dall'inizio del taglio, raggiungendo gradualmente il valore zero alla fine del taglio. Questo evita al tagliente di "strisciare" contro la superficie prima di entrare nel pezzo.
- Lo spessore elevato del truciolo è vantaggioso e le forze di taglio tendono a spingere il pezzo all'interno della fresa, mantenendo il tagliente in presa.

#### Eccezioni in cui è preferibile la fresatura discorde:

- Tuttavia, poiché la fresa tende ad essere trascinata nel pezzo, l'avanzamento tavola della macchina deve essere assolutamente privo di gioco.
- Se l'utensile è attirato dal pezzo, l'avanzamento aumenta non intenzionalmente e questo può causare uno spessore eccessivo del truciolo e la rottura del tagliente.
- La fresatura discorde può essere vantaggiosa nei casi in cui vi siano ampie variazioni nella tolleranza di lavorazione.

**Nota:** quando si usano inserti ceramici in leghe resistenti al calore, la fresatura discorde è consigliata perché la ceramica è sensibile all'impatto al momento dell'entrata nel pezzo.

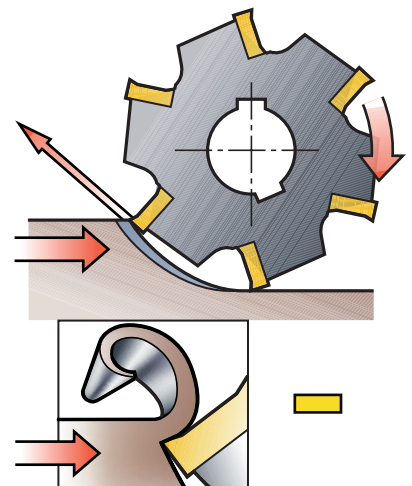
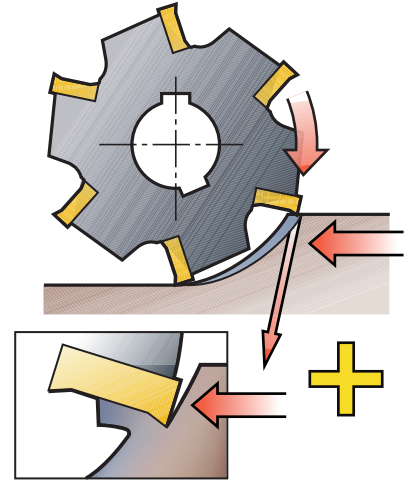
### Fresatura discorde

Nella fresatura discorde, la direzione di avanzamento dell'utensile è opposta alla sua rotazione.

- Lo spessore del truciolo inizia da zero ed aumenta verso la fine del taglio. Le forze di taglio tendono a spingere fresa e pezzo lontani l'uno dall'altra.
- Elevate sollecitazioni di trazione, indotte quando il tagliente si allontana dal pezzo, spesso provocano una rapida rottura del tagliente.
- Il tagliente deve essere "spinto" nella zona di taglio, creando così un effetto di strisciamento anomalo dovuto all'eccessivo attrito, alte temperature e, spesso, al contatto con una superficie incrudita prodotta dal tagliente precedente. Tutto questo riduce la durata del tagliente.
- Le forze, soprattutto radiali, tendono a sollevare il pezzo dalla tavola.
- Trucioli di elevato spessore all'uscita dal taglio riducono la durata del tagliente.
- Lo spessore elevato e la temperatura più alta all'uscita talvolta fanno sì che i trucioli si incollino o si saldino al tagliente, che quindi li trasporterà all'inizio del taglio successivo o causerà un temporaneo sgretolamento del tagliente.

### Fissaggi del pezzo

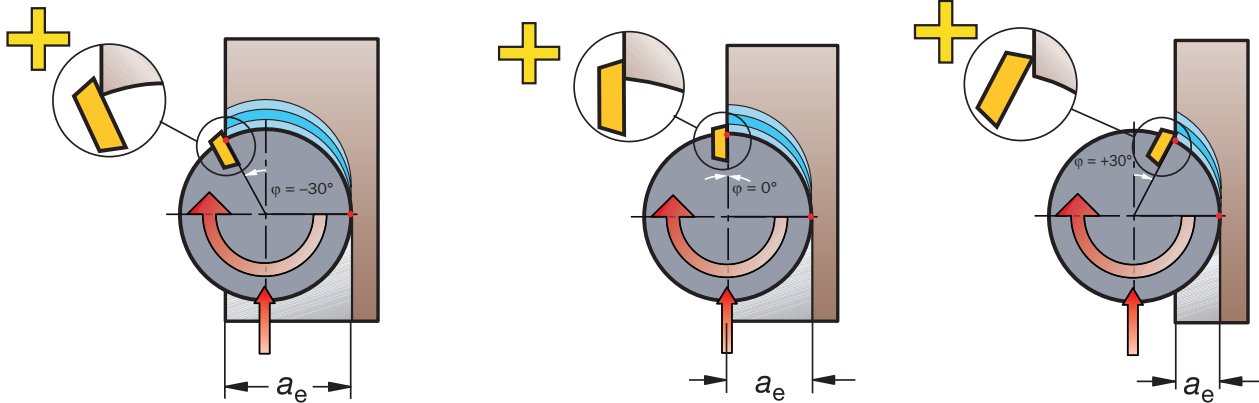
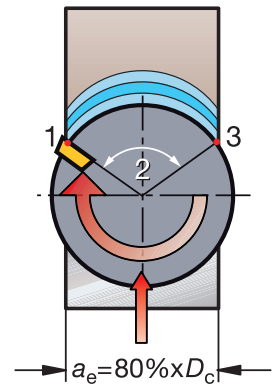
La direzione di avanzamento dell'utensile pone esigenze diverse rispetto al bloccaggio del pezzo. Nella fresatura discorde, deve resistere a forze di sollevamento. Nella fresatura concorde, deve resistere a forze di trazione.



## Formazione del truciolo in base alla posizione della fresa

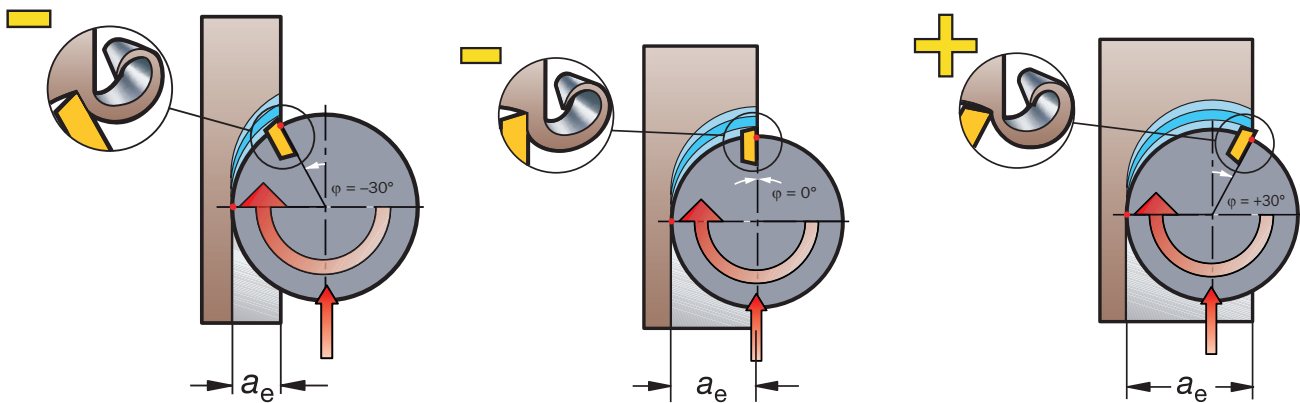
Il tagliente in direzione radiale entra a contatto con il pezzo in tre fasi distinte:

1. Entrata nel taglio
2. Arco in presa
3. Uscita dal taglio



### 1. Entrata nel taglio

- La meno sensibile fra le tre zone di taglio, quando vengono usati inserti di metallo duro.
- Il metallo duro sopporta bene le sollecitazioni di compressione all'impatto dell'entrata, producendo un truciolo di spessore più elevato.

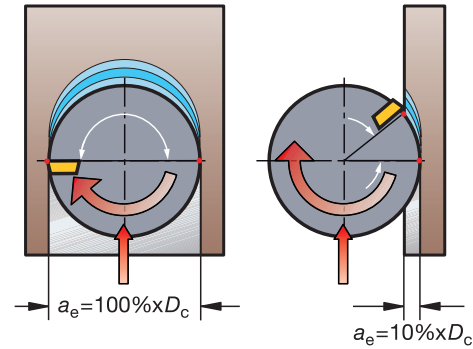


### 2. Uscita dal taglio

- L'uscita dal taglio è la più sensibile fra le tre zone di taglio.
- Un truciolo spesso provoca una drastica riduzione della durata del tagliente quando vengono usati inserti di metallo duro. Il truciolo non ha alcun supporto nel punto finale del taglio e tende a flettersi, generando una forza di trazione sul metallo duro, che può causare una frattura sul tagliente.

### 3. Arco in presa

- L'arco in presa massimo possibile è di  $180^\circ$  ( $a_e = 100\% D_c$ ) in caso di esecuzione di cave.
- Per la fresatura di finitura, l'arco può essere molto piccolo.
- I requisiti in termini di qualità sono molto diversi, a seconda della percentuale di impegno radiale,  $a_e/D_c$ .
- Più ampio è l'arco in presa, maggiore sarà il calore trasferito nel tagliente.
- Con un ampio arco in presa, le qualità con rivestimento CVD offrono la miglior barriera termica.
- Con un arco in presa piccolo, lo spessore del truciolo è normalmente inferiore, ed i taglienti molto affilati nelle qualità con rivestimento PVD generano meno calore e basse forze di taglio.



#### Arco in presa ampio (max.)

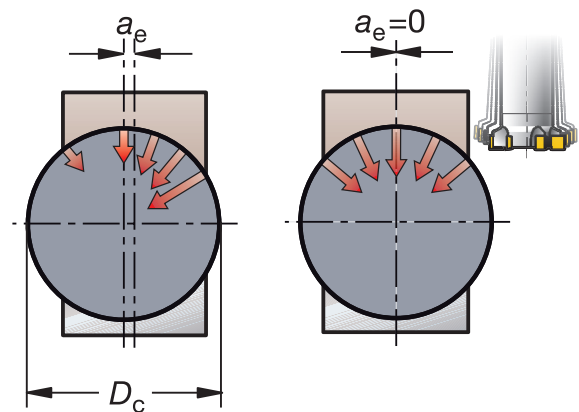
- Lunghi tempi di taglio
- Elevate forze radiali
- Maggior generazione di calore
- Qualità con rivestimento CVD

#### Arco in presa piccolo

- Tempi di taglio brevi e meno calore => maggiore  $v_c$
- Truciolo più sottile => maggior  $f_z$
- Possono essere applicati maggiori valori  $v_c$  e  $f_z$
- Taglienti affilati
- Qualità con rivestimento PVD

### Riepilogo delle posizioni della fresa

- Evitare trucioli di elevato spessore all'uscita.
- Non posizionare la fresa simmetricamente sull'asse.
- Spostando la fresa dal centro (a sinistra) si otterrà una direzione più costante e favorevole delle forze di taglio, riducendo al minimo la tendenza alle vibrazioni.
- Il diametro della fresa,  $D_c$ , deve essere del 20-50% maggiore della fascia fresata,  $a_e$ .
- Deve essere presa in considerazione anche la potenza del mandrino disponibile, poiché incide sulla scelta del passo.



- Il dia. della fresa  $D_c$  deve essere del +20-50% maggiore rispetto ad  $a_e$
- La fresa posizionata sull'asse può generare vibrazioni
- Spostare la fresa dal centro (a sinistra) per ottenere un truciolo di spessore più elevato in entrata.



## Entrata nel componente

Quando la fresa è programmata per un'entrata diretta nel pezzo, verranno prodotti trucioli di elevato spessore in uscita, finché la fresa non sarà interamente impegnata. Questo può ridurre drasticamente la durata del tagliente, soprattutto con gli acciai molto duri, il titanio e le leghe resistenti al calore.

Inoltre, da un punto di vista delle vibrazioni, è fondamentale entrare nel pezzo in modo graduale.

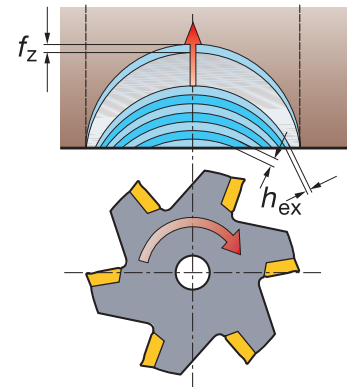
Ci sono due modi per risolvere questo problema:

### 1. Minor avanzamento

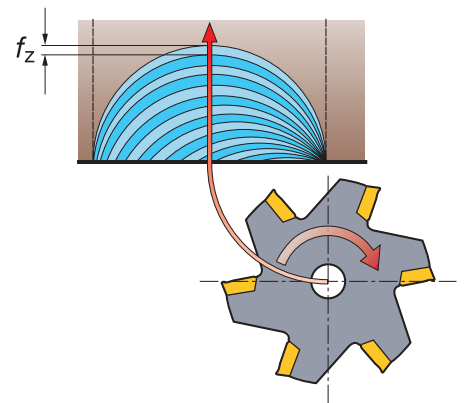
Ridurre l'avanzamento al 50% finché la fresa non è completamente impegnata.

### 2. Entrata indiretta nel taglio

Programmare un'entrata indiretta nel taglio secondo un movimento in senso orario (la rotazione in senso antiorario non risolve il problema dello spessore del truciolo). Con l'entrata indiretta, lo spessore del truciolo in uscita è sempre pari a zero, consentendo un maggior avanzamento e garantendo una maggiore durata del tagliente.



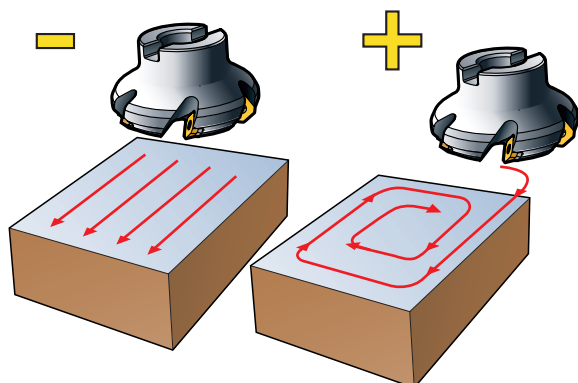
Truciolo di elevato spessore all'uscita del taglio finché la fresa non è completamente impegnata.



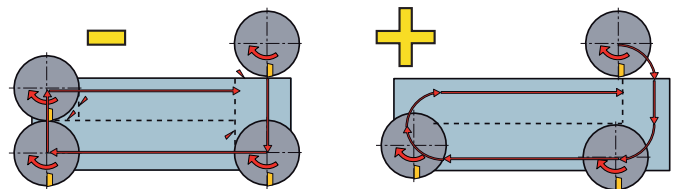
## Mantenere la fresa costantemente impegnata

Bruschi cambi di direzione in un taglio causano lo stesso problema provocato dall'entrata diretta nel pezzo.

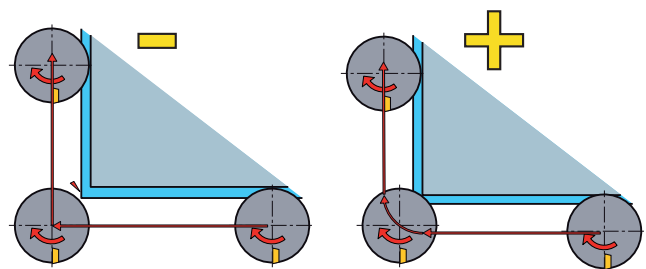
- L'interpolazione attorno agli angoli è un'operazione che deve essere sempre attuata per garantire un processo soddisfacente ed ottimizzato.
- La fascia fresata,  $a_e$ , deve essere pari al 70% di  $D_c$  per garantire la massima copertura dell'angolo.
- Mantenere la fresa costantemente impegnata.
- Programmare la lavorazione intorno ad interruzioni e fori, laddove possibile.



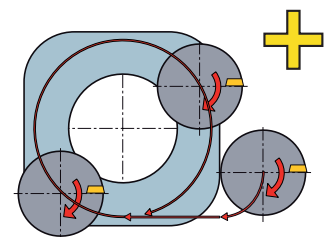
Mantenere la fresa costantemente impegnata.



Nella spianatura, i bruschi cambi di direzione della fresa generano trucioli di elevato spessore in uscita.



Nella fresatura periferica, ruotare intorno agli angoli esterni.



Programmare la lavorazione intorno a fori ed interruzioni.

## Fresatura dei raccordi

### Considerazioni

La lavorazione intorno ai raccordi richiede un'attenta considerazione dell'arco in presa della fresa adatto, oltre che della velocità di avanzamento appropriata.

- Quando la fresa viene fatta avanzare nei raccordi interni, l'arco in presa radiale aumenta e ciò richiede taglienti con prestazioni superiori.
- Spesso il processo diventa instabile, generando vibrazioni ed una lavorazione incerta.
- Forze di taglio non costanti spesso creano "intagli" nel raccordo.
- Esiste inoltre il rischio di sfaldamento dei taglienti o la rottura completa dell'utensile.

### Rimedio: limitare l'arco in presa

Usando un raggio programmato (fresatura circolare) per ridurre l'arco in presa e la passata radiale, la tendenza alle vibrazioni si riduce, consentendo maggiori profondità di taglio e velocità di avanzamento.

- Fresare un raggio di punta maggiore rispetto a quello indicato in figura. Questo può talvolta essere favorevole, poiché consente l'uso di una fresa di diametro maggiore nella sgrossatura, che garantisce una elevata produttività.
- Alternativamente, usare una fresa  $D_c$  più piccola per fresare il raggio di punta desiderato.

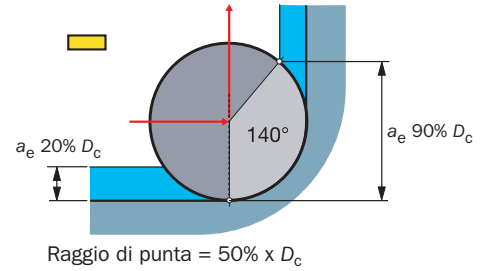
### Sgrossatura

Un raggio programmato del  $50\% D_c$  è ottimale.

### Finitura

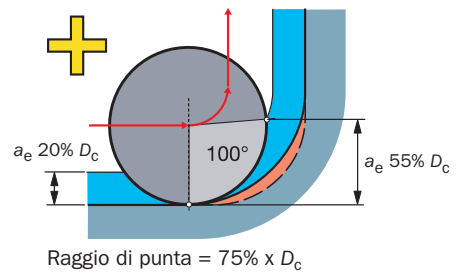
Per la finitura, non è sempre possibile avere un raggio così ampio; tuttavia, il diametro della fresa non deve essere superiore a  $1,5$  x il raggio del componente (ad esempio raggio di punta  $10\text{ mm} = \text{max. } 15\text{ mm}$ ).

### Il problema



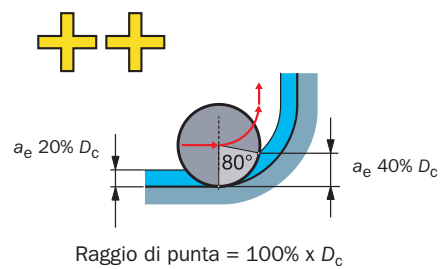
Fresatura tradizionale di raccordi

### Rimedio n° 1



Fresare un raggio maggiore del componente

### Rimedio n° 2



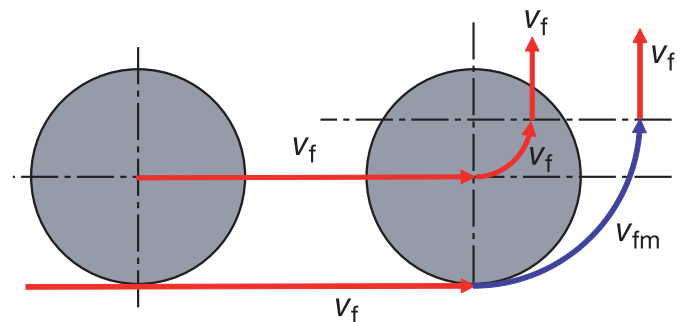
Usare una fresa più piccola

## Programmazione

### Asse o avanzamento periferico

Una macchina è progettata per l'avanzamento lungo l'asse  $v_f$ , (senza compensazione del raggio) o l'avanzamento periferico,  $v_{fm}$  (con compensazione del raggio).

Se la macchina richiede un avanzamento lungo l'asse ed invece è stato programmato l'avanzamento periferico (su macchine senza compensazione del raggio), il valore  $f_z$  diventerà troppo elevato, con il conseguente rischio di rottura dell'inserto.



L'asse,  $v_f$ , o avanzamento periferico,  $v_{fm}$ .

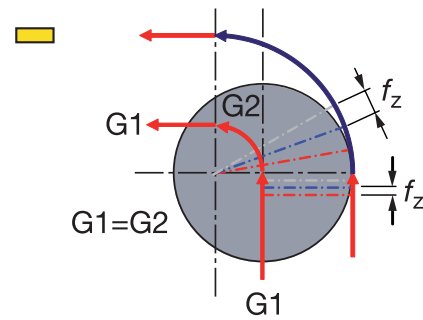
## Programmazione dell'avanzamento lungo l'asse

I codici NC generati programmano il centro della fresa invece della periferia.

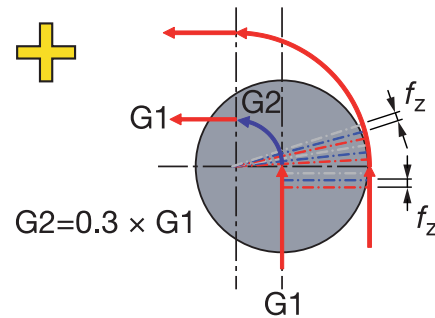
Per un taglio lungo una linea retta (G1), l'avanzamento alla parete del componente,  $v_{fm}$ , è lo stesso rispetto all'avanzamento programmato,  $v_f$ , mentre l'avanzamento periferico intorno ad un raggio (G2) sarà maggiore dell'avanzamento del centro dell'utensile. Pertanto l'avanzamento della tavola,  $v_f$ , deve essere ridotto per mantenere l'avanzamento per dente,  $f_z$ .

Un fattore di riduzione si trova nella tabella e dipende da:

- Diametro di taglio rispetto al raggio del componente –  $D_c/rad_m$
- Impegno radiale –  $a_e/D_c$



Senza riduzione dell'avanzamento lungo l'asse  $f_z$  aumenta in corrispondenza dei raccordi.



Con la riduzione dell'avanzamento lungo l'asse.

## Riduzione dell'avanzamento lungo l'asse

$D_c/rad_m$	Valore del fattore di riduzione per l'avanzamento nei raccordi ( $k$ )									
	$a_e/D_c$									
	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95
2.00	0.22	0.34	0.40	0.45	0.48	0.53	0.60	0.67	0.75	0.86
1.80	0.30	0.34	0.42	0.46	0.50	0.53	0.60	0.67	0.75	0.86
1.60	0.44	0.42	0.44	0.49	0.53	0.56	0.60	0.67	0.75	0.86
1.40	0.55	0.54	0.54	0.52	0.56	0.59	0.62	0.67	0.75	0.86
1.20	0.63	0.64	0.64	0.64	0.62	0.65	0.63	0.71	0.75	0.86
1.00	0.71	0.72	0.72	0.73	0.74	0.62	0.77	0.79	0.83	0.86
0.80	0.78	0.79	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.87	0.89	0.94
0.60	0.84	0.85	0.86	0.86	0.87	0.88	0.90	0.91	0.93	0.96
0.40	0.90	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.98
0.20	0.95	0.96	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99

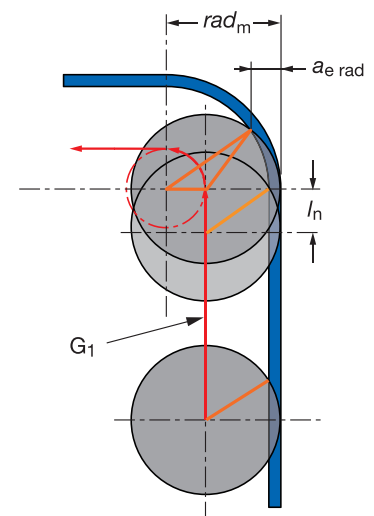
$$v_f \text{ ridotto} = k \times v_f$$

## Riduzione dell'avanzamento prima di un raccordo

Ridurre l'avanzamento prima di raggiungere il raccordo è particolarmente importante soprattutto quando si fresa ad elevate velocità.

Poiché la fresa avanza ancora in linea retta verso la fine della linea G1, l'arco in presa inizia ad aumentare. Pertanto, l'avanzamento deve essere ridotto prima di raggiungere l'arco, ossia entro il campo pari a  $50\% \times D_c$ .

Un sistema di controllo della macchina con una funzione di "look ahead" avanzata gestisce automaticamente i cambiamenti della velocità di avanzamento.



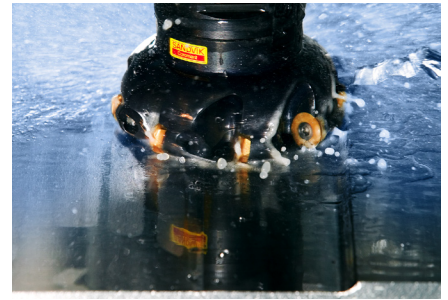
Ridurre l'avanzamento alla distanza:  $l_n = 50\% \text{ di } D_c$

## Fresatura a secco o con fluido da taglio

L'operazione di fresatura è un processo intrinsecamente interrotto. Questo fa sì che le temperature generate sul tagliente varino costantemente fra diversi gradi di caldo (~1000 °C) e freddo.

### Effetto del fluido da taglio

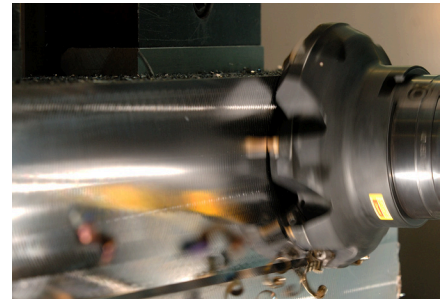
- Le variazioni di temperatura sono esacerbate quando il tagliente entra ed esce dal taglio.
- Il tagliente è pertanto soggetto a shock termici e a sollecitazioni cicliche che possono generare microfessurazioni e, nei casi peggiori, portare ad una considerevole riduzione della durata effettiva degli utensili.
- Maggiore è la temperatura nella zona di taglio, meno è adatto l'uso di fluido da taglio. Nelle operazioni di finitura, l'applicazione di fluido da taglio non riduce la durata del tagliente come nella sgrossatura grazie al livello contenuto di generazione di calore.



Microfessurazioni termiche sul tagliente

### La fresatura a secco prolunga la durata del tagliente

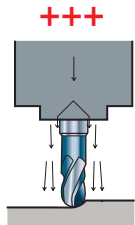
- Nella fresatura a secco, si verificano variazioni di temperatura, che tuttavia rimangono entro le specifiche della qualità di metallo duro.
- Le operazioni di sgrossatura devono sempre essere eseguite a secco.



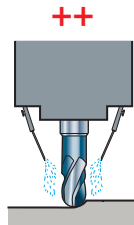
### Eccezioni in cui può essere giustificato l'uso di fluido da taglio

- Finitura di acciaio inossidabile ed alluminio:
  - per evitare l'incollamento di particelle di metallo nella struttura superficiale.
- Fresatura di leghe resistenti al calore a basse velocità di taglio:
  - per lubrificare e raffreddare il componente.
- Fresatura nella ghisa:
  - per assorbire ed eliminare la polvere per motivi ambientali, sanitari e di qualità del componente.
- Fresatura di componenti con pareti sottili:
  - per evitare la distorsione geometrica.
- I sistemi di microlubrificazione, ad esempio aria compressa con una piccola quantità di olio speciale, possono essere attuati per agevolare l'evacuazione del truciolo nelle cavità profonde.

Aria compressa

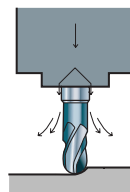


Olio nebulizzato



Nei sistemi di microlubrificazione la quantità di olio nebulizzato è pari a pochi ml per ora e viene evacuata tramite il normale sistema di ventilazione filtrato.

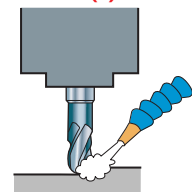
+



Abbondante flusso interno

Fluido da taglio

(-)



Flusso esterno

Se occorre eseguire la fresatura a umido, usare fluido da taglio in abbondanza.

## Generazione di superfici

### Superficie generata assialmente

Nella spianatura assiale, la superficie è generata dalla "fascetta" parallela,  $b_s$ . A seconda della tolleranza assiale e del runout della fresa, l'inserto con la posizione più bassa genererà la finitura superficiale.

Per generare una buona superficie, è importante garantire che l'avanzamento per giro ( $f_n = f_z \times z_n$ ) sia inferiore all'80% di  $b_s$ .

Le frese con passi stretti aumentano l'avanzamento per giro. Maggiore è il diametro della fresa, maggiore è  $f_n$  e richiede un maggior valore  $b_s$ .

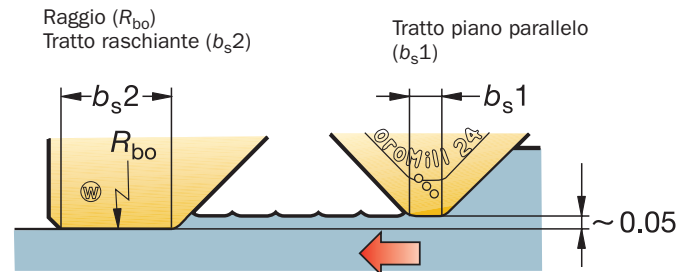
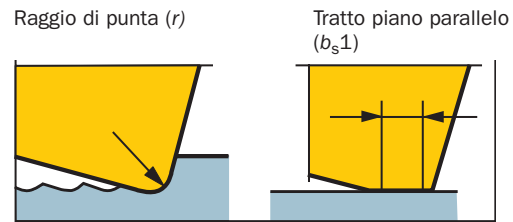
Non appena l'avanzamento per giro eccede la larghezza di questo tratto, il runout assiale della fresa incide sul profilo superficiale.

Per ottenere la miglior finitura superficiale, usare:

- Inserti raschianti o per fresatura con  $b_s$  maggiore almeno del 25% di  $f_n$
- Inserti cermet per finitura a specchio
- Fluido da taglio per evitare l'incollamento.

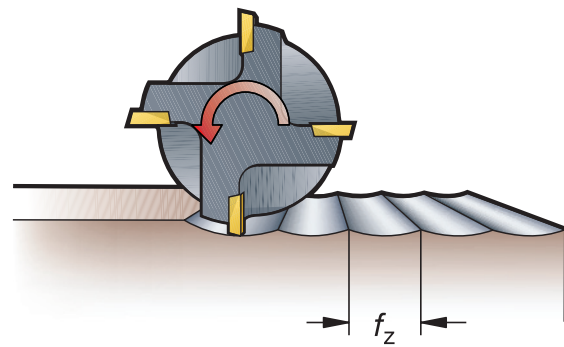
Gli inserti rotondi, o gli inserti con un grande raggio di punta, sebbene estremamente produttivi, non generano un'elevata qualità superficiale. Maggiore è il diametro della fresa, più scarsa sarà la finitura superficiale.

Per ulteriori informazioni sulla fresatura di finitura con inserti raschianti, vedere la sezione Spianatura a pagina D 64.



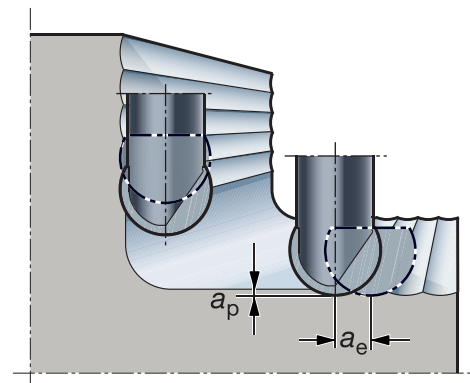
### Superficie generata assialmente

Quando si usa una fresa a candela, una fresa per spallamenti o una fresa a disco, si genera una superficie radiale. Per ulteriori informazioni, vedere la sezione Fresatura di spallamenti, Contornatura, a pagina D 51.



### Generazione di una superficie sculturata

Quando si usa una fresa a candela con testa sferica, viene generata una superficie sculturata. Per ulteriori informazioni, vedere la sezione Profilatura a pagina D 78.

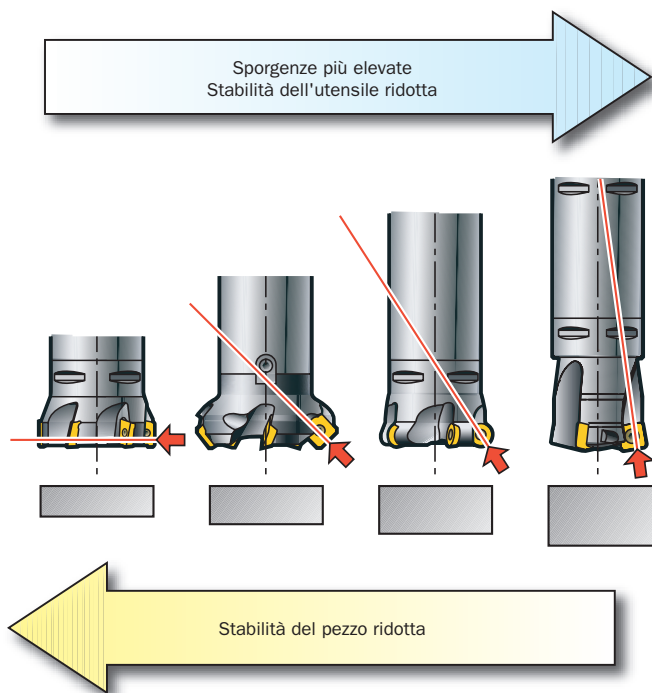


## Come ridurre le vibrazioni

Le vibrazioni possono generarsi a causa delle limitazioni dell'utensile, del portautensile, della macchina, del pezzo o del fissaggio.

### L'utensile da taglio

- Per la spianatura, occorre prendere in considerazione la direzione delle forze di taglio:
  - Con una fresa con  $\kappa_r$  90° le forze dominanti si concentrano in direzione radiale. Questo crea una flessione della fresa alle sporgenze elevate, tuttavia, la ridotta forza assiale è vantaggiosa quando si fresano componenti con pareti sottili e sensibili alle vibrazioni.
  - Le frese con  $\kappa_r$  45° generano forze assiali e radiali distribuite uniformemente.
  - Le frese con inserto rotondo dirigono la maggior parte delle forze lungo il mandrino, soprattutto in caso di ridotte profondità di taglio. Inoltre, CoroMill 210 con  $\kappa_r$  10° trasmette le forze principalmente all'interno del mandrino, riducendo le vibrazioni generate da lunghe sporgenze dell'utensile.
- Selezionare il diametro più piccolo possibile per l'operazione
- $D_c$  deve essere del 20-50% maggiore di  $a_e$
- Scegliere una fresa a passo largo e/o differenziato.
- Una fresa dal peso contenuto è vantaggiosa, ad esempio CoroMill Century con corpo in alluminio.

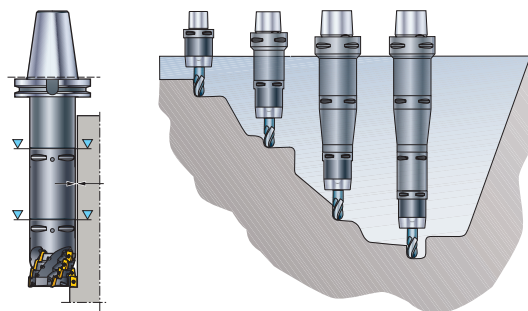


In caso di sporgenze lunghe dell'utensile, usare un piccolo angolo di registrazione = elevata forza di taglio assiale. Con pezzi instabili e dalle pareti sottili, usare un grande angolo di registrazione = ridotta forza di taglio assiale.

### Il portautensile

Il sistema di portautensili modulare Coromant Capto® consente di comporre gli utensili alla lunghezza desiderata, mantenendo elevata stabilità e runout minimo.

- Mantenere l'assieme utensile il più corto e rigido possibile.
- Scegliere l'adattatore con diametro/dimensione più grande possibile.
- Usare adattatori Coromant Capto con frese di grandi dimensioni per evitare adattatori di riduzione, vedere la figura.
- Per piccole frese, usare un adattatore conico laddove possibile.
- Nelle operazioni in cui la passata finale avviene nella parte più profonda del componente, passare agli utensili prolungati in posizioni predeterminate, vedere la figura. Adattare i dati di taglio a ciascuna lunghezza utensile.
- Per velocità del mandrino superiori a 20.000 giri/minuto, usare utensili e portautensili bilanciati.



Le frese di grandi dimensioni consentono di usare la dimensione massima dell'accoppiamento.

Impiegare sempre l'utensile con la più piccola lunghezza possibile. Estendere la lunghezza successivamente.

### Frese antivibranti Silent Tools

Per sporgenze superiori a 4 volte il diametro dell'utensile, la tendenza alle vibrazioni può diventare evidente. Le frese antivibranti Silent Tools possono aumentare drasticamente la produttività. Per ulteriori informazioni, vedere la sezione Portautensili, capitolo G.



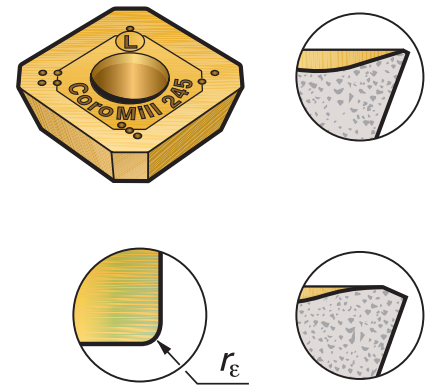
## Il tagliente

Per ridurre al minimo la forza di taglio:

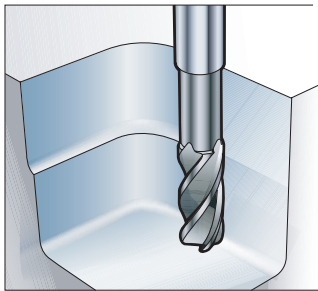
- Scegliere una geometria di taglio leggera, -L, con un tagliente affilato ed una qualità con un rivestimento sottile.
- Ridurre le forze di taglio usando inserti con piccoli raggi di punta ridotti e tratti piani paralleli.

Talvolta, può essere necessario aggiungere un sistema antismorzamento può ridurre la tendenza alle vibrazioni:

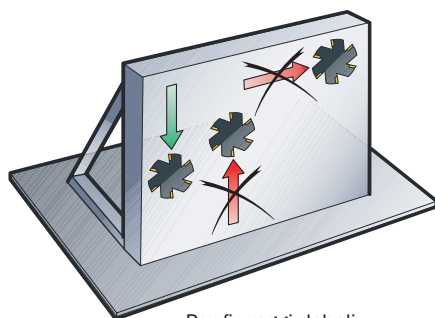
- Usare una geometria del tagliente più negativa ed un tagliente leggermente "usurato".



## Programmazione dei dati di taglio e del percorso dell'utensile



- Posizionare sempre il tagliente in posizione non centrata rispetto alla superficie fresata.
- Con frese per contornatura con  $\kappa_r$  90° o frese a candela, usare un impegno radiale limitato, max.  $a_e = 25\% D_c$  e un elevato taglio assiale, max.  $a_p = 100\% D_e$ .
- Nella spianatura, usare una profondità di taglio ridotta,  $a_p$ , ed un avanzamento elevato,  $f_z$ , con inserti rotondi o frese ad elevato avanzamento con piccoli angoli di registrazione.
- Evitare le vibrazioni nei raccordi programmando un ampio raggio del percorso, vedere la sezione Fresatura dei raccordi a pagina D 26.
- Se lo spessore del truciolo si riduce troppo, il tagliente striscerà invece di tagliare, causando delle vibrazioni. In questi casi, aumentare l'avanzamento per dente.



Per fissaggi deboli, direzione di avanzamento verso la tavola della macchina

## La macchina utensile

Le condizioni della macchina possono influire notevolmente sulla tendenza alle vibrazioni. Un'usura eccessiva sul cuscinetto del mandrino o sul meccanismo di avanzamento causa prestazioni di lavorazione insoddisfacenti.

- Scegliere metodi di lavorazione e direzioni della forza di taglio in modo tale da sfruttare appieno la stabilità della macchina.

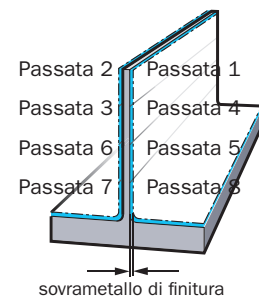
Ogni mandrino della macchina ha zone naturali soggette a vibrazione. Le zone di taglio stabili sono definite "lobi di stabilità" ed aumentano man mano che aumentano i giri al minuto.

- Anche piccoli aumenti di soli 50 giri/min possono rendere stabile un processo instabile e con vibrazioni.

## Pezzo e suo bloccaggio

Nel fresare componenti con parete/base sottile e/o quando il fissaggio è debole:

- Il bloccaggio deve sempre essere vicino alla tavola della macchina.
- Ottimizzare il percorso dell'utensile e la direzione di avanzamento verso il nodo più forte della macchina/bloccaggio per ottenere le condizioni di taglio più stabili possibile.
- Evitare la lavorazione in direzioni in cui il pezzo è scarsamente supportato.
- La fresatura discorde può ridurre la tendenza alle vibrazioni nei casi in cui bloccaggio e/o pezzo siano deboli in una direzione specifica.



Si noti che la prima passata deve essere eseguita a metà profondità della seconda, terza, ecc. Per informazioni più dettagliate, vedere la sezione Fresatura di spallamenti a pagina D 52.

# P Fresatura di acciaio

La lavorabilità dell'acciaio varia a seconda degli elementi leganti, del trattamento termico e del processo di fabbricazione (forgiatura, fusione, ecc.)

Per informazioni più dettagliate sui materiali e classificazioni, consultare la sezione Materiali, capitolo H.

Per informazioni sui dati di taglio consigliati, consultare il Catalogo generale.

## Problemi principali

- Negli acciai dolci, a basso tenore di carbonio, la formazione di tagliante di riporto e di bave sono i problemi principali.
- Negli acciai più duri, il posizionamento della fresa diventa più importante per evitare la scheggiatura.

## Frese ed inserti adatti

- La maggior parte delle frese CoroMill è adatta alla lavorazione dell'acciaio ed è disponibile con un'ampia gamma di qualità e geometrie di inserti.
- Si noti che CoroMill Century (con corpo in acciaio) e CoroMill 790, originariamente sviluppati per l'alluminio, offrono prestazioni molto buone anche per la finitura dell'acciaio con le qualità GC1010 e GC1030.
- Gli unici utensili non adatti all'acciaio sono le frese AUTO specifiche per la ghisa grigia.
- Geometrie PL, PM, PH e WL, WM, WH
- La serie GC4200 di qualità con rivestimento MT-CVD sono la scelta di base. Tuttavia, per frese con diametro inferiore a  $D_c$  32 mm e per frese per spallamenti,  $\kappa=90^\circ$ , la qualità GC1030 è la scelta prioritaria.
- Per gli acciai più duri, usare le qualità GC1030 e GC1010.



Velocità di taglio  $v_c$   
m/min

400			
350			
300	GC4220		
250	GC1030	GC4220	
200	GC4230	GC4230	GC4220
150	GC4240	GC1030	GC4230
100		GC4240	GC1030
50			
0			
	60 – 240	241 – 330	> 330

Consigli su velocità di taglio e qualità in base alla durezza del materiale

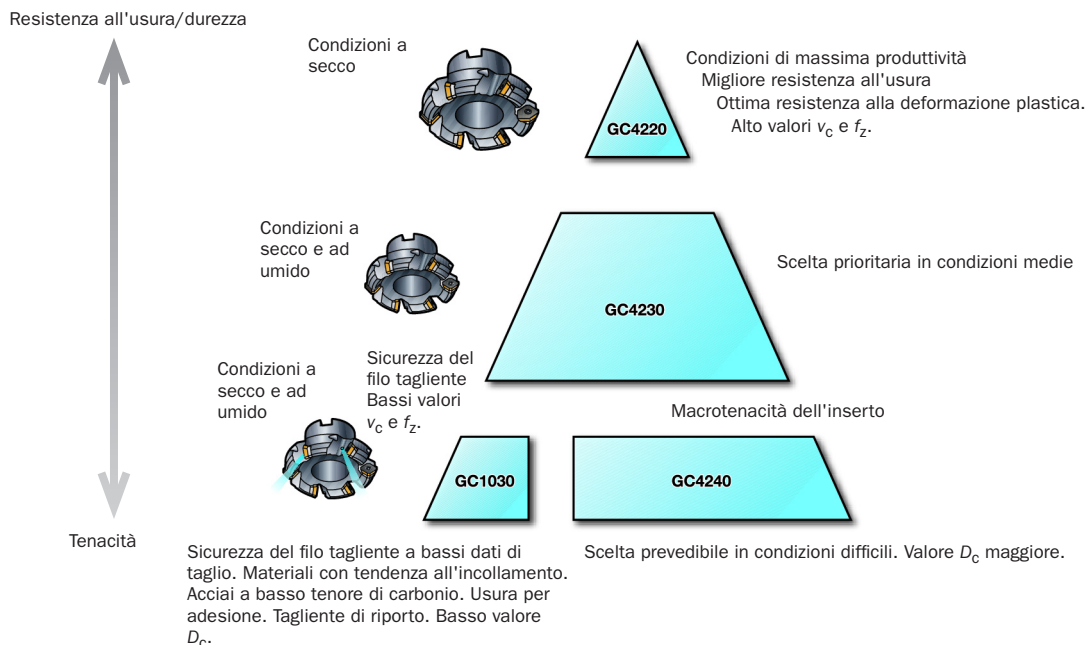
## Suggerimenti applicativi

Tutti i consigli forniti nelle pagine precedenti delle Informazioni preliminari valgono per la fresatura di acciaio.

Le raccomandazioni, quali il posizionamento della fresa per evitare trucioli di elevato spessore in uscita o l'indicazione di fresare sempre a secco, senza fluido da taglio, devono essere sempre tenute a mente, soprattutto nelle operazioni di sgrossatura.



### Linee guida per l'impiego delle qualità nelle operazioni di spianatura



### Linee guida per l'impiego delle qualità nella fresatura a candela con CoroMill® 490, CoroMill® 390, CoroMill® 316

Massima produttività quando l'usura per caratterizzazione e la resistenza alla deformazione plastica costituiscono meccanismi di usura cruciali.

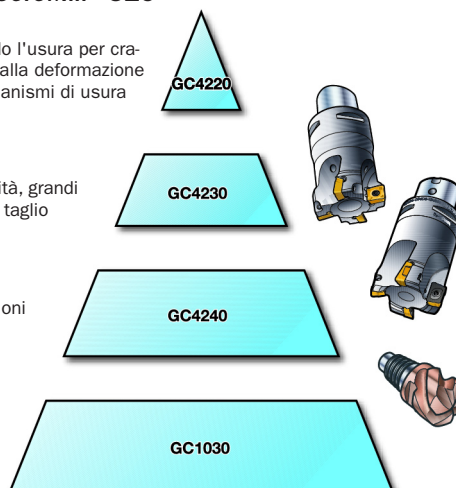
Scelta per elevata produttività, grandi profondità di taglio e dati di taglio elevati.

Scelta prioritaria per condizioni medie.

Scelta prioritaria in tutte le condizioni.

**Resistenza all'usura/durezza**

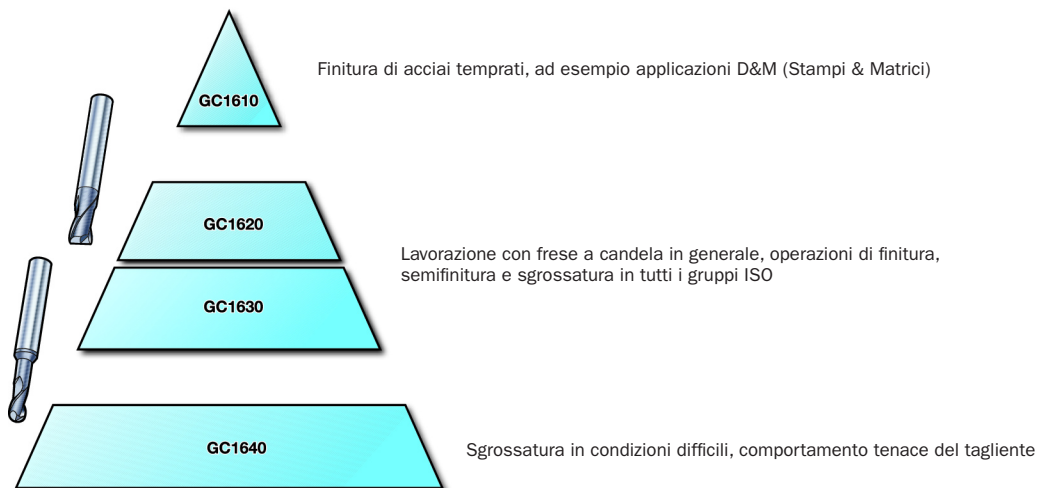
**Tenacità**



### CoroMill® Plura

**Resistenza all'usura/durezza**

**Tenacità**



# M Fresatura di acciaio inossidabile

La lavorabilità dell'acciaio inossidabile varia a seconda degli elementi leganti, del trattamento termico e del processo di fabbricazione (forgiatura, fusione, ecc.)

Per informazioni più dettagliate sui materiali e classificazioni, consultare la sezione Materiali, capitolo H. Per informazioni sui dati di taglio consigliati, consultare il Catalogo generale.

## Ferritico/martensitico

**Classificazione del materiale: P5.x**

Gli acciai inossidabili ferritici e martensitici ricotti hanno una lavorabilità comparabile a quella degli acciai debolmente legati, pertanto è possibile fare riferimento alle indicazioni di lavorazione per la fresatura dell'acciaio.

## Acciaio inossidabile austenitico e duplex

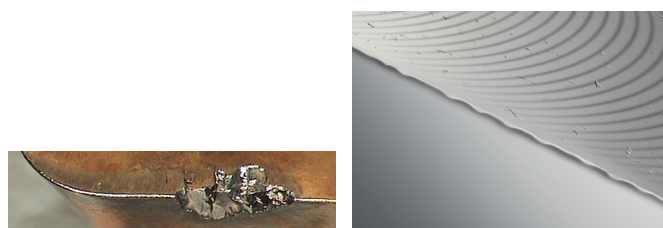
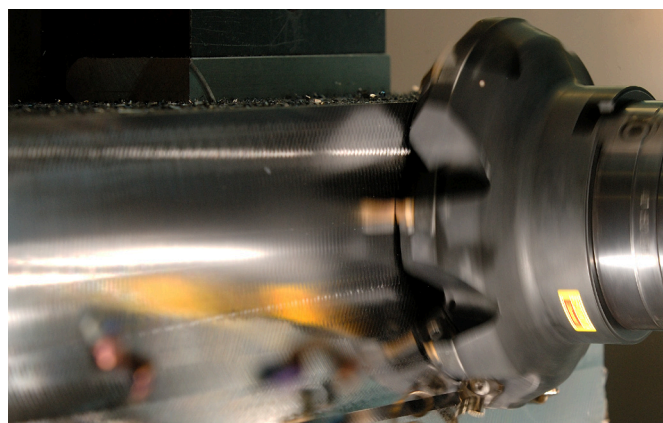
**Classificazione del materiale: M1.x, M2.x e M3.x**

### Problemi principali

- I criteri di usura dominanti in caso di fresatura di acciai inossidabili austenitici e duplex sono: scheggiatura dei taglienti dovuta a microfessurazioni termiche, usura ad intaglio e tagliente di riporto/incollamento.
- Sul componente, la formazione di bave e la finitura superficiale sono i problemi principali.

### Frese ed inserti adatti

- La maggior parte delle frese CoroMill può essere usata con acciai inossidabili austenitici e duplex semplicemente scegliendo una geometria ed una qualità dell'inserto specifici.
- Nella spianatura, CoroMill 245 e CoroMill 300 sono più adatte di CoroMill 345 e CoroMill 200, grazie alla geometria di taglio più positiva.
- Usare frese con inserti rotondi o angoli di registrazione piccoli per ridurre al minimo l'usura ad intaglio.
- Usare geometrie d'inserto positive (-ML, -WL).
- GC2030 (PVD) è la scelta prioritaria.
- GC2040 (MT-CVD) è la qualità complementare per le condizioni difficili e l'acciaio inossidabile, dove è preponderante l'usura abrasiva.
- GC1030 (PVD) è la scelta universale per la produzione mista (ISO P, M e S)
- Qualora compaiano microfessurazioni termiche, passare ad una qualità più dura/resistente all'usura, ad esempio da GC2040 a GC2030.
- Per CoroMill Plura, la qualità GC1630 è la scelta di base e GC1640 è una scelta complementare in caso di maggiori esigenze di tenacità e necessità di fluido da taglio interno.



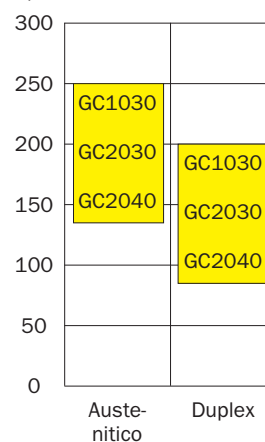
Scheggiatura sull'inserto.

Formazione di bave e finitura superficiale insoddisfacente.



Microfessurazioni termiche dovute al fluido da taglio

Velocità di taglio  $v_c$   
m/min



## Suggerimenti applicativi

### Sgrossatura

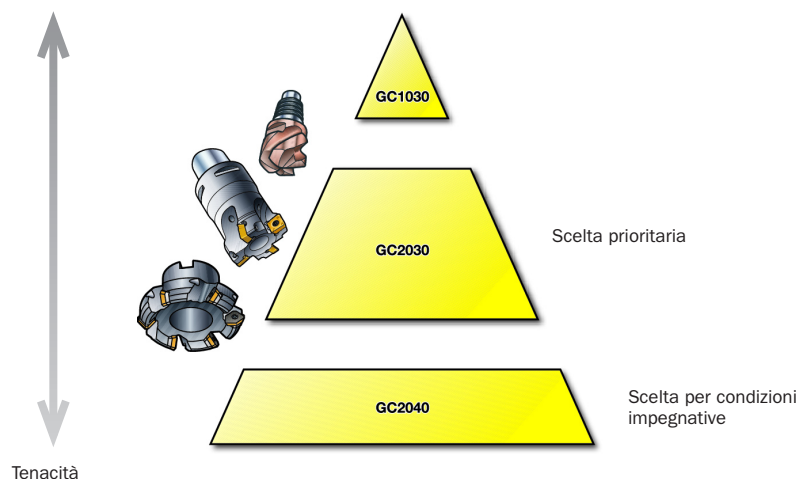
- Usare elevate velocità di taglio ( $v_c = 150-250$  m/min) per evitare la formazione di tagliente di riporto.
- Nella sgrossatura, lavorare sempre a secco, senza fluido da taglio, per ridurre al minimo i problemi di microfessurazione termica.

### Finitura

- Nella finitura, il fluido da taglio, o preferibilmente refrigerante nebulizzato/lubrificazione minima, sono talvolta necessari per migliorare la finitura superficiale. Vi sono meno problemi relativi alle microfessurazioni nella fresatura di finitura, poiché il calore generato nella zona di taglio è minore.
- Con una qualità Cermet, CT530, è possibile ottenere una finitura superficiale sufficiente senza fluido da taglio.
- Un avanzamento,  $f_z$ , troppo ridotto può provocare una maggiore usura dell'inserto poiché il tagliente asporta il truciolo nella zona incrudita dalla deformazione.

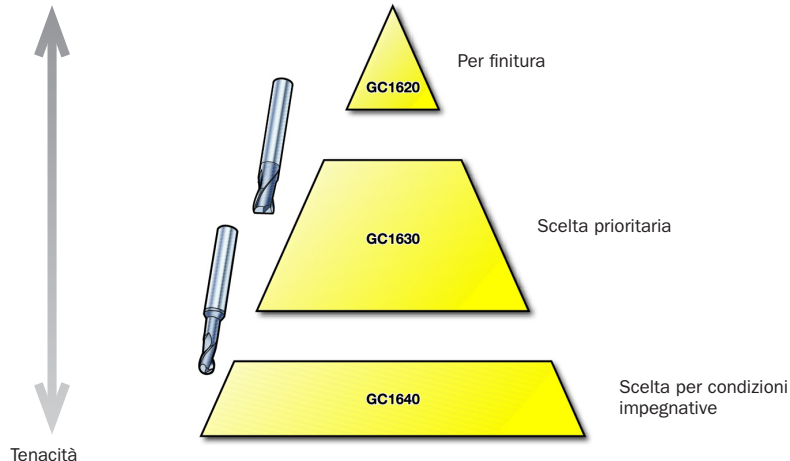
### Frese ad inserti multitaglienti CoroMill®

Resistenza all'usura/durezza



### CoroMill® Plura

Resistenza all'usura/durezza



# K Fresatura di ghisa

La ghisa può essere suddivisa nelle seguenti tipologie: mal-leabile, grigia, nodulare, Ghisa a Grafite Compatta (CGI), Ghisa Nodulare Austemperata (ADI).

Per informazioni più dettagliate sui materiali e classificazioni, consultare la sezione Materiali, capitolo H. Per informazioni sui dati di taglio consigliati, consultare il Catalogo generale.

## Ghisa grigia

**Classificazione del materiale: K2.x**

### Problemi principali

- I criteri di usura predominanti nella fresatura di ghisa grigia sono l'usura abrasiva sul fianco e le microfessurazioni termiche.
- Sul componente, le scheggiature sul lato di uscita della fresa del pezzo ed i problemi di finitura superficiale sono i principali inconvenienti.

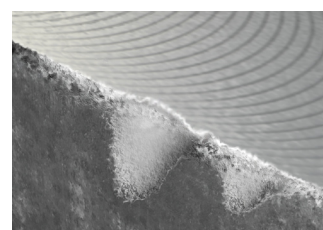
### Frese ed inserti adatti

Esistono diverse frese sviluppate principalmente per la fresatura di ghisa grigia:

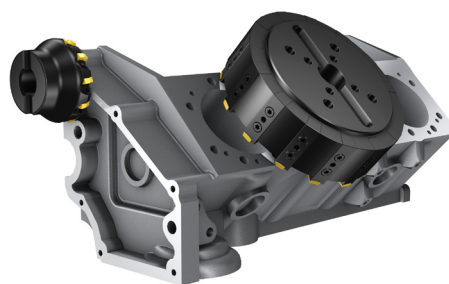
- Fresa generica CoroMill 365.
- Fresa per sgrossatura AUTO R
- Fresa regolabile per finitura AUTO-AF
- Fresa non regolabile per finitura AUTO-FS. In alternativa, sono disponibili le cassette CoroMill 245 per i corpi di frese AUTO-AF.
- Gli inserti raschianti, vedere pagina D 64, sono disponibili per tutte le frese sopra illustrate.
- Anche la maggior parte delle altre frese CoroMill può essere usata con la ghisa grigia: è sufficiente scegliere geometria e qualità specifiche.
- CoroMill 345 è una buona scelta per la produzione mista di acciaio e ghisa.
- Usare geometrie K, -KL, -KM, -KH e -KW (raschianti).
- Per consigli sulle qualità per le frese con inserti multi-taglienti, vedere i Suggerimenti applicativi indicati di seguito.
- Per le frese a candela integrali in metallo duro CoroMill Plura, la qualità GC1620 e per CoroMill 316 la qualità GC1030, sono le scelte di base.



Usura tipica dell'inserto



Scheggiature sul componente



## Suggerimenti applicativi

### Sgrossatura

- Lavorare preferibilmente a secco, senza fluido da taglio, per ridurre al minimo i problemi di microfessurazione termica. Usare inserti di metallo duro con rivestimenti di elevato spessore. GC3040 è la scelta prioritaria e GC3220 ottimizzata per le velocità più alte.
- Se la sbordatura del pezzo è un problema
  - controllare l'usura sul fianco
  - ridurre l'avanzamento,  $f_z$ , per ridurre lo spessore del truciolo.
  - usare una geometria più positiva, -KL



- Se occorre usare fluido da taglio per evitare polvere e problemi analoghi, scegliere le qualità per la fresatura ad umido. K20W è la scelta di base e K15W e GC3040 sono qualità complementari.
- Il metallo duro rivestito è sempre la scelta prioritaria, ma è possibile anche usare la ceramica (CC6190). Si noti che la velocità di taglio,  $v_c$ , deve essere molto elevata, superiore a 800 m/min. La formazione di bave sul pezzo limita la velocità di taglio. Non utilizzare fluido da taglio.

#### Finitura

- Usare inserti di metallo duro con rivestimenti sottili oppure un metallo duro senza rivestimento: GC3220 in condizioni a secco e K15 W ad umido.
- Il nitruro di boro cubico (CB50) può essere utilizzato per la finitura ad elevate velocità con ghisa grigia. Non utilizzare fluido da taglio.

## Ghisa nodulare

### Classificazione del materiale: K3.x

#### Ghisa nodulare ferritica e ferritica/perlitica

La lavorabilità della ghisa nodulare ferritica è molto simile a quella dell'acciaio debolmente legato. Pertanto, devono essere seguiti i consigli sulla fresatura forniti per i materiali ISO P in merito alla selezione di utensili, geometrie geometrie e qualità degli inserti. La qualità di scelta prioritaria è GC1020.

#### Ghisa nodulare perlitica

È più abrasiva, pertanto sono consigliate le qualità ISO K.

## Ghisa a Grafite Compatta (CGI)

### Classificazione del materiale: K4.x

#### Contento perlitico inferiore al 90%

Questo tipo di CGI, che spesso ha una struttura perlitica dell'80% circa, è il più comunemente soggetto a fresatura. Componenti tipici sono blocchi motore, teste del cilindro e collettori di scarico.

I consigli relativi alla fresa sono gli stessi della ghisa grigia. Tuttavia, è opportuno selezionare geometrie dell'inserto più affilate e positive, ad esempio -KX e -KL per frese AUTO-R per ridurre al minimo la formazione di bave sul componente.

La qualità di scelta prioritaria è GC1020.

GC1020 è la scelta di base per le condizioni sia a secco sia ad umido.

Un'alternativa per le condizioni a secco è K20D e K20W per le condizioni ad umido.

La fresatura circolare può essere un ottimo metodo alternativo rispetto alla barenatura convenzionale nella CGI.

## Ghisa Nodulare Austemperata (ADI)

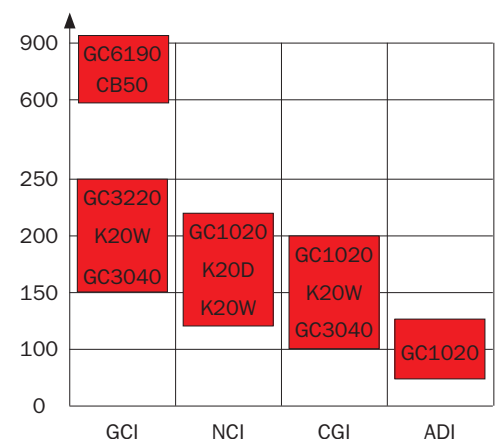
### Classificazione del materiale: K5.x

La sgrossatura viene normalmente eseguita in condizioni non temprata e può essere raffrontata alla fresatura di un acciaio fortemente legato.

L'operazione di finitura, tuttavia, viene eseguita sul materiale temprato, che è molto abrasivo. Questa operazione è paragonabile alla fresatura di acciai temprati, ISO H. Le qualità con elevata resistenza all'usura abrasiva sono preferibili. GC1020 è la scelta prioritaria per le condizioni a secco e ad umido; la qualità complementare per materiali ADI più duri è GC1010.

Rispetto all'NCI, la durata del tagliente dei materiali ADI è ridotta a circa il 40% e le forze di taglio sono del 40% circa maggiori.

Velocità di taglio  $v_c$   
m/min



# N Fresatura di alluminio

La lavorabilità dell'alluminio si differenzia soprattutto in base al contenuto di Si. Il tipo ipoeutettico è il più comune, con un contenuto di Si inferiore al 13%.

Il gruppo di materiali ISO N comprende non solo l'alluminio, ma anche leghe a base di magnesio, rame e zinco. Per informazioni più dettagliate sui materiali e classificazioni, consultare la sezione Materiali, capitolo H. Per informazioni sui dati di taglio consigliati, consultare il Catalogo generale.

## Alluminio con contenuto di Si inferiore a 13%

**Classificazione del materiale: N1.1-3**

### Problemi principali

- I criteri di usura principali riguardano il tagliente di riporto/ l'incollamento sui taglienti, che provocano la formazione di bave e problemi di finitura superficiale.
- Nell'alluminio fuso, l'inclusione di sabbia può talvolta essere un problema.
- Una buona formazione ed evacuazione del truciolo sono fondamentali per evitare segni di graffiature sulla superficie del componente.

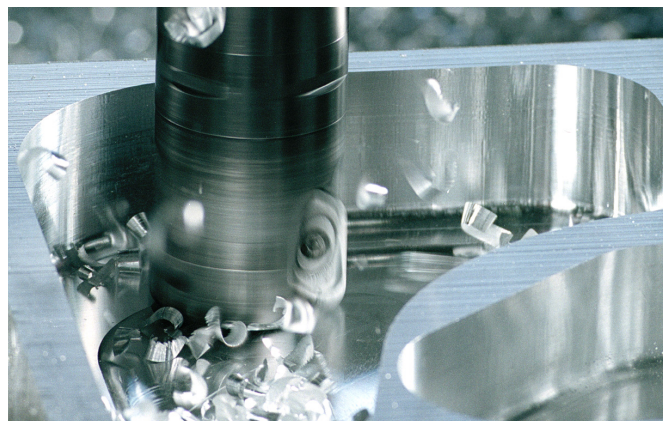
### Frese adatte

Le frese sviluppate principalmente per la fresatura dell'alluminio sono:

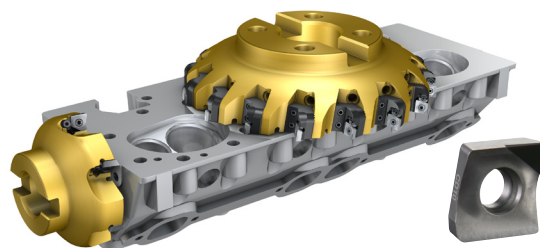
- CoroMill Century
- CoroMill 790
- CoroMill Plura R216.32, R216.33 e R216.42

La maggior parte delle altre frese CoroMill può essere usata con l'alluminio: è sufficiente scegliere geometria e qualità specifiche.

Scegliere geometrie dell'inserto positive con taglienti affilati.



CoroMill 790 specifica per alluminio.



CoroMill Century per spianatura dell'alluminio.

Inserto con riporto di PCD, CoroMill Century

- Usare qualità di metallo duro non rivestito (H13A, H10) quando il contenuto di Si è inferiore all'8% circa.
- Quando il contenuto in Si è al di sopra dell'8% circa, gli inserti PCD (CD10) normalmente forniscono migliori riduzioni di costo della lavorazione.

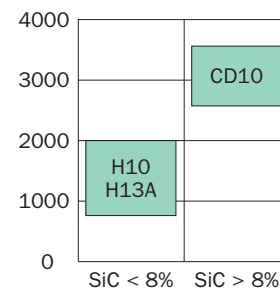
## Suggerimenti applicativi

- A differenza della maggior parte delle altre applicazioni di fresatura, il fluido da taglio deve sempre essere usato nel caso dell'alluminio per evitare l'incollamento sui taglienti dell'inserto e per migliorare la finitura superficiale.
- Una velocità di taglio maggiore generalmente migliora le prestazioni e non incide negativamente sulla durata del tagliente.
- Si consiglia un valore  $h_{ex}$  di 0,10-0,20 mm. Valori troppo bassi possono causare la formazione di bave.

**Avvertimento:** assicurarsi che i giri al minuto massimi della fresa non siano superati!

- A causa degli elevati avanzamenti della tavola, è opportuno usare una macchina con funzione "look ahead" per evitare errori dimensionali.
- La durata del tagliente è sempre limitata dalla formazione di bave o dalla finitura superficiale del componente. L'usura dell'inserto è difficile da usare come criterio della durata del tagliente.

Velocità di taglio  $v_c$  m/min



## S Fresatura di HRSA e titanio

Le Superleghe Resistenti al Calore (HRSA) possono essere classificate in tre gruppi: leghe a base di nichel, di ferro e di cobalto. Il titanio può essere puro o in lega. Sia le superleghe HRSA sia il titanio hanno una scarsa lavorabilità, soprattutto in condizione di invecchiamento, pertanto gli utensili da taglio devono avere caratteristiche specifiche. Per ulteriori informazioni, vedere la sezione Materiali, capitolo H, e la guida applicativa "Superleghe Resistenti al Calore", codice d'ordinazione C-2920:24, o "Lavorazione del Titanio", codice d'ordinazione C-2920:22.



### Consigli generali

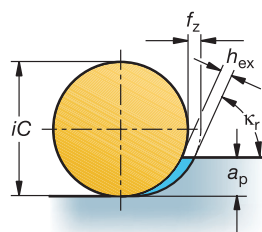
validi sia per HRSA che leghe di titanio

#### Problemi principali

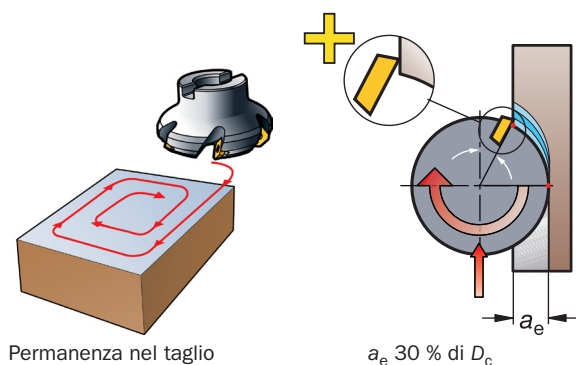
- La fresatura di HRSA e titanio spesso richiede macchine con un'elevata rigidità, elevata potenza e coppia a bassi giri al minuto.
- Usura ad intaglio e scheggiatura sono i tipi di usura più comuni.
- L'elevata generazione di calore limita la velocità di taglio.

#### Frese ed inserti adatti

- Usare frese con inserti rotondi (CoroMill 300, CoroMill 200) quando è possibile per aumentare l'effetto di assottigliamento del truciolo.
- La fresa a tagliente lungo CoroMill 690 è ottimizzata per la lavorazione del titanio. Per profondità di taglio inferiori a 5 mm, l'angolo di registrazione deve essere inferiore a 45°. In pratica, è consigliato un inserto rotondo con spoglia superiore positiva.
- La precisione della fresa in direzione sia radiale sia assiale è essenziale per mantenere un carico del dente costante ed un'operazione priva di inconvenienti e per prevenire la rottura prematura dei singoli denti della fresa.
- La geometria del tagliente deve sempre essere positiva con un arrotondamento del tagliente ottimizzato, per evitare l'adesione del truciolo nel punto in cui il tagliente esce dal taglio.
- Il numero di denti di taglio che si trovano effettivamente nel taglio durante il ciclo di fresatura deve essere più alto possibile. Questo garantisce una buona produttività in condizioni di stabilità. Usare frese a passo stretto.



Usare frese con inserto rotondo per ridurre al minimo l'usura ad intaglio



Permanenza nel taglio

$a_e$  30% di  $D_c$



= Durata tagliente

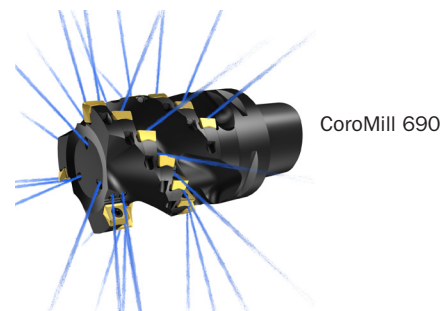
= La riduzione della durata del tagliente come parametro di taglio viene aumentata

I cambiamenti incidono in modo diverso sulla durata del tagliente; la velocità di taglio,  $v_c$ , ha l'influenza maggiore, seguita da  $a_e$ , ecc.

## Fluido da taglio

A differenza della fresatura nella maggior parte degli altri materiali, è sempre consigliato un refrigerante che agevoli la rimozione del truciolo, controlli il calore del tagliente ed eviti la rimacinazione dei trucioli. Un refrigerante ad alta pressione (70 bar) applicato attraverso mandrino/utensili è sempre preferibile rispetto ad un refrigerante esterno a bassa pressione.

Eccezione: il fluido da taglio non deve essere applicato in caso di fresatura con inserti ceramici, a causa dello shock termico.

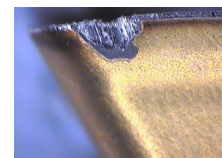


Il fluido da taglio che scorre attraverso la fresa è vantaggioso quando si usano inserti di metallo duro

## Usura inserto/utensile

Le due cause più comuni di sostituzione dell'utensile e di finitura superficiale insoddisfacente sono:

- Eccessiva usura sul fianco e sgretolamento del filo tagliente.
- Usura ad intaglio.
- La soluzione migliore consiste nel riposizionare i taglienti ad intervalli frequenti, per garantire un processo affidabile.
- L'usura sul fianco intorno al tagliente non deve superare 0,2 mm per una fresa con angolo di registrazione di 90 gradi, come CoroMill 490, o un massimo di 0,3 mm per gli inserti rotondi.

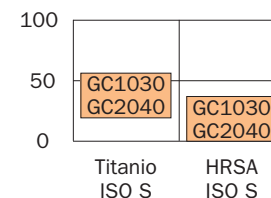


Usura tipica dell'inserto

## Qualità e geometrie consigliate

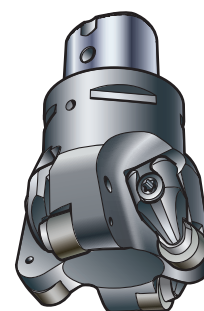
- GC2040 per sgrossatura e condizioni difficili
- GC1030 per semisgrossatura e finitura
- Usare geometrie positive, come -ML e -PL
- GC1620 è la scelta di base per le frese a candela integrali di metallo duro CoroMill Plura

Velocità di taglio  $v_c$   
m/min



## Frese con inserti in ceramica per sgrossatura di HRSA

- La fresatura con inserti in ceramica normalmente avviene ad una velocità da 20 a 30 volte superiore rispetto alla velocità del metallo duro, sebbene a velocità di avanzamento minori (~0,1 mm/dente), con guadagni produttivi elevati. Dato il taglio interrotto, si tratta di un'operazione che genera meno calore della tornitura. Per questo motivo, in caso di fresatura sono adottate velocità di 700-1000 m/min rispetto a 200-300 m/min per la tornitura.
- La ceramica ha un'elevata tendenza all'usura ad intaglio: ecco perché vengono usati prevalentemente inserti rotondi, per garantire un angolo di registrazione piccolo.
- Non usare mai refrigerante.
- Le ceramiche hanno un effetto negativo sull'integrità e topografia superficiale e pertanto non sono utilizzate in caso di lavorazione che si avvicini alla forma finale del componente finito.
- L'applicazione principale per la qualità CC6060 (sialon) è la fresatura di motori ottenuti per fusione; per Inconel 718 la fresatura di equipaggiamenti per applicazioni in campo petrolifero; in entrambi i casi per gli elevati volumi di asportazione truciolo.
- L'usura sul fianco massima quando si usano inserti in ceramica con HRSA è pari a 0,6 mm.
- Gamma di frese – Rivolgersi al proprio specialista Sandvik Coromant locale per l'ordinazione.



Fresa con inserto in ceramica per HRSA.

### Nota:

- gli inserti in ceramica NON sono consigliati per il titanio
- Il fluido da taglio NON deve essere usato con inserti in ceramica.



## H Fresatura di acciaio temprato

Questo gruppo contiene gli acciai temprati e rinvenuti con durezza >45 – 65 HRC. Per informazioni più dettagliate sui materiali e classificazioni, consultare la sezione Materiali, capitolo H. Per informazioni sui dati di taglio consigliati, consultare il Catalogo generale.

Tipici componenti fresati comprendono:

- Inserti di acciaio per stampi imbutitura
- Matrici in plastica
- Stampi per forgiatura
- Stampi per fusione
- Pompe carburante

### Problemi principali

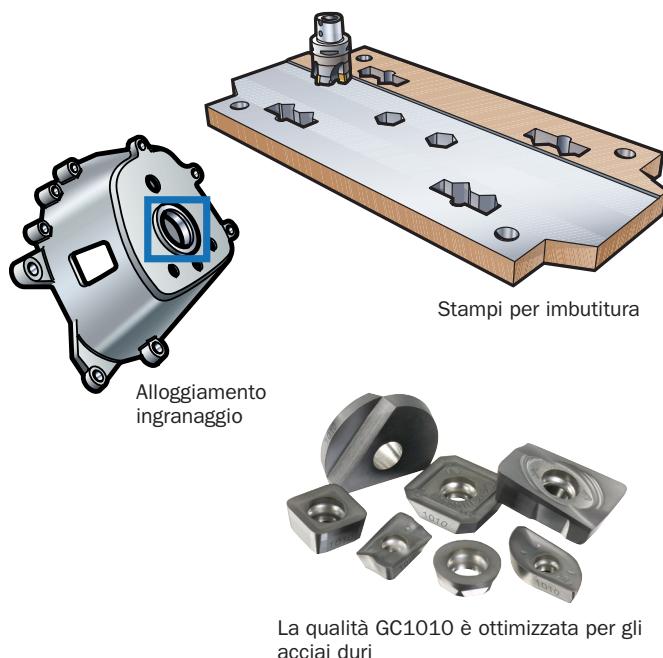
- Usura abrasiva sul fianco dell'inserto.
- Sbordatura del pezzo.



### Frese adatte

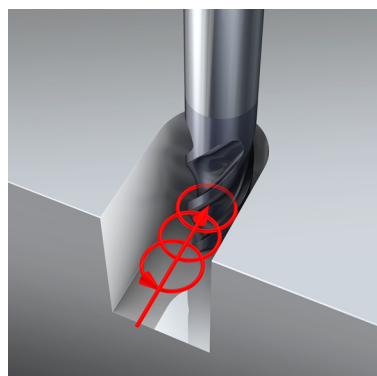
- La maggior parte delle altre frese CoroMill può essere usata per l'acciaio temprato: è sufficiente scegliere geometria e qualità specifiche.
- Usare geometrie di inserti positive con taglienti affilati. Questo riduce le forze di taglio e produce un'azione di taglio più "dolce".
- La qualità GC1010 è ottimizzata per gli acciai duri.
- GC1030 è la scelta complementare per condizioni instabili, come ad esempio nella sgrossatura di materiali saldati.
- Per la finitura con CoroMill Plura, scegliere la qualità GC1610.

La qualità CBN CB50 può essere usata per le operazioni di finitura.



### Suggerimenti applicativi

- Lavorare a secco, evitare il fluido da taglio.
- La fresatura trocoidale (vedere pagina D 121) è un metodo adatto che consente elevati avanzamenti della tavola uniti a basse forze di taglio, generando così temperature su tagliente e pezzo contenute, favorevoli per la produttività, la durata del tagliente e le tolleranze del componente.
- La strategia di lavorazione "leggera ma rapida" deve essere applicata anche nella spianatura (piccole profondità di taglio), sia  $a_e$  ed  $a_p$ . Usare una fresa a passo stretto e velocità di taglio relativamente alte.



Fresatura trocoidale

# Fresatura di spallamenti

## Presentazione delle applicazioni

### Fresatura di spallamenti/ spianatura

Scelta degli utensili D 44

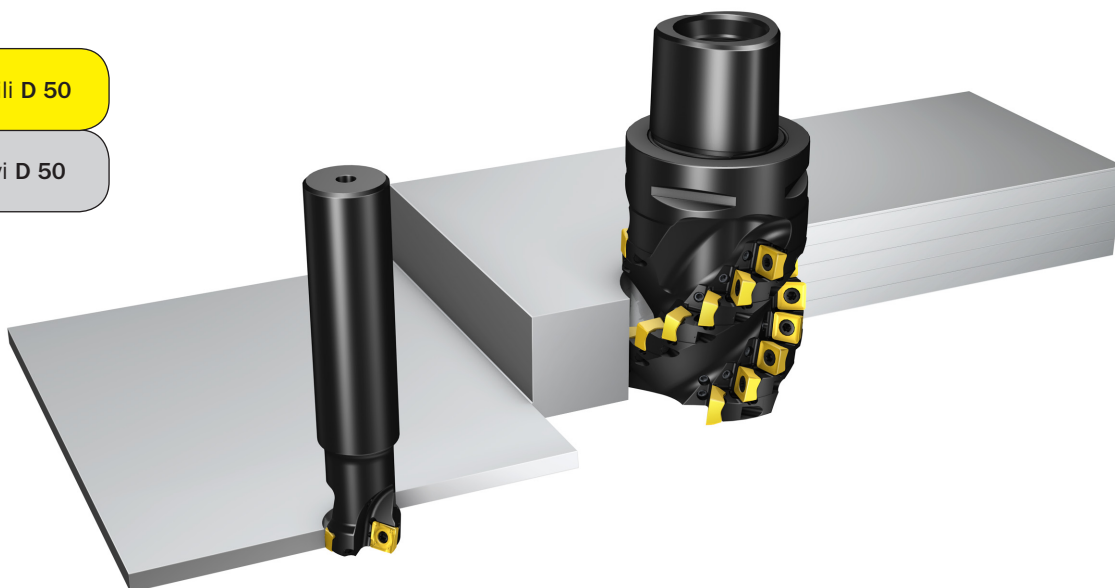
Consigli applicativi D 46



### Contornatura

Scelta degli utensili D 50

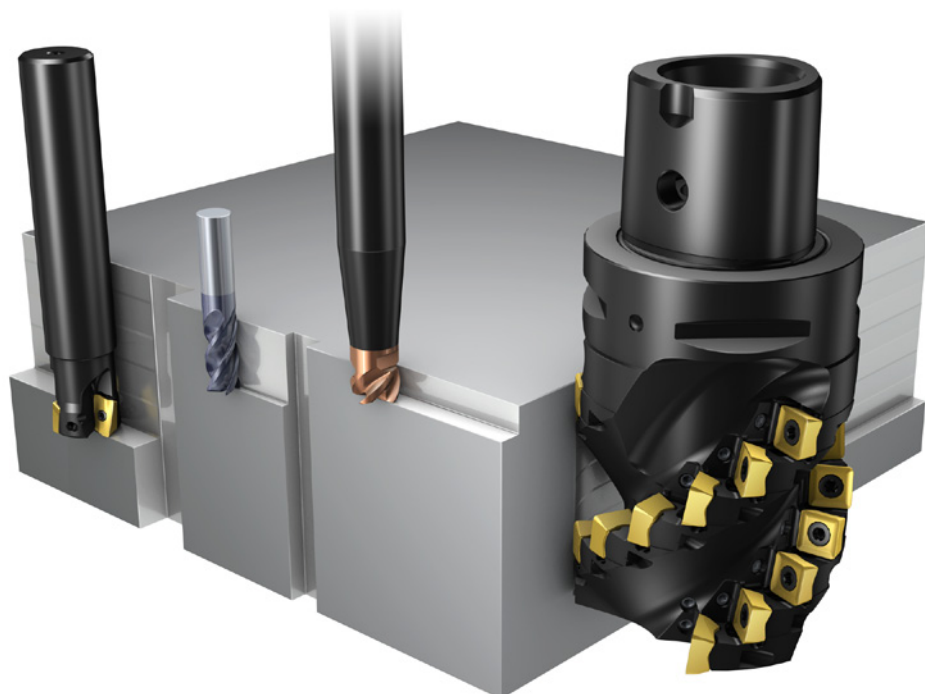
Consigli applicativi D 50



## Fresatura di spallamenti

Scelta degli utensili D 45

Consigli applicativi D 48



In profondità

## Fresatura

Risoluzione dei problemi D 128

# Fresatura di spallamenti

La fresatura di spallamenti genera due facce contemporaneamente, pertanto è richiesta una combinazione di fresatura periferica e spianatura.











Ottenere uno spallamento corretto, a novanta gradi, è uno dei requisiti più importanti.

La fresatura di spallamenti può essere eseguita usando frese per spallamenti retti tradizionali o anche frese a candela, frese per contornatura e frese a disco. Viste le diverse opzioni disponibili, è essenziale prendere attentamente in considerazione i requisiti operativi per compiere una scelta ottimale.



## Scelta degli utensili

### Fresatura di spallamenti

	CoroMill® 490	CoroMill® 390	CoroMill® 290	CoroMill® Century	CoroMill® 331
					
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	20 – 80	40 – 200	40 – 250	40 – 200	80 – 315
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	5.5	15.7	10.7	10	10.6
Spallamento di 90° effettivi	+++	++	+	+	++
Materiale					

### Frese per spallamenti

Le frese per spallamenti e spianatura tradizionali sono spesso in grado di eseguire spallamenti a 90° effettivi, poco profondi.

- La fresa di scelta prioritaria è CoroMill 490, precisa e con taglio leggero. Questa fresa offre la precisione necessaria per la fresatura di spallamenti più profondi effettuando passate ripetute con cuspidi molto limitate.













- La gamma di prodotti per frese CoroMill 390 comprende un'ampia varietà di inserti, in particolare una serie completa di inserti con raggi di punta, che contribuiscono al suo successo come fresa per uso generale. È inoltre la fresa di scelta prioritaria per la fresatura di spallamenti poco profondi nelle lavorazioni pesanti.

- CoroMill Century è la fresa di scelta prioritaria per la finitura ad elevate velocità dell'alluminio, ma è anche adatta alla fresatura di altri materiali.

- Molte frese per spallamenti e spianatura sono frese universali e possono essere usate in modo vantaggioso per l'esecuzione di fori. Rappresentano una buona alternativa alle frese per spianatura per lavorare superfici con flessione assiale o per lavorare vicino a facce verticali.

- La fresa a disco CoroMill 331 è un utensile per l'esecuzione di cave che può anche essere utilizzato proficuamente anche per la fresatura di spallamenti ampi e poco profondi. Può inoltre essere usato per alcune operazioni di fresatura speciali, come la lamatura in tirata.

## Fresatura di spallamenti – Frese a candela

	CoroMill® Plura	CoroMill® 316	CoroMill® 490	CoroMill® 390	CoroMill® 390 antivibrante	CoroMill® 790
						
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	10 – 20	10 – 25	20 – 80	12 – 40	20 – 40	25 – 100
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	38	11	5.5	15.7	10	12 / 18
Spallamento di 90° effettivi	+++	+++	+++	++	++	++
Materiale						

### Frese a candela







Le frese a candela ad inserti multitaglienti e le frese a candela integrali di metallo duro sono buone soluzioni per gli spallamenti che richiedono accessibilità.

- La scelta prioritaria per la fresatura universale è CoroMill 390. Una versione antivibrante consente la lavorazione efficace delle superfici situate in profondità.

• CoroMill 790 è la fresa di scelta prioritaria per la fresatura di materiali non ferrosi.

- Le frese a candela integrali in metallo duro CoroMill Plura sono disponibili in numerosissime versioni per la maggior parte delle condizioni di fresatura.

## Fresatura di spallamenti – Frese per contornatura

	Fresa per contornatura CoroMill® 390	Fresa per contornatura CoroMill® 690	Fresa di contornatura Coromant per finitura
			
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	32 – 200	50 – 100	50 – 80
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	85	112	150
Spallamento di 90° effettivi			+++
Materiale			

### Frese per contornatura

Le frese per contornatura sono spesso usate per la fresatura di spallamenti più profondi.

- La scelta prioritaria per la sgrossatura generale è CoroMill 390; in condizioni stabili, garantisce infatti un'elevata rimozione del metallo.
- CoroMill 690 è la fresa di scelta prioritaria per la fresatura del titanio.

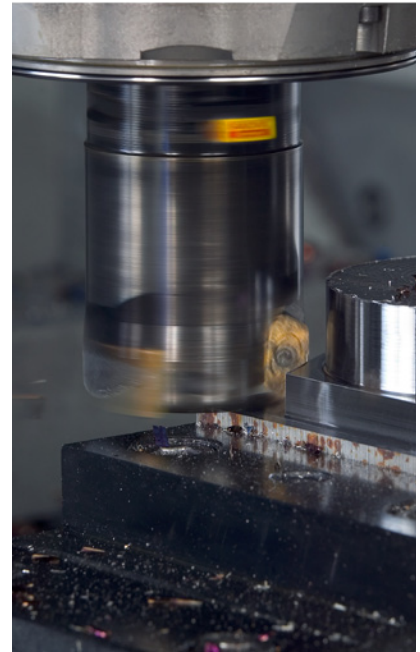
• Tra le frese di questo tipo, la fresa per contornatura di finitura con taglio leggero Sandvik Coromant genera un'ottima finitura superficiale.

**Nota:** tutte le frese sopra descritte sono in grado di eseguire operazioni di contornatura e fresatura di spallamenti di tipo a "gradini".

## Consigli applicativi

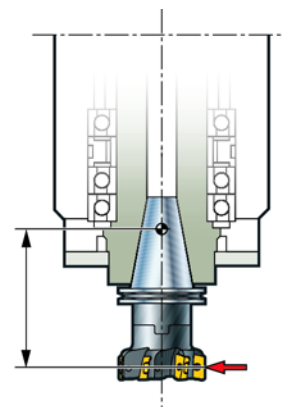
### Checklist e suggerimenti per una corretta applicazione

- La fresatura concorde è sempre la scelta prioritaria e questo è particolarmente importante per la fresatura di spallamenti, dato l'angolo di registrazione a 90°.
- La lavorazione deve essere eseguita in modo da dirigere le forze di taglio verso i punti di appoggio del sistema di fissaggio, a condizione che ciò sia possibile. In alcuni casi, la fresatura discorde può pertanto essere una buona alternativa.
- La selezione del passo della fresa dipende dalla stabilità di tutto il sistema, compresi macchina utensile, pezzo e sistema di bloccaggio, oltre al materiale da lavorare.
- Nelle macchine ISO 40 e nelle macchine più piccole si consiglia l'uso di frese a passo largo, data la stabilità limitata.
- Le frese a passo largo sono inoltre consigliate per la lavorazione di componenti montati in alto su un sistema di fissaggio a cubo. Per ulteriori informazioni su rigidità del pezzo e stabilità del montaggio, vedere la sezione Informazioni preliminari a pagina D 31.
- Il posizionamento della fresa sul pezzo è estremamente importante e deve ricevere particolare attenzione.
- Quando  $D_c/a_e > 10$ , l'avanzamento  $f_z$ , deve essere regolato in accordo con il valore  $h_{ex}$  per ottenere un buon risultato ed evitare la rottura del tagliente.
- Se la profondità dello spallamento è inferiore al 75% della lunghezza del tagliente, la qualità della superficie verticale normalmente non richiede passate di finitura extra.
- Scegliere una qualità di inserto di metallo duro più tenace rispetto alla spianatura.
- Se sono usate frese per contornatura CoroMill, le condizioni sono molto difficili, pertanto può essere necessaria anche una qualità più tenace.
- Più è profondo il taglio, più è importante scegliere una velocità di taglio inferiore per evitare le vibrazioni.
- Quando si verificano vibrazioni, ridurre  $v_c$  e aumentare  $f_z$ , controllare in base al valore  $h_{ex}$  consigliato!
- Assicurarsi che sia disponibile una potenza della macchina sufficiente per i dati di taglio selezionati. Per informazioni su come calcolare questo valore, vedere il capitolo I.



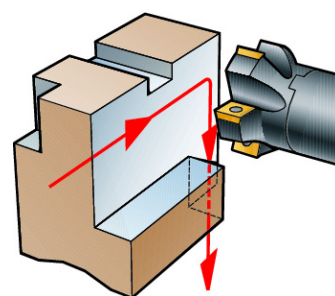
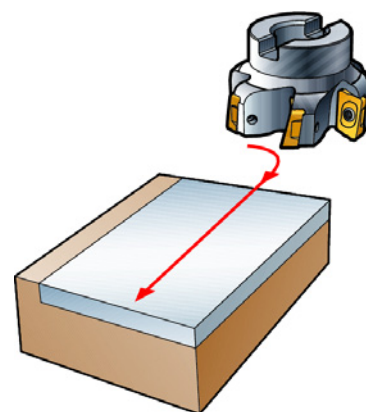
## Portautensili

- Prestare particolare attenzione ai requisiti di potenza quando si eseguono passate piuttosto grandi, soprattutto con le frese per contornatura.
- Il montaggio dell'utensile incide sul risultato della fresatura soprattutto per le frese con diametro più piccolo di 50 mm.
- Maggiore è la profondità di taglio, maggiore è l'importanza della dimensione e della stabilità dell'accoppiamento, poiché le forze radiali quando si usano frese per spallamenti e spianatura, in particolare frese per contornatura, sono considerevoli.
- Gli accoppiamenti Coromant Capto garantiscono la massima stabilità e la minima flessione per tutti i tipi di fresa, fattori particolarmente importanti con utensili lunghi o prolungati.
- Per ulteriori informazioni sugli adattatori di estensione ed antivibranti Silent Tools, vedere la sezione Informazioni preliminari a pagina D 30 e Profilatura a pagina D 71.



## Entrata nel taglio in interpolazione

- L'entrata graduale nel taglio è essenziale per evitare vibrazioni e garantire una lunga durata del tagliente, soprattutto quando si fresano spallamenti.
- Programmare la fresa affinché entri nel taglio in interpolazione; generare sempre uno spessore del truciolo in uscita pari a zero. Queste due misure garantiscono avanzamenti più elevati e maggiore durata del tagliente.
- Questo metodo è particolarmente adatto alle applicazioni in cui la fresatura viene eseguita intorno ad angoli esterni, poiché evita cambiamenti bruschi nel taglio. Per ulteriori informazioni sul metodo di interpolazione in entrata, vedere la sezione Informazioni preliminari a pagina D 25.
- Tenere la fresa impegnata in un taglio continuo.



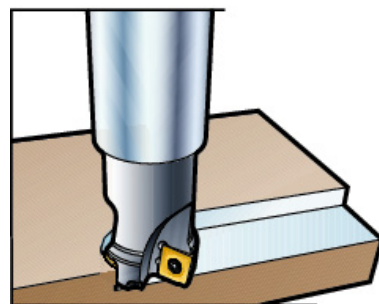
## Consigli applicativi

### Fresatura di spallamenti poco profondi

Questa operazione frequente è normalmente eseguita con frese per spallamenti e spianatura e frese a candela. Un taglio poco profondo consente un maggior taglio radiale.

Spesso queste frese possono sostituire le frese per spianatura, in particolare quando la pressione assiale sul componente costituisce un limite e quando occorre l'accessibilità vicino a facce verticali o a sezioni del sistema di fissaggio.

- Le frese per spallamenti di grandi dimensioni garantiscono massima accessibilità nel caso di spallamenti poco profondi posizionati in profondità.
- Una versione extra robusta della fresa per spallamenti CoroMill 390, in condizioni stabili, è in grado di asportare elevati volumi. Inoltre, è affidabile anche in condizioni difficili, come la fresatura attraverso interruzioni.

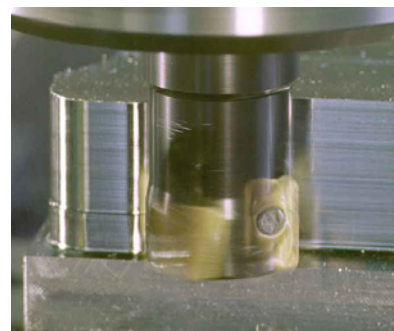


### Fresatura di spallamenti profondi

Usare passate ripetute con frese per spallamenti e spianatura e frese a candela

Per ridurre al minimo gli errori superficiali, come "creste" e "spigoli di transizione" tra le diverse passate, una fresa ad elevata precisione in grado di produrre spallamenti a 90° effettivi è assolutamente necessaria.

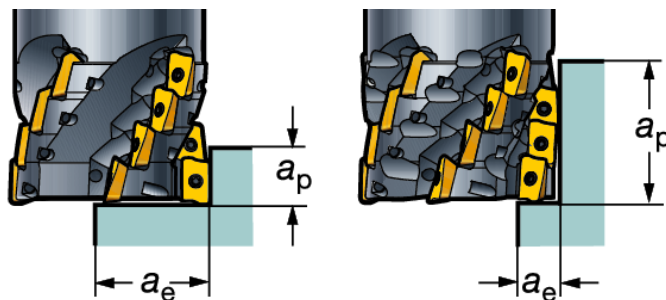
Se la profondità dello spallamento è inferiore al 75% della lunghezza del tagliente, la qualità della superficie verticale normalmente non richiede passate di finitura extra.



Usare un'unica passata con una fresa per contornatura

La fresa per contornatura è una buona soluzione per applicazioni di fresatura di spallamenti più profondi, più grandi e normalmente più impegnativi:

- Elevata capacità di asportazione del metallo.
- Normalmente usata per la fresatura di sgrossatura, poiché la rugosità superficiale risultante è caratterizzata da fresatura laterale ad elevate velocità di avanzamento.



Queste frese soddisfano le esigenze in termini di:

- Stabilità
- Condizioni del mandrino
- Evacuazione del truciolo
- Portautensile
- Potenza.

Le forze radiali, che sono considerevoli, rendono quest'applicazione una fresatura laterale impegnativa.

Le frese per contornatura più corte sono adatte per:

- Spallamenti grandi da un punto di vista radiale, ma poco profondi.
- Esecuzione di cave dal pieno ad una profondità pari al diametro, che possa compensare la quota utile di lavoro.

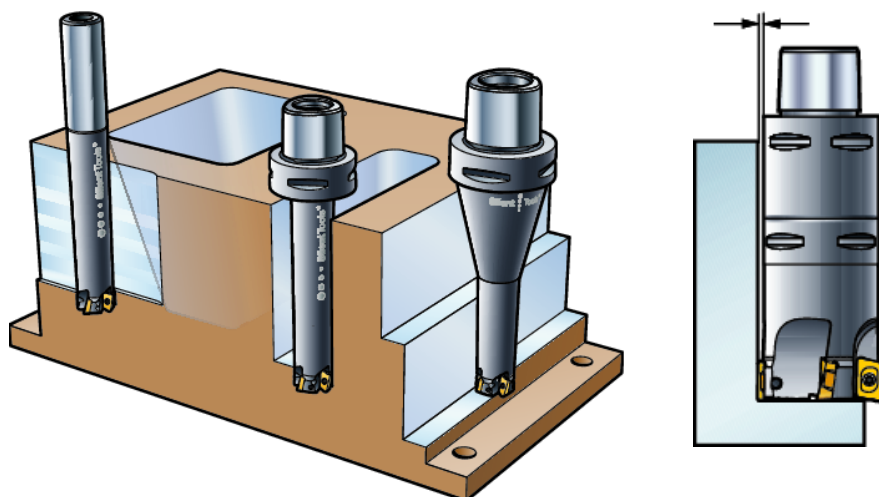
Le versioni più lunghe sono concepite per:

- Fresatura di spallamenti con profondità radiale moderata.
- Contornatura in macchine potenti e stabili.



## Fresatura di spallamenti posizionati in profondità

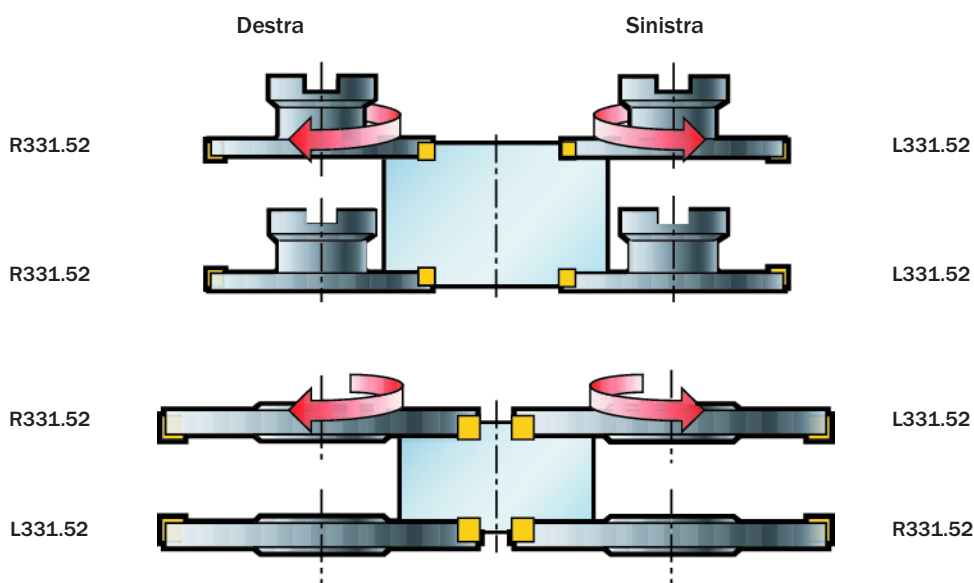
- Le frese per spallamenti di grandi dimensioni garantiscono massima accessibilità nel caso di fresatura di spallamenti poco profondi posizionati in profondità. Per gli spallamenti posizionati a profondità ancora maggiori, usare le estensioni con l'accoppiamento Coromant Capto.
- Le frese per contornatura sono disponibili anche in versioni particolarmente grandi che possono essere utilizzate per spallamenti più profondi, situati in profondità. Tuttavia, le profondità radiali di taglio sono più limitate.



## Fresatura di spallamenti usando frese a disco

Anche le frese a disco sono usate per la fresatura di spallamenti, soprattutto se la configurazione è stretta, ma radialmente larga.

Queste frese sono spesso l'unica soluzione possibile per la lamatura in tirata di spallamenti e facce nascosti.



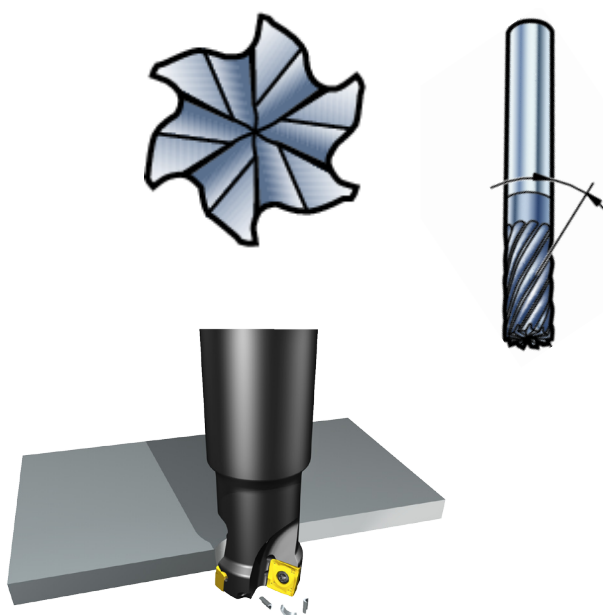
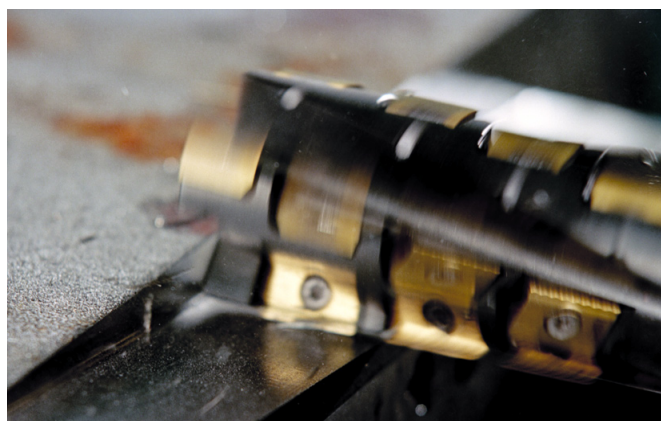
La scelta giusta di fresa CoroMill 331 per la lamatura e lamatura in tirata in mandrini con rotazione destra e sinistra.

# Contornatura - Fresatura periferica

La lavorazione di un bordo è un'operazione di fresatura laterale attuata con passate di contornatura dell'utensile. La fresatura laterale e la contornatura sono opzioni di fresatura periferica.

## Scelta degli utensili

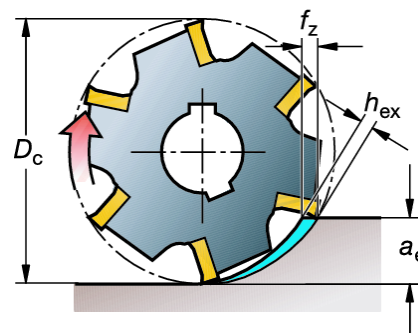
- Bordi sottili sono generalmente prodotti da frese a candela, mentre bordi più profondi o più spessi sono generati da frese a candela usando passate ripetute di "fresatura per spallamenti", o da frese per contornatura in un'unica passata.
- Gli spallamenti con profondità doppia rispetto al diametro sono lavorati efficacemente con frese per contornatura o frese integrali di metallo duro CoroMill Plura. Per tali spallamenti profondi o bordi di elevato spessore del componente, si consiglia una profondità radiale del taglio pari a 0,5 volte il diametro.
- Le frese a disco possono anche essere usate per la contornatura o la fresatura periferica.
- Un'ampia elica garantisce un numero sufficiente di denti nel taglio ed un'azione di taglio senza problemi per la contornatura a profondità di taglio radiali contenute.
- Una fresa a passo normale o stretto è particolarmente adatta alla contornatura. Questo è vero anche quando vengono fresati bordi più sottili o spallamenti di tipo a "gradini" poco profondi con frese a candela a 90°.



## Consigli applicativi

### Checklist e suggerimenti per la corretta applicazione

- Un fattore critico nella fresatura periferica è ottenere l'avanzamento per dente adatto,  $f_z$ .
- Il valore dell'avanzamento,  $f_z$ , deve compensare l'impegno della fresa, che incide sullo spessore del truciolo. Vedere la sezione Informazioni preliminari a pagina D 20.
- L'avanzamento per dente,  $f_z$ , deve essere moltiplicato per il fattore di correzione.
- Questo genera una maggior velocità di avanzamento con un arco in presa più piccolo, ed allo stesso tempo garantisce che lo spessore del truciolo sia sufficiente.
- Tuttavia, il fattore di correzione può non essere sempre applicabile: la rugosità superficiale e le tendenze ad un movimento ascendente possono limitare la velocità di avanzamento.



## Rugosità superficiale – Generazione radiale

Come sottolineato, la rugosità superficiale e le tendenze ad un movimento ascendente possono limitare la velocità di avanzamento, soprattutto in presenza di una ridotta profondità di taglio.

Quando si usa il lato di una fresa a candela per eseguire un profilo, viene generata una serie di "cuspidi". L'altezza della cuspidi,  $h$ , è determinata da:

- Diametro della fresa,  $D_c$
- Avanzamento per dente,  $f_z$
- Valore totale di runout letto sul comparatore, (TIR).

Le frese con inserti multitaglienti avranno sempre un valore di runout superiore a quello delle frese integrali di metallo duro. Inoltre, maggiore è il diametro della fresa, maggiore è il numero di denti, e questo aumenta la distanza tra i punti alto e basso della cuspidi.

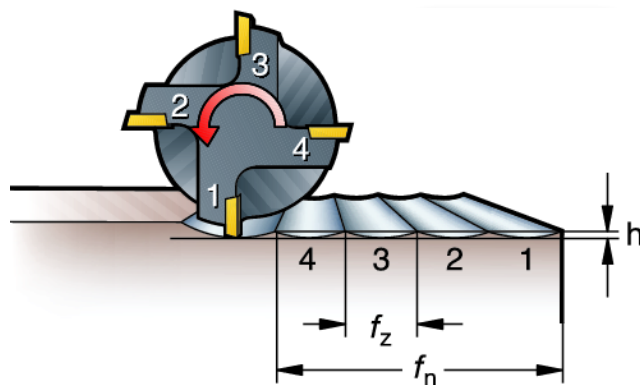
Per una finitura superficiale ottimale:

- Usare CoroMill Plura o CoroMill 316 integrale di metallo duro.
- Usare un mandrino idromeccanico ad elevata precisione (CoroGrip o HydroGrip) con accoppiamento Coromant Capto.
- Scegliere la soluzione con la sporgenza più piccola possibile.

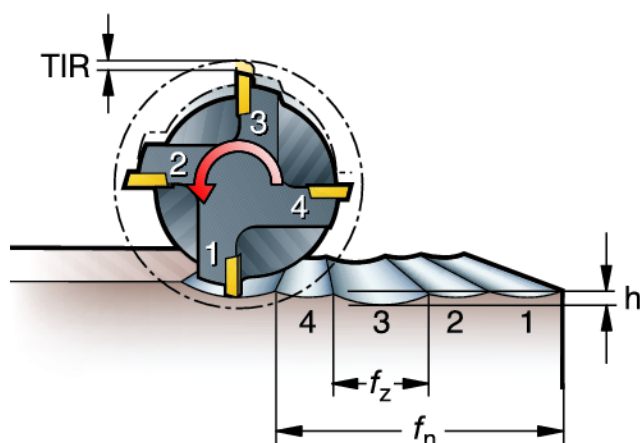
Consigli sull'avanzamento (non considerare  $h_{ex}$ ):

- Frese con inserti multitaglienti, valore iniziale  $f_z = 0,15$  mm/dente
- Frese integrali di metallo duro, valore iniziale  $f_z = 0,10$  mm/dente

**Nota:** la peggiore qualità superficiale si ottiene se solo un tagliente genera la superficie, a causa del runout insoddisfacente della fresa.

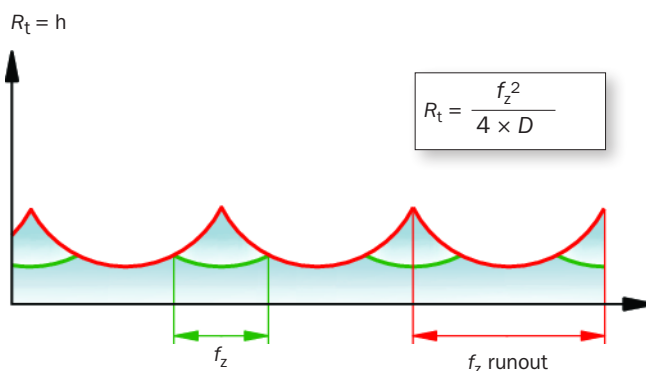


Quando non vi è runout nella fresa, l'altezza della cuspidi  $h$  sarà altrettanto alta e può essere calcolata usando la formula soprastante.



Quando c'è runout nella fresa, l'avanzamento per dente  $f_z$ , e di conseguenza l'altezza della cuspidi  $h$  variano a seconda del valore di runout.

### Profondità profilo/altezza cuspidi



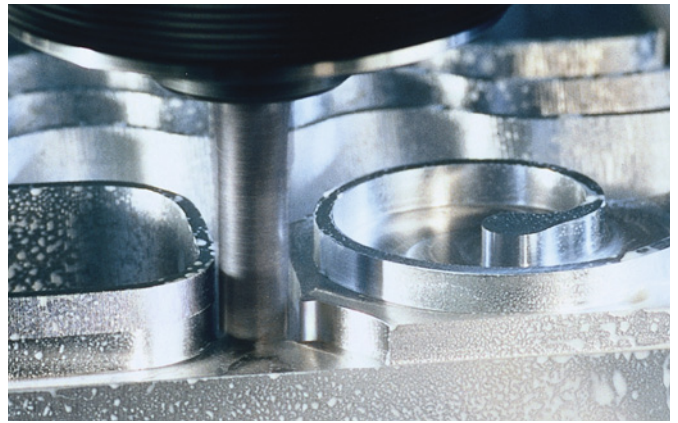
Superficie con e senza runout.

Per ulteriori informazioni sulla dimensione della fresa, l'impegno e la posizione rispetto al pezzo, la formazione di truciolo e l'interpolazione in entrata, vedere la sezione Informazioni preliminari a pagina D 22.

Per informazioni sulla contornatura assiale con frese per spianatura, vedere la sezione Spianatura a pagina D 59.

# Fresatura di spallamenti in pareti sottili e tendenti alla flessione

- I metodi di lavorazione per le sezioni con pareti sottili variano, a seconda dell'altezza e dello spessore della parete.
- Il numero di passate è determinato in tutti i casi dalle dimensioni della parete e dalla profondità assiale del taglio.
- Prendere in considerazione la stabilità di fresa e parete.
- L'uso di tecniche ad alta velocità, ossia un piccolo valore  $a_p/a_e$  e un elevato valore  $v_c$ , agevola la fresatura di pareti sottili, poiché si riduce il tempo di impegno dell'utensile e, di conseguenza, l'impulso e la flessione.
- Applicare la fresatura concorde.
- Metodi analoghi sono usati per la fresatura di alluminio e titanio.



## Piccolo rapporto altezza-spessore, <math><15:1</math>:

- Lavorare un lato della parete con passate che non si sovrappongano.
- Ripetere sul lato opposto.
- Lasciare una tolleranza su entrambi i lati per la finitura successiva.

## Rapporto altezza-spessore medio, <math><30:1</math>

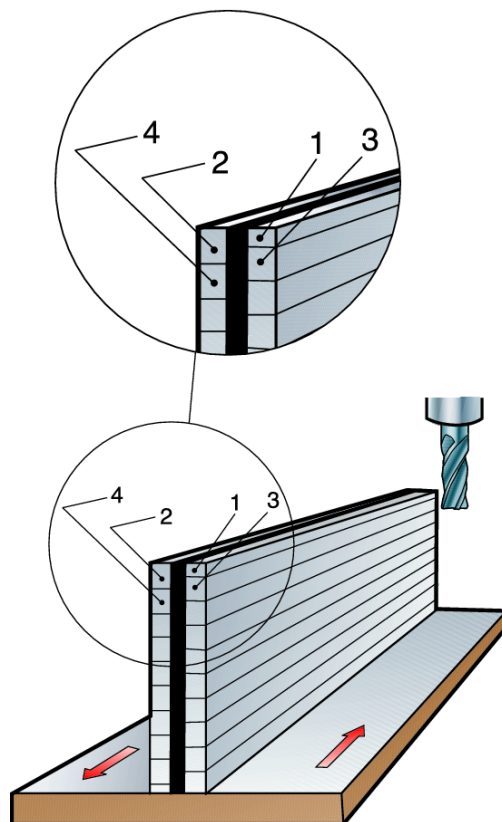
### Fresatura "waterline":

- Lati alterni, lavorazione a profondità predefinite in passate non sovrapposte.

### Alternativamente

#### Fresatura a "gradini", con supporto:

- Approccio simile, ma con sovrapposizione tra passate su lati opposti della parete: questo garantisce più supporto nel punto che viene lavorato. La prima passata deve essere eseguita ad una profondità di taglio ridotta,  $a_p/2$ .
- In entrambi i casi, lasciare una tolleranza su entrambi i lati per una finitura successiva di 0,2 – 1,0 mm

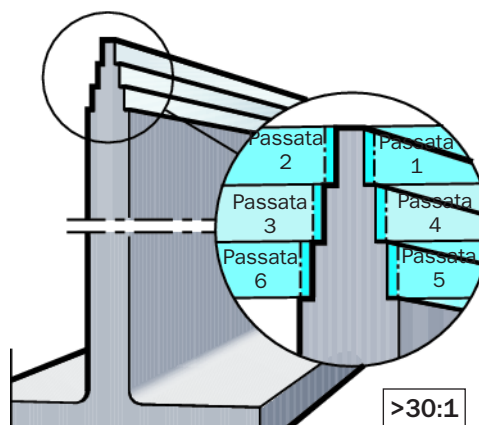


Le passate devono essere eseguite secondo un percorso a zig zag.

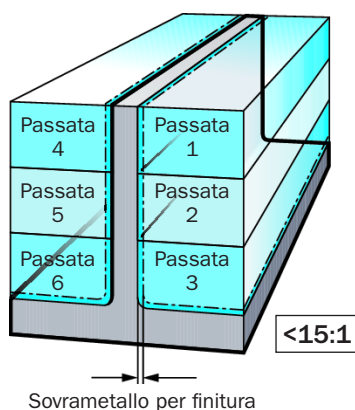
## Rapporto altezza-spessore molto elevato, >30:1

Oltre a lavorare su lati alterni della parete, avvicinarsi allo spessore della parete desiderato in diversi passaggi, seguendo una routine a forma di "pino".

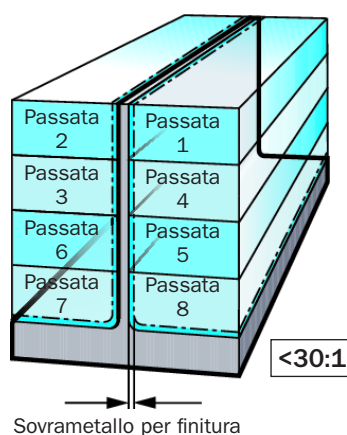
- La sezione più sottile è sempre supportata da sezioni di spessore più elevato poste al di sotto durante la lavorazione.
- Scendere lungo la parete per "gradini".



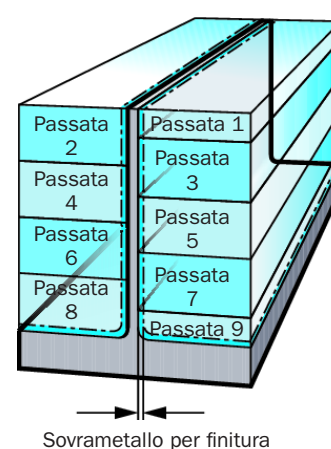
Pareti sottili



Waterline



Supporto ai "gradini"



## Fresatura di spallamenti in una base a parete sottile

Lavorazione di basi sottili:

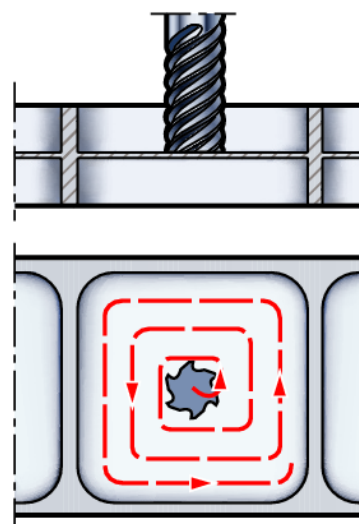
- Usare la lavorazione in rampa circolare al cento dell'area della base per raggiungere la profondità necessaria.
- Fresare verso l'esterno seguendo un percorso in rampa circolare da quel punto.

Se questo prevede la fresatura di una superficie il cui lato opposto è già stato lavorato:

- Usare un utensile con un numero minimo di taglienti.
- Applicare la minima pressione di contatto possibile su questo lato.

Se il componente ha un foro al centro della base:

- Lasciare un lato di supporto in quel punto quando si lavora il primo lato.
- Lavorare il secondo lato.
- Rimuovere il lato di supporto una volta che entrambi i lati sono stati completati.



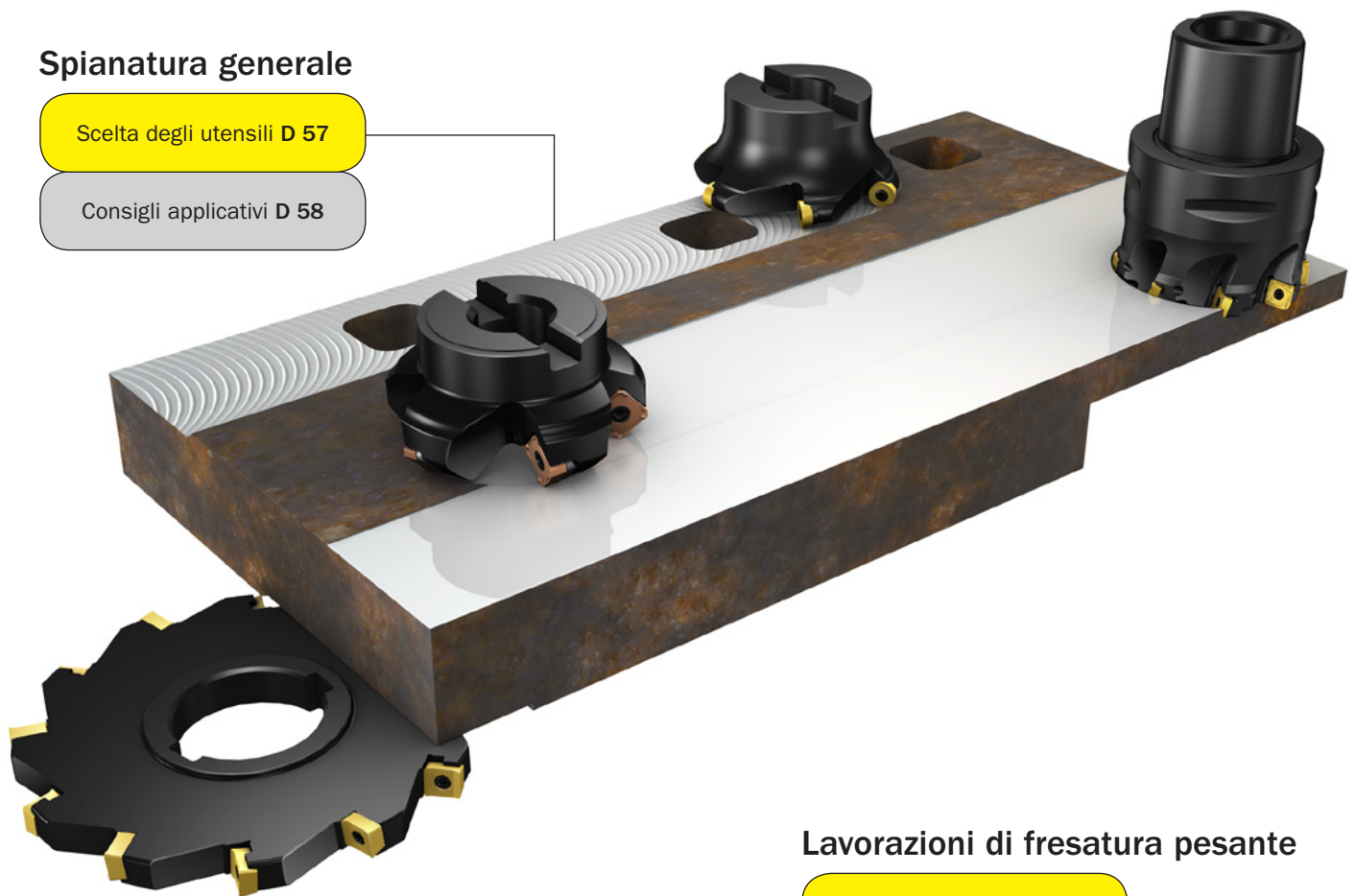
# Spianatura

## Presentazione delle applicazioni

### Spianatura generale

Scelta degli utensili D 57

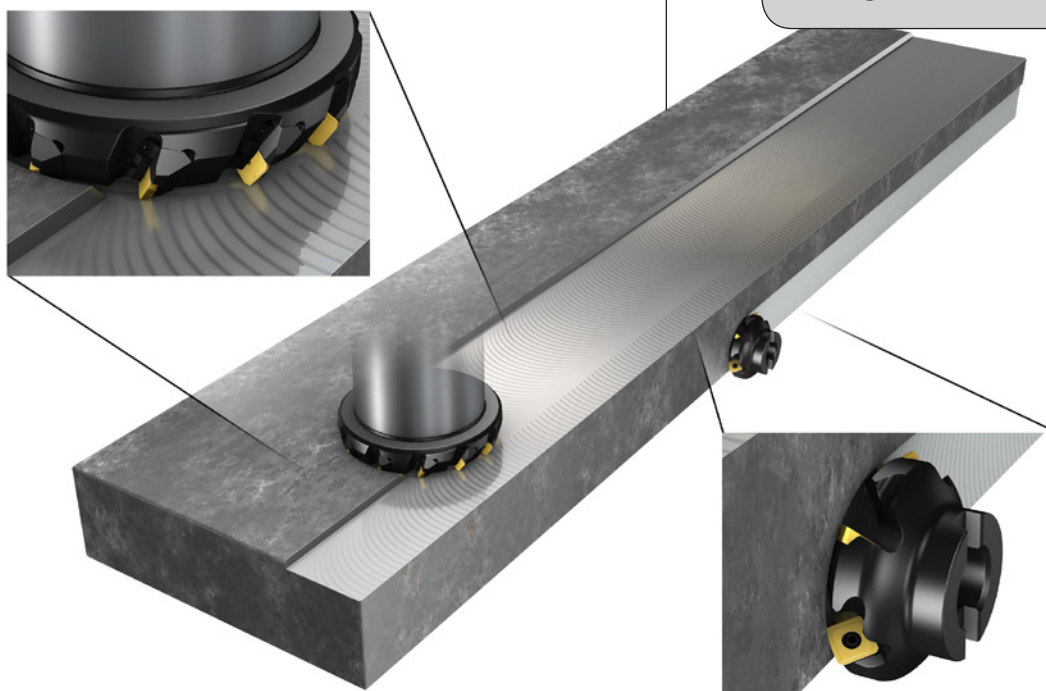
Consigli applicativi D 58

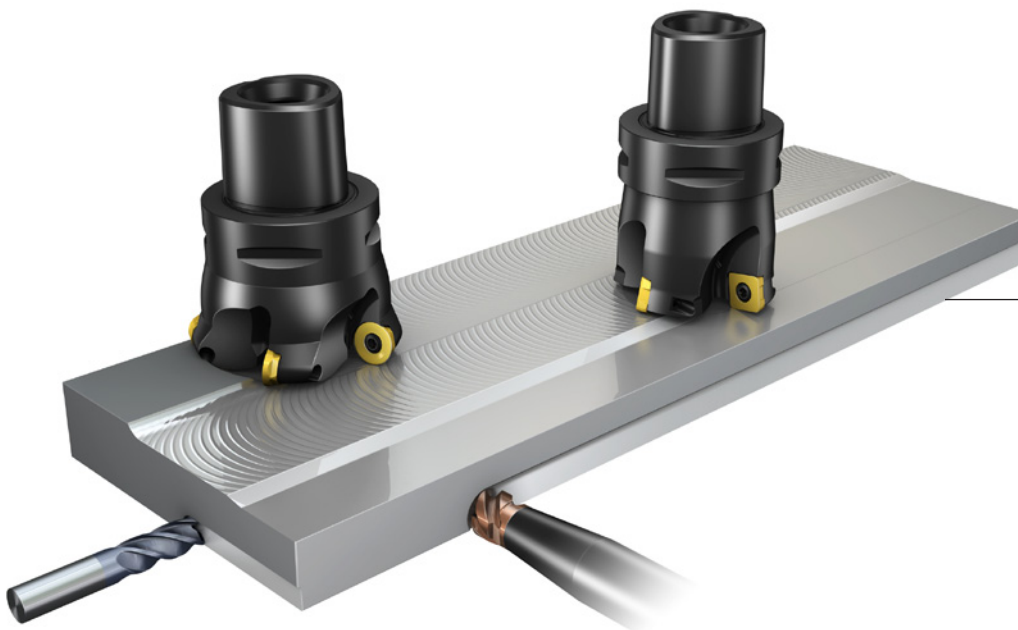


### Lavorazioni di fresatura pesante

Scelta degli utensili D 62

Consigli applicativi D 63





### Fresatura ad elevati avanzamenti

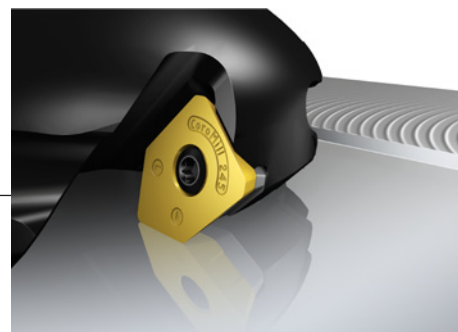
Scelta degli utensili D 60

Consigli applicativi D 61

### Finitura con inserti raschianti

Scelta degli utensili D 64

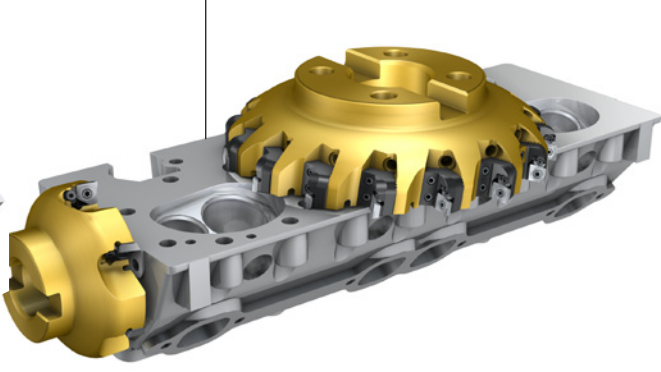
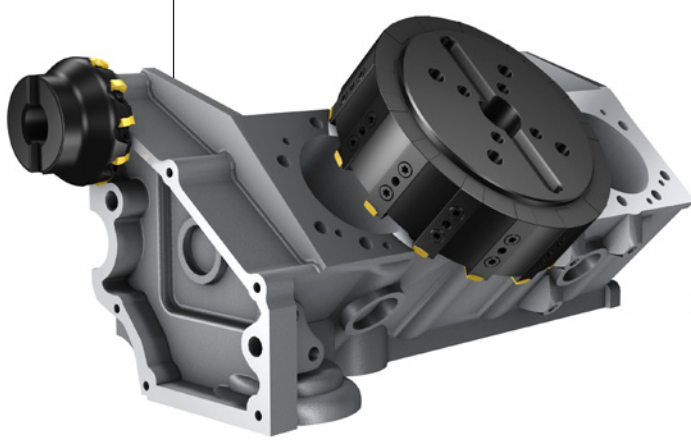
Consigli applicativi D 65



### Frese ottimizzate per diversi materiali

**K** Vedere a pagina D 36.

**N** Vedere a pagina D 38.

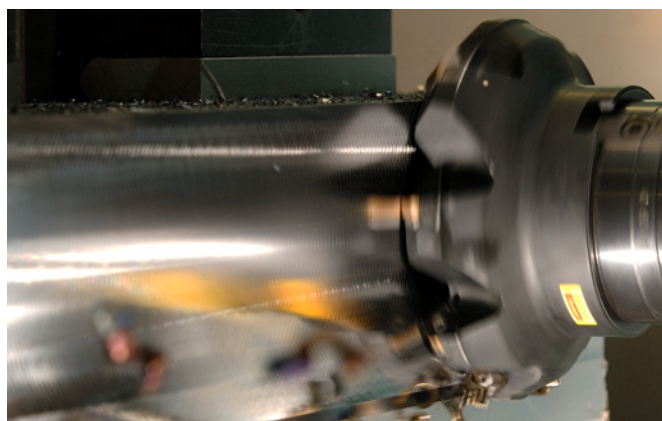


### Fresatura

Risoluzione dei problemi D 128

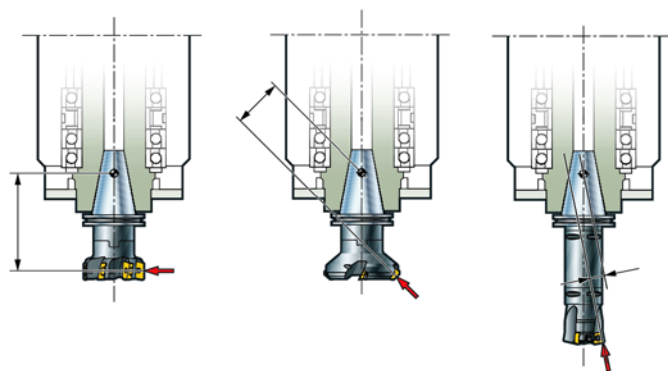
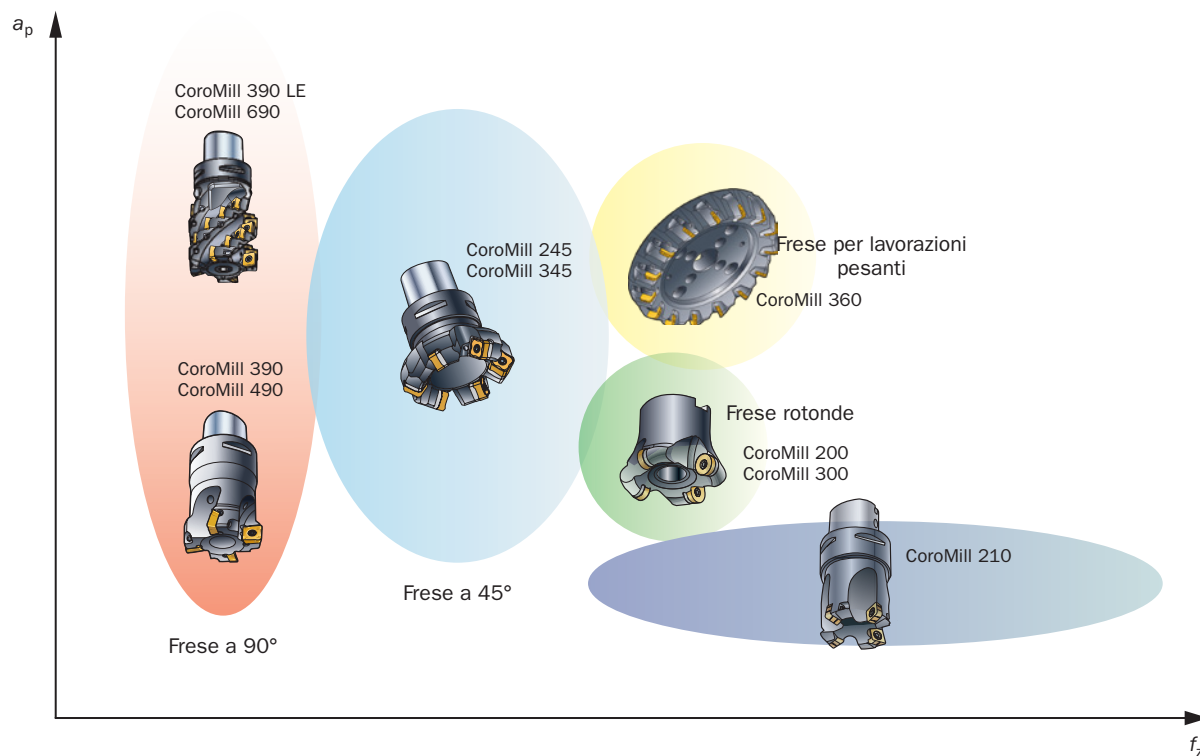
# Spianatura

La spianatura è l'operazione di fresatura più comune e può essere eseguita usando un'ampia gamma di utensili diversi. Le frese con angolo di registrazione di 45° sono quelle usate più frequentemente, ma in alcune condizioni vengono usate anche frese con inserti rotondi, frese per spallamenti retti e frese a disco.



## Panoramica delle frese per spianatura

Lo schema qui sotto mostra l'area di applicazione principale per diverse frese, in termini di profondità di taglio,  $a_p$ , ed avanzamento per dente,  $f_z$ .



Direzione delle forze di taglio generate da diversi angoli di registrazione.

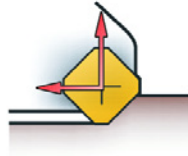


# Spianatura generale

## Scelta degli utensili

### Frese a 45°

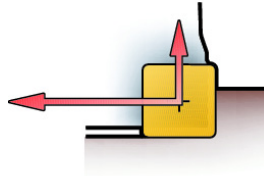
- Scelta prioritaria per impieghi generici
- Riducono le vibrazioni sulle sporgenze lunghe
- L'effetto di "assottigliamento" del truciolo consente di aumentare la produttività



	CoroMill® 245	CoroMill® 345	Sandvik AUTO
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	6/10	6	6
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	32 – 250	40 – 250	80 – 500
Materiale			

### Frese a 90°

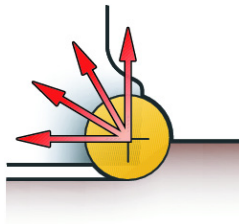
- Componenti con pareti sottili
- Componenti con bloccaggio insufficiente
- Dove è richiesta una forma a 90°



	CoroMill® 490	CoroMill® 290	CoroMill® 390
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	5.5	10.7	10/15.7
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	20 – 80	40 – 250	12 – 42/ 400 – 200
Materiale			

### Frese con inserti rotondi

- Fresa per impieghi generici
- Tagliante più robusto
- Più taglienti per inserto
- Particolarmente adatte per leghe resistenti al calore, ISO S.
- Azione di taglio corretta



	CoroMill® 200	CoroMill® 300
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	10	7/8
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	25 – 160	10 – 42/ 25 – 125
Materiale		

### Frese a 60° – 65°

Vedere a pagina D 120.

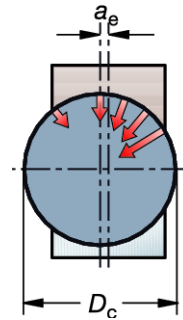
### Frese a 10°

Vedere a pagina D 60.

## Consigli applicativi

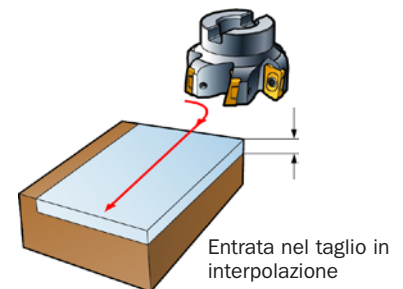
### Checklist e suggerimenti per una corretta applicazione

- Prendere in considerazione stabilità della macchina utensile, dimensione e tipo del mandrino (verticale o orizzontale) e potenza disponibile.
- Usare una fresa con diametro dal 20 al 50% maggiore del pezzo



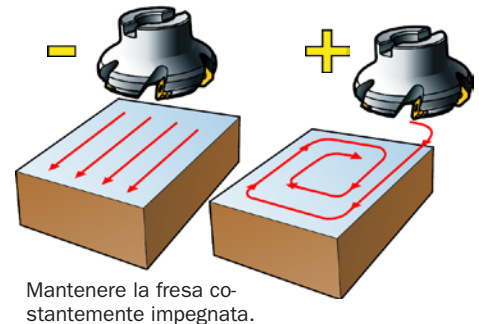
- Prendere in considerazione lo spessore massimo del truciolo quando viene posizionata la fresa per ottenere l'avanzamento ottimale.
- Posizionare la fresa in posizione fuori asse per produrre il truciolo più sottile possibile in uscita.

- Programmare la fresa affinché entri nel taglio in interpolazione e ridurre l'avanzamento per ottenere un ingresso graduale.



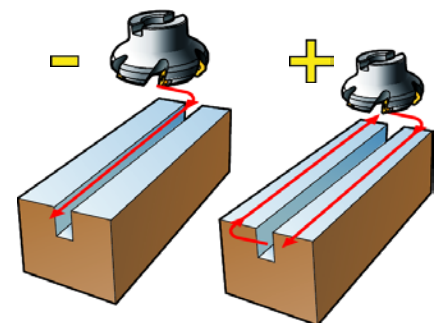
- Applicare la fresatura concorde per ottenere una buona formazione del truciolo, da spessore elevato a sottile.
- Evitare entrate ed uscite attraverso la programmazione del percorso dell'utensile.

- Evitare, se possibile, entrate ed uscite frequenti dal pezzo, poiché questo può creare sollecitazioni sfavorevoli sul tagliente o causare interruzioni e tendenza a vibrazioni. Si consiglia di programmare un percorso dell'utensile che mantenga la fresa in totale contatto, invece di eseguire diverse passate parallele. Quando si cambia direzione, includere un piccolo percorso dell'utensile radiale per mantenere la fresa in movimento e costantemente impegnata.



#### Spianatura a taglio interrotto su superfici con interruzioni

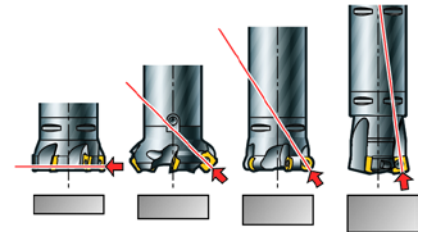
- Se possibile, evitare di fresare su interruzioni (fori o cave). Tali tagli interrotti rappresentano uno stress per i taglienti, poiché causano numerose entrate ed uscite.
- In alternativa, ridurre la velocità di avanzamento consigliata del 50% sull'area del pezzo che contiene le interruzioni.





### Spianatura di sezioni con pareti sottili e soggette a flessione

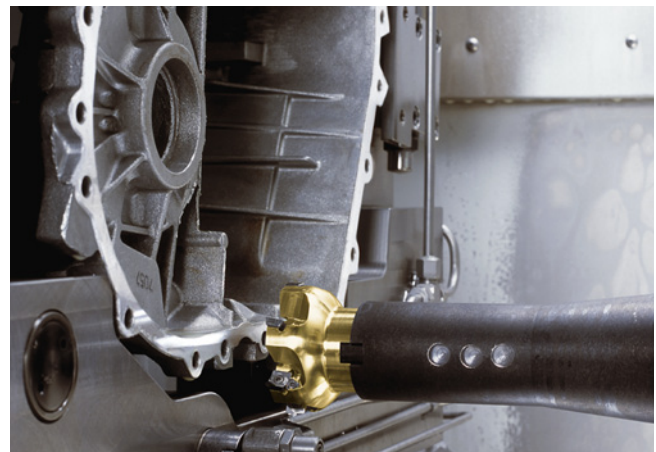
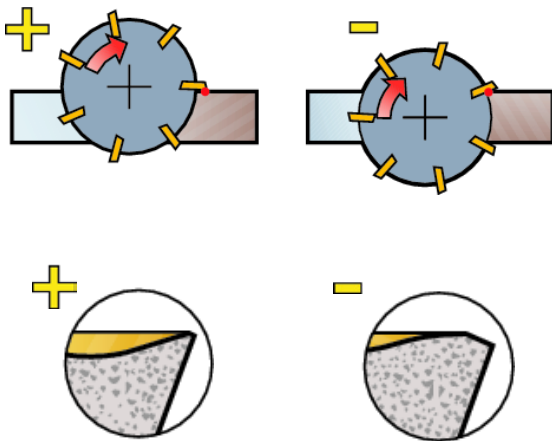
- Prendere in considerazione la direzione delle forze di taglio principali rispetto alla stabilità del pezzo e del fissaggio.
- Quando si fresano componenti deboli da un punto di vista radiale, usare una fresa per spallamenti a 90°, poiché dirige la maggior parte delle forze di taglio in direzione assiale.
- In alternativa, usare una fresa per spianatura dal taglio leggero.
- Evitare profondità di taglio assiali inferiori a 0,5–2 mm per ridurre al minimo le forze assiali.
- Usare una fresa a passo largo per ottenere il numero minore possibile di denti nel taglio.
- Usare taglienti affilati e positivi (-L) per ridurre al minimo le forze di taglio.



I suggerimenti riepilogati qui sopra sono descritti più nel dettaglio nella sezione Informazioni preliminari alle pagine D 20–D 31.

### Contornatura di sezioni sottili con frese per spianatura

- La fresa deve essere posta in posizione disassata per le operazioni di spianatura lungo i bordi di sezioni sottili. Il taglio diventa più fluido e le forze di taglio vengono dirette lungo la parete in modo più uniforme, riducendo così il rischio di vibrazioni.
- Per tali operazioni, selezionare un passo della fresa che faccia in modo che più di un inserto sia mantenuto in presa in ogni momento.
- Usare la geometria d'inserto più leggera possibile (leggera invece di media e media invece di pesante).
- Selezionare un raggio di inserto più piccolo e un tratto piano parallelo più corto per ridurre il rischio di vibrazioni in componenti con pareti sottili.
- Usare dati di taglio bassi, piccola profondità di taglio,  $a_p$ , ed un ridotto avanzamento/dente,  $f_z$ .

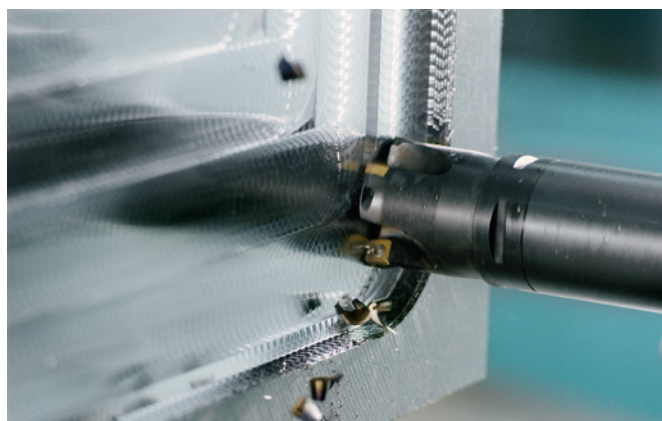


Per ulteriori informazioni sulla dimensione della fresa, l'impegno e la posizione rispetto al pezzo e la formazione di truciolo, vedere la sezione Informazioni preliminari a pagina D 22–D 25.




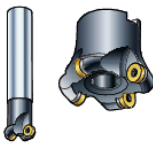
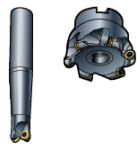





# Fresatura ad elevati avanzamenti

La spianatura con un avanzamento per dente molto elevato (fino a 4 mm/dente) è possibile quando si usano frese con piccoli angoli di registrazione o quando si usano frese con inserti rotondi, grazie all'effetto di assottigliamento del truciolo. Sebbene la profondità di taglio sia limitata a meno di 2 mm, l'estremo avanzamento lo rende un metodo di fresatura molto produttivo.

Alcuni concetti di frese sono specifici per la fresatura ad avanzamenti estremamente elevati, con piccole profondità di taglio assiale. Un ridotto angolo di registrazione è il requisito necessario per applicare un avanzamento elevato, leggero e rapido.



## Scelta degli utensili

	CoroMill® 210	CoroMill® 316	CoroMill® Plura	CoroMill® 200	CoroMill® 300
					
	Frese ad elevati avanzamenti			Frese con inserti rotondi	
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	1.2 – 2	1.3	1.3	10	7/8
Dia. fresa ( $D_f$ ), mm	25 – 160	10 – 25	4 – 20	25 – 160	10 – 42/ 25 – 125
Materiale					

### CoroMill® 210

- La fresa per spianatura ad elevati avanzamenti più produttiva, con un angolo di registrazione di  $10^\circ$  che consente un avanzamento per dente molto elevato,  $f_z$ .

### CoroMill® Plura e CoroMill® 316

- Oltre il doppio delle velocità di avanzamento rispetto alle frese a candela convenzionali, a piccole profondità di taglio,  $a_p$ .
- Utensili ad alta precisione ottimizzati per la lavorazione di acciaio temprato ad alta velocità.
- Da sgrossatura a semifinitura dei contorni e configurazioni asimmetriche a velocità di avanzamento estreme.

**Nota:** non superare il massimo valore consigliato  $a_p$  per CoroMill 210, CoroMill Plura e CoroMill 316. Per frese con inserti rotondi e raggiati, il valore  $a_p$  deve essere mantenuto molto al di sotto del valore massimo consigliato per consentire una fresatura ad avanzamento elevato.

### CoroMill® 200 e CoroMill® 300

- Frese con inserti rotondi.
- Effetto di assottigliamento del truciolo aumentato con taglio assiale ridotto.
- Azione di taglio corretta.
- Frese per uso generale, adatte a condizioni pesanti o leggere.

## Consigli applicativi

### Frese con piccolo angolo di registrazione

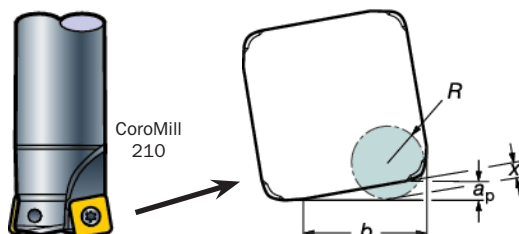
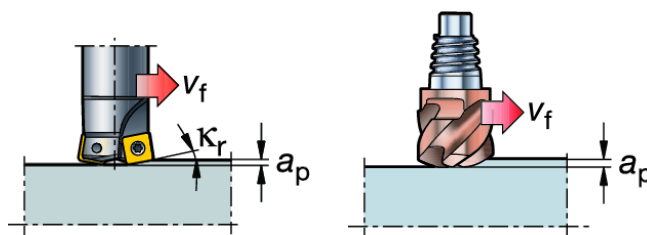
Lo spessore massimo del truciolo viene drasticamente ridotto da un angolo di registrazione piccolo. Questo consente velocità di avanzamento estremamente elevate, senza sovraccarico degli inserti.

Per CoroMill 210:

- questo è vero nonostante le limitate profondità di taglio consentite dall'angolo di registrazione a dieci gradi: massimo 2,0 mm con l'inserto da 14 mm e 1,2 mm con l'inserto da 9 mm.
- In condizioni molto favorevoli, è possibile raggiungere un avanzamento per dente  $f_z$ , di un massimo di 4 mm/dente e valori di volume di truciolo asportato (Q) fino a 1400 cm<sup>3</sup>/min.

**Nota:** evitare di lavorare fino in fondo contro uno spallamento a 90° poiché l'effetto positivo di un ridotto angolo di attacco si perde e la profondità di taglio aumenta drasticamente.

Come sempre, la velocità di avanzamento deve essere ridotta ed adattata a seconda delle condizioni specifiche e per evitare le vibrazioni, che possono danneggiare gli inserti.



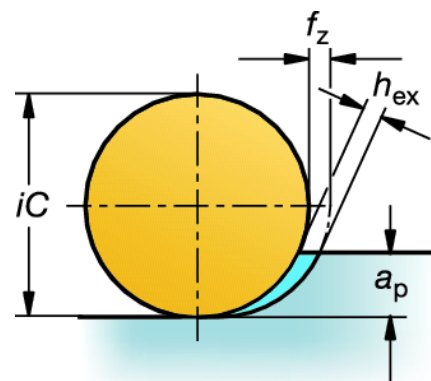
iC	Dimensioni, mm				Materiale non asportato
iC	R	b	a <sub>p</sub>	x	
9	2.5	7.05	1.2	0.79	
14	3.5	12.0	2.0	1.48	

Quando si usa la fresa CoroMill 210 in applicazioni ad avanzamenti elevati, gli stessi dati di taglio possono essere programmati come se dovessero essere usati per una fresa con inserti rotondi con un raggio dell'inserto R, vedere la tabella.

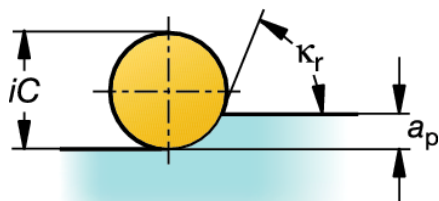
### Frese con inserti rotondi

Quando si usano metodi di fresatura ad elevati avanzamenti con frese con inserti rotondi, ad esempio con CoroMill 200 o CoroMill 300, la profondità del taglio deve essere mantenuta bassa (max. 10% del diametro dell'inserto, iC, altrimenti l'effetto di assottigliamento del truciolo si riduce e l'avanzamento deve essere ridotto, vedere illustrazione).

**Nota:** quando si usano frese con inserti rotondi, è importante ridurre l'avanzamento quando ci si avvicina ad una parete o ad uno spallamento, poiché la profondità del taglio si riduce improvvisamente.



Lo spessore del truciolo,  $h_{ex}$ , varia con gli inserti rotondi e dipende dalla profondità del taglio,  $a_p$ .



### Inserti robusti per sgrossatura generale

- Le prestazioni migliori si ottengono quando la profondità di taglio è inferiore al 25% x diametro dell'inserto, iC.

Con inserti rotondi le forze e l'angolo di registrazione variano con la profondità di taglio.

# Fresatura pesante

Queste applicazioni comprendono la sgrossatura pesante di semilavorati forgiati o laminati a caldo, pezzi fusi e strutture saldate in grosse fresatrici a portale e macchine per fresatura o centri di lavorazione potenti.

Grandi quantità di materiale devono essere rimosse, generando elevate temperature e forze di taglio, che pongono esigenze specifiche per gli inserti per fresatura:




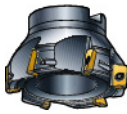






- Carichi pesanti sul tagliente principale alla profondità di taglio completa.
- Usura "angolare" dovuta alle scaglie abrasive quando la profondità di taglio si avvicina a zero.

Un angolo di registrazione di 60° è ottimale per una fresa per lavorazioni pesanti. Questo tipo di soluzione offre:

- Buone capacità in termini di profondità di taglio, forze di taglio piuttosto costanti ed effetto di assottigliamento del truciolo che consente elevate velocità di avanzamento.
- La tolleranza assiale del design consente all'inserto di avere un tratto piano parallelo molto ampio, che genera buone finiture superficiali.



## Scelta degli utensili

	CoroMill® 360	CoroMill® 245-18	T-Max 45	CoroMill® 390-18	CoroMill® 300-20
					
Angolo di registrazione ( $K_r$ ), mm	60°	45°	45°	90°	Inserti rotondi
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	13 / 18	10	12	15.7	10
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	160 – 500	32 – 250	100 – 400	40 – 200	66 – 200
Materiale					

### CoroMill® 360

- Progettata per un'efficiente manipolazione dell'utensile, che garantisce brevi tempi passivi e una sostituzione del tagliente sicura e rapida nella macchina.
- Capacità di profondità di taglio fino a 18 mm per una buona rimozione del metallo e lavorazione di superfici irregolari ed ondulate.
- Elevata produttività – velocità di avanzamento di 0,4 – 0,7 mm per dente.
- Tratto piano parallelo molto ampio per buoni risultati di semifinitura.
- Angolo dell'inserto robusto in grado di resistere alle scaglie superficiali abrasive a piccole profondità di taglio.
- Robustezza della fresa per la massima sicurezza in tagli molto complessi.

### CoroMill® 245, dimensione inserto 18

- Fresa per spianatura per lavorazioni di media intensità che offre capacità di taglio molto leggero.
- In grado di sostenere profondità di taglio di 6–8 mm entro un intervallo di avanzamento di 0,2 – 0,6 mm.
- Fresa per spianatura di scelta prioritaria per condizioni difficili in grossi centri di lavorazione.
- Può essere usata con inserti raschianti per la fresatura di superfici con buone finiture.

**CoroMill® 390-18**

Scelta prioritaria per lavorazioni medie di spianatura ed esecuzione di spallamenti.

**CoroMill® 300, dimensione inserto 20**

Fresa per lavorazioni medie con taglienti robusti per condizioni difficili, ad esempio la fresatura attraverso croste ed interruzioni. La geometria dell'inserto rotondo garantisce un'azione di taglio corretta.

In condizioni favorevoli, possono essere utilizzati otto taglienti. La massima profondità di taglio è 10 mm. Lo spessore massimo del truciolo consigliato varia sensibilmente, fino a 0,55 mm per dente, a seconda della geometria dell'inserto e della profondità di taglio. Per informazioni complete, vedere pagina D 164.

**T-Max 45**

Fresa per spianatura a 45° ad elevate prestazioni, progettata prevalentemente per gestire condizioni difficili in generale e per le operazioni che prevedono una lunga sporgenza del mandrino, dove l'avanzamento per dente è limitato dalla tendenza alle vibrazioni.

- La capacità di gestire profondità del taglio fino a 12 mm in un campo di avanzamento fino a 0,5 mm consente un'efficiente asportazione truciolo.
- Gli inserti di elevato spessore con tratto piano parallelo o raschiante di 2 mm, che può essere regolato assialmente, rendono la fresa un utensile affidabile per la sgrossatura, sebbene sia anche in grado di eseguire operazioni di finitura.
- Meccanismo di bloccaggio dell'inserto caricato a molla per una gestione semplice e rapida sostituzione del tagliente.

## Consigli applicativi

### Checklist e suggerimenti per una corretta applicazione

#### Ingresso nel taglio

Viste le condizioni difficili comuni nella fresatura pesante, l'ingresso nel taglio è spesso critico; è pertanto preferibile che avvenga in modo progressivo.

- Se possibile, programmare il percorso dell'utensile affinché vi sia un ingresso nel taglio mediante interpolazione.
- Diversamente, ridurre l'avanzamento finché il tagliente non è completamente impegnato.

#### Posizione e dimensione del tagliente

Nella fresatura pesante, in cui spesso occorre eseguire numerose passate per fresare una superficie grande, è importante seguire i consigli relativi a:

- Posizione ed impegno del tagliente
- Dimensione del tagliente in relazione alla capacità della macchina utensile
- Percorso dell'utensile, per evitare uscite sfavorevoli.

Per tutti i consigli, vedere la sezione Informazioni preliminari a pagina D 22.

#### Fare attenzione alle alte temperature.

La fresatura pesante genera infatti temperature elevate. Quando vengono usate tavole magnetiche per bloccare il componente, i grandi volumi di trucioli prodotti spesso rimangono attorno alla fresa. Questo può causare un'evacuazione del truciolo interrotta o parziale e rimacinazione dei trucioli, pericolosi per la durata del tagliente. Per evitare questo inconveniente, mantenere l'area di lavoro libera da trucioli.

Evitare che i delicati angoli degli inserti sfreghino contro croste e scaglie abrasive aumentando la profondità di taglio, in modo da spostare il punto di contatto superficiale sul tagliente principale e più robusto dell'inserto.

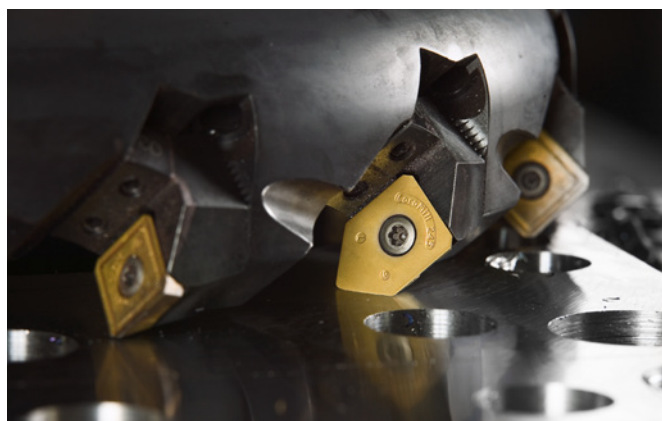
**Nota:** quando si montano gli inserti multitaglienti nella fresa, usare dei guanti per evitare qualsiasi inconveniente o lesioni dovute al calore.




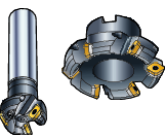










# Finitura con inserti raschianti

È possibile ottenere ottime finiture superficiali con inserti standard in combinazione con uno o più inserti raschianti. Gli inserti raschianti sono particolarmente efficaci ad elevati avanzamenti per giro,  $f_n$ , in frese con diametro più grande, passo stretto e possibilità di regolazione.

L'avanzamento per giro può essere aumentato di circa quattro volte pur mantenendo una buona qualità superficiale. Gli inserti raschianti possono essere usati per la fresatura della maggior parte dei materiali per ottenere buone strutture superficiali, anche in condizioni sfavorevoli.



## Scelta degli utensili

	CoroMill® 345	CoroMill® 245	CoroMill® 365	CoroMill® Century	AUTO-AF	AUTO-FS
						
Angolo di registrazione ( $K_r$ ), mm	45°	45°	65°	90°	75°	90°
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	6	10	6	10	1	8.1
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	40 – 250	32 – 250	40 – 250	40 – 200	80 – 500	125 – 500
Finitura superficiale ( $R_a$ )	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Materiale						

### CoroMill® 245

È disponibile un'ampia gamma di inserti raschianti per la finitura di quasi tutti i materiali. Le frese di grande diametro, con sistema a cassetta, hanno possibilità di regolazione assiale.

### CoroMill® 345

È disponibile un inserto raschiante con due taglienti destri e due sinistri lunghi 5 mm.

### CoroMill® 365

Sono disponibili due inserti raschianti:

- uno con due taglienti destri e due sinistri,
- l'altro con raschiante extra lungo ed un tagliente destro ed uno sinistro.

Le versioni Cap con diametro maggiore sono regolabili in senso assiale con l'uso di supporti.

### CoroMill® Century

Un sistema di regolazione altamente accurato consente l'uso dei raschianti in più di una sede per inserto in frese più grandi ed in tutte le sedi per inserto nelle frese più piccole. Questo garantisce la massima produttività, pur mantenendo una buona finitura superficiale. Le qualità di inserti disponibili coprono la finitura con raschiante della maggior parte dei materiali.

### Auto-AF

Tutte le dimensioni di inserto dispongono di cassette regolabili con sedi per inserto adatte a raschianti di tipo L o F con tagliente più lungo. Le frese di maggior diametro sono di tipo Cap.

### AUTO-FS

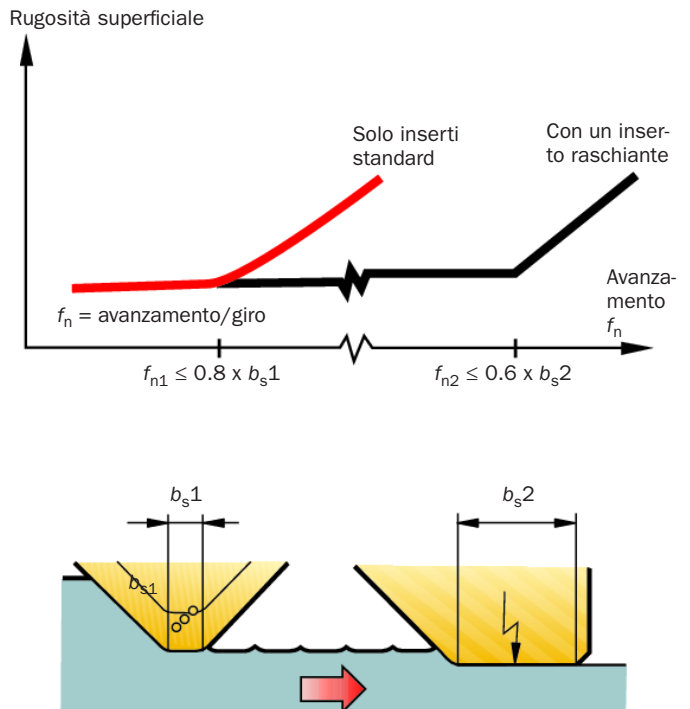
Le frese di maggior diametro sono di tipo Cap e regolabili assialmente con l'aiuto di supporti. È disponibile un inserto raschiante con quattro taglienti.



## Consigli applicativi

### Finitura a specchio ad avanzamenti elevati

- Quando  $f_n$  supera l'80% della lunghezza del tratto piano parallelo,  $b_s$ , sugli inserti standard, un tagliente raschiante migliora la superficie.
- Quando l'avanzamento per giro,  $f_n$ , aumenta nelle frese con diametri più grandi con un maggior numero di inserti, la necessità di inserti raschianti diventa essenziale per mantenere le finiture superficiali.
- Il runout assiale della fresa, che dipende dall'inclinazione del mandrino, la dimensione della fresa, il montaggio e la precisione della regolazione incide sull'ondulazione della superficie lavorata. Il tratto raschiante "coronato" compensa questo effetto e genera una superficie priva di gradini. Un avanzamento per giro limitato al 60% del tratto raschiante garantisce che questo avvenga.
- Un tratto raschiante sporge al di sotto degli inserti di fresatura di circa 0,05 mm, quando è montato in frese con sedi inserto fisse. Per le frese CoroMill con cassette, il tagliente raschiante può essere regolato in posizione con grande precisione. La protrusione sottopone gli inserti raschianti a carichi maggiori rispetto agli inserti convenzionali, il che può causare delle vibrazioni. Pertanto, i raschianti devono essere usati per la lavorazione leggera a profondità di taglio moderate ed in numero limitato.
- La profondità di taglio deve essere limitata per contenere le forze assiali e ridurre il rischio di vibrazioni. Nella finitura, la profondità assiale consigliata del taglio è 0,8 – 1,0 mm.
- Prestare particolare attenzione quando si monta un inserto raschiante e posizionare correttamente il tagliente lungo.



#### Esempio:

- La larghezza del tratto piano parallelo,  $b_s$ , sull'inserto è pari a 1,5 mm.
- Vi sono 10 inserti nella fresa e l'avanzamento per dente,  $f_z$ , è di 0,3 mm. L'avanzamento per giro,  $f_n$ , sarà di 3 mm, ossia il doppio della lunghezza del tratto piano.
- Per garantire una buona finitura superficiale, l'avanzamento per giro deve essere pari ad un massimo dell'80% di 1,5 mm = 1,2 mm.
- Un inserto raschiante corrispondente avrà un tratto piano parallelo con una larghezza di circa 8 mm.
- Risultato: l'avanzamento per giro può essere aumentato da 1,2 mm al 60% di 8 mm = 4,8 mm. **Nota:** altre limitazioni, come la potenza della macchina, devono essere prese in considerazione.

#### Consigli aggiuntivi per ottenere una finitura a specchio:

- Usare elevate velocità di taglio e/o inserti cermet per ottenere una superficie lucida.
- Usare fluido da taglio o olio nebulizzato per materiali con tendenza all'incollamento ISO M e S.
- Inserti con rivestimento PVD con taglienti affilati ed un valore  $a_p$  di 0,5 – 0,8 mm producono la finitura superficiale migliore.

# Profilatura

## Presentazione delle applicazioni

### Profilatura

Scelta degli utensili D 68

Consigli applicativi D 70



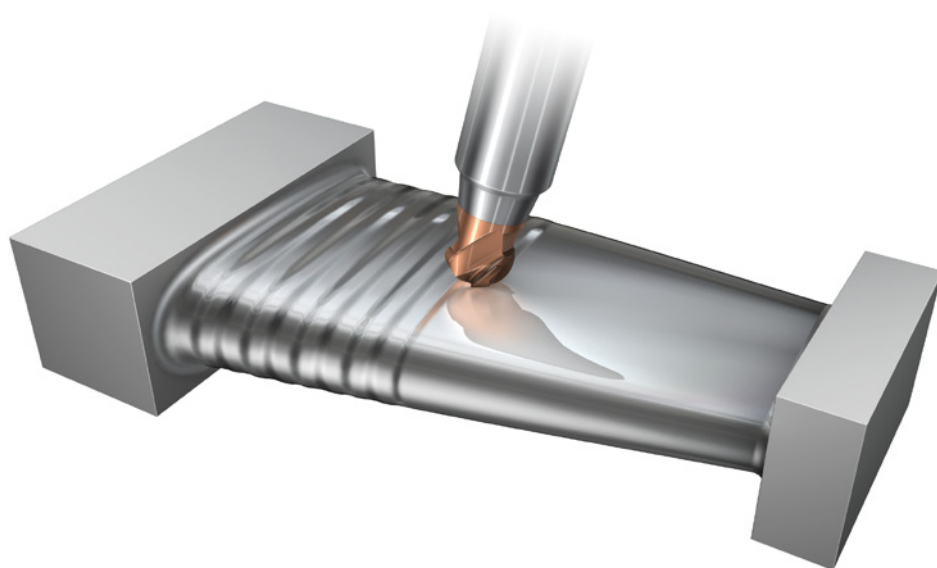
## Tornitura-fresatura

Scelta degli utensili **D 81**

Consigli applicativi **D 82**



## Fresatura a lama: profilatura e tornitura-fresatura



## Fresatura

Risoluzione dei problemi **D 128**

# Profilatura

La profilatura comprende la fresatura su più assi di forme convesse e concave in due e tre dimensioni.

Più grande è il componente e più è complicata la configurazione da lavorare, più diventa importante la pianificazione del processo.

Il processo di lavorazione deve essere suddiviso in almeno tre tipi di operazione:

- Sgrossatura/semisgrossatura
- Semifinitura
- Finitura.

Talvolta è richiesta la superfinitura, spesso eseguita usando metodi di lavorazione ad alta velocità. La fresatura del sovravello, la cosiddetta ripresa, è inclusa nelle operazioni di semifinitura e finitura.

Per la massima precisione e produttività si consiglia di eseguire la sgrossatura e la finitura in macchine separate e di usare utensili da taglio specifici per ciascuna operazione.









L'operazione di finitura deve essere eseguita in una macchina utensile a 4/5 assi con software e tecniche di programmazione avanzati. Questo può ridurre sensibilmente, o persino eliminare del tutto, il lavoro di completamento manuale del l



avoro, che richiede molto tempo. Il risultato finale sarà un prodotto con miglior precisione geometrica ed una miglior qualità della struttura superficiale.





## Scelta degli utensili

### Frese per sgrossatura e semisgrossatura





	CoroMill® Plura		CoroMill® 316		CoroMill® 216
					
Versione	VFD raggio di punta	BNE	Raggio di punta	BNE	BNE
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	4 – 20	1 – 20	10 – 25		10 – 50
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	38		13		44.6
Materiale					

VFD = Profondità della scanalatura variabile  
 BNE = Fresa a candela con testa sferica

## Frese per sgrossatura e semisgrossatura

	CoroMill® 390		CoroMill® 300		CoroMill® 200	CoroMill® 790	
Versione	Raggio		Toroidale	Rotondo	Rotondo	Raggio	
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	12 – 200		10 – 42	25 – 125	25 – 160	25 – 54	40 – 100
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	12 – 42	40 – 200	7/8		10	12/18	
Materiale							

## Frese per finitura e superfinitura

	CoroMill® Plura		CoroMill® 316		CoroMill® 216F	CoroMill® 790	
Versione	VFD raggio di punta	BNE	Raggio di punta	BNE	BNE	Raggio	
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	4 – 20	1 – 20	10 – 25		8 – 32	25 – 54	40 – 100
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	38		13		4.8	12/18	
Materiale							

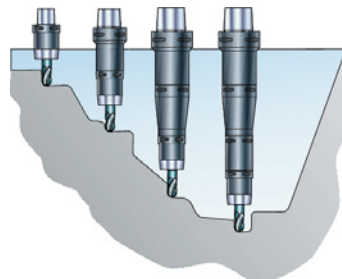
BNE = Fresa a candela con testa sferica

## Consigli applicativi

### Checklist e suggerimenti per una corretta applicazione

**Il profilo del componente deve essere studiato attentamente per selezionare gli utensili corretti e trovare il metodo di lavorazione più adatto:**

- Definire i raggi minimi e la profondità massima della cavità.
- Stimare la quantità di materiale da rimuovere.
- Considerare la configurazione dell'utensile ed il bloccaggio del pezzo per evitare vibrazioni, vedere pagina D 30.
- L'intera lavorazione deve essere eseguita su macchine specifiche per ottenere una buona precisione geometrica sul profilo.
- Usando macchine utensili separate e precise per le operazioni di finitura e superfinitura, la necessità di lucidatura manuale, che richiede molto tempo, può essere ridotta ed in alcuni casi eliminata.
- Può essere necessario adottare una parte di programmazione avanzata per ottenere risparmi significativi.
- Usare la fresa a candela CoroMill Plura con la tecnica ad alta velocità per lavorare il pezzo quasi alla forma finale ed ottenere la miglior finitura possibile, vedere pagina D 75.
- La sgrossatura e la semifinitura di componenti di grandi dimensioni sono, di norma, più produttive se vengono utilizzati i metodi e gli utensili tradizionali. Un'eccezione è l'alluminio, per cui sono usate anche elevate velocità di taglio per la sgrossatura.



### Vibrazioni – Metodi per ridurle

Le vibrazioni rappresentano un ostacolo alla fresatura di profili profondi usando sporgenze lunghe. I metodi comuni per superare questo problema consistono nel ridurre la profondità del taglio, la velocità o l'avanzamento.

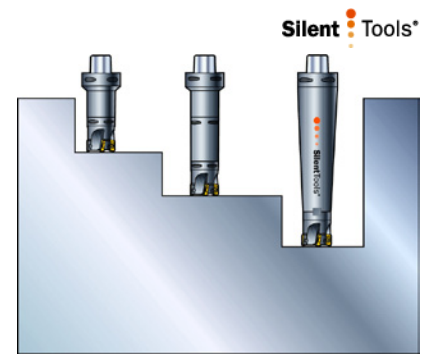
- Utilizzare utensili modulari rigidi con buona precisione in termini di runout.
- Utilizzando utensili modulari si ha una maggiore flessibilità, e si ha a disposizione un maggior numero di combinazioni.
- Usare utensili antivibranti o barre di estensione quando la lunghezza totale dell'utensile, dalla linea di riferimento sul mandrino al punto più basso del tagliente, supera di 4-5 volte il diametro.
- Usare estensioni in metallo pesante, se la rigidità alla flessione deve essere notevolmente aumentata.
- Per velocità del mandrino superiori a 20,000 giri/minuto, usare utensili da taglio e portautensili bilanciati.
- Scegliere il massimo diametro possibile sulle estensioni e sugli adattatori rispetto al diametro della fresa.
- Una differenza radiale di 1 mm tra il portautensile e l'utensile da taglio è sufficiente. Usare frese di grandi dimensioni.
- La fresatura a tuffo è un metodo alternativo per fresare con utensili extra lunghi, vedere Metodi specifici a pagina D 116.



## Prolungare l'utensile gradualmente

Per mantenere la massima produttività nelle operazioni di sgrossatura, dove la passata finale avviene in profondità nel componente, è importante lavorare con una serie di estensioni per la fresa.

- Iniziare con l'estensione più breve, poiché quelle più lunghe limitano la produttività e tendono a generare vibrazioni.
- Passare agli utensili prolungati in posizioni predeterminate nel programma. La geometria della cavità determina il punto di sostituzione.
- Adattare i dati di taglio a ciascuna lunghezza dell'utensile per mantenere la massima produttività.



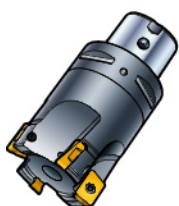
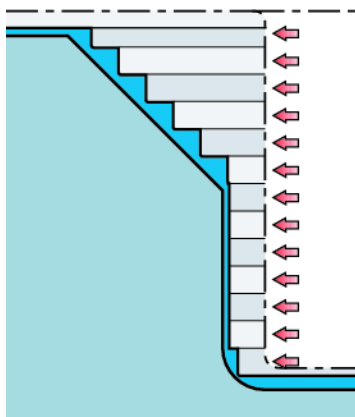
## Allargatura di un pezzo dal pieno

- Quando si apre una cavità, è importante scegliere un metodo che riduca al minimo il valore  $a_p$ , e che lasci un sovrametallo costante per l'operazione di profilatura successiva.
- Le frese a candela/per spallamenti e spianatura o le frese per contornatura lasciano un sovrametallo a gradini che deve essere rimosso. Questo genera diverse forze di taglio e flessioni dell'utensile. Il risultato è un sovrametallo irregolare per la finitura, che inciderà sulla precisione geometrica della forma finale.
- L'uso di frese con inserti rotondi (CoroMill 300 o CoroMill 200) genera raccordi lisci tra le passate e lascia meno sovrametallo per l'operazione di profilatura, dando come risultato una miglior qualità del componente.
- Una terza alternativa è l'uso di una fresa ad elevati avanzamenti (CoroMill 210) per aprire la cavità. Anche questo genera un sovrametallo ridotto e costante, grazie alla limitata profondità di taglio ed ai gradini molto piccoli.

Per ulteriori informazioni, vedere pagina D 102. Metodi per aprire ed allargare un foro.

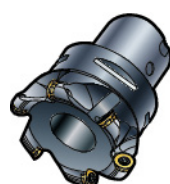
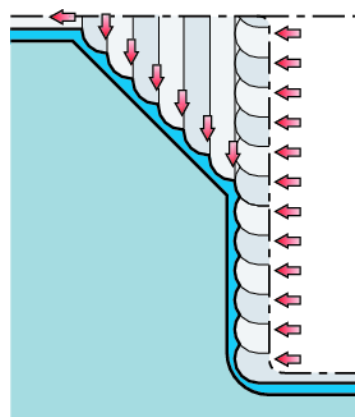
### Fresa per spallamenti retti

– Parecchio sovrametallo rimanente ed a forma di "gradino"



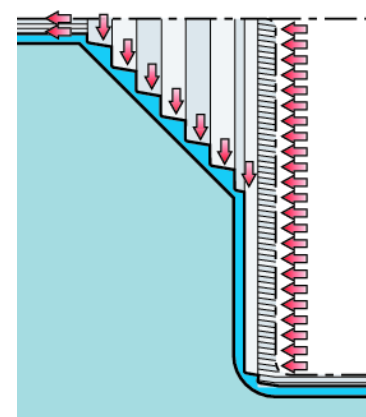
### Fresa con inserti rotondi

+ Poco sovrametallo rimanente



### Fresa ad elevati avanzamenti

+ Poco sovrametallo rimanente



## Percorsi dell'utensile per contornatura o copiatura?

Il metodo tradizionale e più semplice per la programmazione dei percorsi dell'utensile per una cavità consiste nell'uso dei normali sistemi di copiatura, con molte entrate ed uscite nel materiale. Tuttavia, questo significa che software, macchine ed utensili da taglio potenti sono usati in modo molto limitato.

Un approccio aperto alla scelta di metodi, percorsi dell'utensile e portautensili è essenziale.

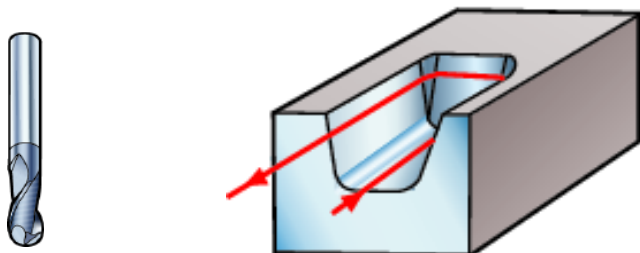
Invece di usare tecniche di programmazione limitate a "tranciare via" il materiale ad un valore Z costante, è molto vantaggioso usare percorsi dell'utensile di contornatura in combinazione con la fresatura concorde. Il risultato garantisce:

- Tempi di lavorazione sensibilmente più brevi.
- Miglior utilizzo di macchina ed utensile.
- Miglior qualità geometrica della forma lavorata.
- Finitura ed operazioni di lucidatura manuali che richiedono meno tempo.

Il lavoro di programmazione iniziale è più complesso e richiede un po' di tempo in più. Tuttavia, questo viene rapidamente compensato, poiché il costo orario della macchina è normalmente il triplo di quello di una stazione di lavoro.

### Fresatura di contornatura

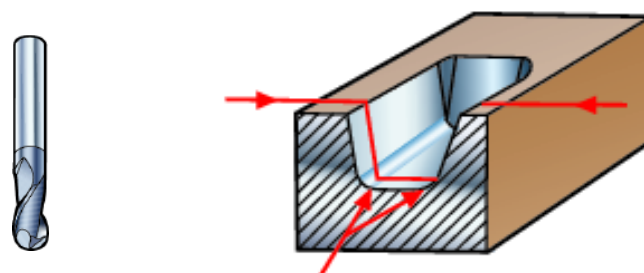
Favorevole



- + Controllo della velocità di taglio -  $v_e$
- + Possibilità di HSM
- + Elevate velocità di avanzamento
- + Produttività
- + Lunga durata dell'inserto
- + Sicurezza

### Copiatura

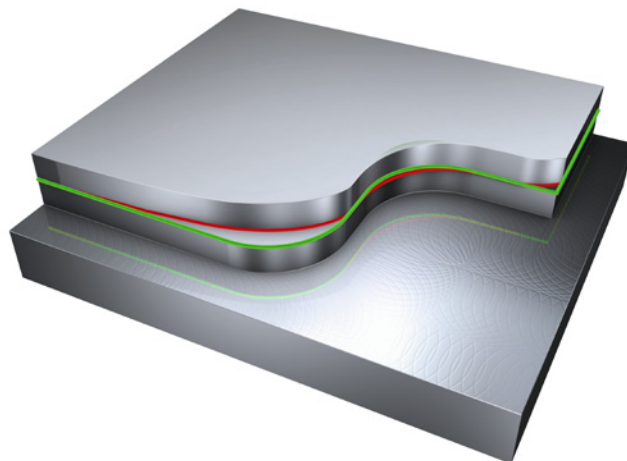
Comune



- Carico pesante sul punto centrale dell'inserto
- Ridotte velocità di avanzamento
- Ridotta durata del tagliente
- Impatto meccanico
- Errori di forma
- Programmi e tempo di taglio più lunghi

## Funzione "look ahead"

Sia per la contornatura sia per la copiatura, è preferibile usare una macchina con un software dotato di funzioni "look ahead" per evitare deviazioni dal percorso dell'utensile.

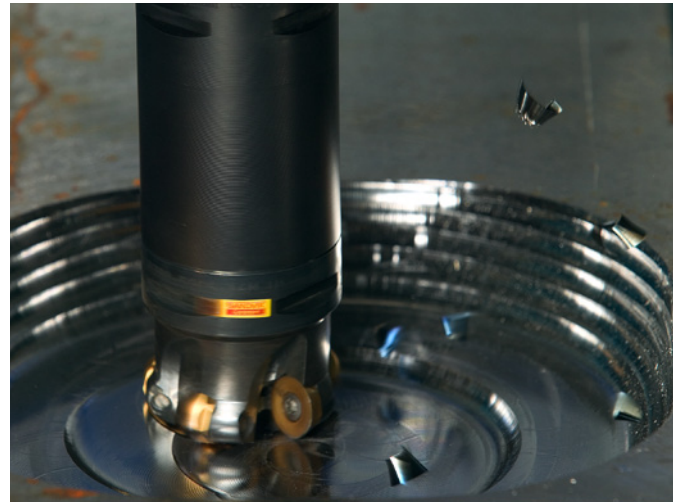




## Contornatura

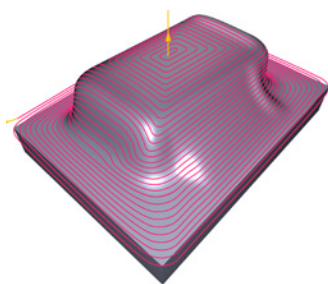
- Usare un tipo di percorso utensile per contornatura, ad esempio "Fresatura waterline": è il metodo migliore per garantire la fresatura concorde.
- La contornatura, eseguita con la periferia della fresa, spesso fornisce una maggiore produttività, poiché un numero maggiore di denti si trova effettivamente impegnato nel taglio su un diametro utensile più grande.
- Se la velocità del mandrino è limitata nella macchina, la contornatura aiuta a mantenere e controllare la velocità di taglio.
- La contornatura crea anche meno cambi rapidi nel carico e nella direzione di lavoro. Nella fresatura ad avanzamento e velocità elevati, questo è di particolare importanza poiché il tagliente ed il processo sono più vulnerabili a qualsiasi cambiamento che crei differenze nella flessione o crei vibrazioni.
- Per un buona durata del tagliente, restare continuamente nel taglio, per il maggior tempo possibile.

**Nota!** Evitare di asportare con il centro dell'utensile quando la velocità di taglio è pari a zero.



### Strategia del percorso dell'utensile

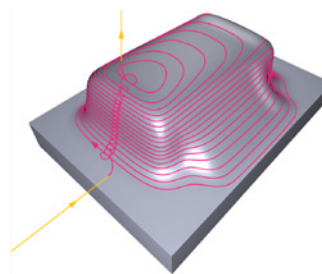
Z – contornatura costante, due assi.  
Da sgrossatura a finitura



Fresatura Z waterline - contornatura costante

- Comune quando è disponibile la funzione di rilevamento altezza massima della cuspid e cresta controllata da CAM.
- Impegno e retrazione senza problemi
- Programmazione semplice
- Ampia scelta di utensili

Contornatura elicoidale, tre-cinque assi.  
Finitura



Contornatura con un percorso utensile in rampa

- Cambiamenti di direzione regolari
- Buona precisione della forma e finitura superficiale
- Altezza della cuspid e cresta controllata
- Impegno costante
- Programmi brevi
- Utensile corto

## Copiatura

Un percorso utensile per la copiatura spesso prevede una combinazione di fresatura discorde e concorde e richiede molti impegni e disimpegno sfavorevoli nel taglio.

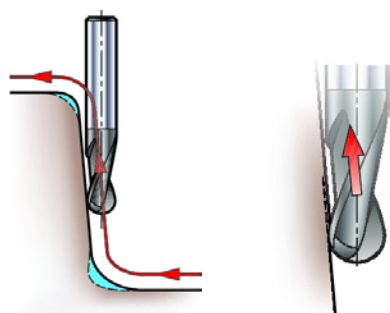
Ogni entrata ed ogni uscita generano una flessione dell'utensile, lasciando così un segno in rilievo sulla superficie.

Quindi, le forze di taglio e la flessione dell'utensile si riducono e vi sarà una leggera esecuzione di scarichi di materiale nell'area di uscita.

### Conclusioni:

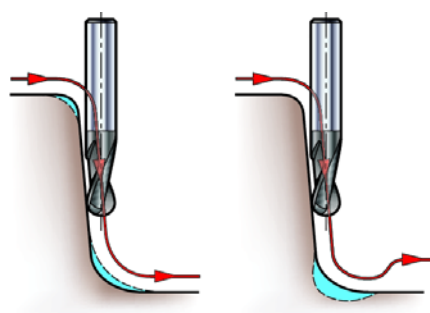
- La copiatura su pareti ripide deve essere evitata il più possibile. In caso di lavorazione a tuffo, lo spessore del truciolo è notevole e la velocità di taglio deve essere bassa.
- Esiste un rischio di sfaldamento del tagliente al centro dell'utensile, soprattutto quando la fresa tocca l'area del fondo.

- Usare un controllo della velocità di avanzamento con funzione "look ahead". Diversamente, la decelerazione non sarà abbastanza rapida da evitare danni al centro dell'utensile.
- Vi sarà una notevole lunghezza di contatto quando la fresa tocca la parete, con il rischio di flessioni, vibrazioni o rottura dell'utensile.
- Quando si usano frese a candela con testa sferica, l'area più critica è il centro dell'utensile, poiché la velocità di taglio è pari a zero. Evitare di usare l'area al centro dell'utensile ed attuare una fresatura con percorso punto a punto inclinando il mandrino o il pezzo per migliorare le condizioni.
- Per il processo di taglio è meglio eseguire la copiatura discorde su pareti ripide, poiché la spessore del truciolo è al valore massimo ad una velocità di taglio più favorevole.

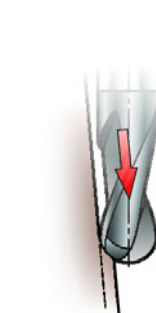


Rischio di "scavare"

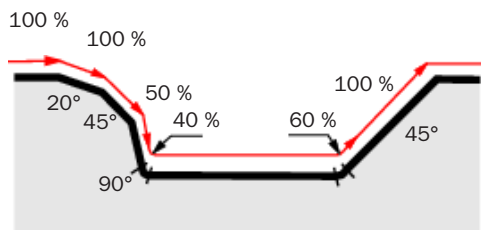
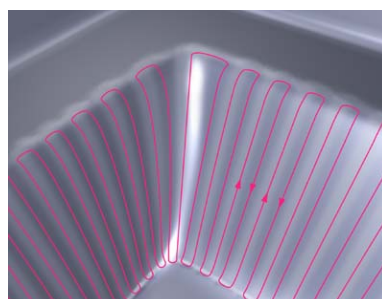
**Copiatura discorde:**  
Massimo spessore del truciolo al valore consigliato  $v_c$ .



**Al fondo della cavità:**  
Rischio di sfaldamento al centro dell'utensile. Errori di forma comuni, soprattutto se si usa il metodo di lavorazione ad alta velocità.

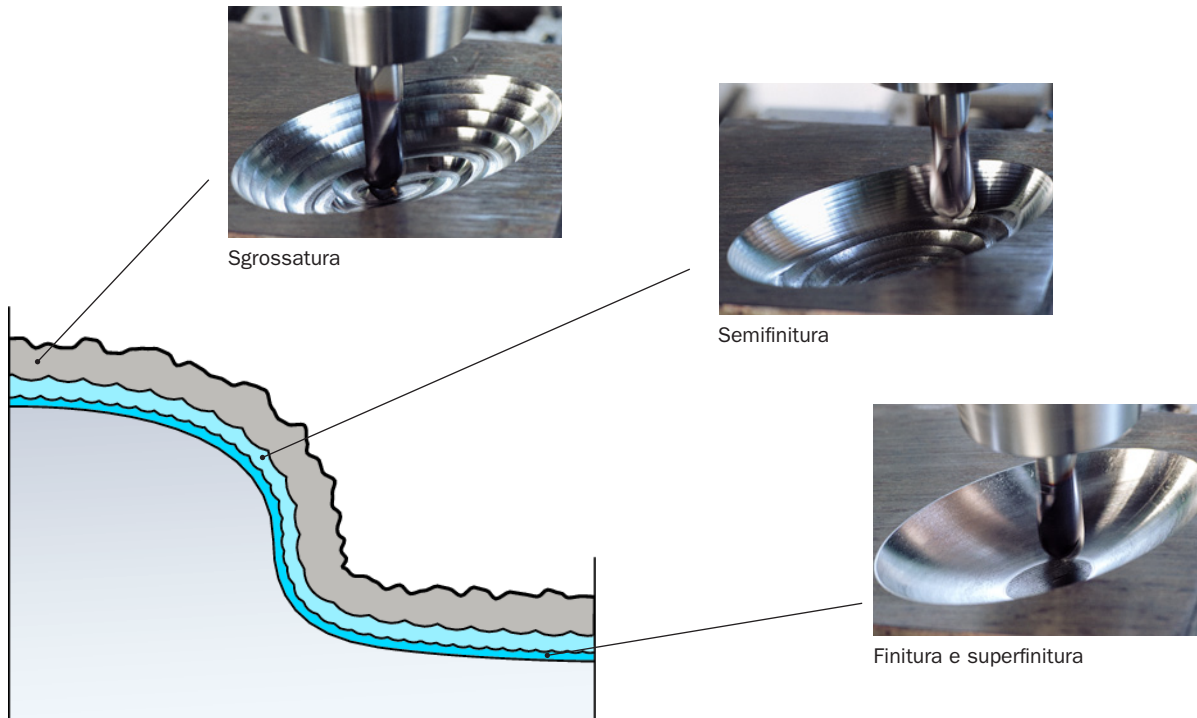


**Copiatura concorde:**  
Elevato spessore del truciolo con valore molto basso  $v_c$ .



### Riduzione dell'avanzamento per evitare una durata del tagliente troppo breve

Una fresatura discorde e concorde invertite espongono l'utensile a flessione e forze di taglio alternate. Riducendo la velocità di avanzamento nelle sezioni critiche del percorso dell'utensile, il rischio di sfaldamento del tagliente si riduce ed è possibile ottenere un processo di taglio più sicuro ed una maggiore durata del tagliente.



## Il sovrametallo costante consente la fresatura vicino alla forma del pezzo finito

Un sovrametallo costante è uno dei veri criteri di base per una produttività elevata e costante nella profilatura, soprattutto ad alte velocità.

- Per raggiungere la massima produttività in queste operazioni, comuni nella realizzazione di stampi, è importante adattare la dimensione delle frese alle operazioni specifiche.
- L'obiettivo fondamentale è generare un sovrametallo uniformemente distribuito, in modo da avere pochi cambiamenti nel carico e direzione di lavoro per ogni utensile usato.

Spesso è più favorevole "scalare" le dimensioni su frese diverse, da più grandi a più piccole, soprattutto nelle operazioni di sgrossatura leggera e semifinitura, invece di usare un unico diametro per tutta la durata di ogni operazione.

- La qualità migliore di finitura si ottiene quando le operazioni precedenti lasciano la quantità di sovrametallo minore e più costante possibile.
- L'obiettivo deve sempre essere avvicinarsi il più possibile ai requisiti specificati per la forma finale.
- Processo di taglio sicuro.

### Vantaggi con un sovrametallo costante

- Alcune operazioni di semifinitura, e praticamente tutte quelle di finitura, possono essere eseguite con una parziale presenza dell'operatore e talvolta anche in sua assenza.
- L'impatto su guide della macchina utensile, viti a ricircolo di sfere e cuscinetti del mandrino sarà meno negativo.

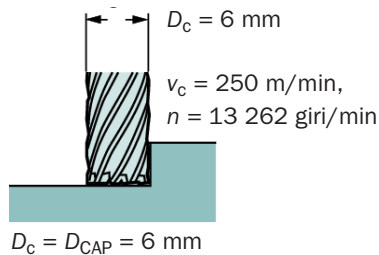
## Velocità di taglio effettiva

Se si usa un valore di diametro nominale dell'utensile nel calcolo della velocità di taglio di una fresa con testa sferica o inserti rotondi, la velocità di taglio effettiva,  $v_c$ , sarà molto inferiore, se la profondità di taglio,  $a_p$ , è ridotta. Avanzamento della tavola e produttività saranno gravemente ostacolati.

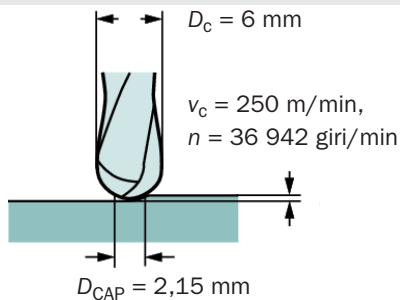
$$v_c = \frac{\pi \times n \times D_{cap}}{1000} \text{ m/min}$$

Basare i calcoli della velocità di taglio sul diametro effettivo nel taglio,  $D_{cap}$ .

### Fresa a candela per spallamenti

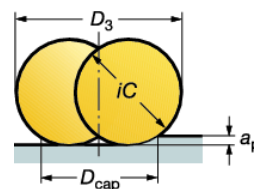


### Fresa con testa sferica



$$D_{cap} = 2 \times \sqrt{a_p \times (D_c - a_p)}$$

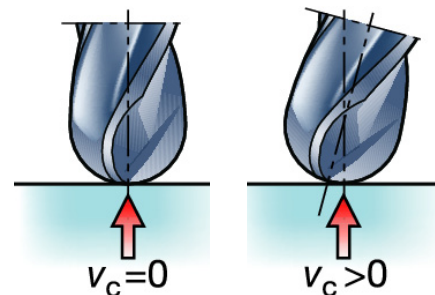
### Fresa con inserti rotondi



$$D_{cap} = D_3 - iC + \sqrt{iC^2 - (iC - 2 \times a_p)^2}$$

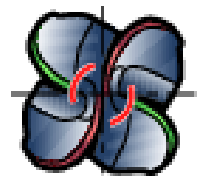
## Fresatura con percorso punto a punto – fresa inclinata

- Quando si usa una fresa a candela con testa sferica, l'area più critica del tagliente è il centro dell'utensile, dove la velocità di taglio è vicina a zero, situazione sfavorevole per il processo di taglio. L'evacuazione del truciolo al centro dell'utensile è di importanza critica, visto lo spazio ridotto nel tagliente trasversale.
- Pertanto, si consiglia di inclinare il mandrino sul pezzo di 10-15 gradi, in modo che l'area di taglio sia allontanata dal centro dell'utensile.
  - La velocità di taglio minima sarà superiore.
  - Durata dell'utensile e formazione del truciolo migliorate.
  - Miglior finitura superficiale.

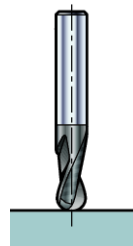


### CoroMill® Plura e CoroMill® 316 - frese con tagliente al centro

Parte centrale,  $z = 2$



Parte periferica,  $z = 4$



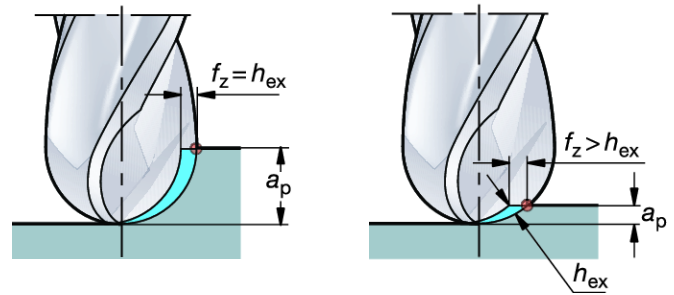
Per garantire quattro taglienti effettivi, la fresa deve essere inclinata di circa 10-15 gradi.

## Taglio poco profondo

Consente valori maggiori di velocità di taglio maggiore,  $v_c$ , e avanzamento/dente,  $f_z$

Quando si usa un inserto rotondo o una fresa con testa sferica ad una profondità di taglio inferiore, la velocità di taglio,  $v_c$ , può essere aumentata visto il breve tempo di contatto del tagliente. Il tempo per la propagazione del calore nell'area di taglio diventa più breve: la temperatura di tagliente e pezzo sono entrambe mantenute ad un valore basso.

Inoltre, l'avanzamento/dente,  $f_z$ , può essere aumentato grazie all'effetto di assottigliamento del truciolo, vedere la sezione Informazioni preliminari a pagina D 20.



Taglio poco profondo

## Esempio di taglio poco profondo

Fresa non inclinata rispetto a fresa inclinata

Questo esempio mostra le possibilità per aumentare la velocità di taglio quando  $a_e/a_p$  è limitato ed i vantaggi di usare una fresa inclinata.

Fresa con testa sferica CoroMill Plura

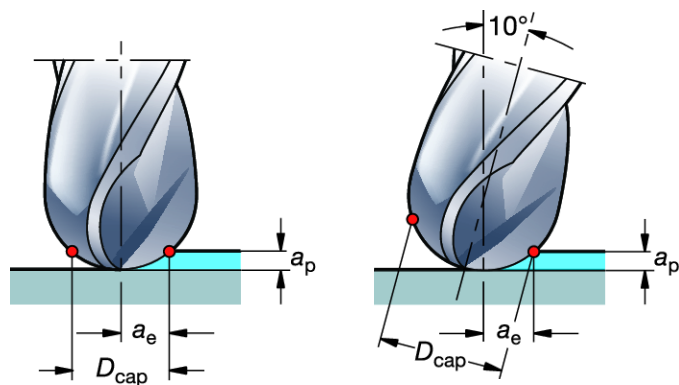
$D_c = 10$  mm, qualità GC 1610.

Materiale: acciaio, 400HB

Consigli sui dati di taglio per un taglio profondo  $a_p = D_c/2$ :

$v_c = 170$  m/min,

$f_z = 0,08$  mm/giro =  $h_{ex}$



Operazione	Fresa non inclinata	Fresa inclinata (10°)
<p>• Semifinitura <math>a_p = 2</math> mm</p> <p>La velocità può essere ulteriormente aumentata di circa 75% visto il taglio poco profondo ed il tempo di contatto breve:</p> <p><math>v_c = 300</math> m/min,</p> <p>L'avanzamento per dente, <math>f_z</math>, è lo stesso per la fresa inclinata e non inclinata, ma il numero di taglienti effettivo, <math>z_c</math>, varia vicino al centro, come descritto nella pagina precedente.</p>	<p><math>D_c = 10</math> mm <math>D_{cap} = 8</math> mm</p> <p><math>v_c = 300</math> m/min, <math>n = 11\ 940</math> giri/min</p> <p><math>h_{ex} = 0,08</math> mm <math>f_z = 0,12</math> mm/dente <math>z_c = 2</math> <math>f_n = 0,24</math> mm/giro</p> <p><math>v_f = 2\ 860</math> mm/min</p>	<p><math>D_c = 10</math> mm <math>D_{cap} = 8,9</math> mm</p> <p><math>v_c = 300</math> m/min, <math>n = 10\ 700</math> giri/min</p> <p><math>h_{ex} = 0,08</math> mm <math>f_z = 0,12</math> mm/dente <math>z_c = 4</math> <math>f_n = 0,48</math> mm/giro</p> <p><math>v_f = 5\ 100</math> mm/min</p>
<p>• Superfinitura <math>a_e = 0,1</math> mm</p> <p>La velocità di taglio può essere aumentata per un fattore di 3-5 grazie al tempo di contatto estremamente breve:</p> <p><math>v_c = 5 \times 170 = 850</math> m/min</p> <p><b>Nota:</b> nella superfinitura, deve essere usata una fresa a due denti <math>z_n = 2</math>, per ridurre al minimo il runout. Con questo valore <math>a_p</math>, così basso, il valore <math>f_z</math> sarà limitato dalle esigenze di finitura superficiale. Pertanto, <math>h_{ex}</math> non deve essere preso in considerazione. Una buona regola generale nella superfinitura consiste nell'usare circa lo stesso valore <math>f_z</math> di <math>a_e</math>.</p> <p><math>f_z = 0,12</math> mm/giro</p>	<p>Una fresa non inclinata non è consigliata per la superfinitura</p>	<p><math>D_c = 10</math> mm <math>D_{cap} = 4,4</math> mm</p> <p><math>v_c = 850</math> m/min, <math>n = 61\ 100</math> giri/min</p> <p><math>h_{ex} = 0,02</math> mm <math>f_z = 0,12</math> mm/dente <math>z_c = 2</math> <math>f_n = 0,24</math> mm/giro</p> <p><math>v_f = 14\ 600</math> mm/min</p>

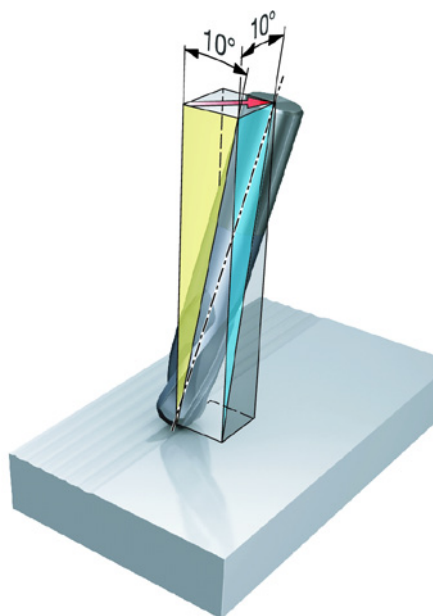
## Generazione di superfici sculturate

Una fresa con testa sferica su un tagliente raggiato forma una superficie con una certa altezza cuspidale,  $h$ , a seconda di:

- Larghezza,  $a_e$ , del taglio
- L'avanzamento per dente,  $f_z$ .

Altri fattori importanti sono la profondità di taglio,  $a_p$ , che incide sulle forze di taglio e la lettura del valore di runout sul comparatore. Per ottenere i migliori risultati:

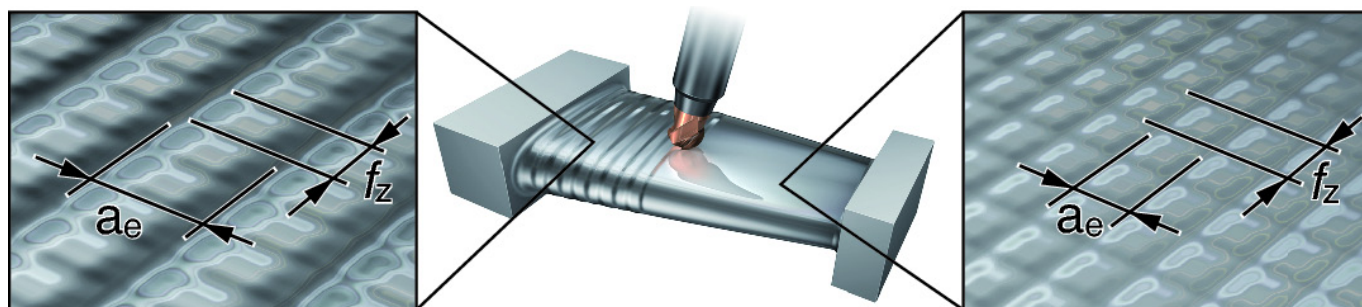
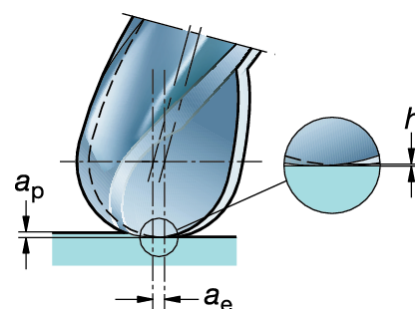
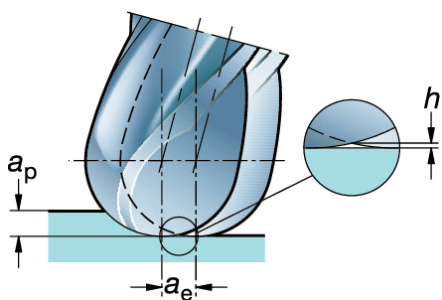
- Usare mandrini di elevata precisione HydroGrip con accoppiamento Coromant Capto.
- Ridurre al minimo la sporgenza dell'utensile.



La fresatura concorde con fresa inclinata di circa 10° in due direzioni garantisce una buona finitura superficiale e prestazioni affidabili.

### Sgrossatura e semisgrossatura

Se l'avanzamento per dente è molto inferiore alla larghezza e profondità del taglio, la superficie generata avrà un'altezza di cuspidale molto inferiore nella direzione di avanzamento.



Semisgrossatura con  $f_z$  molto inferiore a  $a_e$ .

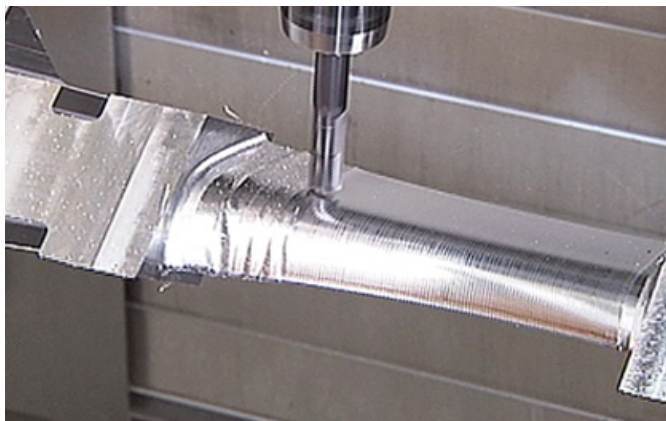
Superfinitura con fresa inclinata e  $f_z$  pari a  $a_e$ .

### Finitura e superfinitura

È vantaggioso ottenere una struttura superficiale uniforme e simmetrica in tutte le direzioni, che possa essere facilmente lucidata in seguito, a prescindere dal metodo di lucidatura selezionato.

Questo si ottiene quando  $f_z \approx a_e$ .

Nella superfinitura, usare sempre una fresa a due denti inclinata per ottenere la miglior rugosità superficiale possibile.



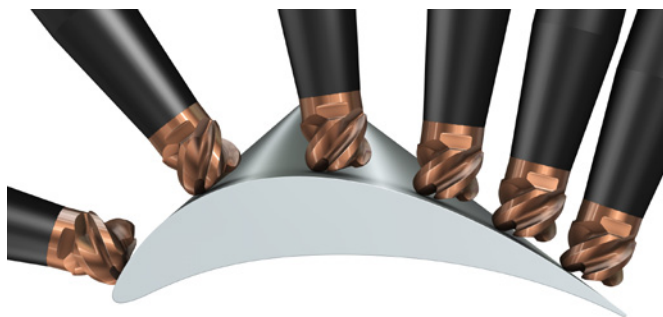
CoroMill® Plura



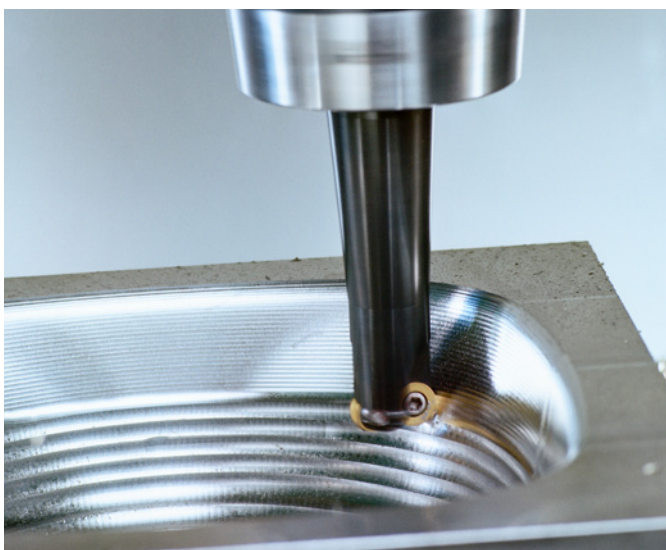
CoroMill® 390



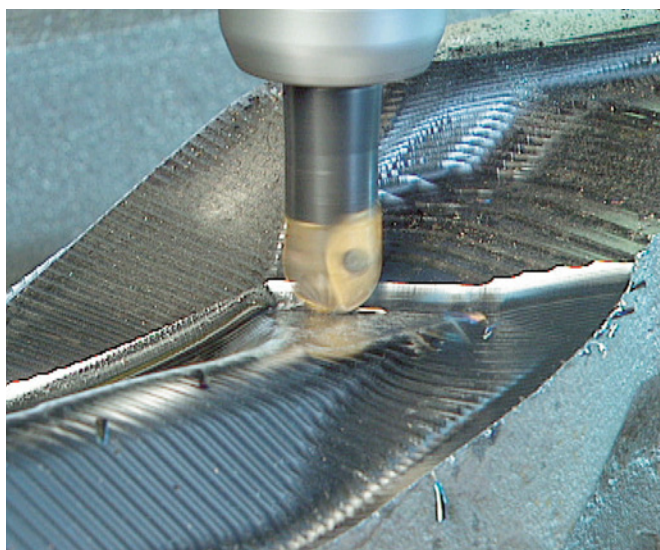
CoroMill® 300



CoroMill® 316



CoroMill® 300 toroidale



CoroMill® 216

# Tornitura-fresatura

La tornitura-fresatura è definita come la fresatura di una superficie ricurva mentre il pezzo ruota intorno al proprio punto centrale.

Forme eccentriche o forme che si discostano sensibilmente da quelle prodotte dai metodi di fresatura o tornitura convenzionali possono spesso essere tornite-fresate. Il metodo consente un'elevata rimozione del metallo con un ottimo controllo truciolo.

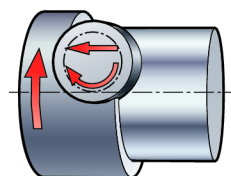
- Una superficie cilindrica può essere prodotta solo facendo avanzare la fresa in direzione radiale durante la rotazione.
- Spostando contemporaneamente la fresa in due direzioni, è possibile produrre superfici eccentriche, ad esempio le camme sugli alberi.
- Lo spostamento lungo più di 2 assi richiede un utensile con capacità di lavorazione in rampa.
- Per lavorare una forma conica, occorrono 5 assi.
- La tornitura-fresatura di profili complessi, ad esempio pale di turbine, richiede lo spostamento contemporaneo lungo 5 (o 4) assi, 2 o 3 per il pezzo e 1 o 2 per l'utensile.
- È possibile produrre componenti, come le pale delle turbine, avanzando la fresa lungo più di 2 assi, facendo contemporaneamente ruotare il componente.



## Scelta del metodo

### Tornitura-fresatura – 4/5 assi

Metodo principale per la lavorazione esterna.

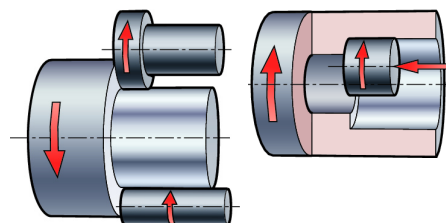


- + Piccole estensioni utensile
- + Diametri utensile inferiori/coppia ridotta
- + Componenti esterni/sottili
- + Profilatura
- Non superfici cilindriche naturali
- Interno.

### Tornitura-fresatura periferica – 3/4 assi

Stesso principio della fresatura circolare/lavorazione in rampa, ma con rotazione del componente.

Usata prevalentemente per particolari interni.








- + Lavorazione interna
- + Superficie cilindrica
- + Cave strette
- + Fresatura di filetti
- + Rotondità
- Profilatura
- Diametri più grandi/coppia elevata
- Sporgenze lunghe.

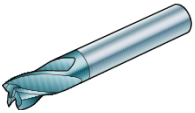





# Scelta degli utensili

## Frese di tornitura-fresatura per sgrossatura

	Fresa a candela a 90° CoroMill® 390	Fresa per contornatura CoroMill® 390LE	Fresa per spianatura a 45° CoroMill® 245	Fresa ad elevati avanzamenti CoroMill® 210	Fresa con inserti rotondi CoroMill® 300
					
Profondità di taglio – ( $a_p$ )	++	+++	++	–	+
Larghezza di taglio – ( $a_e$ )	++	++	++	–	+++
Avanzamento tavola – ( $v_f$ )	++	+	++	+++	+++
Volume truciolo asportato – Q (cm <sup>3</sup> /min.)	+	+++	++	+	+++
Taglio del fondo	+	–	–	–	+++
Potenza/stabilità	++	–	++	+	+++
Finitura superficiale	+++	+	+++	–	++
Materiali difficili	+	+	++	++	+++
Da sgrossatura a finitura	+++	+	+++	–	++

## Frese di tornitura-fresatura per finitura

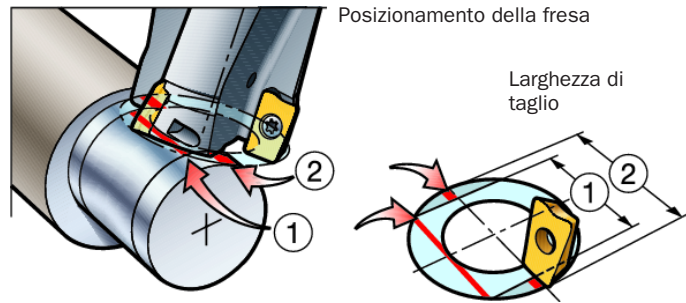
	Fresa a candela integrale a 90° CoroMill® Plura	Fresa a candela con inserti multitaglienti a 90° CoroMill® 390	Fresa per spianatura con inserti multitaglienti a 90° CoroMill® Century	Fresa con inserti rotondi CoroMill® 300
				
Planarità superficiale	+++	+++	+++	+
Numero di raschianti	4	1	da 1 a completo	0
Avanzamento/dente	–	+	+( <sup>*</sup> +++)	++
Volume truciolo asportato – Q (cm <sup>2</sup> /min.)	–	+	+( <sup>*</sup> +++)	++
Contro uno spallamento	+++	+++	+++	–
Materiale difficile	+	+	+	+++
Profilo stretto	+++	+	+	–

\* Solo in caso di taglio assiale e completamente equipaggiata con inserti raschianti.

## Consigli applicativi

### Posizione della fresa quando si usano inserti raschianti

Nella tornitura-fresatura, un inserto raschiante è usato per generale il contatto in linea retta tra la fresa e la superficie lavorata, in modo da realizzare la parte cilindrica del componente. Poiché la superficie fresata è convessa, il tratto raschiante deve essere piano invece che "dentellato". Per coprire tutta la larghezza della fresa, l'utensile deve essere posizionato con almeno due disassamenti, prima  $E_{w1}$  durante la prima rotazione del pezzo, per poi passare a  $E_{w2}$  per una seconda passata.



1 = prima passata  
2 = seconda passata

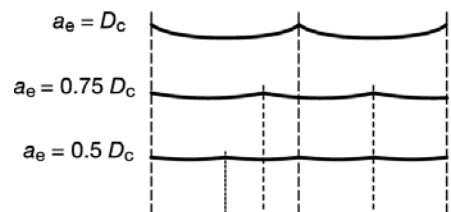
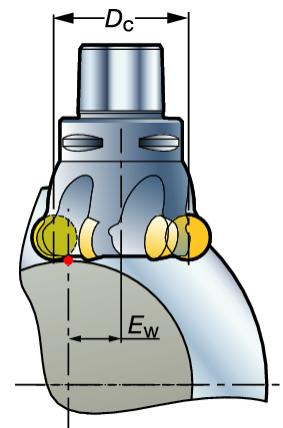
### Posizione della fresa - inserti rotondi/non raschianti

Per produrre la superficie più piana possibile, è ottimale l'uso di una fresa con larghezza di taglio,  $a_e$ , inferiore al 40% del diametro effettivo della fresa,  $D_c$ .

Tuttavia, il valore  $a_e$  deve essere aumentato per ottenere la massima produttività. Questo può essere fatto aumentando:

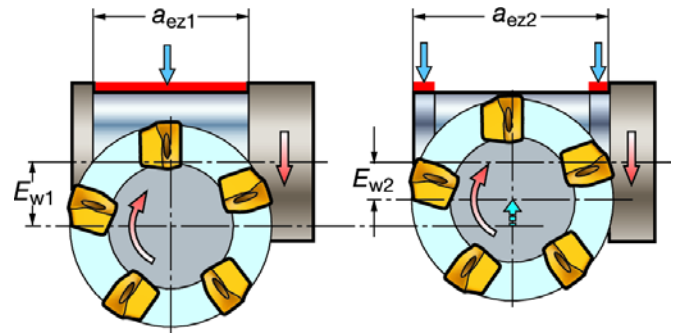
- Diametro fresa
- Rapporto di impegno radiale –  $a_e/D_c$ .

Per ottenere un'altezza della cuspidi accettabile, la fresa deve essere disassata. L'entità di tale disassamento dipende dal valore  $a_e$ , e viene presa dal diagramma per il rispettivo  $a_e/D_c$ .

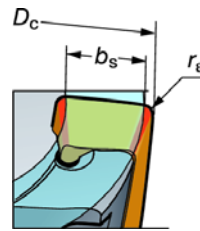


## Spostamento e larghezza di taglio

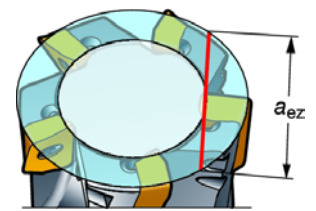
Per fresare una superficie più grande del diametro della fresa, è necessario rimanere nella posizione iniziale e poi spostare la fresa in direzione assiale fino alla lunghezza necessaria, che non è, comunque, superiore all'80% di  $a_{ez1}$  per giro. Se occorre uno spallamento a 90°, la fresa deve passare ad una seconda posizione,  $E_{w2}$ .



Larghezza dell'inserto raschiante

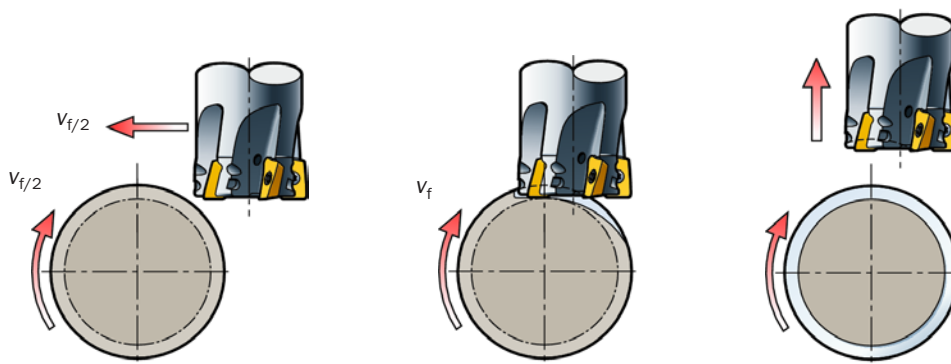


Larghezza di taglio



## Principio di avanzamento

L'utensile di fresatura deve essere fatto avanzare nel pezzo in direzione radiale. La velocità di rotazione del pezzo deve corrispondere all'avanzamento/dente consigliato per l'inserto. La fresa deve essere arretrata in senso assiale.



## Programmazione

Informazioni dettagliate sulla programmazione della tornitura-fresatura sono fornite nella relativa guida applicativa, C-2920:26. Per ulteriori informazioni, contattare lo specialista Sandvik Coromant di zona.

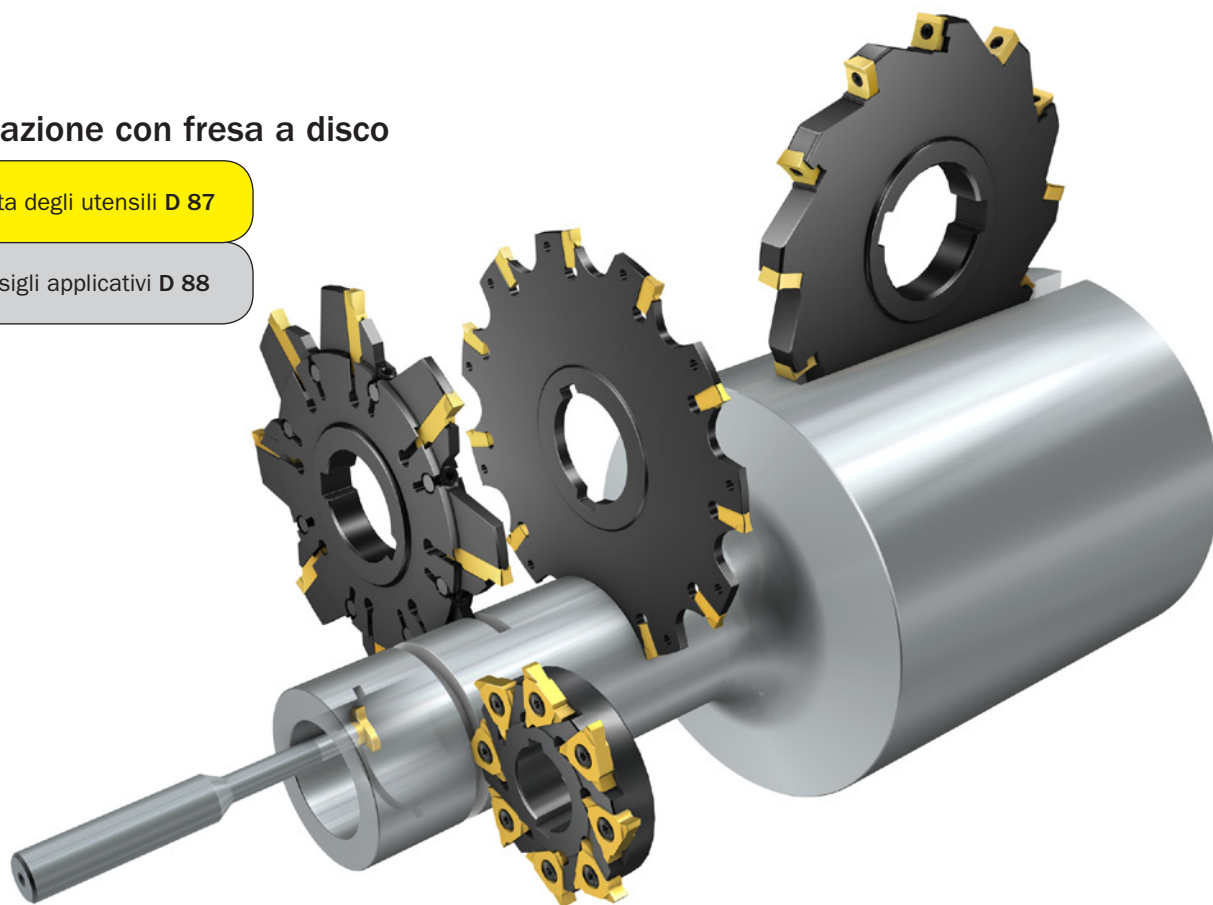
# Fresatura di cave e filetti

## Presentazione delle applicazioni

### Lavorazione con fresa a disco

Scelta degli utensili D 87

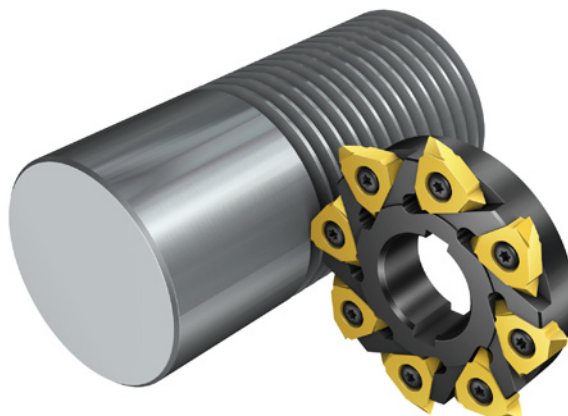
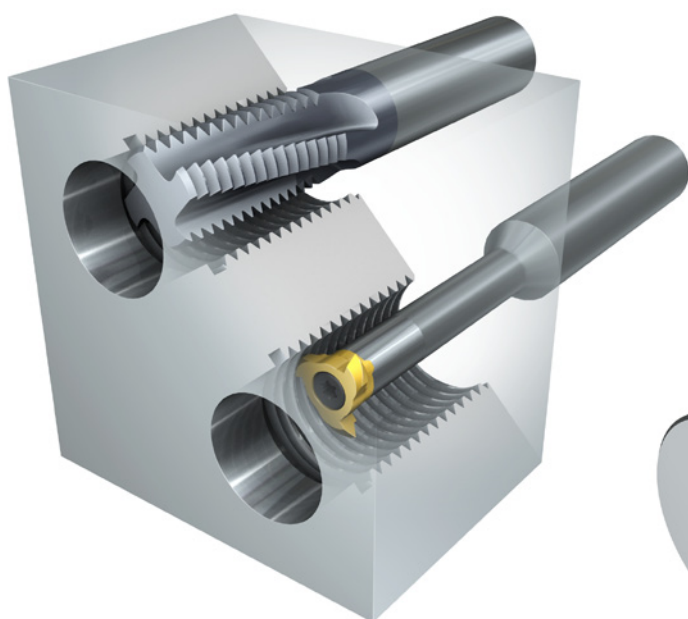
Consigli applicativi D 88



### Fresatura di filetti

Scelta degli utensili D 95

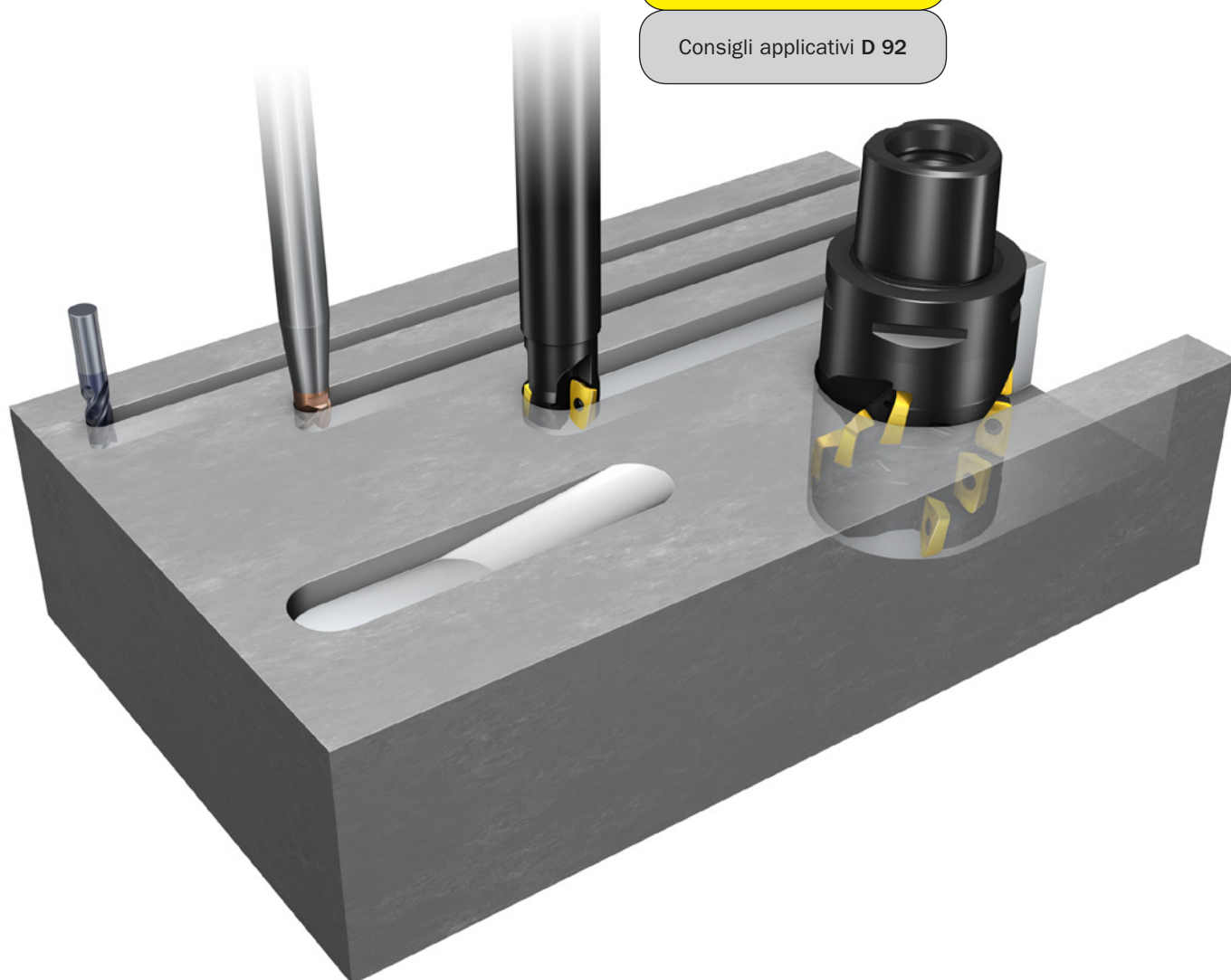
Consigli applicativi D 97



## Fresatura a candela di cave

Scelta degli utensili D 91

Consigli applicativi D 92



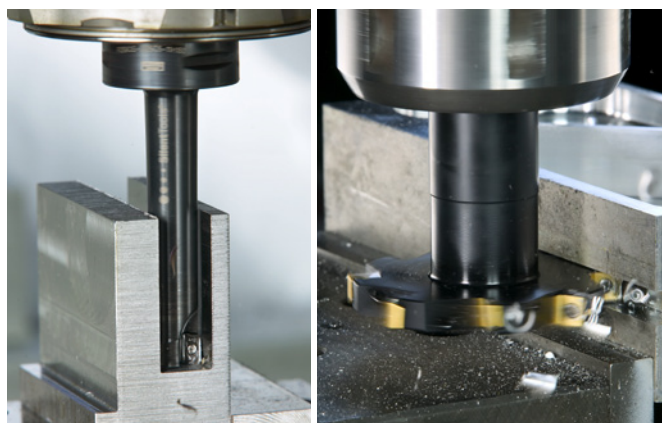
## Fresatura

Risoluzione dei problemi D 128

# Fresatura di cave

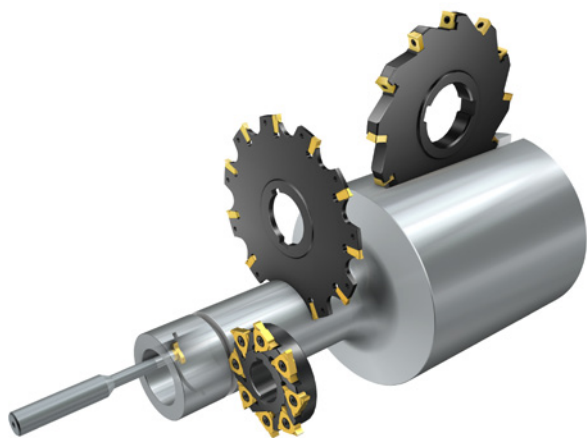
La fresatura di cave è un'operazione in cui la fresatura laterale e la spianatura sono spesso preferite alla fresatura a candela.

- Cave e scanalature possono essere corte o lunghe, chiuse o aperte rette o non rette, profonde o poco profonde, larghe o strette.
- La selezione dell'utensile normalmente è determinata dalla larghezza e dalla profondità della cava e, in parte, dalla sua lunghezza.
- Il tipo di macchina disponibile e la frequenza dell'operazione determinano se usare una fresa a candela, una fresa per contornatura o una fresa a disco.
- Le frese a disco offrono il metodo più efficiente per la fresatura di grandi volumi di cave lunghe e profonde, soprattutto quando vengono usate macchine per la fresatura orizzontali. La diffusione di macchine fresatrici verticali e centri di lavorazione, tuttavia, significa che anche le frese a candela e le frese per contornatura sono frequentemente usate in un'ampia varietà di operazioni di fresatura di cave.



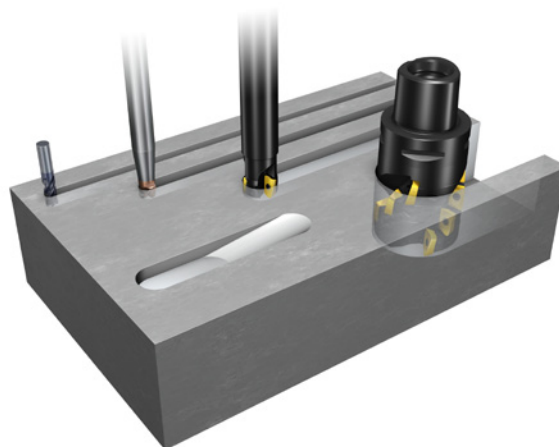
## Confronto fra tipi di frese

### Lavorazione con frese a disco



- + Cave aperte
- + Cave profonde
- + Larghezza regolabile/tolleranze
- + Fresatura "a pacco"
- + Troncatura
- + Ampia gamma di prodotti per larghezze e profondità diverse
- Cave chiuse
- Solo scanalatura lineare
- Evacuazione del truciolo

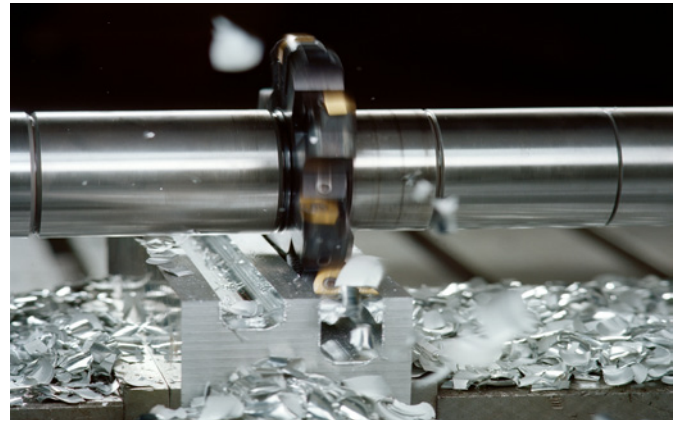
### Lavorazione con frese a candela



- + Cave chiuse
- + Cave poco profonde
- + Cave non lineari
- + Versatilità – metodi aggiuntivi:
  - Fresatura trocoidale di cave in materiali difficili (acciai duri, HRSA, ecc.)
  - Fresatura a tuffo come soluzione per sporgenze elevate
  - Operazioni di semifinitura/finitura possono essere facilmente aggiunte
  - Una fresa per contornatura può essere usata per operazioni diverse dalla fresatura di cave
- Cave profonde
- Forze elevate
- Sensibile alle vibrazioni in caso di flessione





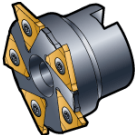





# Lavorazione con frese a disco

Le frese a disco sono in grado di gestire cave lunghe, profonde e aperte in modo più efficiente ed offrono la miglior stabilità e produttività per questo tipo di fresatura. Possono inoltre essere montate "in gruppo" per lavorare più di una superficie sullo stesso piano contemporaneamente.



## Scelta degli utensili

### Frese per lavorazioni laterali o sul fianco

	CoroMill® 331	CoroMill® 329	T-Max Q-cutter	CoroMill® 327	CoroMill® 328
					
Max. larghezza di taglio ( $a_p$ ), mm	10/26.5	2.5 – 4	6.1	5.15	5.15
Max. profondità di taglio ( $a_r$ ), mm	34.0/114.5	18	119	6.5	5.0
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	40 – 125/ 80 – 315	125 – 160	80 – 315	9.7 – 27.7	39 – 80
Materiale					

#### CoroMill® 331

Fresa multifunzione con capacità di alta precisione. La fresa più produttiva per la realizzazione di cave e per la troncatura. Cave ampie possono essere prodotte con diverse frese CoroMill montate insieme in un "gruppo".

#### CoroMill® 329

Utensile versatile per la produzione di cave precise, scanalature con fondo piatto e per troncatura.

#### Fresa T-MAX® Q-Cutter

Fresa complementare per cave strette e scanalature con il fondo piatto. Scelta di base per la troncatura.

#### CoroMill® 327

Scanalatura interna e smussatura in fori con diametro maggiore di 10 mm. Raggio completo per anelli di tenuta standard, scanalature di sedi di anelli elastici e smussatura.

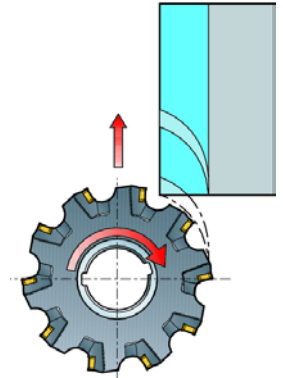
#### CoroMill® 328

Scanalatura generale, scanalatura di sedi di anelli elastici e smussatura in fori con diametro superiore a 39 mm. Scanalatura generale esterna ed interna.

## Consigli applicativi

### Checklist e suggerimenti per una corretta applicazione

- Scegliere dimensione, passo e posizione della fresa e montarla in modo che almeno un tagliente sia nel taglio in ogni momento.
- Controllare lo spessore del truciolo per ottenere l'avanzamento per dente ottimale.
- Ridurre l'avanzamento all'entrata a causa del truciolo di elevato spessore in uscita.
- In condizioni di fresatura complessa, controllare i requisiti in termini di potenza e coppia.
- Attacchi mandrino rigidi e sporgenze sono molto importanti nelle applicazioni in cui i mandrini hanno un'estremità libera. Il fissaggio ed il supporto del mandrino devono essere resistenti per gestire le forze di taglio originate dalla fresatura discorde.



#### Fresatura concorde

- Metodo di scelta prioritaria.
- Usare un arresto saldo nella direzione delle forze di taglio tangenziali per evitare che spingano il pezzo in basso, contro la tavola. La direzione di avanzamento corrisponde alle forze di taglio. Questo significa che rigidità ed eliminazione del gioco sfavorevole sono fattori importanti, poiché la fresa ha la tendenza a seguire un movimento ascendente.

#### Fresatura discorde:

- Alternativa nelle applicazioni in cui insorgono problemi dovuti a rigidità insufficiente o quando si opera su materiali esotici.
- Risolve i problemi causati da set-up deboli ed intasamenti da trucioli nelle scanalature più profonde.

#### Volano:

- Buon complemento per i set-up deboli e quando potenza e coppia sono basse.
- Posizionare il volano il più vicino possibile all'utensile.
- Rafforzare il montaggio del pezzo è sempre un buon investimento.

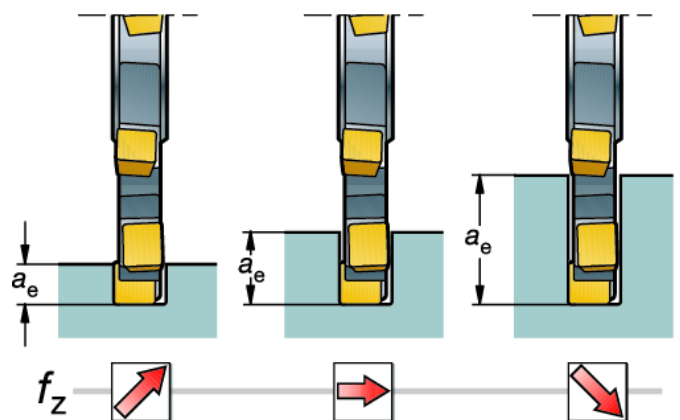
## Fresatura di cave aperte con frese a disco

### Calcolo dell'avanzamento per dente

Un fattore critico nella fresatura periferica con frese a disco, come CoroMill 331, consiste nell'ottenere un avanzamento per dente adatto,  $f_z$ . Valori insufficienti possono causare gravi svantaggi, pertanto occorre prestare sempre particolare attenzione nel calcolo di questo parametro.

L'avanzamento per dente,  $f_z$ , deve essere ridotto per cave più profonde e aumentato per cave meno profonde per mantenere lo spessore del truciolo massimo consigliato.

Per informazioni su come ottimizzare l'avanzamento, vedere la sezione Informazioni preliminari, spessore massimo del truciolo, fresatura periferica, a pagina D 20.





**Esempio:**

quando si eseguono cave dal pieno con una fresa CoroMill 331 con dimensione d'inserto 05 e geometria PL, lo spessore massimo del truciolo deve essere 0,10 mm, pari a:

**Nota:** poiché due inserti operano insieme per asportare l'intera larghezza della cava, l'avanzamento è calcolato usando la metà del numero di inserti  $z_n$ .

$a_e/D_c$ (%)	$f_z$ (mm/dente)
25	0.12
10	0.17
5	0.23

**Profondità di taglio**

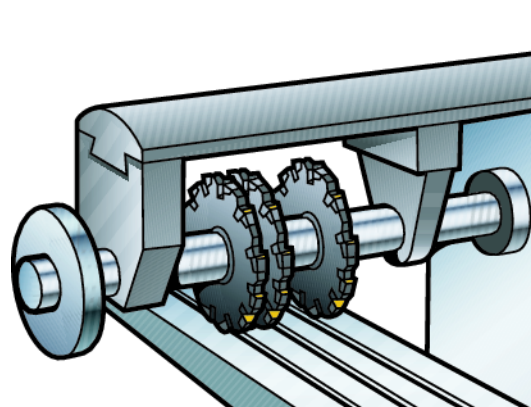
In generale, una CoroMill 331 esegue cave ad una profondità di  $a_e$  di 4 x larghezza  $a_p$ . Per cave più profonde, occorre ordinare una fresa speciale, vedere pagina D 190. Se occorre eseguire cave più profonde, l'avanzamento per dente deve essere ridotto. Se la cava è meno profonda, aumentare l'avanzamento.

**Nota:** la profondità di una cava può essere limitata dal diametro del mozzo, dalla forza di deformazione delle chiavette di trascinamento e dalla capacità dei vani di evacuazione truciolo.

**Volano – su macchine orizzontali**

Nelle operazioni di fresatura a disco, in ogni momento solo alcuni denti sono impegnati e questo può generare vibrazioni torsionali dovute alla lavorazione a taglio interrotto. Si tratta di un effetto dannoso per il risultato della lavorazione e per la produttività.

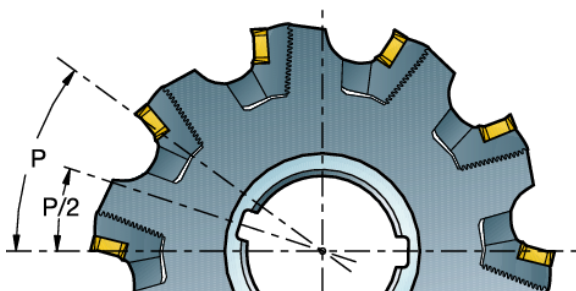
- Usare un volano è spesso una buona soluzione per ridurre tali vibrazioni.
- I problemi causati da potenza, coppia e stabilità insufficienti nella macchina sono spesso risolte dall'uso corretto di volani.
- La necessità di usare un volano è maggiore in una macchina piccola a bassa potenza o in una macchina con maggior usura rispetto ad una macchina più grossa, stabile e potente.
- Posizionare il volano il più vicino possibile all'utensile.
- L'uso di un volano si traduce in una lavorazione più fluida, che a sua volta porta ad una riduzione di rumore e vibrazioni e maggior durata del tagliente.
- Oltre che per la fresatura discorde, un volano può essere anche montato sul mozzo in cui è montata la fresa.
- Per migliorare ulteriormente la stabilità in caso di lavorazione con fresa a disco, usare il volano più grande possibile consentito dall'applicazione.
- Unire un certo numero di dischi rotondi in acciaio al carbonio, ciascuno con un foro centrale ed una scanalatura per chiavetta adatta al mozzo rimane il metodo migliore per costruire un volano.
- L'effetto del peso di un volano aumenta man mano che aumenta il diametro del volano stesso. Questo significa che, se le circostanze consentono l'uso di un grande diametro, il peso del volano può essere ridotto.
- Il peso del volano può, se necessario, essere distribuito su più volani, laddove lo spazio lo consente.
- Maggiori velocità del mandrino ed un taglio più ampio riducono la necessità di un volano.
- Usare il diametro di fresa più piccolo possibile. La velocità del mandrino può quindi essere aumentata per una particolare velocità di taglio.



## Fresatura "a pacco" con frese montate in modo sfasato

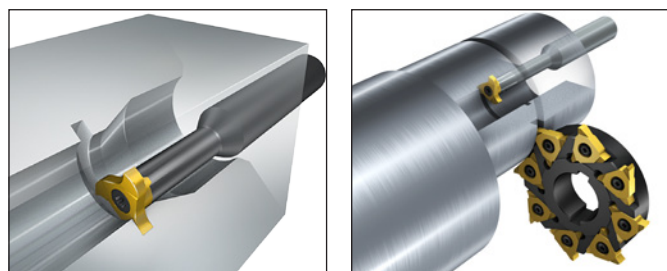
Le frese CoroMill 331, le versioni CoroMill 329, T-Max Q-Cutter e CoroMill 328, dotate di montaggio con alesaggio e sedi per chiavetta, possono essere disposte in modo sfasato per la fresatura di più di una cava contemporaneamente.

Spostare le frese di mezzo passo l'una rispetto all'altra aiuta ad evitare le vibrazioni. Questo riduce anche la necessità di volani.



Una delle sedi per chiavetta è spostata dalla linea centrale di mezzo passo.

## Fresatura di cave e scanalature strette e poco profonde

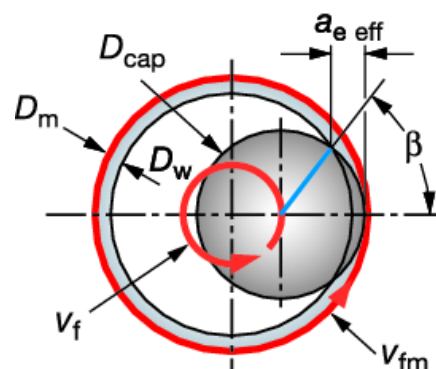


Le frese CoroMill 327/328 hanno più inserti taglienti disponibili per adattarsi alla maggior parte di piccole scanalature.

Applicazioni comuni comprendono la lavorazione di scanalature per sedi di anelli elastici e anelli di tenuta interni e di piccole scanalature rette o circolari esterne, in particolare su componenti che non possono essere ruotati.

### Scanalatura interna

- Quando si usa la fresatura circolare, è opportuno programmare un'un'entrata adeguata.
- Considerare la relazione tra il diametro della fresa ed il diametro del foro,  $D_c/D_w$ . Minore è tale relazione, maggiore sarà l'impegno.



### Consigli su velocità di taglio e spessore del truciolo per CoroMill® 327

$v_c$ , m/min:

P	200	(150-400)
M	100	(80-160)
K	250	(200-400)

$h_{ex}$ , mm:

0,04 (0,01 – 0,07)

I dati di taglio adatti per CoroMill 328 sono consigliati in Informazioni/Indice al capitolo I.

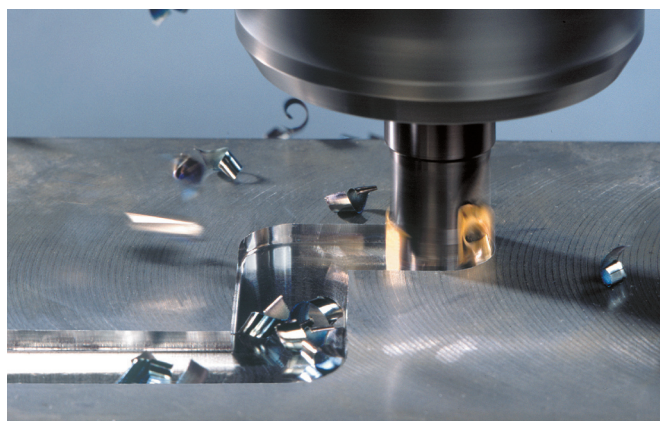
# Fresatura a candela di cave

La fresatura a candela è preferita per le cave corte e poco profonde, soprattutto scanalature e tasche chiuse, e per la fresatura di sedi per chiavetta.

Le frese a candela sono gli unici utensili in grado di fresare cave chiuse che siano:






- Rette, curve o angolate
- Più grandi del diametro dell'utensile, tasche designate.

Le operazioni di esecuzione di cave più pesanti sono spesso eseguite usando frese per contornatura.



## Scelta degli utensili

### Frese a candela e frese per contornatura

	CoroMill® 690	CoroMill® 390	CoroMill® 490	CoroMill® 316	CoroMill® Plura
					
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	112	15.7/85	5.5	11	38
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	50 – 84	12 – 42/32 – 200	20 – 80	10 – 25	2 – 20
Lavorazione in rampa	No.	Sì	No.	Sì	Sì
Materiale	S	PMK NSH	PMK SH	PMK NS	PMK NSH

\*La lavorazione in rampa è un metodo adatto per cave chiuse, vedere la sezione Metodi specifici a pagina D 104.

## Consigli applicativi

### Checklist e suggerimenti per una corretta applicazione

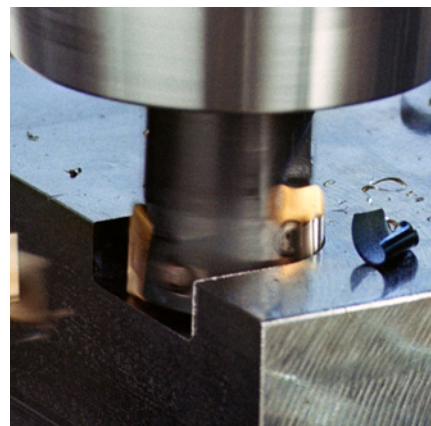
- Usare frese a candela dal taglio leggero con durata del tagliente lunga e prevedibile, montate in mandrini ad elevate prestazioni.
- Ridurre al minimo la distanza dall'attacco dell'utensile (stelo) al tagliente per ottenere la minor sporgenza possibile.
- Per elevate sporgenze dell'utensile, eseguire tagli poco profondi con avanzamenti maggiori.
- Prendere in considerazione l'avanzamento per tagliente per produrre uno spessore del truciolo soddisfacente. Usare frese con passo largo per evitare trucioli sottili, che possono generare vibrazioni, superfici insoddisfacenti e formazione di bave.
- Usare la dimensione utensile più grande possibile per ottenere la migliore relazione diametro/lunghezza e garantire la massima stabilità.
- Usare la fresatura concorde il più frequentemente possibile per ottenere l'azione di taglio più favorevole.
- Evacuare i trucioli dalla scanalatura. Usare aria compressa per evitare un eventuale accumulo.
- Usare l'accoppiamento Coromant Capto per ottenere la massima stabilità ed il miglior sostegno verso il mandrino.

Per informazioni su come migliorare la fresatura di scanalature e tasche per ottenere la forma e la qualità desiderate, vedere Metodi specifici a pagina D 120.

### Scanalatura con frese a candela

La lavorazione di una scanalatura o una cava, spesso chiamata esecuzione di cave dal pieno, comprende tre facce lavorate:

- Le cave chiuse ad entrambe le estremità sono tasche, che richiedono frese a candela in grado di lavorare in direzione assiale. Per ulteriori informazioni sull'esecuzione di tasche, vedere pagina D 115.
- L'esecuzione di cave dal pieno con una fresa a candela è un'operazione complessa. La profondità di taglio assiale deve normalmente essere ridotta a circa il 70% della lunghezza del tagliente. Anche la rigidità della macchina e l'evacuazione del truciolo devono essere prese in considerazione per determinare il metodo di operazione migliore.
- Le frese a candela sono sensibili agli effetti delle forze di taglio. La flessione e la vibrazione possono essere fattori limitanti, soprattutto ad elevate velocità di lavorazione e con elevate sporgenze.



## Esecuzione di cave per sedi chiavetta

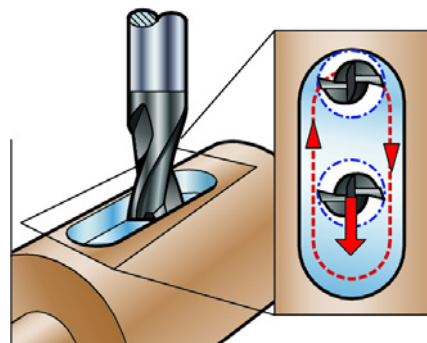
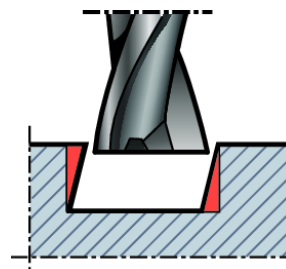
Per questa particolare operazione, vengono fornite alcune specifiche indicazioni, in aggiunta ai consigli generali per la fresatura di superfici diritte ed operazioni di scanalatura.

A causa della direzione delle forze di taglio e della flessione degli utensili, la cava fresata in una sola passata non risulterà quadrata al 100%.

Migliore precisione ed elevata produttività si ottengono con l'impiego di una fresa a candela con diametro ridotto e suddividendo la lavorazione in due passate come segue:

1. Fresatura della sede per chiavetta – Sgrossatura dell'intera cava.
2. Fresatura laterale – Finitura intorno alla cava in fresatura discorde per generare un angolo perfettamente perpendicolare alla base.

La profondità di taglio radiale deve essere mantenuta bassa nelle operazioni di finitura per evitare la flessione del tagliente, causa importante di finiture superficiali insoddisfacenti e/o deviazione da uno spallamento a 90° effettivi.

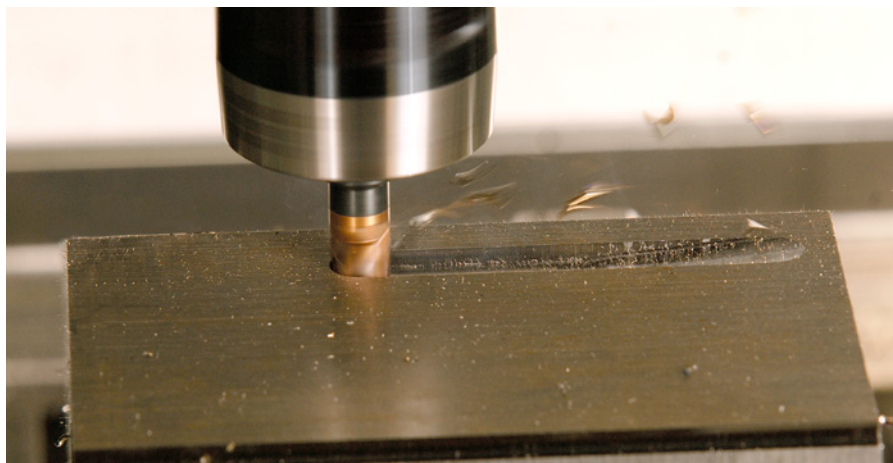


Fresatura di sede per chiavetta in 2 passate.

## Metodi per aprire una cava o una tasca chiuse in un semilavorato integrale

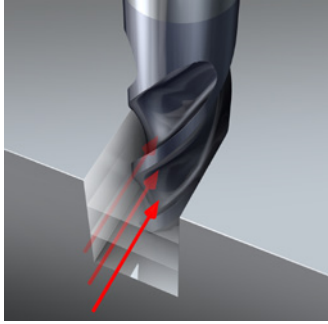
Nel preparare la fresatura di cave lunghe e strette, con larghezza piena, la lavorazione in rampa lineare è il metodo più diffuso, dopo la foratura, per aprire una tasca.

Per cave poco profonde, la fresatura in penetrazione "discontinua" può essere un'altra alternativa. La lavorazione in rampa circolare è usata per la fresatura di cave e tasche più grandi. Per ulteriori informazioni, vedere la sezione Metodi specifici a pagina D 102.



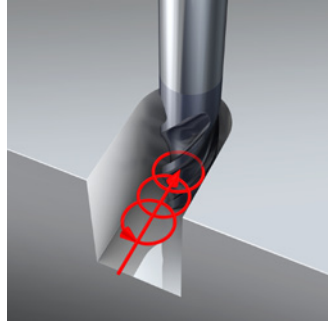
## Confronto fra tre metodi diversi

Fresatura di cave convenzionale



- + È possibile usare macchine convenzionali a 3 assi
- + Elevati volumi di asportazione truciolo in condizioni stabili
- + Programmazione semplice
- + Ampia scelta di utensili
- Genera elevate forze di taglio radiali
- Sensibile alle vibrazioni; le cave profonde richiedono passate ripetute

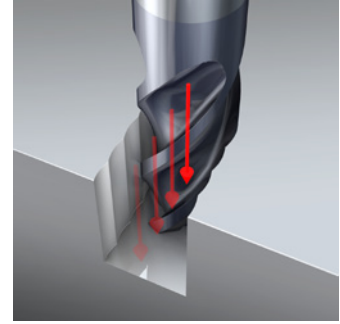
Fresatura trocoidale



- + Genera basse forze di taglio radiale; meno sensibilità alle vibrazioni
- + Flessione minima nella fresatura di cave profonde
- + Metodo produttivo per:
  - lavorazione di acciai duri e HRSA (ISO H e S)
  - applicazioni sensibili alle vibrazioni
- + La larghezza della cava deve essere pari al 70% (massimo) del diametro della fresa,  $D_c$
- + Buona evacuazione del truciolo
- + Ridotta generazione di calore
- Occorre più programmazione

Per ulteriori informazioni, vedere la sezione Metodi specifici a pagina D 121.

Fresatura a tuffo

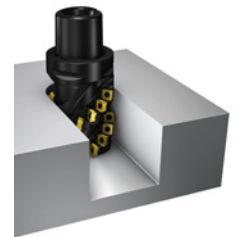


- + Soluzione in applicazioni sensibili alle vibrazioni:
  - con sporgenze dell'utensile elevate
  - nell'esecuzione di cave profonde
  - con macchine o set-up deboli
- Bassa produttività in condizioni stabili
- Richiede un'operazione di ripresa dei raccordi/finitura
- La fresatura a candela può ostruire l'evacuazione del truciolo
- Scelta limitata di utensili

Per ulteriori informazioni, vedere la sezione Metodi specifici a pagina D 116.

## Sgrossatura di cave con frese per contornatura

- Le frese con elevate capacità di asportazione del metallo sono generalmente usate per la lavorazione di sgrossatura.
- Versioni più corte possono generare cave con profondità e diametri massimi identici in macchine fresatrici stabili e potenti.
- Usare mandrini ISO 50 stabili, poiché queste frese spesso presentano forze radiali considerevoli.
- Controllare i requisiti di potenza e coppia, poiché questi sono spesso fattori limitanti per il raggiungimento di risultati ottimali.
- Prendere in considerazione il passo ottimale per ogni tipo di operazione.



Passo:	L	M	H
Fresatura di spallamenti:	Profondo $a_p / a_e$	Medio $a_p / a_e$	Moderato $a_p / a_e$
Fresatura di cave:	Moderato $a_p$	Limitata	-
$v_c$ m/min:			



Versioni di lunghezza maggiore sono principalmente destinate ad operazioni di contornatura, vedere Fresatura di spallamenti a pagina D 50.

# Fresatura di filetti

La fresatura di filetti in componenti non rotanti è una buona alternativa alla maschiatura e può inoltre essere usata invece della tornitura di filettature.



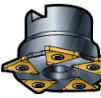



Con le frese per filettature CoroMill è possibile realizzare filettature molto vicine ad uno spallamento o al fondo di un foro.

Il taglio interrotto nella fresatura garantisce un buon controllo del truciolo nei materiali che producono trucioli lunghi.



## Scelta degli utensili

Le frese a candela CoroMill Plura, oltre alla CoroMill 327 e CoroMill 328 offrono geometrie ottimizzate per la fresatura di filetti.

	CoroMill® Plura	CoroMill® 327	CoroMill® 328
			
Passo, mm	0.7 – 3	1 – 4.5	1.5 – 6
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	3.2 – 19	11.7 – 21.7	39 – 80
Materiale			

## Informazioni generali

- Selezionare l'utensile più corto possibile.
- Le informazioni per l'ordinazione contengono la dimensione della filettatura interna più piccola che ogni utensile è in grado di generare. La stessa fresa per filettatura può anche essere usata per filettature più grandi grandi con lo stesso passo. Per ulteriori informazioni, consultare il Catalogo generale.

Per informazioni sugli standard delle filettature ed un confronto fra tornitura di filetti e fresatura di filetti, vedere Filettatura, capitolo C.

Per i consigli relativi alle operazioni di pre-foratura, vedere Informazioni/Indice, capitolo I, tabelle delle filettature.

## Uso di frese CoroMill® per la filettatura

### Vantaggi

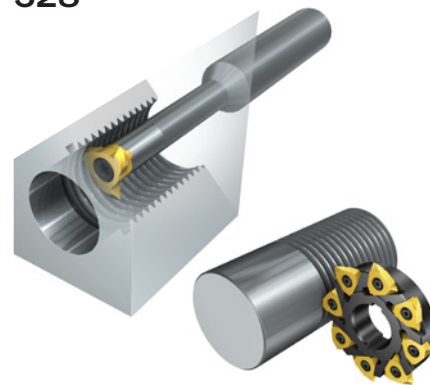
- Stesso utensile per filettature destre e sinistre.
- Stesso utensile per un'ampia gamma di diametri di filettature senza limite massimo per la dimensione dell'alesaggio.
- Filettatura completa vicina al fondo di fori ciechi.
- È possibile la regolazione in base a tolleranze specifiche.
- Soluzioni preferite per i casi in cui occorre un'estensione elevata e per evitare vibrazioni.
- Buon controllo del truciolo.
- La buona evacuazione del truciolo garantisce prestazioni sicure.
- Risultati favorevoli in materiali temprati e quando la lavorabilità e la formazione del truciolo sono di scarsa qualità.
- Il fluido da taglio interno agevola la filettatura in materiali difficili da lavorare.
- In caso di rottura dell'utensile, è facile rimuovere la fresa senza danni al pezzo.

### Svantaggi

- Gli utensili per la fresatura di filetti generano sempre segni prodotti dall'avanzamento. A seconda della dimensione del passo, della dimensione del foro e dell'impegno radiale, la filettatura si discosta dal profilo perfetto.
- Forze di taglio relativamente alte con CoroMill Plura possono causare una flessione dell'utensile e filettature leggermente distorte/rastremate.
- Il passo è individuale per ciascuna CoroMill Plura.

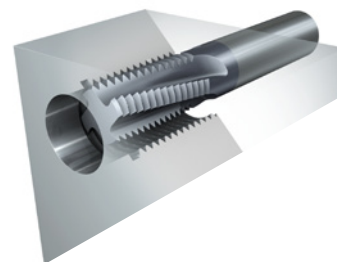
## Filettatura a punta singola con CoroMill® 327 e CoroMill® 328

- Lo stesso inserto per passi diversi.
- Le basse forze di taglio rendono queste frese una buona scelta alternativa per filettature interne medio-grandi e quando la stabilità è scarsa, ad esempio nel caso di fresatura di filetti che richiedono un'elevata sporgenza dell'utensile o in componenti con pareti sottili.
- Bassi requisiti di potenza.
- Scelta prioritaria per realizzare filettature esterne di grandi dimensioni su componenti asimmetrici.
- Per piccoli lotti e produzioni miste.



## Filettatura a punta multipla con CoroMill® Plura

- Completa una filettatura in un'unica passata a 360°.
- Per la selezione degli utensili, informazioni su dati di taglio e programmazione, vedere la guida di CoroMill Plura Guide.





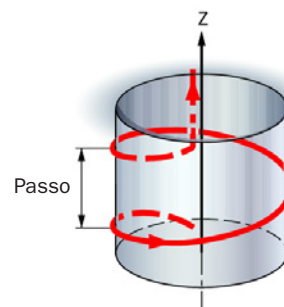
## Consigli applicativi

### Generale

- Impegnare e ritrarre sempre CoroMill Plura, CoroMill 327 e CoroMill 328 seguendo un percorso dell'utensile più congruo.
- È preferibile la fresatura concorde.
- Quando si fresano filetti in acciaio temprato o in altri materiali difficili da lavorare, può essere necessario suddividere l'operazione in numerose passate riducendo  $a_e$  o  $f_z$ .

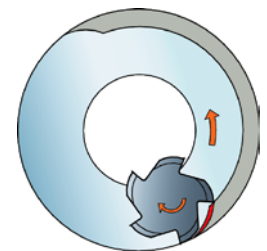
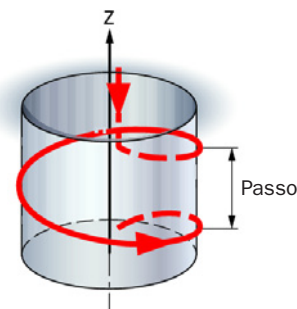
### Filettature destre

Tutte le frese sono inizialmente posizionate più vicino possibile al fondo del foro e quindi vengono spostate verso l'alto in senso antiorario.



### Filettature sinistre

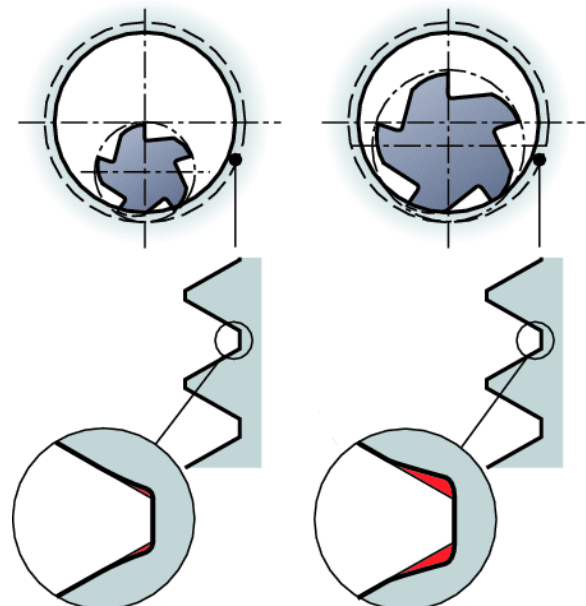
La fresatura di filettature sinistre procede in direzione opposta, dall'alto verso il basso, ma sempre in direzione antioraria.



È preferibile la fresatura concorde.

### Deviazione dal profilo della filettatura

- Gli utensili per la fresatura di filetti creano un profilo con un piccolo ed ininfluenza errore di forma.
- Questo dipende dalla relazione tra il diametro della filettatura ed il diametro di taglio, oltre che dal passo.
- Una buona regola da seguire è la seguente: la relazione fra il diametro del filetto ed il diametro di taglio non deve essere inferiore a 1,5.



## Filettatura esterna – CoroMill® 327 e CoroMill® 328

Tutti gli inserti per filettatura sono usati principalmente per la filettatura interna. Tuttavia, anche tutti gli inserti con profilo parziale (profilo a V) possono essere usati per la filettatura esterna.

**Nota:** tenere a mente la profondità della filettatura.

Esempio:

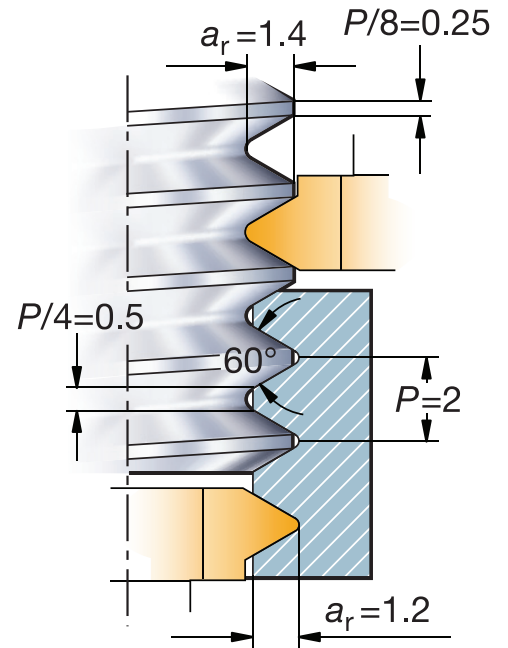
CoroMill 327 con codice di ordinazione 327R12-22 100VM-TH.

Consiglio:

- Passo da 1 a 2 mm (minimo 1, massimo 2)
- $a_r$  massimo 1,2 mm

Conclusione:

- per la filettatura interna, il passo 2 è sufficiente, poiché  $a_r$  è pari a 1,2 mm ( $a_r$  massimo 1,2 mm).
- Per la filettatura esterna, il passo 2 non è sufficiente, poiché  $a_r$  è pari a 1,4 mm ( $a_r$  massimo 1,2 mm).
- Usare passi da 2,5 a 3,5 per realizzare le filettature.



## Requisiti della macchina utensile

- La fresatura di filetti richiede una macchina utensile in grado di eseguire movimenti simultanei lungo gli assi X, Y e Z.
- Gli assi X e Y determinano il diametro della filettatura, mentre l'asse Z controlla il passo.
- La fresatura di filetti va eseguita preferibilmente a secco.
- Diversi sistemi di microlubrificazione, che usano aria compressa insieme a piccole quantità di tipi diversi di olio, possono essere usati vantaggiosamente per agevolare l'evacuazione del truciolo.

## Programmazione

### Generale

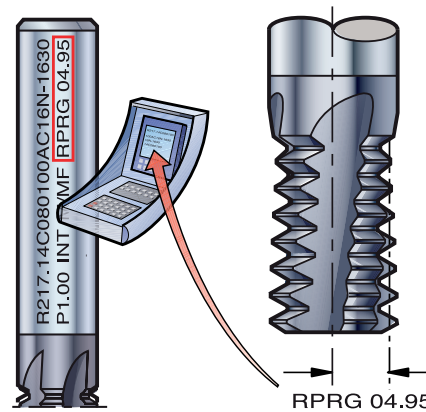
Il diametro di taglio di ciascun utensile deve essere preso attentamente in considerazione quando l'operazione viene programmata.

- La programmazione con correzione del raggio consente sempre una semplice regolazione delle tolleranze della filettatura.
- Nel caso in cui la tolleranza della filettatura sia stata generata in maniera troppo stretta, è possibile applicare una compensazione con una piccola regolazione (riduzione) del valore di correzione del raggio.

## CoroMill® Plura

CoroMill Plura ha un valore di programmazione del raggio individuale (RPRG) indicato sullo stelo dell'utensile.

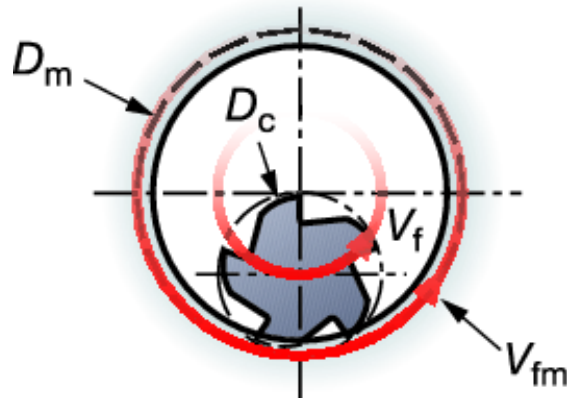
- Il valore RPRG indica il diametro del passo esatto di ciascuna fresa e la correzione del raggio necessaria per ottenere una qualità della filettatura ottimale.
- Il valore RPRG viene normalmente immesso nell'offset di memoria dell'utensile.
- Usando il valore RPRG si evita che la prima filettatura sia troppo grande, a patto che le condizioni operative siano buone.



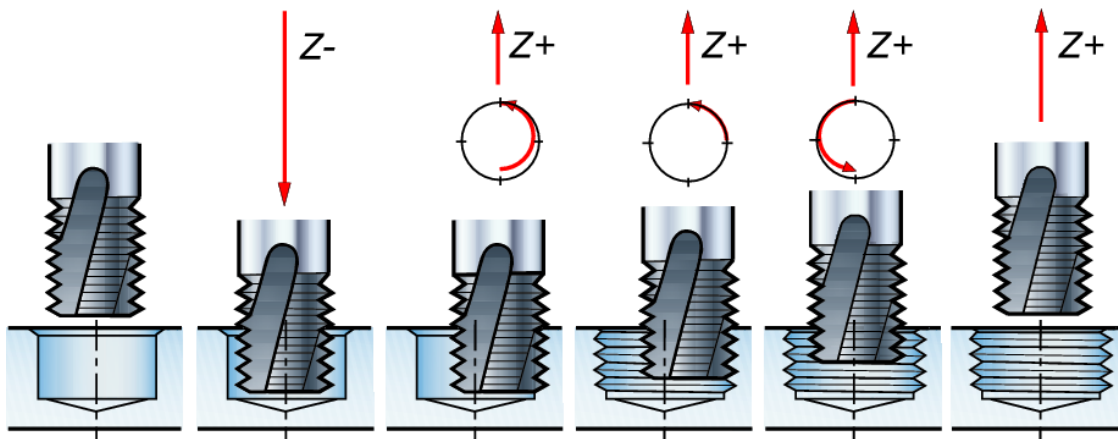
Valore di programmazione raggio utensile.

## Dati di taglio consigliati

- Nelle applicazioni interne, la periferia dell'utensile ruota più rapidamente dell'asse dell'utensile.
- La programmazione della velocità di avanzamento (mm/min) nella maggior parte delle fresatrici si basa sulla linea centrale del mandrino. Questo fatto deve essere incluso nei calcoli della fresatura di filetti, per evitare una ridotta durata del tagliente, vibrazioni o un danneggiamento totale.
- Le frese per fresatura di filetti CoroMill Plura hanno un contatto con l'area superficiale maggiore rispetto alle frese a candela di pari lunghezza e spesso hanno un rapporto lunghezza/diametro meno favorevole.
- La stessa velocità di taglio usata per le frese a candela convenzionali può essere usata per gli utensili per la fresatura di filetti.
- Per tagli poco profondi, la velocità di avanzamento non deve superare 0,15 per produrre una buona superficie dei filetti.



$$v_f = \frac{v_{fm} \times (D_m - D_{cap})}{D_m}$$



# Metodi specifici

## Presentazione delle applicazioni

### Lavorazione in rampa lineare

Scelta degli utensili D 106

Consigli applicativi D 108

### Fresatura in penetrazione "discontinua"

Scelta degli utensili D 119

Consigli applicativi D 119

### Lavorazione in rampa circolare Fresatura circolare

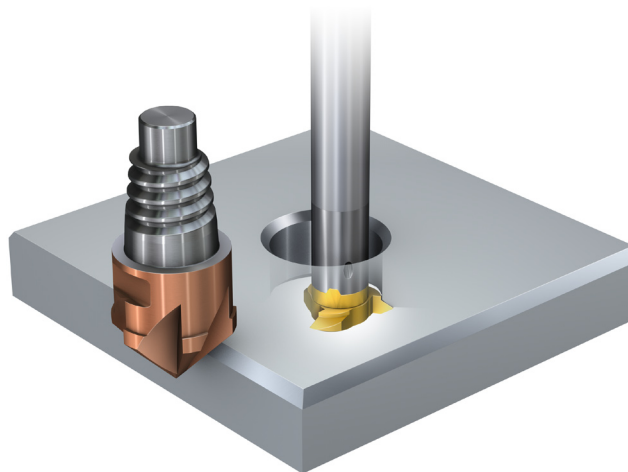
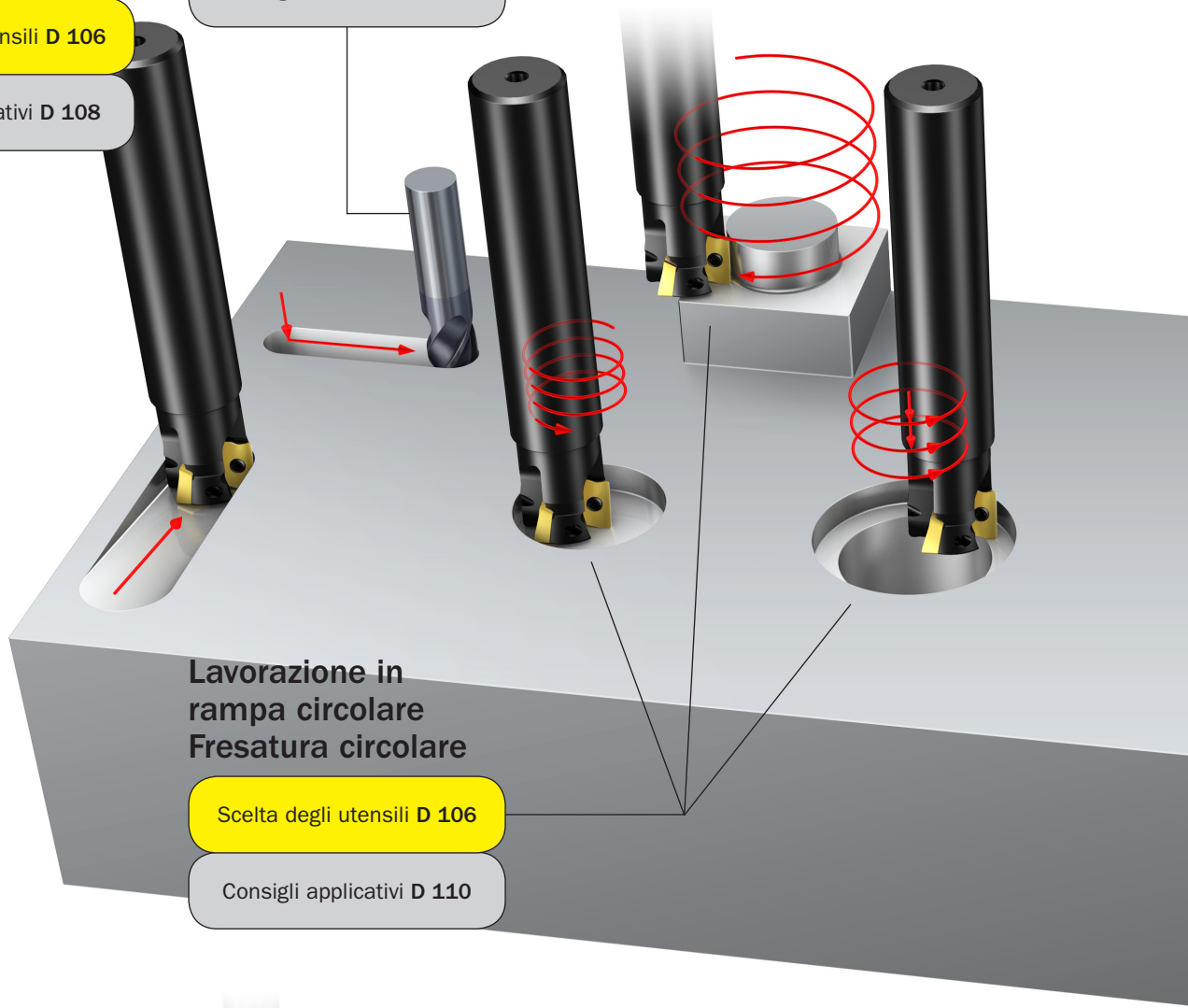
Scelta degli utensili D 106

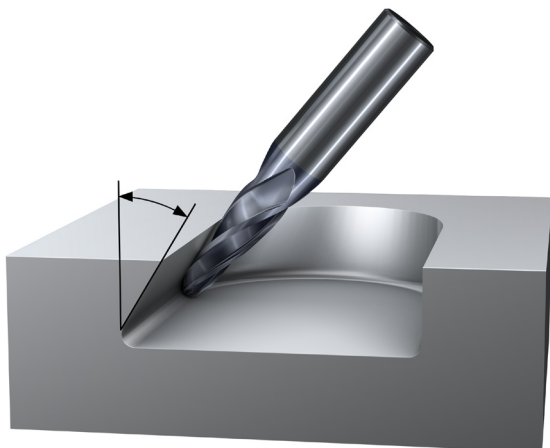
Consigli applicativi D 110

### Smussatura

Scelta degli utensili D 126

Consigli applicativi D 127





### Tasche chiuse

Scelta degli utensili D 125

Consigli applicativi D 125

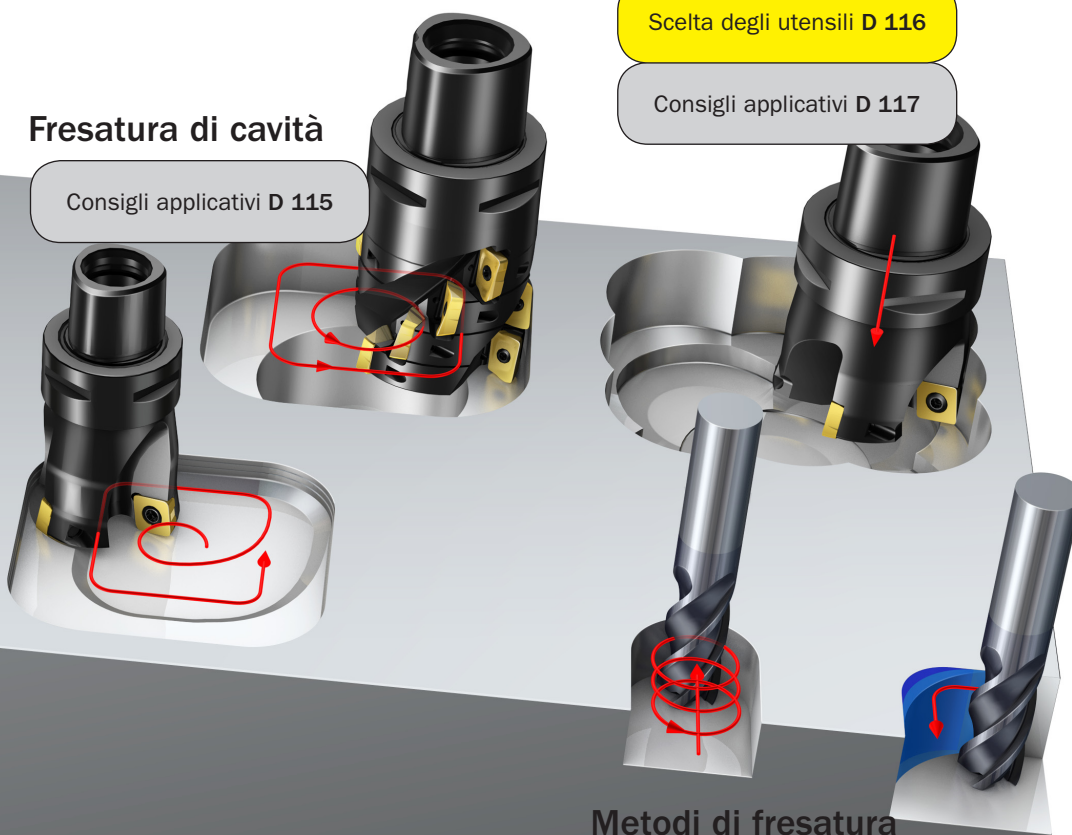
### Fresatura a tuffo

Scelta degli utensili D 116

Consigli applicativi D 117

### Fresatura di cavità

Consigli applicativi D 115



### Metodi di fresatura per piani

Scelta degli utensili D 120

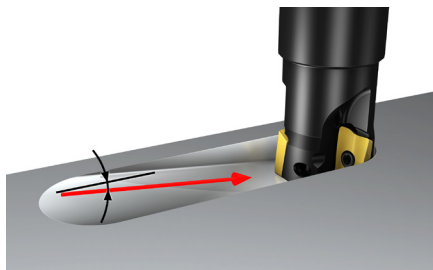
Consigli applicativi D 121

### Fresatura

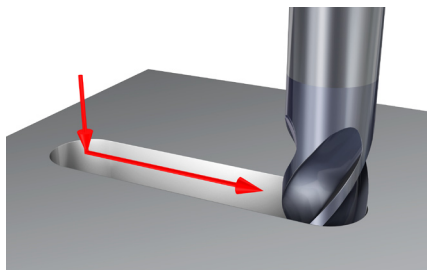
Risoluzione dei problemi D 128

# Descrizione generale - Fori e cavità

## Generazione di aperture in un pezzo integrale



Lavorazione in rampa lineare

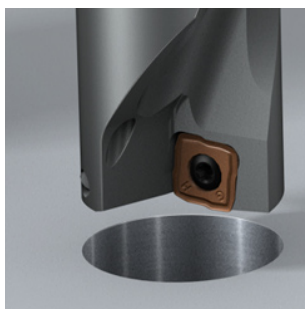


Fresatura in penetrazione "discontinua"

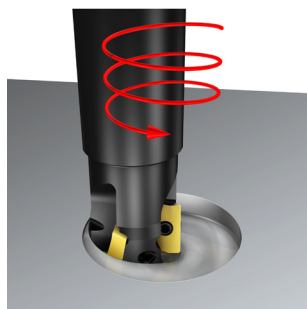
### Apertura di una cava

La lavorazione in rampa lineare (su 2 assi contemporaneamente) è sempre preferibile rispetto alla fresatura in penetrazione "discontinua".

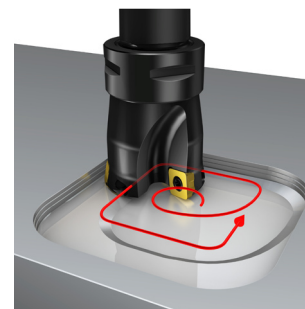
La fresatura in penetrazione "discontinua", è un metodo alternativo, ma spesso produce trucioli lunghi e genera forze di taglio indesiderate sulla fresa.



Foratura



Lavorazione in rampa circolare



Lavorazione in rampa di una cavità

### Apertura di un foro o di una cavità

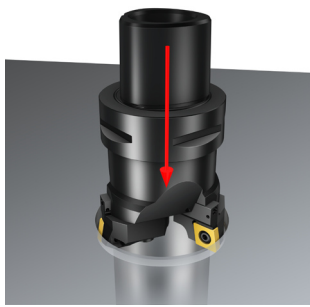
La foratura è il metodo tradizionale e più rapido per produrre un foro, ma in alcuni materiali pone il problema della rottura del truciolo, poiché non ha la flessibilità necessaria per generare diametri diversi e forme non rotonde.

La lavorazione in rampa circolare (3 assi contemporaneamente) è un metodo meno produttivo rispetto alla foratura, ma può essere una buona alternativa nei seguenti casi:

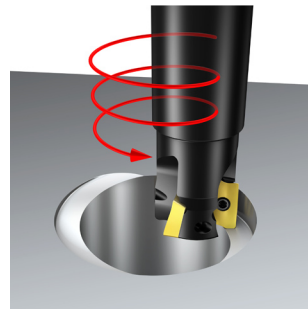
- fori di grande diametro quando la potenza della macchina è limitata
- produzioni di piccole serie. Di norma, per diametri superiori a 25 mm, la fresatura è conveniente fino a una serie di circa 500 fori.

- realizzazione di fori di dimensioni diverse
- spazio limitato nel magazzino utensili per contenere punte di diverse dimensioni
- produzione di fori ciechi, quando occorre un fondo piano
- componenti non rigidi e con pareti sottili
- tagli interrotti
- materiali difficili da forare, a causa della rottura e dell'evacuazione del truciolo
- fluido di taglio non disponibile
- realizzazione di cavità/tasche ("fori non rotondi")

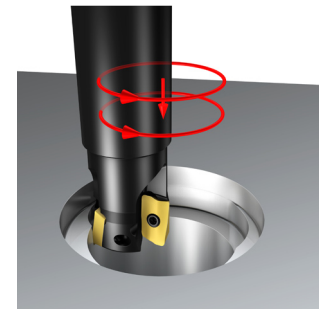
## Allargatura di un foro o di una cavità



Barenatura



Lavorazione in rampa circolare



Fresatura circolare

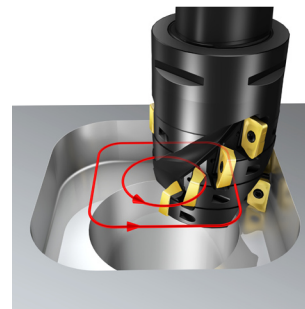
### Allargatura di un foro

La barenatura è normalmente il metodo più rapido, per gli stessi motivi della foratura, ma la fresatura rappresenta talvolta una buona alternativa (vedere la pagina precedente). È possibile usare due metodi alternativi di fresatura: lavorazione in rampa circolare (3 assi) o fresatura circolare (2 assi). È preferibile la lavorazione in rampa circolare quando il foro è più profondo di  $a_p$  max. o in applicazioni particolarmente sensibili alle vibrazioni. La rotondità e concentricità del foro migliorano quando si usa la lavorazione in rampa, soprattutto in caso di elevate sporgenze. La rotondità migliora se il pezzo viene fatto ruotare invece di spostare la fresa secondo un percorso circolare. Questo vale sia per la lavorazione in rampa circolare sia per le operazioni di fresatura.

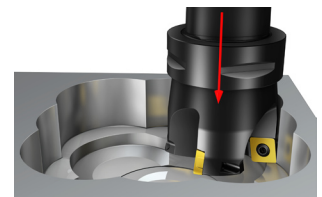
### Allargatura di una cavità

La fresatura di spallamenti interni e la fresatura a tuffo richiedono un foro di partenza e dovrebbero essere considerate analoghe alla lavorazione in rampa di una cavità direttamente in un blocco integrale (vedere pagina precedente).

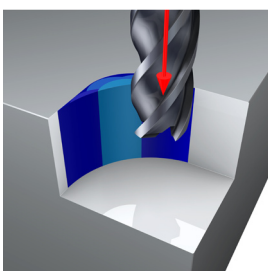
- La lavorazione in rampa (3 assi) ha il vantaggio di richiedere un solo utensile. Consente inoltre di realizzare forme tridimensionali ed è quindi adatta alla profilatura. Se utilizzata con metodi ad elevati avanzamenti (leggeri e rapidi), le forze di taglio vengono orientate in modo tale da ridurre al minimo i problemi di vibrazione.
- La fresatura a tuffo spesso risolve i problemi legati a sporgenze lunghe e/o cavità profonde.
- La fresatura di spallamenti interni richiede una maggiore programmazione rispetto alla fresatura a tuffo, ma è più rapida.



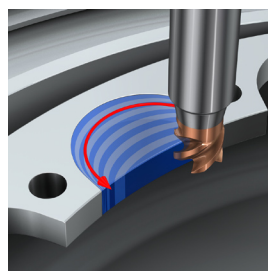
Fresatura di spallamenti interni



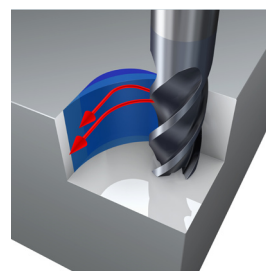
Fresatura a tuffo



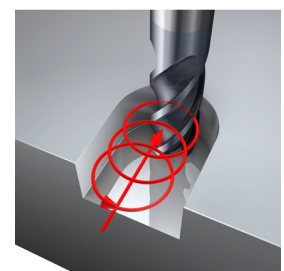
Lavorazione a tuffo in corrispondenza di raccordi



Metodo di fresatura per piani – Leggera e rapida



Fresatura per piani in corrispondenza di raccordi



Trocooidale

### Fresatura di ripresa (di sovrametallo residuo)

Al termine della sgrossatura di una cavità, spesso rimane del sovrametallo, soprattutto nei raccordi. La fresatura a tuffo con una fresa più piccola è un metodo che può essere utilizzato per avvicinarsi alla forma finale. La fresatura per piani (leggera e rapida) è un'altra tecnica spesso usata per la fresatura dei raccordi. La fresatura trocooidale è un tipo di fresatura per piani utilizzata anche per la fresatura di cave, tasche, ecc.

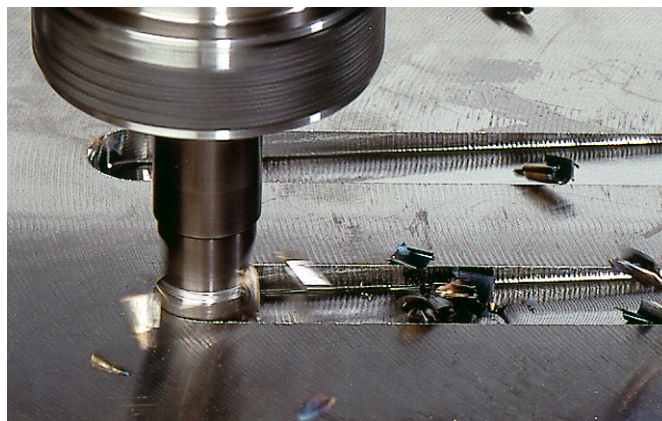
## Lavorazione in rampa lineare (2 assi)

La lavorazione in rampa lineare è comunemente usata come metodo efficiente per lavorare cave chiuse, tasche e cavità ed elimina la necessità di usare una punta.

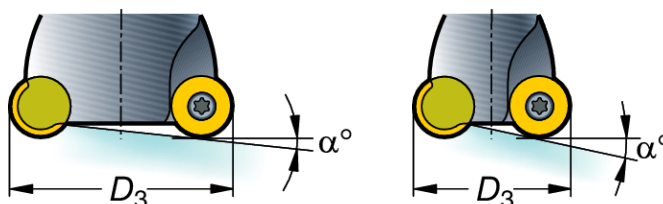
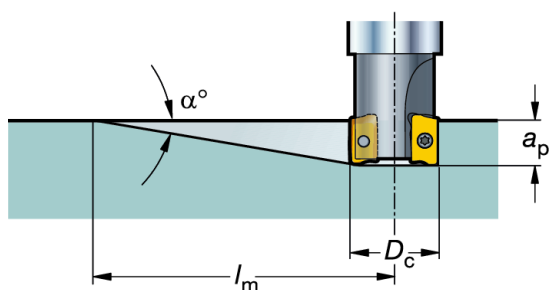
La lavorazione in rampa lineare è definita come l'avanzamento simultaneo in direzione assiale (Z) e in una direzione radiale (X o Y). Si tratta quindi di una lavorazione in rampa su due assi.

La lavorazione in rampa circolare è sempre preferibile rispetto alla lavorazione in rampa in linea retta (esecuzione di cava completa), poiché riduce il taglio radiale, consente una fresatura concorde pura e una migliore evacuazione del truciolo.

La rotazione in senso antiorario garantisce la fresatura concorde.

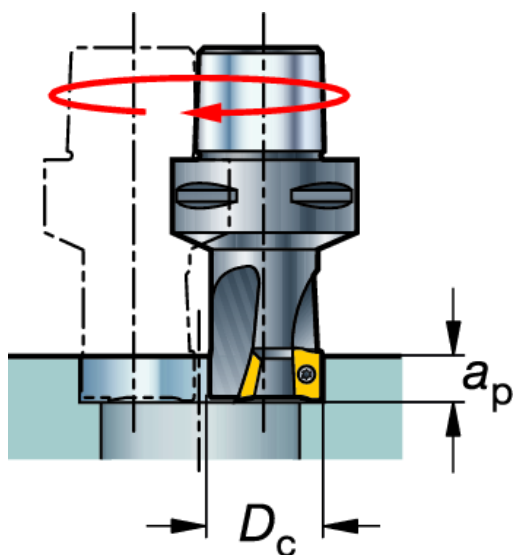


Lavorazione in rampa lineare per l'apertura di una cava chiusa.



## Fresatura circolare (2 assi)

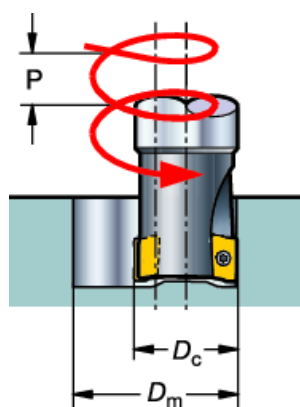
La fresatura circolare è un metodo alternativo all'uso tradizionale di utensili per barenatura. La fresatura circolare può essere eseguita spostando la maggior parte delle frese a 90° lungo un percorso circolare.



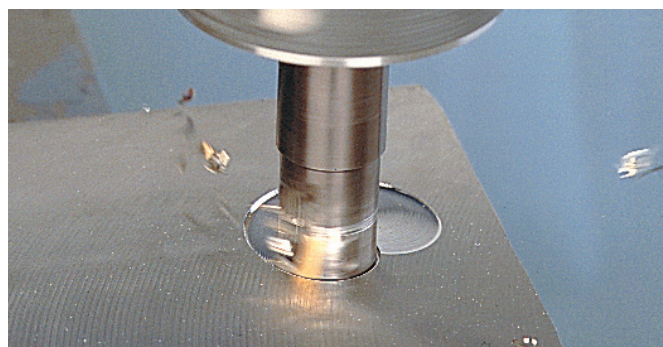


# Lavorazione in rampa circolare (3 assi)

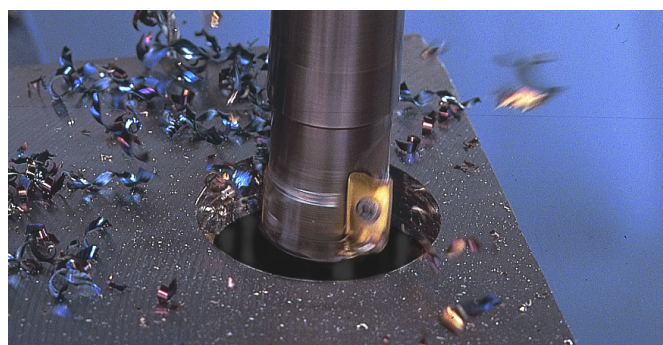
L'avanzamento della fresa lungo un percorso di lavorazione in rampa circolare, con spostamento simultaneo lungo le direzioni X, Y e Z, è spesso usato per aprire una cavità o una tasca. È inoltre un metodo alternativo a foratura e barenatura per la realizzazione di fori (vedere il confronto a pagina D 102).



P = passo (mm/giro)



Lavorazione in rampa circolare in un pezzo integrale.



Lavorazione in rampa circolare per allargare un foro.

## Lavorazione in rampa circolare - Frese di scelta prioritaria

Diametro foro

		20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
<b>P</b>	Fondo piatto	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390				CoroMill® 210										
	Foro passante	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 390						CoroMill® 210													
<b>M</b>	Fondo piatto	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390				CoroMill® 300										
	Foro passante	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 300						CoroMill® 300													
<b>K</b>	Fondo piatto	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390				CoroMill® 210										
	Foro passante	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 390						CoroMill® 210													
<b>N</b>	Fondo piatto	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390						CoroMill® 790								
	Foro passante	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 390						CoroMill® 790													
<b>S</b>	Fondo piatto	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390				CoroMill® 300										
	Foro passante	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 390						CoroMill® 210													

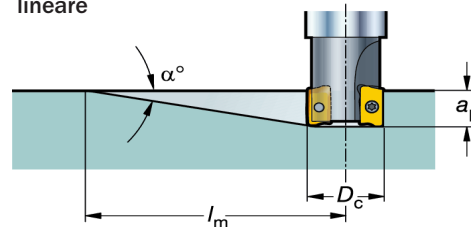
# Scelta degli utensili

Le frese in grado di eseguire la lavorazione in rampa lineare sono anche in grado di eseguire la lavorazione in rampa circolare.

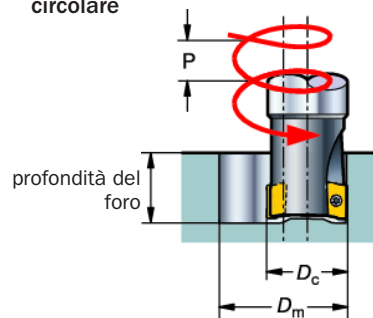
**Nota:** quando si realizza un foro cieco, il valore minimo  $D_m$  sarà maggiore se è richiesto un profilo con fondo piano. Tale valore può essere calcolato usando la formula a pagina D 111.

	CoroMill® Plura				CoroMill® 316			
	VFD, elica 50°				Fresa a candela con raggio di punta			
	Circolare		Lineare		Circolare		Lineare	
Profondità max. del foro	$< a_p$				$a_p < 0.55 \times D_c$			
Qualità del foro	H7				H7		Max.	
$D_c$ alt. $D_3$ (mm)	Foro passante		$a_p = 0.9 \times D_c$		Foro passante		$a_p = 0.55 \times D_c$	
	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$
4	4.8	0.26	6.7	30.6				
6	7.2	0.43	6.7	46.0				
8	9.6	0.53	6.7	61.3				
10	12	0.66	6.7	76.6	12	0.78	10	31.2
12	14.4	1.39	10	61.2	14.4	0.89	10	37.4
16	19.2	1.77	10	81.7	19.2	1.1	10	49.9
20	24	2.21	10	102.1	24	1.37	10	62.4
25					30	1.65	10	78.0

Lavorazione in rampa lineare



Lavorazione in rampa circolare



P = passo

	CoroMill® 390								CoroMill® 790							
	Dimensione inserto 11 e 18* $r_g=0.8$ mm				Dimensione inserto 17 $r_g=0.8$ mm				Dimensione inserto 16 $r_g=0.8$ mm				Dimensione inserto 22 $r_g=0.8$ mm			
	Circolare		Lineare		Circolare		Lineare		Circolare		Lineare		Circolare		Lineare	
Profondità max. del foro	$< l_3^{**}$				$< l_3^{**}$				$< l_3^{**}$				$< l_3^{**}$			
Qualità del foro	H9		Max.		H9		Max.		H7		Max.		H7		Max.	
$D_c$ alt. $D_3$ (mm)	Foro passante		$a_p = 10/15$ mm		Foro passante		$a_p = 15$ mm		Foro passante		$a_p = 12$ mm		Foro passante		$a_p = 18$ mm	
	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$
12	14	0.4	6.0	99												
16	20	2.0	10.5	54												
20	24	2.0	5.5	104												
25	39	3.0	5.0	114	33	6.0	15.5	59	28.8	4.3	19	45.7				
32	53	3.3	3.6	159	47	4.5	6.7	135	42.8	8.1	13	66				
36	61	2.7	2.6	220					50.8	9.3	11	78				
40	78*	7.0*	6.8*	132*	63	4.0	3.9	231	58.8	10.2	9	89	51	11.5	18	74
44	86*	6.5*	6.0*	149*					60.8	10.8	8	101	59	13.7	16	84
50	98*	6.0*	5.5*	163*	83	1.0	2.8	323	78.8	11.6	7	118	71	15.7	13	100
54	106*	4.5*	5.0*	179*					86.8	11.9	6	130	79	11.7	12	111
63	124*	4.0*	4.0*	225*	109	1.6	2.1	430					97	18	9	134
66	130*	3.5*	3.7*	243*									103	18	9	141
80	158*	3.0*	3.1*	290*	143	1.6	1.6	565					131	18	7	176

\* Gli inserti di dimensione 18 hanno geometrie per la lavorazione in rampa specifiche -xMR

	CoroMill® 210								CoroMill® 300											
	Dimensione inserto 09				Dimensione inserto 14				Dimensione inserto 08				Dimensione inserto 10							
	Circolare		Lineare		Circolare		Lineare		Circolare		Lineare		Circolare		Lineare					
Profondità max. del foro	< $l_3^{**}$		Max.		< $l_3^{**}$		Max.		< $l_3^{**}$		Max.		< $l_3^{**}$		Max.					
Qualità del foro	H13				H13				H13				H13				H13		H13	
$D_c$ alt. $D_3$ (mm)	Foro passante				$a_p = 1.2$ mm				Foro passante				$a_p = 2.0$ mm				Foro passante		$a_p = 4$ mm	
	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$				
25	32	1.2	14.5	4.6					36.4	2	8.0	28.5	32.4	2.5	13.5	20.8				
32	46	1.2	8	8.5					50.4	2	5.0	45.7	46.4	2.5	7.5	38.0				
35	52	1.2	7	9.7					56.4	2	4.0	57.2								
36	54	1.2	7	9.7																
40									66.4	2	3.5	65.4	52.4	2.5	6.5	43.9				
42	66	1.2	5	13.7					70.4	2	3.0	76.3	62.4	2.5	5.0	57.2				
50	82	1.2	3.5	19.6					86.4	2	2.5	91.6	66.4	2.5	4.5	63.5				
52	86	1.2	3.3	20.8	76	2	5.8	19.6	90.4	2	2.0	114.5								
63	108	1.2	2.6	26.4	98	2	3.8	30.1	112.4	2	1.5	152.8								
66	114	1.2	2.4	28.6	104	2	3.2	35.7	118.4	2	1.5	152.8								
80					132	2	2.4	47.7	146.4	2	1.0	229.2								

	CoroMill® 300													
	Dimensione inserto 12				Dimensione inserto 16				Dimensione inserto 20					
	Circolare		Lineare		Circolare		Lineare		Circolare		Lineare			
Profondità max. del foro	< $l_3^{**}$		Max.		< $l_3^{**}$		Max.		< $l_3^{**}$		Max.			
Qualità del foro	H13				H13				H13				H13	
$D_c$ alt. $D_3$ (mm)	Foro passante				$a_p = 6$ mm				Foro passante				$a_p = 8$ mm	
	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$		
32	42.6	3	12.0	28.2										
34	46.6	3	11.5	29.5										
35	48.6	3	10.5	32.4										
40	58.6	3	8.0	42.7										
42	62.6	3	7.5	45.6										
50	78.6	3	5.5	62.3										
52	82.6	3	5.0	68.6	75.6	4	7.0	65.2						
63	104.6	3	3.5	98.1	97.6	4	5.0	91.4						
66	110.6	3	3.5	98.1	103.6	4	4.5	101.6	96	5	9.4	60.5		
80	138.6	3	2.5	137.4	131.6	4	3.5	130.8	124	5	6.7	85.2		
100					171.6	4	2.5	183.2	164	5	4.8	119.2		
125					221.6	4	1.5	305.5	124	5	3.5	163.5		

	CoroMill® 200															
	Dimensione inserto 10				Dimensione inserto 12				Dimensione inserto 16				Dimensione inserto 20			
	Circolare		Lineare		Circolare		Lineare		Circolare		Lineare		Circolare		Lineare	
Profondità max. del foro	< $l_3^{**}$		Max.		< $l_3^{**}$		Max.		< $l_3^{**}$		Max.		< $l_3^{**}$		Max.	
Qualità del foro	H13				H13				H13				H13			
$D_c$ alt. $D_3$ (mm)	Foro passante		$a_p = 5$ mm		Foro passante		$a_p = 6$ mm		Foro passante		$a_p = 8$ mm		Foro passante		$a_p = 10$ mm	
	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$	$D_m$ min	P mm/giro	$\alpha^\circ$	$l_m$
25	32	2.5	13	22												
32					42	3	13	26								
40					58	3	9.5	32	50	4	13	35				
50					78	3	6.5	49	70	4	11	35	62	5	13	43
63					104	3	4.5	68	96	4	7	48	88	5	11	45
80					138	3	3.5	98	130	4	5	70	122	5	7	67
100					178	3	2.5	137	170	4	3.5	102	162	5	5	95
125									220	4	2.5	131	212	5	3.5	127
160													282	5	2.5	191

## Consigli applicativi

### Lavorazione in rampa a due assi – Lineare

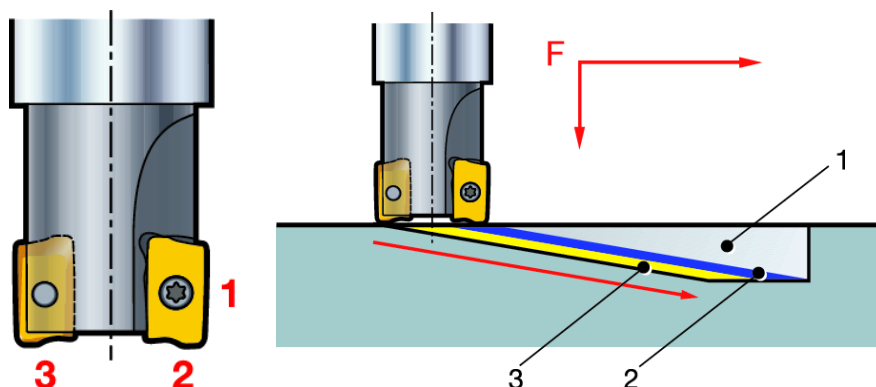
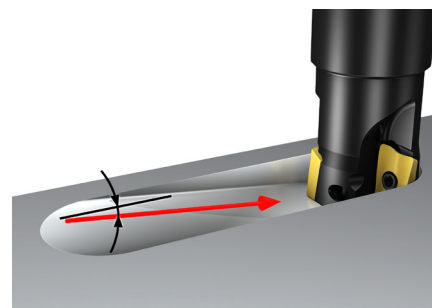
#### Un processo di taglio complesso

Nel corso di una lavorazione in rampa, tre processi di taglio si verificano contemporaneamente:

- 1) Taglio periferico con l'inserto anteriore
- 2) Taglio del fondo con l'inserto anteriore
- 3) Taglio del fondo con l'inserto posteriore

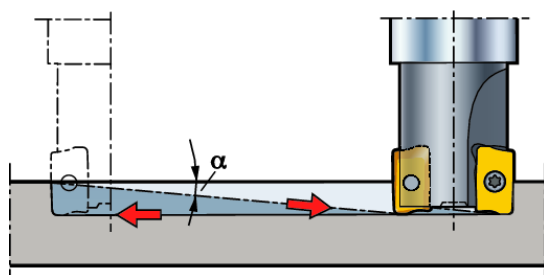
Le forze di taglio sono sia assiali sia radiali.

Inoltre, le ulteriori sollecitazioni che sono poste sull'utensile, a causa dell'esecuzione della cava completa, il che significa  $a_e = D_c$ , creano una situazione che genera forze radiali elevate e trucioli lunghi.



## Consigli per la lavorazione

- Ridurre l'avanzamento al 75% del valore normale.
- Quando la fresatura di una cava è eseguita direttamente dopo la lavorazione in rampa, è importante continuare con un avanzamento inferiore per una distanza corrispondente al diametro della fresa, finché l'inserto posteriore non ha terminato il taglio.
- Usare del fluido da taglio per favorire l'evacuazione del truciolo.
- Ridurre il raggio sull'utensile per ridurre l'area di contatto.
- La lavorazione in rampa in linea retta deve essere limitata a cave di larghezza inferiore a 30 mm, se l'accesso per la lavorazione in rampa elicoidale è limitato.

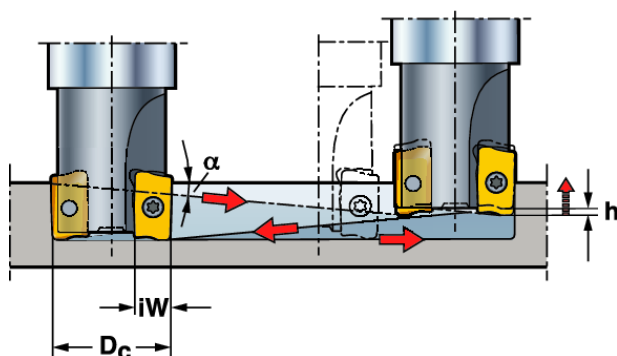


Lavorazione in rampa a passata singola

## Lavorazione in rampa progressiva

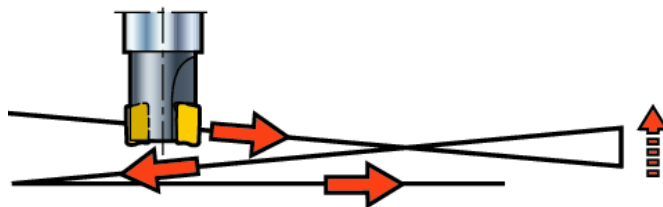
Quando si lavora in rampa con diverse passate per realizzare una cava profonda, la produttività può essere facilmente aumentata operando in entrambe le direzioni (lavorazione in rampa progressiva) invece che in una sola (lavorazione in rampa a passata singola).

**Nota:** quando la fresa avanza con un angolo di penetrazione massimo, deve essere sollevata della distanza  $h$  prima di cambiare direzione, in modo da evitare danni alla parte centrale del corpo della fresa.



Correzione del percorso dell'utensile:

$$h = \text{Tang } \alpha (D_c - (2 \times iW))$$

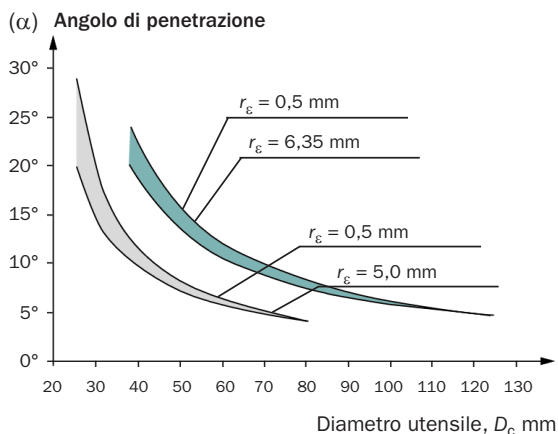


Lavorazione in rampa progressiva con angolo di penetrazione massimo.

## Il raggio dell'inserto incide sull'angolo di penetrazione massimo

### Esempio CoroMill® 790

Le curve nel diagramma sono valide per i raggi minimo e massimo. Per i raggi intermedi, eseguire l'interpolazione.



■ = Dimensione inserto 22

■ = Dimensione inserto 16

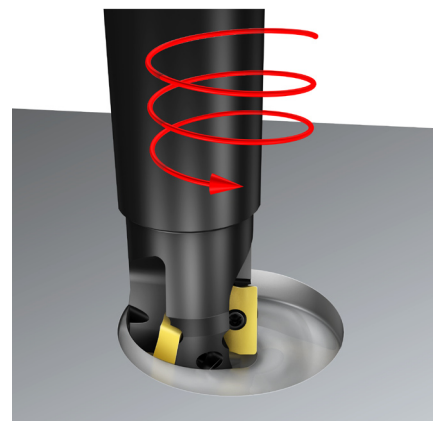
## Lavorazione in rampa circolare - Esecuzione di fori

La lavorazione in rampa circolare (chiamata anche interpolazione elicoidale, interpolazione a spirale, foratura orbitale, ecc.) è un'alternativa alla foratura.

Si tratta del movimento simultaneo lungo un percorso circolare (X e Y) accompagnato da un avanzamento assiale (Z) ad un passo determinato.

Rispetto alla lavorazione in rampa lineare (esecuzione di cave dal pieno) l'interpolazione elicoidale è un processo molto più semplice in quanto consente un taglio radiale ridotto, la fresatura concorde pura e una migliore evacuazione del truciolo.

La rotazione in senso antiorario garantisce la fresatura concorde.

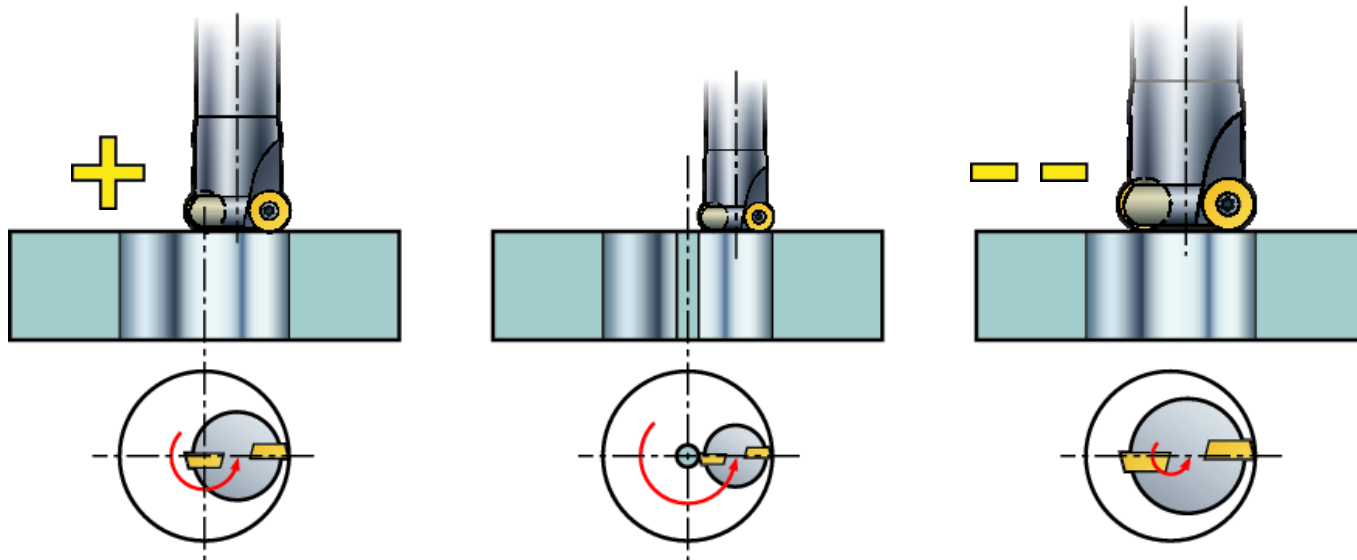


## Considerazioni sul processo

Nella lavorazione in rampa circolare, vanno presi in considerazione tre fattori importanti che, se non valutati correttamente, possono creare problemi:

1. Selezione della fresa per la dimensione del foro
2. Passo per giro
3. Velocità di avanzamento

### 1. Selezione della fresa per la dimensione del foro



La selezione della dimensione della fresa è molto importante quando si usano frese con tagliente non al centro.

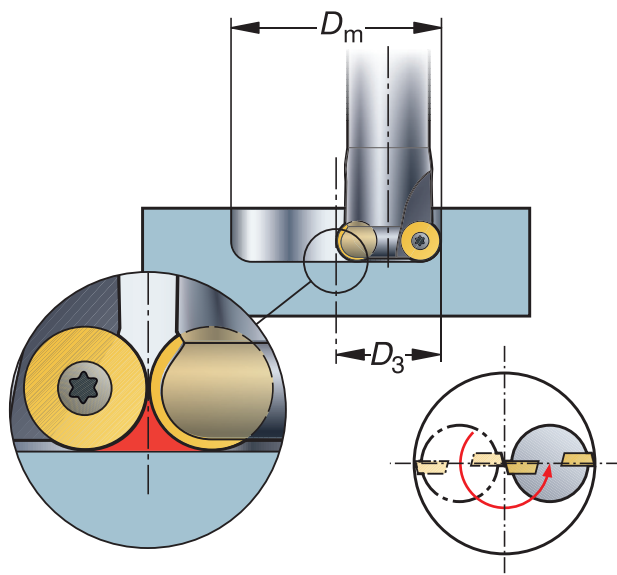
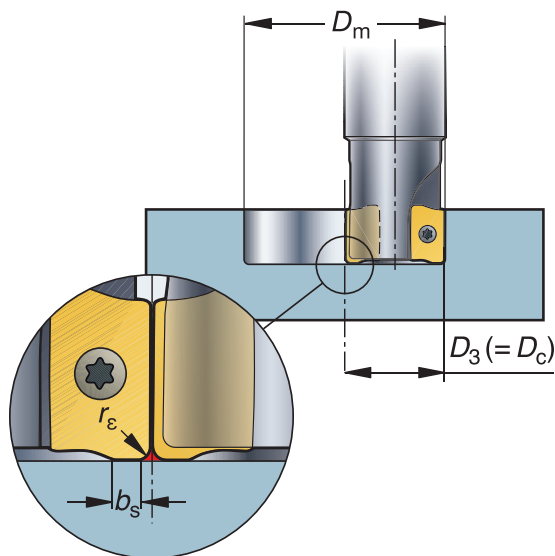
Il diametro della fresa garantisce che l'inserto tagli lungo l'asse del foro.

Il diametro della fresa è troppo piccolo e lascerà una "carota" al centro (come nella foratura ad enucleare). Utilizzando questo metodo la "carota" deve essere supportata poiché cadrà.

Se la fresa è troppo grande, l'inserto non lavora la parte centrale del foro e si formerà un piolo che costituirà un intralcio sul fondo della fresa.

### Diametro massimo del foro

- Il diametro massimo del foro  $D_m$ , che può essere prodotto con una spirale continua è pari a  $2 \times D_3$ .
- Questa è l'esecuzione di una cava dal pieno e lascerà un piolo al centro di un foro cieco.
- Il piolo viene rimosso tramite avanzamento verso il centro per ottenere un fondo piatto.



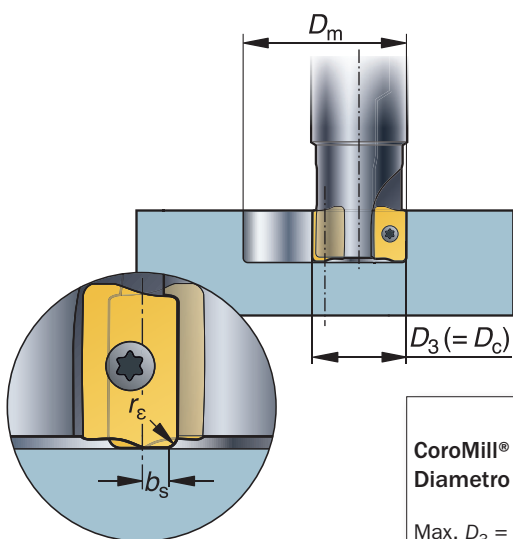
Diametro max. del foro  $D_m$

$$\text{Max. } D_m = D_3 \times 2$$

$$\text{Min. } D_3 = \frac{D_m}{2}$$

### Diametro minimo, fondo piatto

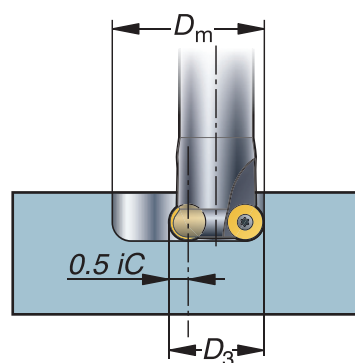
- Per evitare che non si formi un piolo sul fondo di un foro cieco, la dimensione del raggio dell'inserto deve essere attentamente valutata.
- Se la fresa è troppo grande, il piolo non può essere rimosso con avanzamento verso il centro.
- Per CoroMill 390, la lunghezza dell'inserto  $b_s$ , deve essere aggiunta alla dimensione del raggio.



**CoroMill® 390 –**  
Diametro minimo del foro  $D_m$

$$\text{Max. } D_3 = \frac{D_m}{2} + (r_\varepsilon + b_s)$$

$$\text{Min. } D_m = (D_3 - (r_\varepsilon + b_s)) \times 2$$



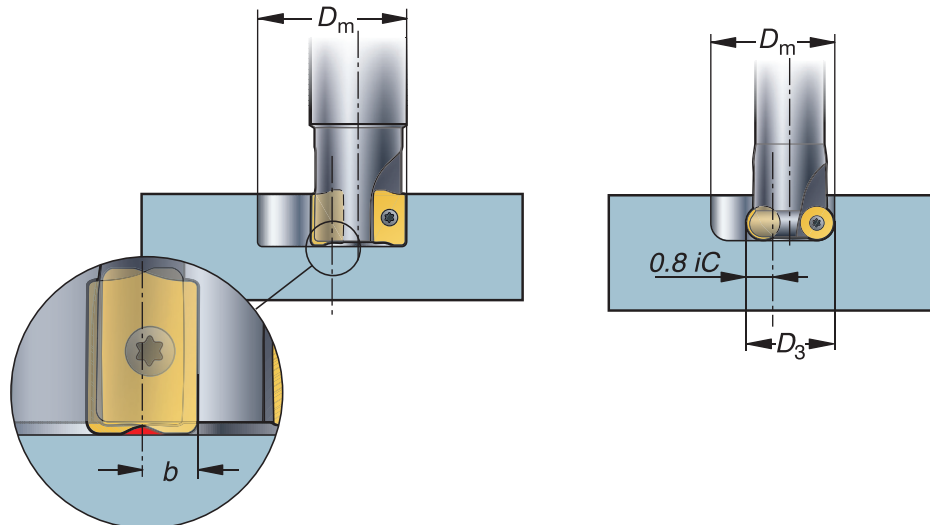
**CoroMill® 300 –**  
Diametro minimo del foro  $D_m$

$$\text{Max. } D_3 = \frac{D_m}{2} + 0.5 iC$$

$$\text{Min. } D_m = (D_3 - 0.5 iC) \times 2$$

## Diametro minimo del foro passante

- Il diametro minimo che evita la collisione del corpo della fresa in caso di taglio non centrale.
- $b$  è l'incremento di passata massimo consentito per la lavorazione a tuffo ed è lo stesso valore della sovrapposizione massima.
- Per gli inserti rotondi,  $b$  deve essere calcolato come  $b = 0,8 \times iC$ .
- Il piolo non può essere rimosso.



### CoroMill® 390 – Diametro minimo del foro $D_m$

$$\text{Max. } D_3 = \frac{D_m}{2} + b$$

$$\text{Min. } D_m = (D_3 - b) \times 2$$

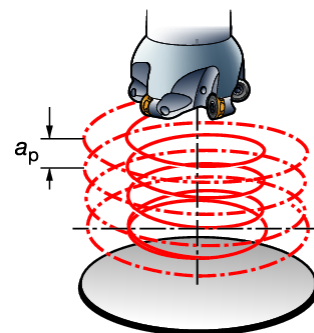
### CoroMill® 300 – Diametro minimo del foro $D_m$

$$\text{Max. } D_3 = \frac{D_m}{2} + 0,8 \text{ iC}$$

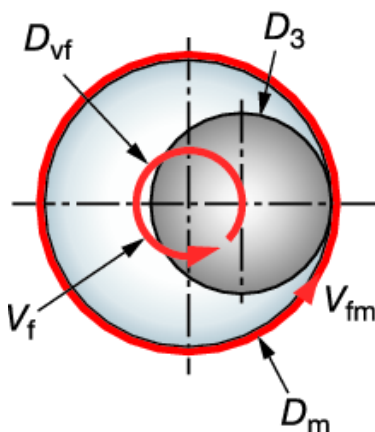
$$\text{Min. } D_m = (D_3 - 0,8 \text{ iC}) \times 2$$

## 2. Passo

Il passo non può mai essere superiore al valore massimo  $a_p$  della fresa e dipende dal diametro del foro, dal diametro della fresa e dall'angolo di penetrazione.



## 3. Velocità di avanzamento



Il valore dell'avanzamento dipende sempre dal valore  $h_{ex}$  che corrisponde alla velocità di avanzamento periferica,  $v_{fm}$ . Tuttavia, molte macchine richiedono l'avanzamento del centro dell'utensile,  $v_f$ , che deve essere calcolato correttamente:

$$f_z = h_{ex}$$

$$v_{fm} = n \times f_z \times Z_c$$

$$v_f = \frac{D_{vf}}{D_m} \times v_{fm}$$

$D_{vf}$  = percorso programmato della fresa

### Velocità di avanzamento programmata:

$v_{fm}$  = quando si usa la compensazione del raggio

$v_f$  = quando si usa l'avanzamento del centro dell'utensile



## Allargatura di un foro esistente

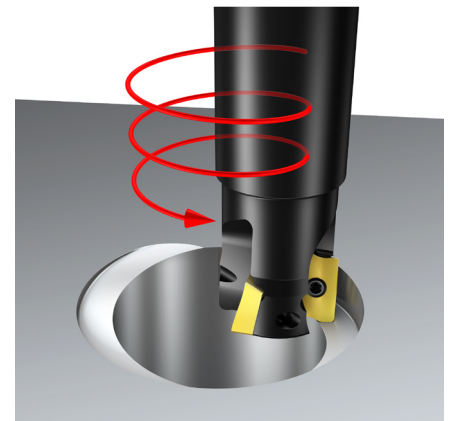
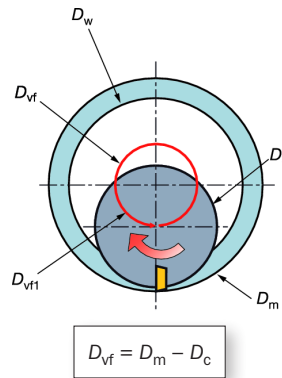
L'allargatura di un foro esistente può essere eseguito tramite lavorazione in rampa circolare o fresatura circolare.

### Lavorazione in rampa circolare - 3 assi

- Lavorazione in rampa costante.
- Nessuna entrata né uscita.
- Tagliante costantemente impegnato.
- Azione di lavorazione in rampa: taglio del fondo

Scelta prioritaria:

- La profondità del foro è maggiore del valore  $a_p$  per l'utensile.
- Miglior concentricità e rotondità del foro.
- Nelle applicazioni sensibili alle vibrazioni.

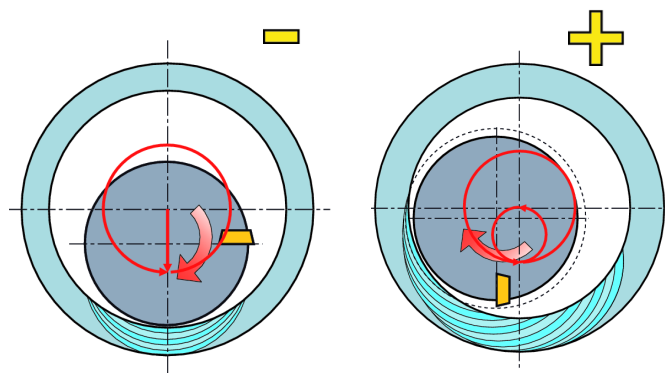
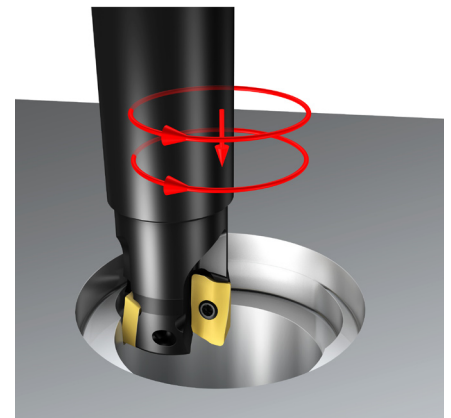
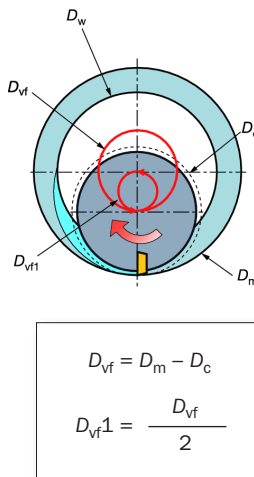


### Fresatura circolare - 2 assi

- Valore costante Z.
- Entrata e uscita per ciascun livello.
- L'interpolazione in entrata deve essere programmata.
- La tolleranza del foro non è buona come nella lavorazione elicoidale.
- Irregolarità ad ogni passata.

Scelta prioritaria:

- Programmare il percorso dell'utensile su un valore superiore a 360 gradi per evitare le irregolarità.
- È necessaria una sola passata.
  - Fresa con elevata capacità  $a_p$  (CoroMill Plura, fresa per contornatura CoroMill 390).
  - Foro poco profondo.
- Capacità di lavorazione in rampa scarsa o inesistente; tagliante lungo senza supporto assiale.



Ingresso nel taglio: l'interpolazione all'entrata del taglio assicura la produzione di trucioli sottili in uscita. Angolo di impegno ridotto: riduce le vibrazioni e garantisce elevata produttività.

## Calcolo dell'avanzamento

L'avanzamento dev'essere ridotto a causa di:

- Maggior valore  $a_e$  rispetto al taglio in linea retta, che riduce l'effetto di assottigliamento del truciolo.
- L'avanzamento periferico è maggiore rispetto all'avanzamento del centro dell'utensile.
- Calcolare l'avanzamento in base a  $D_{vf}$ .

$$f_z = \frac{h_{ex}}{\sin \beta}$$

$$v_{fm} = n \times f_z \times Z_c$$

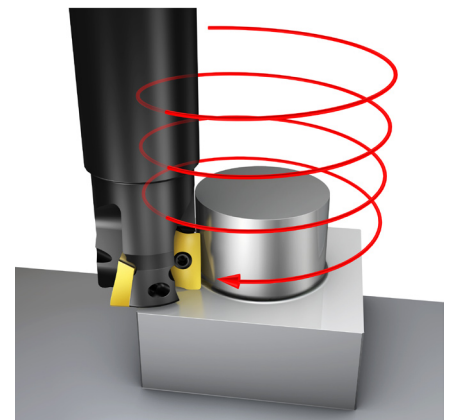
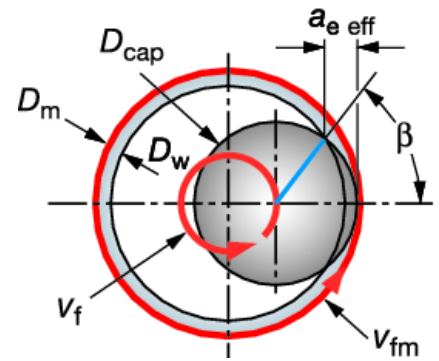
$$v_f = \frac{D_{vf}}{D_m} \times v_{fm}$$

## Fresatura/lavorazione in rampa esterna circolare

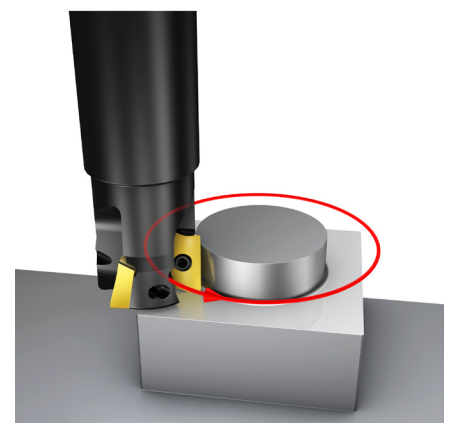
Rispetto alla fresatura/lavorazione in rampa interna circolare:

- L'avanzamento del centro dell'utensile,  $v_f$ , aumenta invece di diminuire.
- La profondità radiale,  $a_e$ , si riduce notevolmente con la fresatura esterna, pertanto è possibile usare una velocità di taglio maggiore.
- $h_{ex}$  viene calcolato nello stesso modo della contornatura.
- Per il resto, la tecnica di programmazione è molto simile a quella della fresatura interna dei fori.

Per definizioni, calcoli e formule, vedere Informazioni/Indice, Capitolo I.



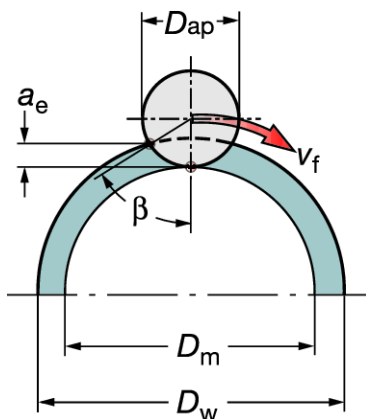
Lavorazione in rampa circolare esterna (3 assi)



Lavorazione in rampa circolare esterna (2 assi)

$$v_f = \frac{v_{fm} \times (D_m + D_{cap})}{D_m}$$

$$a_{e \text{ eff}} = \frac{D_w - D_m}{2}$$



## Apertura/allargatura di una cavità o una tasca

Sono possibili due metodi:

### 1. Lavorazione in rampa circolare (3 assi) – ridotto valore $a_p$

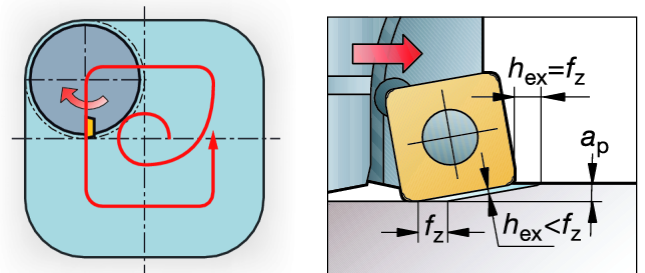
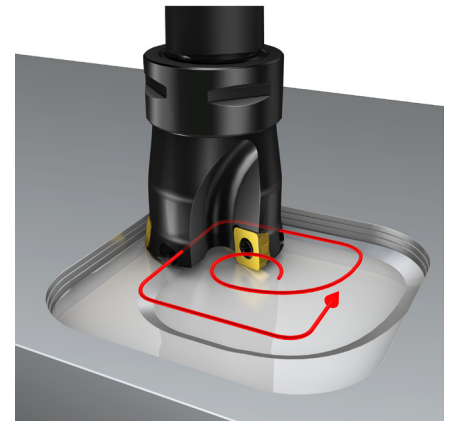
Usare una fresa con un angolo di registrazione ridotto, CoroMill 210 o le corrispondenti frese a elevato avanzamento CoroMill 316 o CoroMill Plura. Una fresa con inserti rotondi rappresenta un'altra alternativa. Per ulteriori informazioni, vedere la sezione Fresatura a elevato avanzamento a pagina D 60.

Questa tecnica "leggera e rapida" offre un'ottima velocità di asportazione del metallo ed è la scelta prioritaria per le macchine meno stabili (secondo la norma ISO 40) e quando la cavità ha una forma profilata, ad esempio uno stampo o matrice.

**Nota:** evitare di lavorare a fondo contro uno spallamento a 90° poiché l'effetto di un angolo di entrata ridotto sarà annullato e la profondità di taglio aumenterà sensibilmente.

Parametri di taglio:

- Diametro massimo della fresa = 1,5 x il raggio di punta del componente
- Rampa circolare fino alla profondità desiderata, in senso antiorario
- Interpolare in entrata nel taglio successivo
- Taglio radiale, valore massimo  $a_e = 70\% D_c$
- Taglio assiale per fresa con inserto rotondo 25%  $i_C$
- Raggio del percorso dell'utensile nell'angolo =  $D_c$
- Ridurre l'avanzamento in prossimità dell'angolo, vedere pagina D 26.



Percorso dell'utensile in senso antiorario, lavorazione in rampa

### 2. Fresatura circolare (2 assi) – elevato valore $a_p$

Creare un foro tramite foratura, quindi passare a una fresa a candela per spallamenti o una fresa per contornatura. Una tipica area applicativa è la lavorazione di telai per il settore aeronautico (lavorazione di titanio).

#### Suggerimenti applicativi

Accertarsi che vi sia una buona evacuazione del truciolo per evitare la rimacinazione dei trucioli o il loro intasamento:

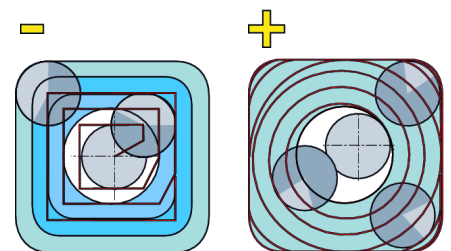
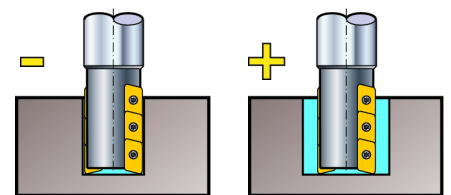
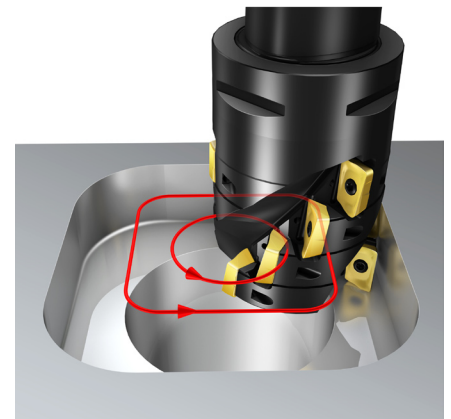
- È preferibile un mandrino orizzontale (ISO 50).
- Refrigerante ad alta pressione o aria compressa con adduzione all'interno dell'utensile.
- $D_c$  non dev'essere maggiore del 75% del diametro totale. Usare un taglio assiale ampio: valore massimo  $a_p = 2 \times D_c$ .

Entrare nel foro eseguito seguendo un percorso circolare:

- Controllare l'impegno radiale: massimo  $a_e = 30\%$  di  $D_c$ .

Controllare l'impegno radiale per ridurre al minimo la vibrazione negli angoli e per massimizzare la produttività:

- Usare il raggio più grande possibile negli angoli, programmazione con percorso utensile a spirale.
- Usare il valore  $D_c$  maggiore possibile e completare separatamente la ripresa dei raccordi, ad un valore non superiore a 1,5 volte il raggio di punta.



Raggio di punta piccolo.

Programmazione con percorso a spirale.

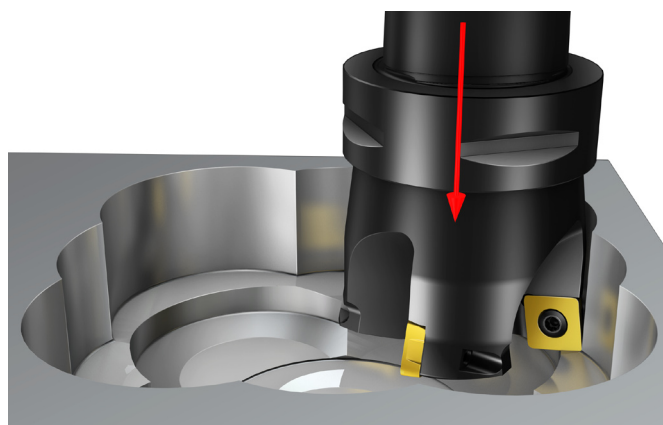
# Fresatura a tuffo

Nella fresatura a tuffo, il taglio è eseguito all'estremità dell'utensile invece che alla periferia. Questo processo è vantaggioso grazie al cambio di direzione delle forze di taglio da prevalentemente radiale ad assiale. In generale, la fresatura a tuffo è un metodo alternativo quando la fresatura laterale non è possibile a causa delle vibrazioni. Per esempio:

- Quando la sporgenza dell'utensile è maggiore di  $4 \times D_c$
- Quando la stabilità è insoddisfacente
- Per la semifinitura degli angoli
- Per materiali difficili da tagliare, come il titanio.

Può anche essere un'alternativa in caso di limiti in termini di potenza o coppia della macchina.

**Nota:** in condizioni favorevoli, la fresatura a tuffo non è la scelta prioritaria, data la ridotta velocità di asportazione del metallo.










## Scelta degli utensili

La selezione della fresa è determinata principalmente dal diametro. CoroMill 210 e la fresa a tuffo Coromant R215 sono specifiche per la lavorazione a tuffo.

### Foratura a tuffo

La lavorazione a tuffo con utensili per foratura può essere più efficace fino a circa  $D_c = 35$  mm, vedere Foratura, Capitolo E

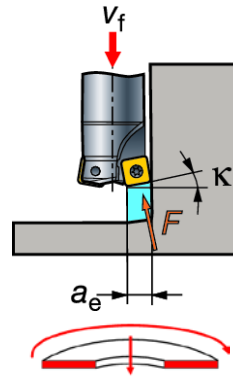
Tipo	Applicazione	Misura inserto (mm)	Avanzamento per dente (mm) $f_z$	Incremento di passata massimo $b$	Diametro fresa, Gamma (mm) $D_c$
 CoroMill® 210	Scelta prioritaria per la sgrossatura con elevate sporgenze	09	0.1	8	25 – 66
		14	0.15	13	52 – 160
 Fresa a tuffo Coromant R215	Lavorazione pesante: diametro grande con elevata sporgenza	25	0.15	22	80 – 160
 CoroMill® Plura	Piccoli raggi di punta profondi	–	0.05	100% $D_c$	1 – 25
 CoroMill® 316	Piccoli raggi di punta profondi	–	0.05	100% $D_c$	10 – 25
 CoroMill® 390		11	0.15	5.5	12 – 80
		17		8.5	25 – 125
 CoroMill® 490		08	0.15	2 mm	20 – 125
 CoroMill® 300	Esecuzione di cave in materiali difficili	5 ~ 20	0.15	80% $i_c$	10 – 200

## Consigli applicativi

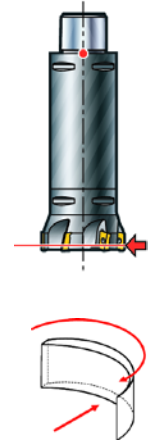
### Processo di taglio

La fresatura a tuffo è considerevolmente diversa dalla fresatura tradizionale. Il taglio è eseguito all'estremità dell'utensile invece che alla periferia. Questo modifica vantaggiosamente la direzione delle forze di taglio che da prevalentemente radiale diventa assiale. Può essere raffrontata a un'operazione di barenatura con tagli interrotti.

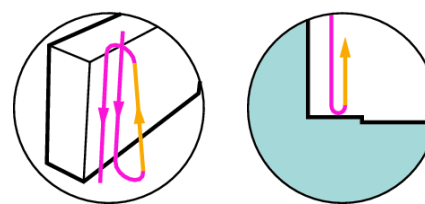
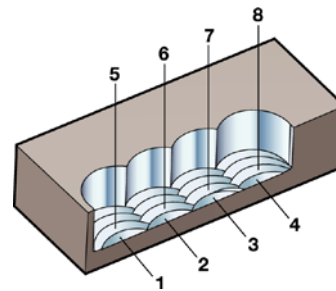
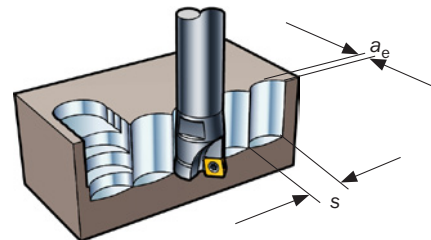
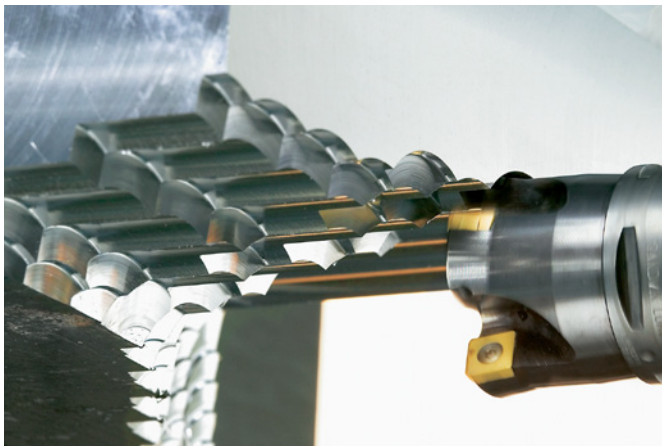
Assorbimento di potenza e rumore sono mantenuti a bassi livelli.



Fresatura a tuffo = barenatura interrotta. Forze di taglio assiali.



Fresatura tradizionale. Prevalentemente forze radiali.



— = programma avanzamento tavola

— = traslazione rapida

Evitare la rimacinazione dei trucioli nella corsa di ritorno e ridurre gradualmente la profondità di tuffo.

$$P_c = \frac{D_3 \times a_e \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$$

$$P_c = \frac{s \times a_e \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$$

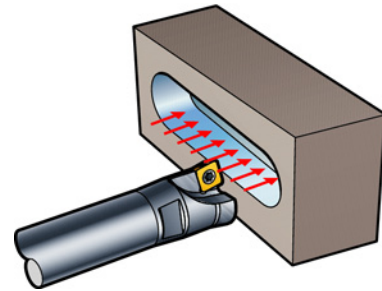
Calcolo dell'assorbimento di potenza.

### Suggerimenti generali

- Una macchina orizzontale favorisce l'evacuazione del truciolo.
  - Iniziare la fresatura dal basso e procedere verso l'alto.
  - Usare fluido da taglio o aria compressa per agevolare l'evacuazione del truciolo.
  - Rispetto ai metodi tradizionali, la fresatura a tuffo richiede un minor avanzamento per dente.
  - Assicurarsi che due denti siano sempre in presa.
  - Usare frese con passi stretti.
  - Usare il valore massimo  $a_e$  a seconda della dimensione dell'inserto.
  - Usare  $s = 0,75 \times D_c$  nello spostamento laterale.
  - Diminuire gradualmente la profondità di tuffo per ridurre al minimo le vibrazioni.
  - Usare un "hook program" (distacco dalla parete in fase di ritorno) per impedire la rimacinazione dei trucioli nella corsa di ritorno. Scostarsi di 1 mm dalla parete, alla fine del taglio.
- Nota:** un ciclo di foratura non è consigliabile a causa della rimacinazione dei trucioli che può causare vibrazioni durante la ritrazione.
- Cercare sempre di lasciare del sovrametallo costante per le operazioni di finitura successive.

## Cave

- La lavorazione a tuffo è una tecnica efficace per la lavorazione di cave profonde e chiuse.
- L'evacuazione del truciolo diventa essenziale. Un set-up orizzontale e l'uso di fluido da taglio o aria compressa aiutano il processo.
- Si consiglia l'uso di una punta per le cave profonde e strette, poiché questo metodo garantisce la miglior evacuazione del truciolo ed il massimo di incremento di passata (vedere capitolo E).



## Cavità/tasche

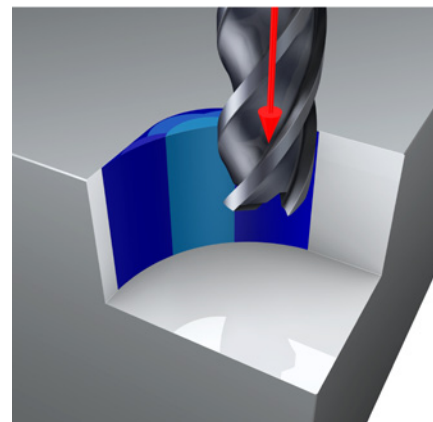
- L'evacuazione del truciolo è di importanza critica, come nella realizzazione di cave chiuse.
- Usare un set-up orizzontale e fluido di taglio o aria compressa.
- L'evacuazione del truciolo può essere ulteriormente migliorata realizzando il foro di partenza più ampio possibile.  $1,5 \times D_c$  è il valore consigliato.
- Ridurre l'avanzamento nei primi due passaggi di tuffo.
- Spostarsi lateralmente e cercare di evitare la fresatura di cave dal pieno.



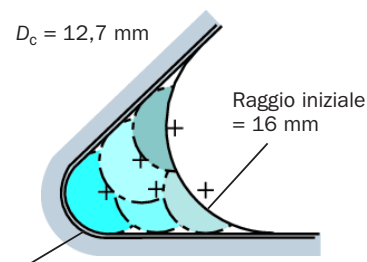
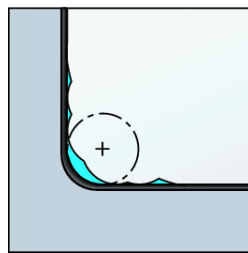
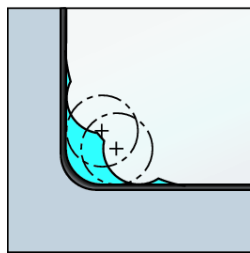
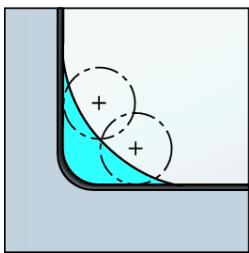
## Raccordi

La fresatura a tuffo del sovrametallo rimanente (ripresa) dopo un'operazione di sgrossatura nei raccordi profondi a 90 gradi può essere vantaggiosa.

CoroMill Plura, la fresa a candela CoroMill 390 o la punta a tuffo Coromant U (vedere Foratura, Capitolo E) sono tutti prodotti adatti. La punta consente di eseguire tagli fino al 75% del diametro della fresa. Ciò può essere vantaggioso negli angoli stretti.



## Lavorazione di angoli



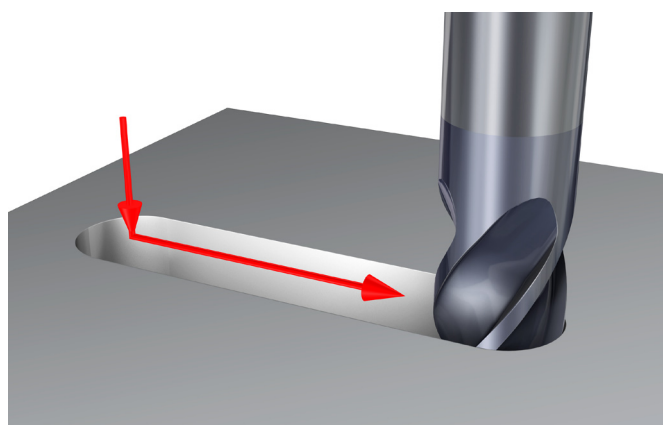
Raggio finale = 6 mm

# Fresatura in penetrazione discontinua









La fresatura in penetrazione discontinua è un'alternativa alla lavorazione in rampa per l'esecuzione di aperture in un materiale solido

Tuttavia, richiede molta potenza, produce trucioli lunghi ed esercita forze di taglio indesiderate sulla fresa e pertanto deve essere usata solo quando:

- La macchina non è in grado di eseguire lavorazioni in rampa
- Occorre produrre cave chiuse corte.



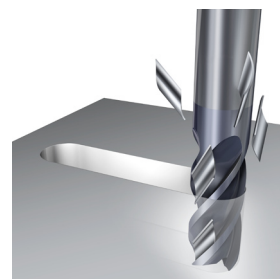
## Scelta degli utensili

	CoroMill® Plura	CoroMill® 316	CoroMill® 390	CoroMill® 790
				
Profondità max. della punta	$0.9 \times D_c$	$0.55 \times D_c$	11: 1.0 mm 17: 1.5 mm	16: 1.1 mm 22: 1.2 mm
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	2 – 25	10 – 25	12 – 40	25 – 100
Tagliente al centro (foratura)	Sì	Sì	No	No
Materiale				

## Consigli applicativi

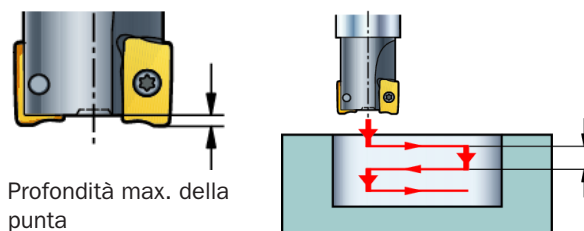
### Taglio al centro - Frese a candela per foratura (fresa per lavorazione frontale e radiale)

La profondità di foratura di una fresa a candela con tagliente al centro è limitata dalla lunghezza del vano truciolo e dalla capacità di evacuazione. Per eseguire cave più profonde, usare un ciclo di fresatura in penetrazione discontinua. Durante la foratura, usare un avanzamento ridotto: circa il 50% dell'avanzamento consigliato per la fresatura.



### Fresatura frontale e radiale senza taglio al centro

CoroMill 390 e 790 sono frese a candela senza tagliente al centro che possono essere usate per un ciclo di fresatura in penetrazione discontinua. Si noti che la profondità di foratura è molto limitata. Usare una fresa con passo largo per ottenere il massimo spazio per il truciolo.



# Metodi di fresatura per piani

Questi metodi di fresatura sono stati originariamente sviluppati per la sgrossatura e la semisgrossatura di materiali difficili, come acciai duri, materiali ISO H, leghe HRSA e materiali ISO S, ma possono anche essere usati con altri materiali, soprattutto nelle applicazioni sensibili alle vibrazioni.

Le tecniche si basano su una profondità di taglio radiale limitata,  $a_e$ , che:

- Genera una ridotta forza di taglio radiale che richiede meno stabilità e consente un'elevata profondità di taglio,  $a_p$ .
- Comporta un solo dente in presa per volta, riducendo al minimo la tendenza alle vibrazioni.
- Riduce il calore nell'area di taglio grazie al breve tempo di contatto, consentendo così di usare velocità di taglio maggiori.
- Genera trucioli dallo spessore contenuto,  $h_{ex}$ , ma un elevato avanzamento,  $f_z$ .

Tali metodi possono essere suddivisi in:

- fresatura trocoidale, usata prevalentemente per l'esecuzione di cave
- fresatura per piani, usata normalmente per la semisgrossatura dei raccordi.

Entrambi i metodi di fresatura per piani si sono dimostrati molto sicuri e produttivi.



## Scelta degli utensili

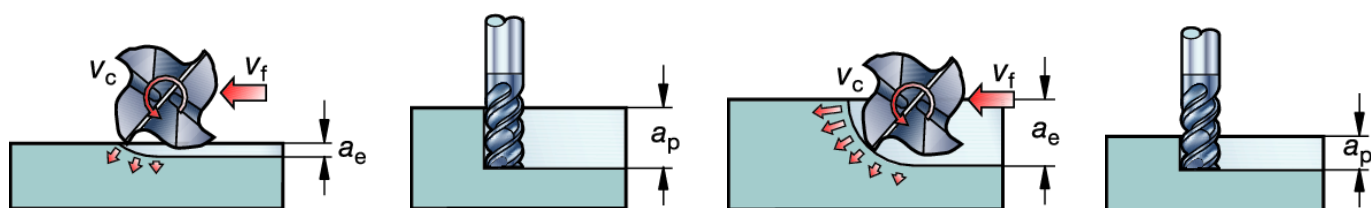
	CoroMill® Plura	CoroMill® 316	CoroMill® 490	CoroMill® 390	Fresa CoroMill® 390 per contornatura	Fresa CoroMill® 690 per contornatura
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	7.0 – 54.0	5.5 – 13.0	5.5	15.7	71.0	112.0
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	2 – 25	10 – 25	20 – 66	12 – 40	32 – 200	50 – 100
Materiale						

### Commenti:

- L'utensile più comunemente usato per le operazioni per piani è CoroMill Plura.
- CoroMill 316, CoroMill 490 o CoroMill 390 sono utensili alternativi in caso di profondità di taglio inferiore.
- La tecnica di asportazione per piani paralleli può inoltre essere utilizzata con frese per contornatura che combinano una piccola  $a_e$  con una grande  $a_p$ .



## Consigli applicativi



La fresatura per piani utilizza una velocità di taglio maggiore,  $v_c$ , e un taglio assiale,  $a_p$ , ma solo con piccoli impegni radiali,  $a_e$ , e bassi avanzamenti per dente,  $f_z$ . Questo è reso possibile da:

Fattore	Effetto	Vantaggio
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ridotto spessore del truciolo</li> <li>Ridotto arco in presa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Forza di taglio/flessione minore</li> <li>Temperatura ridotta nella zona di taglio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tagli assiali più profondi</li> <li>Velocità più elevate</li> </ul>

## Fresatura trocoidale

### Campo di applicazione

Un metodo eccellente per l'esecuzione di cave quando le vibrazioni costituiscono un problema; è adatta anche per la sgrossatura di cavità confinate, tasche e scanalature.

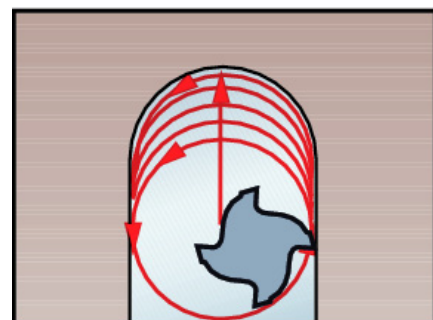
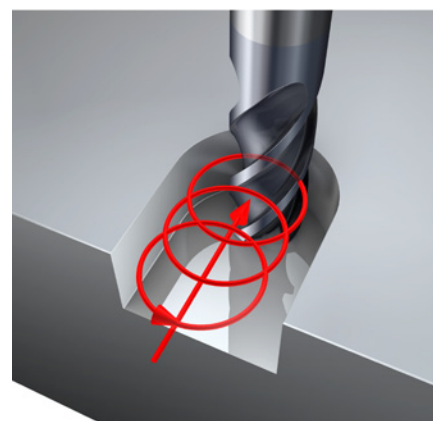
### Definizione

La fresatura trocoidale può essere definita come fresatura circolare che comprende movimenti in avanti simultanei. La fresa rimuove "falde" ripetute in una sequenza di percorsi a spirale continua dell'utensile, compiuti in direzione radiale.

Richiede una programmazione e capacità della macchina utensile speciali.

L'utensile è programmato con entrata e uscita dal taglio in interpolazione, con passo radiale  $w$ , mantenuto basso. Questo significa che:

- L'arco in presa controllato genera basse forze di taglio, che consentono elevate profondità di taglio radiali.
- È utilizzata tutta la lunghezza del tagliente, in modo che calore e usura siano uniformi e diffusi, per garantire una maggior durata del tagliente rispetto alla tradizionale esecuzione di cave.
- Grazie al piccolo arco in presa, sono usati utensili con più taglienti. Questo consente elevati avanzamenti della tavola e una buona durata del tagliente.
- Il taglio radiale massimo,  $a_e$ , non deve superare il 20% del diametro della fresa.



$$a_p \leq 2 \times D_c$$

$a_e$  = ridotto

$v_f$  = elevato

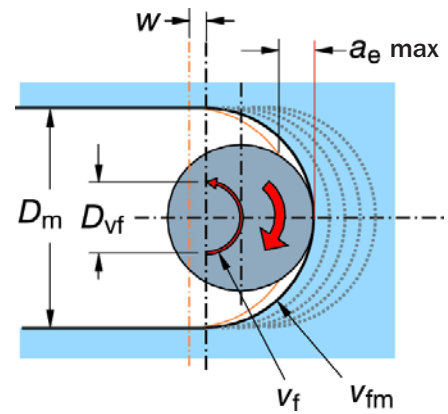
$v_c$  = fino a 10 volte rispetto ai metodi tradizionali

## Per scanalature di larghezza inferiore a $2 \times D_c$

L'utensile è programmato su un percorso a spirale continua che avanza in direzione radiale per formare una scanalatura o un profilo. L'avanzamento è costante, con un taglio radiale che varia continuamente. Per il 50% del tempo l'utensile è fuori dal taglio.

### Considerazioni

- 1) Il taglio radiale cambia costantemente e, nel momento di massima "immersione", è maggiore dell'incremento di passata programmato,  $w$ .
- 2) È importante mantenere il diametro della fresa a un rapporto di larghezza della cava inferiore a 70% e il passo radiale,  $w$ , inferiore al 10% di  $D_c$ .
- 3) L'avanzamento è costante, tuttavia l'avanzamento del centro dell'utensile,  $v_f$ , varia dall'avanzamento periferico,  $v_{fm}$ . Quando l'avanzamento è programmato in base al centro dell'utensile, occorre calcolare l'avanzamento periferico.



### Parametri di taglio

- Max. diametro fresa
- Incremento della passata
- Taglio radiale, valore massimo
- Taglio assiale
- Avanzamento iniziale per dente

$$D_c = 70\% \text{ larghezza della cava}$$

$$w = \max. 10\% D_c$$

$$a_e = 20\% D_c$$

$$a_p = \text{fino a } 2 \times D_c$$

$$f_z = 0,1 \text{ mm}$$

$$v_{fm} = n \times f_z \times z_n$$

$$D_{vf} = D_m - D_c$$

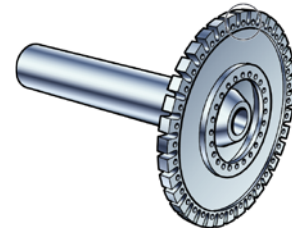
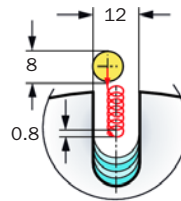
$$v_f = \frac{D_{vf}}{D_m} \times v_{fm}$$

Calcolare l'avanzamento programmato  $v_f$

## Casi di lavorazione con fresatura trocoidale

### 1 – Scanalatura stretta – Inconel 718 (44HRC)

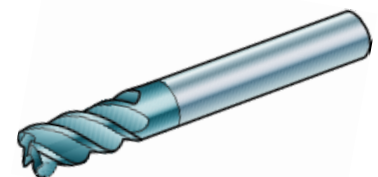
Numero di cave/componente	24
Larghezza	12 mm
Lunghezza	25 mm
profondità	16 mm
Durata tagliente	10 cave
Tempo/cava	1'35"



Utensile – R216.24-08050-EAK 19P 1620

Profondità di taglio	$a_p$	16 mm	Dia. centro utensile	$D_{vf}$	4 mm
Dia. fresa	$D_c$	8 mm	Incremento della passata	$w$	0,67 mm
Numero di denti	$z_n$	4	Avanzamento/dente	$f_z$	0,09 mm
Velocità di taglio	$v_c$	75 m/min	Avanzamento periferico	$v_{fm}$	1047 mm/min
Velocità mandrino	$n$	2984 m/min	Avanzamento del centro dell'utensile	$v_f$	349 mm/min

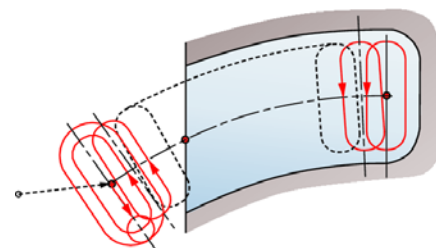
La fresatura trocoidale rappresenta un processo molto più sicuro rispetto alla tradizionale esecuzione di cave o lavorazione a tuffo. Garantisce una maggiore durata del tagliente e costi di attrezzamento inferiori, poiché un utensile da 8 mm sostituisce un utensile da 12 mm.



## Per scanalature di larghezza maggiore di $2 \times D_c$

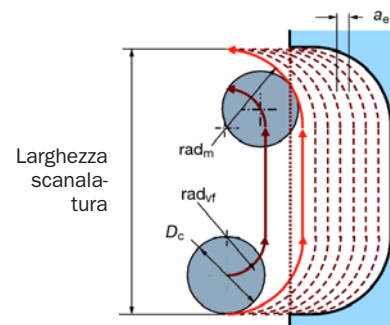
Un percorso a spirale continua, come quelli programmati per la scanalatura stretta dove l'utensile è fuori dal taglio per il 50% del tempo, può essere ottimizzato man mano che la scanalatura aumenta:

1. Interpolazione in entrata del taglio – Raggio programmato ( $rad_m$ ) = 50% di  $D_c$ .
2. G1 con  $a_e = 0,1 \times D_c$ .
3. Interpolazione in uscita dal taglio – raggio programmato ( $rad_m$ ) = 50% di  $D_c$ .
4. Traslazione rapida alla posizione iniziale successiva.
5. Ripetizione del ciclo.



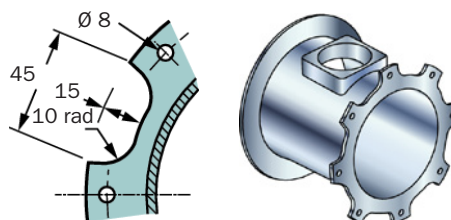
### Parametri di taglio

- Profondità radiale
  - CoroMill Plura  $a_e = 10\% D_c$
  - CoroMill 390/490  $a_e = 20\% D_c$
- Taglio assiale  $a_p = \text{fino a } 2 \times D_c$
- Avanzamento iniziale per dente  $f_z = 0,1 \text{ mm}$
- Avanzamento raggio  $rad_{fv} = 0,5 \times G1$

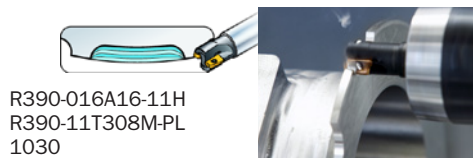


## 2 - Scanalatura di elevata larghezza - smerlatura

Numero di cave/componente	8
Larghezza	45 mm
Profondità	16 mm
Spessore	4 mm



Utensile 1 – CoroMill 390 –  $\varnothing 16 \text{ mm}$



R390-016A16-11H  
R390-11T308M-PL  
1030

Utensile 2 – CoroMill Plura –  $\varnothing 12 \text{ mm}$



R216.24-12050AK26P  
1620

a) Acciaio inossidabile – 316

Utensile	Diametro, $D_c$ mm	$z_n$	$v_c$ m/min	$n$ giri/min	$f_z$ mm	$v_f$ mm/min	$a_p$ mm	$a_e$ mm	$Q$ cm <sup>3</sup> /min	Tempo min+sec
CoroMill 390	16	2	200	3978	0.15	1194	5	2	11.9	0'25''
CoroMill Plura	12	4	170	4509	0.06	1082	5	1	5.4	1'00''



b) HRSA – Inconel 718 (44 HRC)

Utensile	Diametro, $D_c$ mm	$z_n$	$v_c$ m/min	$n$ giri/min	$f_z$ mm	$v_f$ mm/min	$a_p$ mm	$a_e$ mm	$Q$ cm <sup>3</sup> /min	Tempo min+sec
CoroMill 390	16	2	30	597	0.10	119	5	2	1.2	2'45''
CoroMill Plura	12	4	75	1989	0.08	637	5	1	3.2	1'15''



### Confronto tra CoroMill® 390 e CoroMill® Plura

- Acciaio inossidabile – CoroMill 390 offre i tempi più rapidi – 140% più veloce di CoroMill Plura. Nella lavorazione dell'acciaio inossidabile, CoroMill 390 non ha mostrato accumuli o intasamenti di materiale nelle scanalature, consentendo così un taglio radiale più rapido,  $a_e$ , e un maggior avanzamento per dente,  $f_z$ , rispetto a CoroMill Plura.
- HRSA – CoroMill Plura ha mostrato una velocità maggiore del 120% rispetto a CoroMill 390. Nella lavorazione delle leghe HRSA più dure, i denti extra e l'elevato grado dell'elica di CoroMill Plura hanno consentito una lavorazione molto più semplice.

## Fresatura per piani – Lavorazione di raccordi

### Campo di applicazione

La fresatura per piani è una tecnica di semigrossatura usata nella lavorazione di raccordi nei casi in cui l'utensile più grande usato in precedenza non è sufficiente.

### Definizione

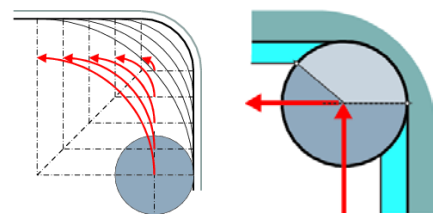
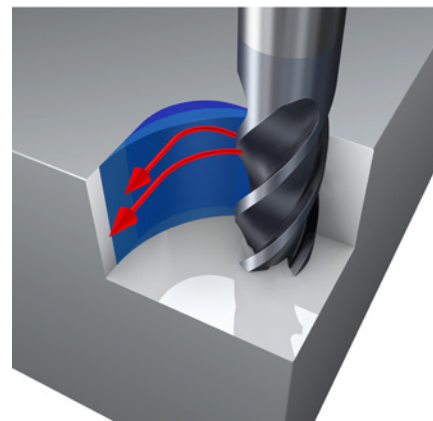
A differenza della fresatura trocoidale, non occorre entrare né uscire dal foro in interpolazione, poiché il taglio radiale parte da zero fino ad arrivare al valore massimo al centro, per poi tornare nuovamente a zero.

Più passate rimuovono successivamente il materiale, garantendo un angolo di penetrazione/impegno radiale costantemente piccolo e basse forze di taglio.

### Considerazioni:

Riduzione della velocità di avanzamento nei raccordi:

- Come in tutte le contornature di raggi, in caso di programmazione con avanzamento del centro dell'utensile,  $v_f$ , la velocità di avanzamento deve essere ridotta in relazione all'avanzamento periferico dell'utensile,  $v_{fm}$ , al fine di mantenere un avanzamento per dente costante.
- La profondità di taglio può diventare eccessiva per poter operare agli stessi avanzamenti elevati del taglio rettilineo, a seconda della relazione tra diametro della fresa e raggio di punta.
- Tuttavia, il rapporto tra diametro del percorso della fresa programmato,  $D_{vf}$  e diametro del foro,  $D_m$ , aumenta costantemente verso il raggio di punta finito, il che significa che l'avanzamento deve diminuire costantemente per ciascuna passata.
- Il processo diventa instabile e si verificano vibrazioni.
- Una macchina utensile con una buona stabilità dinamica e controllo della riduzione dell'avanzamento del centro dell'utensile è essenziale per una buona riuscita della fresatura degli angoli interni.



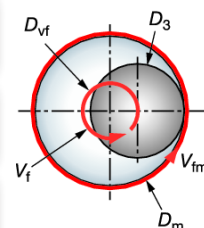
Tranciatura

Tradizionale

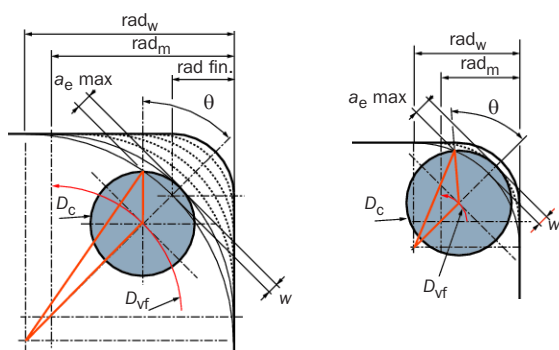
$$v_{fm} = n \times f_z \times z_n$$

$$D_{vf} = D_m - D_c$$

$$v_f = \frac{D_{vf}}{D_m} \times v_{fm}$$

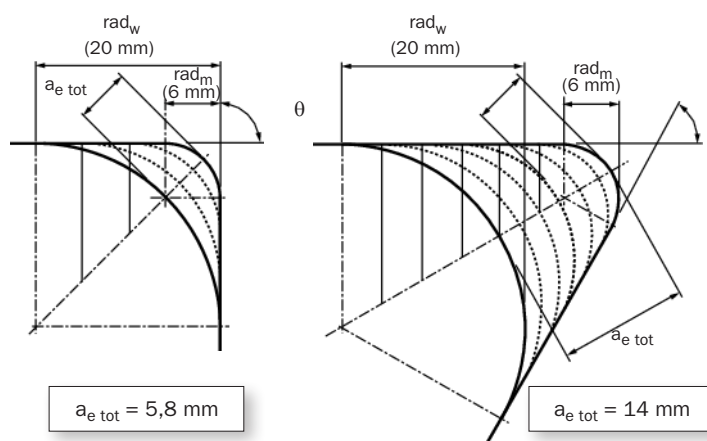


### $D_{vf}$ e $v_f$ ridotti in modo continuo a ogni passata



$w$  = Incremento di passata radiale  
 $rad_m$  = raggio finale del componente  
 $rad_w$  = raggio iniziale del componente

### Angolo del raggio



$a_{e \text{ tot}} = 5,8 \text{ mm}$

$a_{e \text{ tot}} = 14 \text{ mm}$

### Parametri di taglio

Valori tipici per CoroMill Plura R216.24-xx50-xxK xxP

- Diametro massimo della fresa  $D_c = 1,75 \times rad_m$
- Incremento di passata radiale  $w = 10\% D_c$
- Elevato taglio assiale  $a_p$  = fino a  $2 \times D_c$
- Avanzamento iniziale per dente  $f_z = 0,1 \text{ mm}$
- Velocità di taglio - circa 3-6 volte il valore normale raccomandato.

Per gli stessi raggi iniziali e finali, il numero di passate necessarie dipende dall'angolo del raggio.

Per raggi con angoli inferiori a  $60^\circ$ , la lavorazione a tuffo con CoroMill 390 o con una punta a tuffo può essere una buona soluzione, vedere pagina D 118.

# Tasche/angoli chiusi

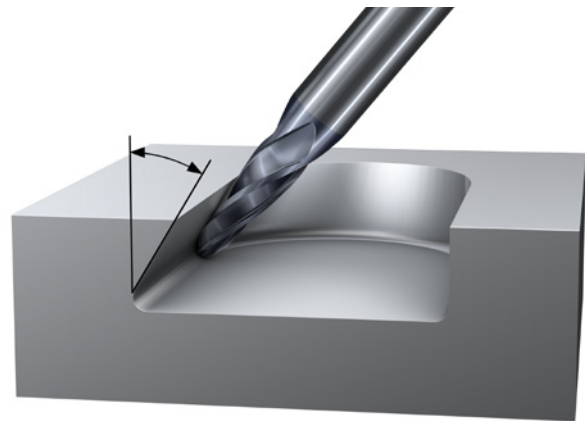
Gli angoli chiusi, inferiori a 90 gradi, sono una caratteristica tipica di tasche e cavità. Per lavorare un angolo chiuso occorre una macchina con 4 o 5 assi.

## 4 assi:


se solo un lato della tasca ha un angolo chiuso e la forma del fondo è piana.

## 5 assi:

se c'è un recesso con angoli chiusi su entrambi i lati. Se c'è un raggio nel profilo inferiore.



## Scelta degli utensili

	CoroMill® Plura
	
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	10.0 – 45.0
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	3.8 – 15.18
Materiale	

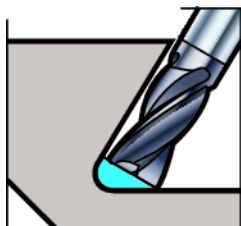


La lavorazione di giranti/blisk è un esempio applicativo di fresatura di angoli chiusi.

## Consigli applicativi

### Raccomandazioni per la lavorazione

1. Prima di passare alla lavorazione del raggio, eseguire la fresatura dello spallamento della parete con una fresa a candela a sezione quadrata per ottenere la massima stabilità.
2. Il raggio viene lavorato con una fresa a candela con testa sferica.



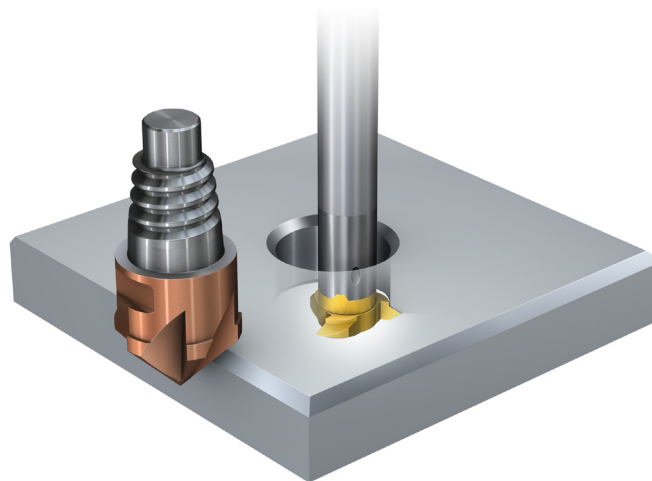
Usare una fresa a candela a sezione quadrata per ottenere la massima stabilità quando si lavora la parete periferica.



La lavorazione finale del raggio deve essere eseguita con una fresa a candela con testa sferica conica.




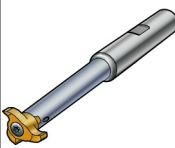
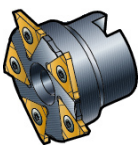
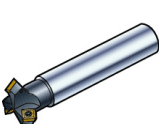






# Smussatura

L'esecuzione di smussi, tagli a V, scarichi, preparazione per la saldatura e sbavatura lungo i bordi del pezzo sono operazioni frequenti. A seconda del tipo di macchina e set-up, tali operazioni possono essere eseguite in diversi modi. È possibile utilizzare una piccola fresa per spianatura, una fresa per contornatura, una fresa a candela o frese specifiche per smussatura.



## Scelta degli utensili

### Frese specifiche per smussatura

	CoroMill® Plura	CoroMill® 316	CoroTurn® XS	CoroMill® 327	CoroMill® 328	U-Max
						
Angolo di registrazione (gradi)	30, 45, 60	15, 30, 45, 60	30	45, 60	60	45, 60
Profondità max. smusso	7.4	6.5	0.6	1.7	1.8	7.9
Esecuzione di smussi in tirata, diametro min. foro (mm)	–	–	6	12	40	27
Materiale						

### Frese complementari per la smussatura

Nelle macchine a 4 e 5 assi, dove il mandrino o il pezzo possono essere inclinati, è possibile usare diversi utensili per smussatura e sbavatura, come:

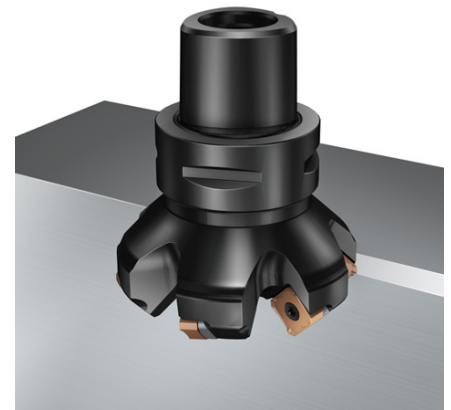
- frese a candela a 90 gradi come CoroMill Plura, CoroMill 316, CoroMill 390, CoroMill 490, CoroMill 790
- frese per spianatura a 45 gradi come CoroMill 245 e CoroMill 345
- per smussi di grandi dimensioni, è possibile usare frese per contornatura.



## Consigli applicativi

### Dati di taglio

Normalmente la profondità del taglio,  $a_p$ , e la larghezza del taglio,  $a_e$ , sono ridotte rispetto al diametro della fresa. Questo significa che occorre seguire le raccomandazioni date, ossia impiegare velocità di taglio più alte per i piccoli impegni. L'avanzamento per dente,  $f_z$ , può essere notevolmente aumentato, vedere pagina D 21. Le esigenze di finitura superficiale limitano il valore  $f_z$ .



Tornitura generale

B

Troncatura e Scanalatura

C

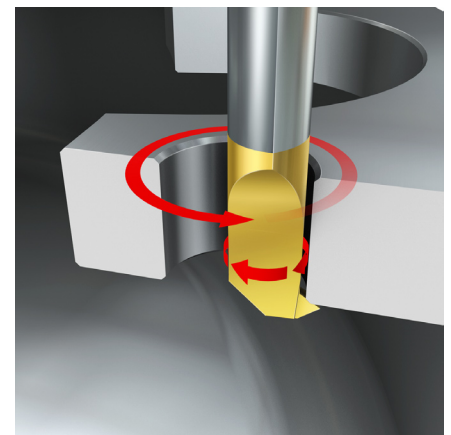
Filettatura

D

### Smussatura di un foro

Con CoroMill 327, CoroMill 328 e CoroTurn XS, è possibile smussare il foro dopo aver completato l'operazione di filettatura, usando lo stesso utensile e lo stesso inserto.

Questo processo si esegue con un percorso di fresatura circolare, vedere la sequenza di programmazione riportata qui sotto.



Fresatura

E

Foratura

F

Barenatura

G

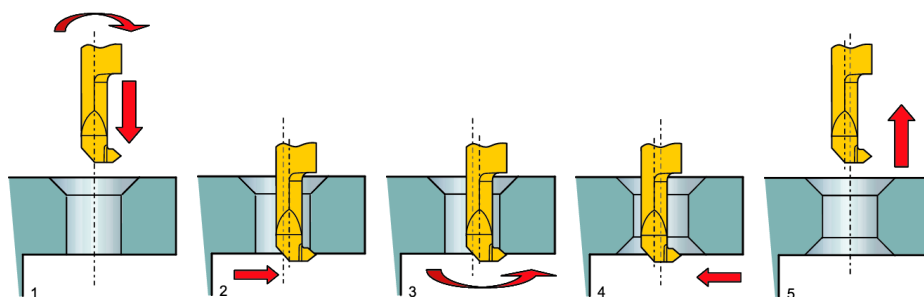
Portautensili/Macchine

H

Materiali

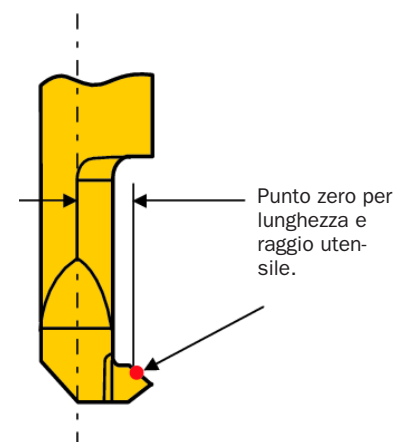
I

Informazioni/Indice



1. Posizionare la fresa centralmente sopra il foro eseguito, con la fresa che ruota, e spostarla in direzione assiale fino alla profondità della flangia ( $Z$  = altezza flangia – dimensione smusso).
2. Far avanzare la fresa in modo da impegnarla con la compensazione del raggio ( $Y$  = raggio del foro).
3. Interpolare  $360^\circ$
4. Ritornare al centro del foro
5. Ritrarre la fresa

**Nota:** per regolare la dimensione dello smusso, modificare la posizione  $Z$  (non regolare il diametro, poiché questo può causare uno sfregamento sul foro).



# Risoluzione dei problemi

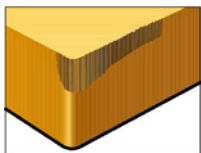
## Usura degli utensili

Osservare il tagliente, analizzare l'usura e ottimizzare i dati di taglio in base alle conclusioni tratte.

### Causa

### Rimedio

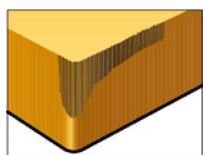
#### Usura sul fianco



Rapida usura che causa finitura superficiale insoddisfacente o mancato rispetto delle tolleranze.

- Velocità di taglio troppo elevata
- Resistenza all'usura insufficiente
- Avanzamento,  $f_z$ , troppo basso

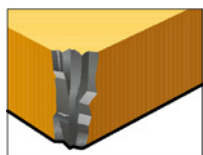
- Ridurre la velocità di taglio,  $v_c$
- Scegliere una qualità più resistente all'usura
- Aumentare l'avanzamento,  $f_z$



Usura eccessiva che causa una breve durata del tagliente.

- Vibrazione
- Rimacinazione dei trucioli
- Formazione di bave sul componente
- Finitura superficiale insoddisfacente
- Generazione di calore
- Rumore eccessivo

- Aumentare l'avanzamento,  $f_z$
- Fresatura concorde
- Evacuare efficientemente i trucioli con l'aiuto di aria compressa
- Controllare i dati di taglio raccomandati

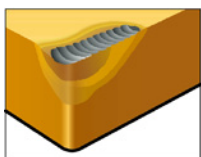


Usura non uniforme che causa danni agli angoli.

- Runout dell'utensile
- Vibrazione
- Breve durata del tagliente
- Finitura superficiale di scarsa qualità
- Elevata rumorosità
- Forze radiali troppo elevate

- Ridurre il runout al di sotto di 0,02 mm
- Controllare mandrino e pinza
- Ridurre al minimo la sporgenza dell'utensile
- Impegnare meno denti nel taglio
- Maggiore diametro dell'utensile
- Per CoroMill Plura e CoroMill 316, selezionare una geometria dell'elica maggiore ( $g_p \geq 45^\circ$ )
- Suddividere la profondità di taglio assiale,  $a_p$ , in più di una passata
- Ridurre la velocità di avanzamento,  $f_z$
- Ridurre la velocità di taglio,  $v_c$
- HSM richiede passate poco profonde
- Migliorare il fissaggio di utensile e pezzo da lavorare

#### Craterizzazione

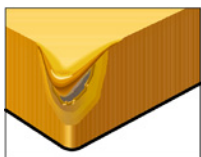


Usura eccessiva con indebolimento del tagliente. Una rottura nella parte posteriore del tagliente produce una finitura superficiale insoddisfacente.

- Usura per diffusione causata da temperature di taglio eccessive sul petto dell'inserto

- Scegliere una qualità rivestita  $Al_2O_3$
- Scegliere una geometria di inserto positiva
- Ridurre la velocità per ottenere una temperatura più bassa, e poi l'avanzamento

#### Deformazione plastica



Deformazione plastica del tagliente, depressione o impressione sul fianco che causano insufficiente controllo truciolo, finitura superficiale insoddisfacente e rottura dell'inserto.

- Temperatura di taglio e pressione troppo elevate

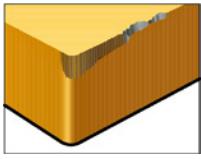
- Selezionare una qualità più resistente all'usura (più dura)
- Ridurre la velocità di taglio,  $v_c$
- Ridurre la velocità di avanzamento,  $f_z$



## Causa

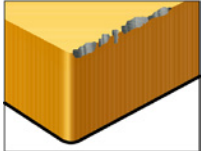
## Rimedio

## Scheggiatura



La parte del tagliente non sottoposta al taglio è danneggiata per effetto del martellamento da parte del truciolo. Sia la parte superiore sia il supporto dell'inserto possono essere danneggiati, causando una rugosità superficiale insoddisfacente e usura sul fianco eccessiva.

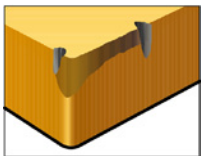
- I trucioli sono deviati contro il tagliente



Scheggiature sul tagliente (sgretolamento) con finitura superficiale insoddisfacente ed eccessiva usura sul fianco.

- Qualità troppo fragile
- Geometria dell'inserto troppo debole
- Tagliente di riporto

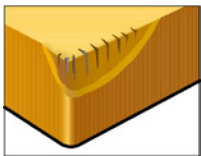
## Usura ad intaglio



Usura ad intaglio con finitura superficiale insoddisfacente e rischio di rottura del tagliente.

- Materiali soggetti a incrudimento
- Crosta e scaglia

## Microfessurazioni termiche

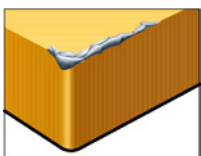


Piccole microfessurazioni perpendicolari al tagliente con sgretolamento dello stesso e finitura superficiale insoddisfacente.

Microfessurazioni termiche dovute a variazioni di temperatura in seguito a:

- Lavorazione a taglio interrotto
- Adduzione di refrigerante variabile

## Tagliente di riporto (T.d.R.)



Tagliente di riporto con conseguente finitura superficiale insoddisfacente e sgretolamento del tagliente quando persiste il fenomeno.

- Temperatura area di taglio troppo bassa.
- Materiale con forte tendenza all'incollamento, come acciaio a basso tenore di carbonio, acciai inossidabili e alluminio.

Il materiale del pezzo si salda al tagliente in conseguenza di:

- Ridotta velocità di taglio,  $v_c$
- Avanzamento basso,  $f_z$
- Geometria di taglio negativa
- Finitura superficiale insoddisfacente

- Scegliere una qualità più tenace
- Scegliere un inserto con un tagliente più robusto
- Aumentare la velocità di taglio,  $v_c$
- Scegliere una geometria positiva
- Ridurre l'avanzamento all'inizio del taglio
- Migliorare la stabilità

- Scegliere una qualità più tenace
- Scegliere un inserto con una geometria più robusta
- Aumentare la velocità di taglio,  $v_c$ , o scegliere una geometria positiva
- Ridurre l'avanzamento all'inizio del taglio

- Ridurre la velocità di taglio,  $v_c$
- Scegliere una qualità più tenace
- Aumentare la velocità di taglio,  $v_c$

- Selezionare una qualità più tenace con una migliore resistenza alle sollecitazioni termiche
- Il fluido da taglio deve essere applicato abbondantemente o non applicarlo affatto. Per ulteriori informazioni, vedere le Informazioni preliminari a pagina D 28.

- Aumentare la velocità di taglio
- Passare a una geometria dell'inserto più adatta

- Aumentare la velocità di taglio,  $v_c$
- Aumentare l'avanzamento,  $f_z$
- Scegliere una geometria positiva
- Usare olio nebulizzato o fluido da taglio

## Causa

## Rimedio

## Vibrazione

(vedere anche Informazioni preliminari a pagina D 30)



- Fissaggio debole

- Valutare la direzione delle forze di taglio e fornire il supporto adeguato o migliorare il fissaggio
- Ridurre le forze di taglio riducendo la profondità di taglio,  $a_p$
- Selezionare una fresa con passo largo e differenziato con un'azione di taglio più positiva
- Selezionare una geometria a L con un piccolo raggio di punta e un tratto piano parallelo limitato
- Selezionare un inserto a grana fine non rivestito o con un rivestimento sottile
- Evitare la lavorazione nei casi in cui il pezzo non abbia un supporto sufficiente rispetto alle forze di taglio

- Pezzo debole in senso assiale

- Prendere in considerazione una fresa per spallamenti (angolo di registrazione di 90 gradi) con geometria positiva
- Selezionare un inserto con geometria a L
- Ridurre la forza di taglio assiale: minor profondità di taglio, minor raggio di punta e tratto piano parallelo
- Selezionare una fresa con passo largo e differenziato
- Controllare l'usura dell'utensile
- Controllare il runout del supporto dell'utensile
- Migliorare il fissaggio dell'utensile

- Sporgenza utensile troppo elevata

- Ridurre al minimo la sporgenza
- Usare frese con passo largo e differenziato
- Bilanciare le forze di taglio radiali e assiali: angolo di registrazione di 45 gradi, ampio raggio di punta o fresa con inserti rotondi
- Aumentare l'avanzamento per dente
- Usare una geometria dell'inserto con taglio leggero: L/M
- Ridurre la profondità di taglio assiale,  $a_f$
- Usare la fresatura discorde per la finitura
- Usare frese di grandi dimensioni e adattatori con accoppiamento Coromant Capto
- Per CoroMill Plura e CoroMill 316, provare un utensile con meno denti e/o un maggior angolo dell'elica

- Fresatura di spallamento retto con mandrino debole

- Selezionare il diametro della fresa più piccolo possibile
- Selezionare fresa e inserto positivi e con taglio leggero
- Provare la fresatura discorde
- Controllare la flessione del mandrino per verificare che sia accettabile per la macchina

- Avanzamento tavola irregolare

- Provare la fresatura discorde
- Serrare il meccanismo di avanzamento della macchina: regolare la vite di avanzamento sulle macchine CNC. Regolare la vite di bloccaggio o sostituire la vite a ricircolo di sfere sulle macchine convenzionali.

- Dati di taglio

- Ridurre la velocità di taglio,  $v_c$
- Aumentare l'avanzamento,  $f_z$
- Modificare la profondità di taglio,  $a_p$

- Insufficiente stabilità

- Ridurre la sporgenza
- Miglior stabilità

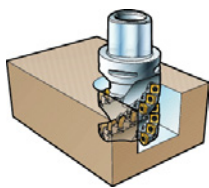
- Vibrazione agli angoli

- Programmare grandi raggi di punta con velocità di avanzamento ridotta

## Causa

## Rimedio

## Intasamento truciolo

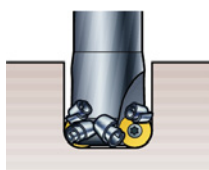


Ostacolo comune in caso di esecuzione di cave complete, soprattutto in materiali che generano trucioli lunghi

- Danno all'angolo dell'inserto
- Scheggiatura e rottura del tagliente
- Rimacinazione dei trucioli

- Migliorare l'evacuazione del truciolo usando abbondante fluido da taglio, ben direzionato, o aria compressa
- Ridurre la velocità di avanzamento,  $f_z$
- Suddividere i tagli profondi in più passate
- Provare la fresatura discorde per l'esecuzione di cave profonde
- Usare frese con passo largo
- Usare CoroMill Plura e CoroMill 316 con due o al massimo tre taglienti e/o un angolo dell'elica maggiore

## Rimacinazione dei trucioli

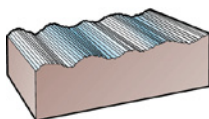


Si osserva nell'esecuzione di cave dal pieno e nell'esecuzione di tasche, soprattutto nel titanio. Comune anche nella fresatura di cavità e tasche profonde su macchine verticali.

- Fratture del tagliente
- Pericoloso per la durata del tagliente e la sicurezza
- Intasamento da truciolo

- Evacuare efficientemente i trucioli con l'aiuto di aria compressa o abbondante fluido da taglio, preferibilmente fornito internamente all'utensile
- Modificare la posizione della fresa a il percorso dell'utensile
- Ridurre la velocità di avanzamento,  $f_z$
- Suddividere i tagli profondi in più passate

## Finitura superficiale insoddisfacente

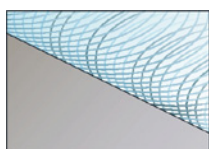


- Avanzamento eccessivo per giro

- Impostare la fresa assialmente o classificare gli inserti. Controllare l'altezza con l'indicatore
- Controllare il runout del mandrino e le superfici di montaggio della fresa
- Ridurre l'avanzamento per dente a un massimo pari al 70% della larghezza del tratto piano
- Usare inserti raschianti, se possibile (operazioni di finitura)

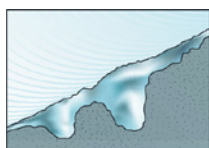
- Vibrazione
- Formazione di tagliente di riporto

- Vedere la sezione "Vibrazione"



- Taglio in tirata

- Aumentare la velocità di taglio,  $v_c$ , per incrementare la temperatura di lavorazione
- Interrompere il fluido di taglio
- Usare inserti con taglienti affilati, con lato della spoglia superiore liscio
- Usare una geometria di inserto positiva
- Provare una qualità cermet con dati di taglio superiori
- Controllare l'inclinazione del mandrino (inclinare il mandrino di circa 0,10 mm/1000 mm)
- Il valore di runout assiale del mandrino non deve superare i 7 micron durante la finitura
- Ridurre le forze di taglio radiali (ridurre la profondità del taglio,  $a_p$ )
- Selezionare un diametro di fresa inferiore
- Controllare il parallelismo sui tratti piani e sull'inserto raschiante usato (non devono essere inclinati in avanti né indietro)
- Accertarsi che la fresa non "sfarfalli"; regolare le superfici di montaggio



- Sbordatura del pezzo

- Ridurre l'avanzamento,  $f_z$
- Selezionare una fresa con passo normale o stretto
- Riposizionare la fresa per garantire un truciolo più sottile in uscita
- Selezionare un angolo di registrazione più adatto (45 gradi) e una geometria di taglio più leggera
- Selezionare un inserto affilato
- Monitorare l'usura sul fianco per evitare usura eccessiva

## Causa

## Rimedio

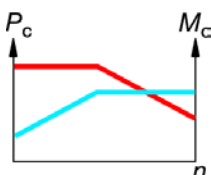
## Formazione di bave



- Specifica del materiale – super-leghe HRSA/acciaio inossidabile
- Principale meccanismo di usura ad intaglio

- Usare un raggio più grande in modo che offra un angolo di entrata più piccolo
- Mantenere la profondità di taglio al di sotto del raggio
- CoroMill 300 – massimo  $a_p = 0,25 \times iC$
- Inserti raggiati CoroMill 390 – max.
- $a_p = 0,5 \times \text{raggio}$

## Potenza macchina



Tenere conto della curva di potenza, poiché il rendimento della macchina potrebbe ridursi in caso di giri al minuto troppo bassi.

I requisiti di potenza nella fresatura variano in base a:

- Quantità di metallo da rimuovere
- Spessore medio del truciolo
- Geometria della fresa
- Velocità di taglio

Per ulteriori informazioni su potenza e coppia, vedere le Informazioni preliminari a pagina D 11.

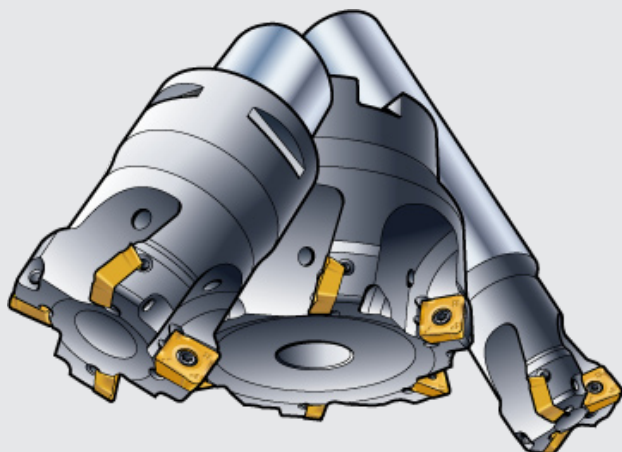
- Passare da un passo normale ad uno largo, cioè con meno denti
- Una fresa positiva richiede meno potenza di una negativa
- Ridurre la velocità di taglio prima dell'avanzamento della tavola
- Usare una fresa più piccola ed eseguire più passate
- Ridurre la profondità di taglio,  $a_p$

# Prodotti – Fresatura



# CoroMill® 490

## La scelta prioritaria per la fresatura leggera di spallamenti retti



– Fresatura di spallamenti poco profondi e passate ripetute con elevata precisione

– Spianatura poco profonda con ridotta pressione assiale

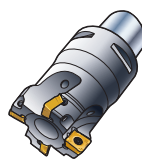
– Fresatura vicino alla forma del pezzo finito

– L'alternativa economica a CoroMill 390 quando non sono richieste lavorazioni in rampa e raggi di punta

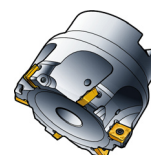
### Cilindrica/Weldon



### Accoppiamento Coromant Capto®/ HSK



### Manicotto



Dimensione inserto 08 mm

Dia. fresa ( $D_c$ ), mm

20 – 40

20 – 84 / 20 – 80

40 – 125

Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm

5,5 (passate ripetute  $\leq 4$ )

Materiale



## Geometrie d'inserto

ISO	L	M	H
<b>P</b>	M-PL	M-PM	M-PH
<b>M</b>	E-ML	E-MM	
<b>K</b>	M-KL	M-KM	M-KH
<b>N</b>			
<b>S</b>			
<b>H</b>	M-PL	M-PM	

## Applicazioni



Fresatura di spallamenti (per passate successive)  
**D 48**



Contornatura/lavorazione dei bordi  
**D 50**



Spianatura  
**D 54**



Pareti sottili  
**D 52**



Fresatura di cave  
**D 84**



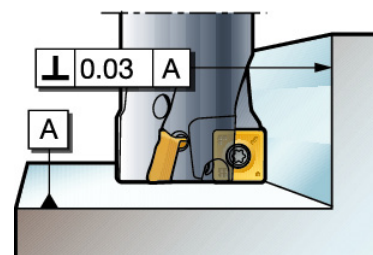
Fresatura circolare  
**D 113**

D 134

## Tecnologia Wiper per una maggior precisione nella fresatura periferica

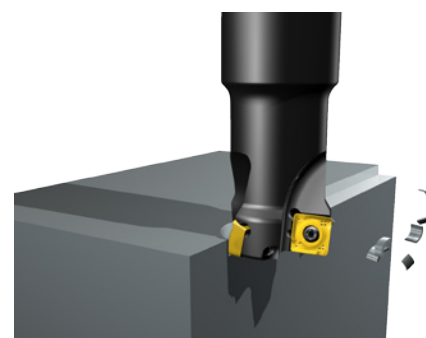
CoroMill 490 è un prodotto progettato con i taglienti dell'inserto leggermente "dentellati" per compensare la flessione che potrebbe verificarsi durante l'operazione e le piccole variazioni di precisione di fabbricazione dell'utensile.

Grazie a questa geometria, la distorsione angolare durante la fresatura di bordi o di spallamenti è ridotta al minimo e si evitano gradini visibili tra diverse passate. Per ottenere questo risultato, non superare un valore  $a_p$  massimo di 3-4 mm.



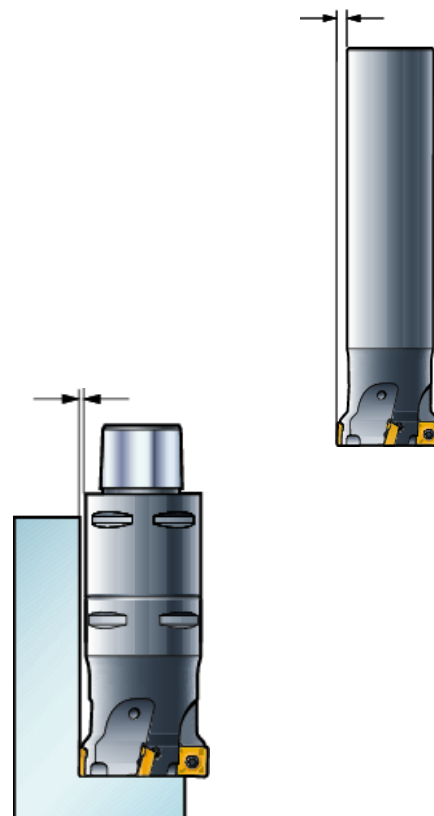
## Prestazioni per maggior produttività su macchine piccole

Le prestazioni di taglio leggero offrono un utilizzo ottimale delle macchine utensili deboli. Questa caratteristica agevola inoltre l'uso della fresa su assiemi utensile prolungati.



## Steli sottodimensionati per l'uso in portautensili piccoli

Steli sottodimensionati per frese di diametro più grande, con inserti da 8 mm, ne consentono la compatibilità con portautensili più piccoli.

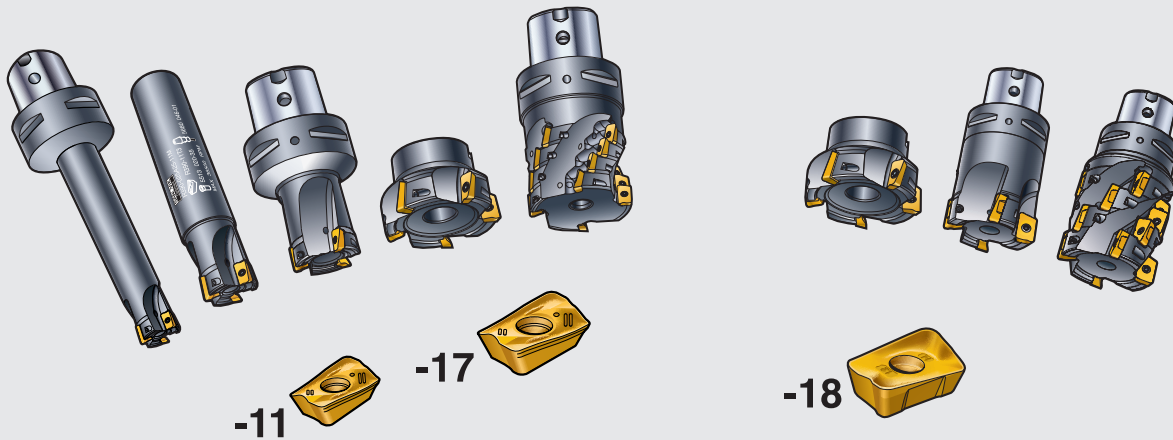


## Frese a candela sovradimensionate per una buona accessibilità

Versioni sovradimensionate di CoroMill 490 migliorano l'accessibilità ed offrono uno spazio naturale per l'impiego di mandrini di piccole dimensioni.

# CoroMill® 390

Fresatura di spallamenti ed esecuzione di cave versatile: profonda o poco profonda, leggera o pesante

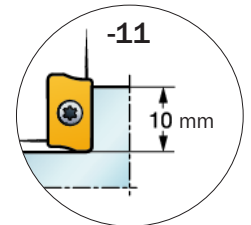


## Tagli leggeri e profilatura

- Tagli leggeri e profilatura.
- Operazioni di semigrossatura e finitura.
- Ampia gamma di inserti per taglio leggero, convenzionali e raggiati.
- Dimensioni degli inserti -11 e -17 con la maggior parte dei taglienti con taglio leggero.
- Inserto raschiante -11 per tornitura-fresatura di finitura.
- Barre antivibranti Silent Tools.
- Massima efficienza su centri di lavorazione e macchine utensili multi-task con mandrini ISO 40.

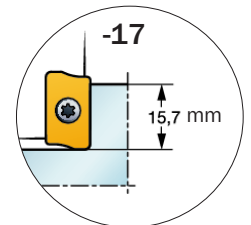
### Inserti da 11 mm

- Generalmente la scelta prioritaria per frese con diametro fino a 80 mm e  $a_p$  fino a 5-6 mm. Consente l'uso di frese a passo normale ad elevati avanzamenti della tavola.



### Inserti da 17 mm

- Scelta prioritaria per un valore  $a_p$  superiore a 5-6 mm e quando servono maggiori prestazioni per tagli più leggeri.

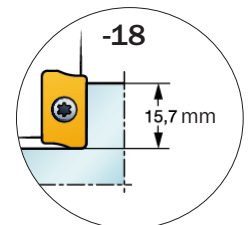


## Passate ampie e pesanti

- Operazioni di sgrossatura e semifinitura.
- Vasta gamma di inserti raggiati.
- L'inserto -18 ha un tagliente più tenace per avanzamenti più elevati ed applicazioni più pesanti.
- Inserto raschiante -18 per tornitura-fresatura di sgrossatura.
- Inserti specifici per la lavorazione in rampa.
- Massima efficacia su mandrini rigidi, ISO 50 e simili.




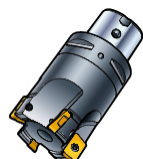
### Inserti da 18 mm

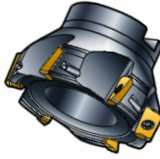
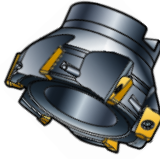
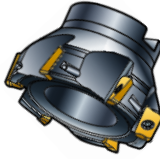


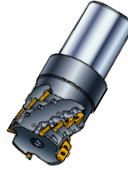
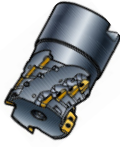
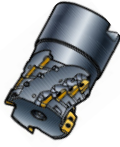
- Soluzione di tagliente tenace per applicazioni che richiedono massima robustezza e sicurezza, soprattutto per avanzamenti elevati. Adatta in particolare per frese per spallamenti e per contornatura montate a manicotto.





## Frese a candela e frese per spianatura e spallamenti

	Cilindrica		Antivibrante	Accoppiamento Coromant Capto®	
					
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	Cilindrica/Weldon 12 – 40 Accoppiamento filettato 16 – 42		Cilindrica 20 – 32 Coromant Capto 20 – 40	16 – 80	40 – 84
Dimensione inserto, mm	-11	-17	-11	-11	-18
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	10	15.7	10	10	15.4/15.7

	Frese per spallamenti e spianatura			Frese per contornatura				
	Manicotto			Accoppiamento Coromant Capto®		Cilindrica	Manicotto	
								
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	40 – 80	40 – 125	50 – 200	32 – 66	44 – 100	32 – 40	40 – 54	44 – 200
Dimensione inserto, mm	-11	-17	-18	-11	-18	-11	-11	-18
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	10	15.7	15.4/15.7	36 – 45	43 – 71	36 – 45	36 – 54	43 – 71

## Geometrie d'inserto

## CoroMill® 390-11 e CoroMill® 390-17

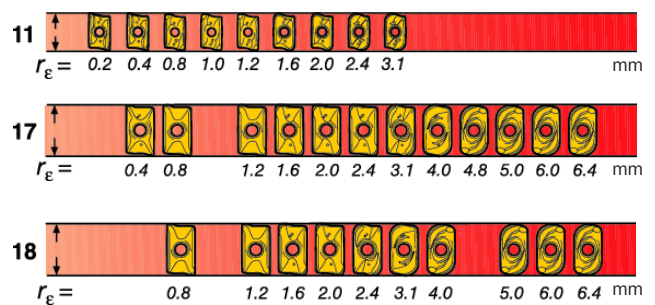
ISO	L	M	H	TW *)	PCD Inserto
P	M/E-PL	M-PM	M-PH	E-PLW	
M	E-ML	M/E-MM	M-MH		
K	M-KL	M-KM	M-KH		
N	E-NL	E-KM		E-PLW	E-P4-NL, E-P6-NL
S	E-ML	E-MM		E-PLW	
H	M/E-PL	M-PM		E-PLW	

## CoroMill® 390-18

ISO	L	M	TW *)	Lavorazione in rampa
P	H-PL	-PM	H-PTW	-PMR
M	H-ML	-MM	H-PTW	-MMR
K	H-KL	-KM	H-KTW	-KMR
N	H-PL		H-PTW	
S	H-ML	M-MM	H-PTW	
H	H-PL	M-PM	H-PTW	

\*) TW = Raschiante per tornitura-fresatura

## Opzioni standard per inserto raggato

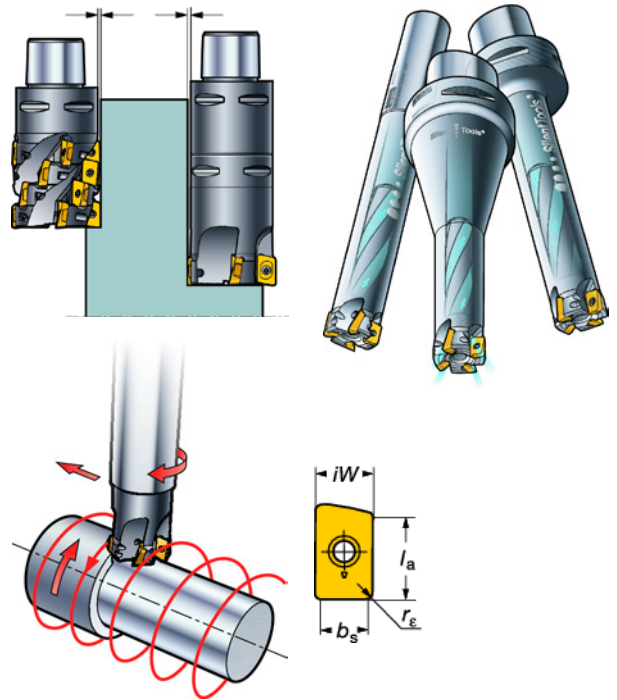


*Tailor Made*

Raggi di punta intermedi sono offerti in versione Tailor Made in incrementi di 0,1 mm per le dimensioni di inserto -11 e -17.

## Frese CoroMill® 390 per applicazioni specifiche

- Frese sovradimensionate per disimpegno naturale ed accessibilità in prossimità di spallamenti e fissaggi stretti.
- Le frese con accoppiamento Coromant Capto integrato ed adattatori offrono la rigidità ottimale per l'uso su assiemi utensili prolungati.
- Barre antivibranti Silent Tools per una maggiore asportazione truciolo e una migliore finitura superficiale quando si usano utensili sottili.
- Tornitura-fresatura, sgrossatura e finitura con uno o più inserti raschianti specifici disponibili nelle dimensioni 11 e 18 e raggi 0,8 e 1,6.



## Profondità di taglio massima per diverse operazioni

Dimensione dell'inserto	Inserto -11						Inserto -17				Inserto -18	
	12	16	20	25	32	40-80	25	32	40	50	63-125	40-200
Fresatura di spallamenti, max. ( $a_p$ ), mm	9.0	9.5	9.4	9.3	9.2	5.9	15.2	15.1	15.0	14.9	9.6	15.7
Fresatura a tuffo, max. ( $a_e$ ), mm	5.5						8.5				1.1	
Fresatura in penetrazione discontinua, max. ( $a_p$ ), mm	1.0						1.5				Non consigliato	

## Applicazioni

### Fresa a candela e per spallamenti retti

Campi di applicazione principali:



Fresatura di spallamenti  
(per passate successive)  
**D 48**



Fresatura di spallamenti  
generale  
**D 44**



Lavorazione in  
rampa  
**D 104**



Tornitura-fresatura  
**D 80**

Campi di applicazione complementari:



Spianatura generale  
**D 57**



Fresatura in penetrazione  
discontinua  
**D 119**



Fresatura a tuffo  
**D 116**



Fresatura di cave  
**D 86**

### Fresa per contornatura

Campi di applicazione principali:



Fresatura di spallamenti  
profondi  
**D 48**



Contornatura / lavorazione  
dei bordi  
**D 50**

Campi di applicazione complementari:



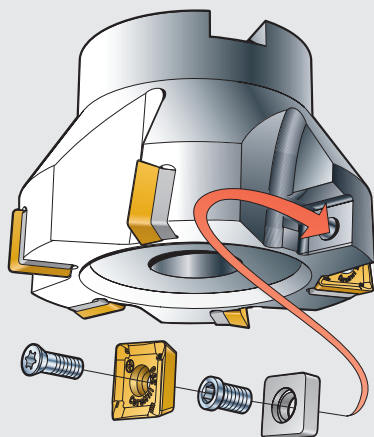
Fresatura di cave  
**D 86**



Lavorazione in rampa  
circolare  
**D 105**

# CoroMill® 290

Fresa per impiego generale/spallamenti e spianatura



- Fresa di base per applicazioni ISO K
- Economia grazie ai quattro taglienti

#### Elevata sicurezza

- Sedi degli inserti protette da supporto
- Taglienti robusti

Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	40 – 80	50 – 250
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	10.7	10.7
Materiale	<b>P</b> <b>K</b> *)	<b>P</b> <b>K</b> *)

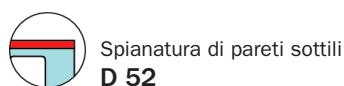
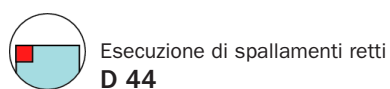
\*) La gamma di qualità comprende inserti in ceramica e CBN.

### Geometrie d'inserto

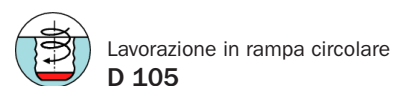
ISO	L	M	H	Ceramica	Inserti di CBN
<b>P</b>	M-PL	M-PM	M-PH		
<b>M</b>					
<b>K</b>	M-KL	M-KM	M-KH	20E	08E
<b>N</b>					
<b>S</b>					
<b>H</b>					

### Applicazioni

Campi di applicazione principali:



Campi di applicazione complementari:



# CoroMill® 690

## La fresa per la profilatura del titanio ad alta produttività

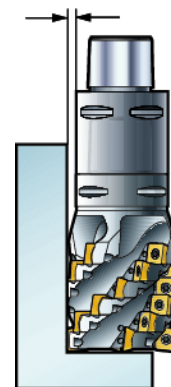
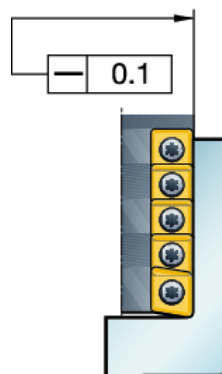


- Adduzione di fluido da taglio per ogni sede dell'inserto
- Flusso e pressione interamente controllati attraverso fori filettati degli ugelli o viti a tappo
- L'elevata pressione del fluido agevola la rimozione del truciolo e riduce il calore nell'area di taglio
- Un flusso di fluido abbondante evita di dover rimanere i trucioli e garantisce una maggiore durata del corpo della fresa, in particolare sulle sedi frontali dell'inserto
- Buone prestazioni di fresatura a tuffo e lavorazione in rampa
- Base dell'inserto di forma tale da consentire un posizionamento rigido e un flusso indisturbato dei trucioli
- Passi delle frese –L, –M e –H; per ulteriori informazioni, vedere la sezione Informazioni preliminari a pagina D 17.

	Accoppiamento Coromant Capto®/HSK		Manicotto
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	40 – 66	63 – 84	100
Dimensione dell'inserto ( $i_c$ ), mm	10	14	14
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	53 – 105	61 – 84	61
Materiale	<b>S</b>		<b>S</b>

## Geometrie d'inserto

ISO	L
P	
M	
K	
N	
S	-SL
H	



## Applicazioni



Fresatura di spallamenti  
D 42

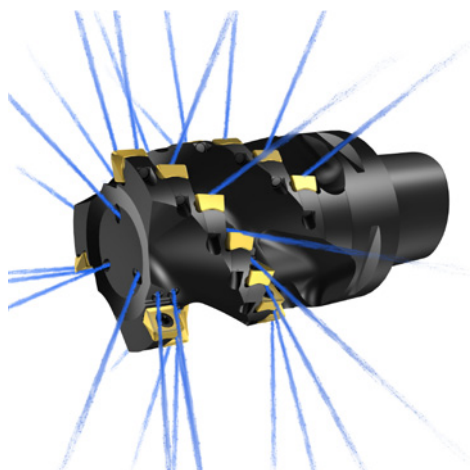


Contornatura / lavorazione dei bordi  
D 50



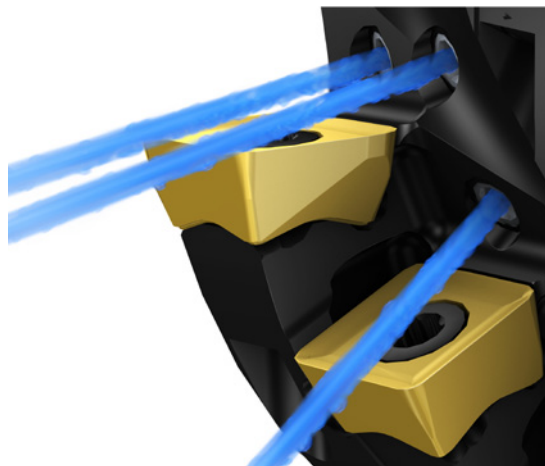
Fresatura di cave  
D 86

## CoroMill® 690, progettata per la fresatura del titanio



Data la resistenza al calore del titanio, il raffreddamento tramite fluido da taglio è essenziale durante la lavorazione, in modo da non surriscaldare il tagliente e la parte frontale dell'utensile.

Durante il processo di taglio, i trucioli tendono ad attaccarsi al tagliente e spesso vengono rimacinati. Questo provoca scheggiature del filo del tagliente ed una minor durata.



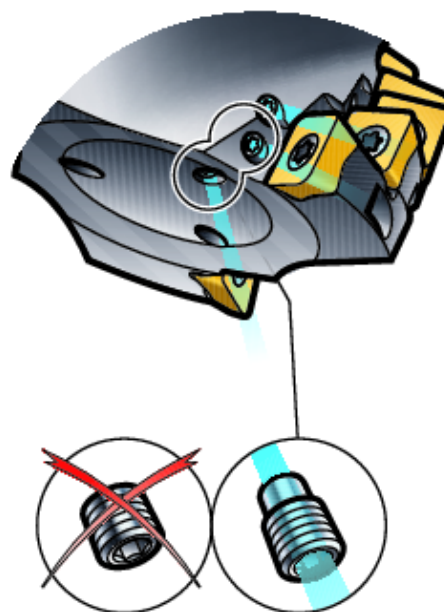
CoroMill 690 è progettata con adduzione di fluido da taglio interna in tutti le sedi inserto, alla periferia ed all'estremità della fresa, al fine di eliminare questi problemi.

L'adduzione di fluido da taglio in tutti le sedi inserto della fresa a tagliente lungo, tuttavia, richiede elevati volumi di pompaggio e pressione.

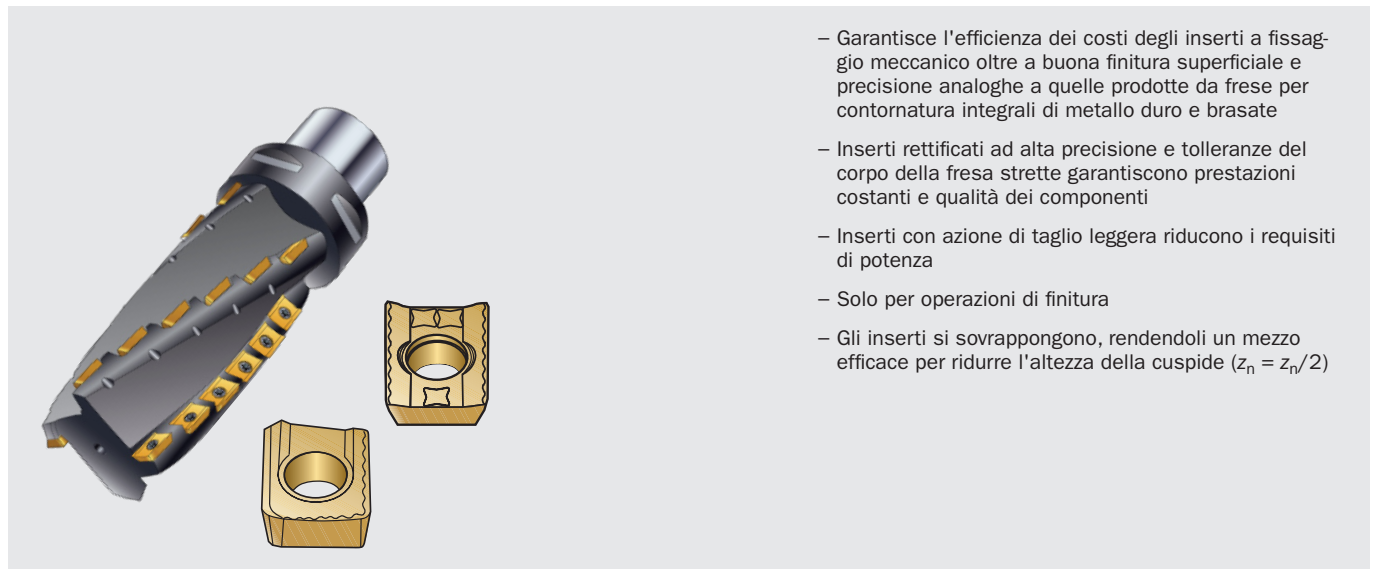
Su richiesta, i fori nelle sedi dell'inserto CoroMill 690 possono essere chiusi con delle viti, se non vi è necessità di fluido nella sede in quel determinato momento. Questo riduce il numero di fori attraverso cui passa il fluido, consentendo il massimo flusso laddove necessario.

In alternativa, possono essere montati degli ugelli per ridurre la dimensione del foro. Questo riduce il flusso di pompaggio necessario aumentando la pressione in corrispondenza di ciascun ugello. In questo modo, si ottiene inoltre un processo operativo più prevedibile ed una maggiore durata del tagliente.

Se la macchina è in grado di erogare fluido ad alta pressione (HPC, 70-100 bar), è vantaggioso applicarlo insieme agli ugelli. Il miglior raffreddamento del tagliente garantisce la sicurezza necessaria per aumentare la velocità di taglio.



# Fresa di contornatura Coromant per finitura

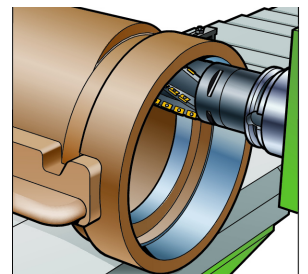
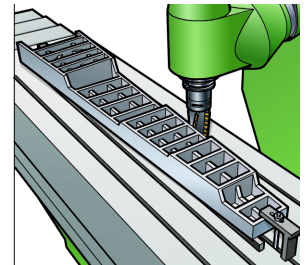


- Garantisce l'efficienza dei costi degli inserti a fissaggio meccanico oltre a buona finitura superficiale e precisione analoghe a quelle prodotte da frese per contornatura integrali di metallo duro e brasate
- Inserti rettificati ad alta precisione e tolleranze del corpo della fresa strette garantiscono prestazioni costanti e qualità dei componenti
- Inserti con azione di taglio leggera riducono i requisiti di potenza
- Solo per operazioni di finitura
- Gli inserti si sovrappongono, rendendoli un mezzo efficace per ridurre l'altezza della cuspidi ( $z_n = z_n/2$ )

Dia. fresa ( $D_C$ ), mm	50/80
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	100/150
Max. ( $a_e$ ), mm	1.5 – 2.0
Consigliato ( $a_e$ )	0.2 – 0.5
Campo di avanzamento, ( $f_z$ ), mm/dente	0.13 – 0.15
Finitura superficiale, ( $R_a$ )	0.6 – 1.2
Materiale	

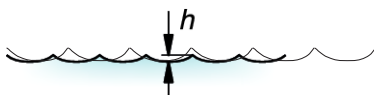
## Geometrie d'inserto

ISO	L	
	18 lato	19 estremità
P	-PL	-PL2
M	-ML	-ML2
K	-PL	-PL2
N	-AL	-2
S	-ML	-ML2
H	-ML	-ML2



## Qualità superficiale con frese per contornatura ad inserti multitaglienti

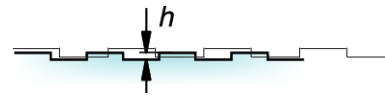
### Fresa Sandvik Coromant per finitura



Quando le passate vengono ripetute, non vengono generati gradini evidenti né cuspidi rilevabili, a condizione che non vengano superati l'avanzamento ed il valore  $a_e$  massimo consigliati.

Altezza massima della cuspidi: 0,03-0,04 mm.

### Fresa convenzionale



## Applicazioni



Cortornatura / lavorazione dei bordi  
D 50



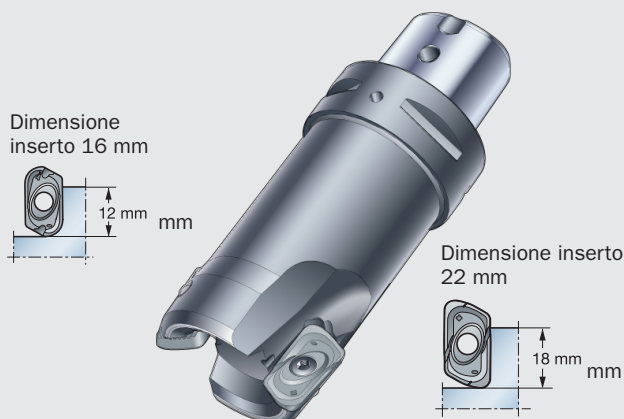
Fresatura di spallamenti profondi  
D 48




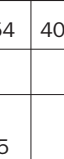





Lavorazione in rampa circolare  
D 105

# CoroMill® 790

## Fresa di base per spallamenti di materiali non ferrosi



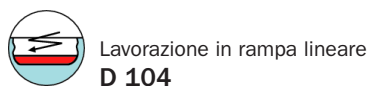
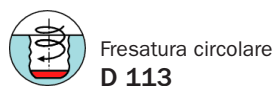
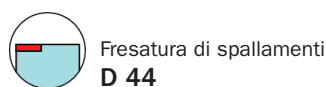
- Genera spallamenti retti con minima formazione di gradini e cuspidi quando le passate vengono ripetute
- Lavorazione in rampa di sgrossatura e semifinitura efficace
- Un utensile efficace, in termini di potenza, che garantisce elevati volumi di asportazione truciolo per kW
- Protezione dalle forze radiali generate a velocità eccessive
- Il posizionamento accurato e sicuro dei taglienti elimina l'effetto delle tolleranze dell'inserto ed il conseguente runout
- Posizionamento dell'inserto aperto per agevolare il flusso di trucioli in caso di passate pesanti
- Elevata capacità di lavorazione in rampa

	Accoppiamento Coromant Capto®		HSK tipo A/C		Cilindrica	Manicotto	
							
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	25 – 54	40 – 100	25 – 50	50	25 – 40	50	
Dimensione dell'inserto	-16	-22	-16	-22	-16	-16	
<b>Max. profondità di taglio (<math>a_p</math>), mm</b>							
• Sgrossatura	12/15	18	12/15	18	12/15	12/15	
• Finitura (2/3 della sgrossatura)	8	12	8	12	8	8	
<b>Avanzamento max. (<math>f_z</math>), mm/dente</b>							
• Sgrossatura	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	
• Finitura	0.15	0.15	0.15	0.15	–	–	
<b>Finitura superficiale radiale (<math>R_a</math>)</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
<b>Materiale</b>	<b>Geometrie d'inserto</b>	<b>P</b>	<b>M</b>	<b>K</b>	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>H</b>
• Sgrossatura	 L				-NL		
	M				-NM		
• Finitura	L	-PL	-PL	-PL	-NL	-PL	-PL

## Inserti consigliati

- Inserti da 22 mm per volumi estremi di asportazione truciolo ed inserti da 16 mm per macchine più piccole.
- Qualità dell'inserto H13A per l'alluminio e GC1010/GC1030 per la fresatura di finitura di tutti gli altri materiali.

## Applicazioni



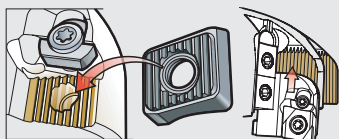
# CoroMill® Century

Frese per spianatura con taglio leggero per finitura ad elevate velocità



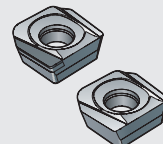
- Corpi in alluminio ed acciaio
- Semplici micro e macroregolazione per superfici ad alta precisione
- Evacuazione del truciolo intensificata attraverso il flusso del fluido accelerato

Inserto con bloccaggio "millerighe" ed interfacce cassetta

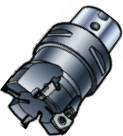

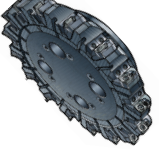









- Prestazioni sicure
- Runout ed effetto delle tolleranze ridotti

Opzioni inserto raschiante per:



- Spianatura
- Tornitura-fresatura

	Accoppiamento Coromant Capto® Corpo in acciaio		HSK Corpo di acciaio	Manicotto Corpo in alluminio	Manicotto per design a cassetta Corpo in acciaio   Corpo in alluminio	
						
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	40 – 125	40 – 80	50 – 200	160 – 500		
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm						
• Metallo duro	2 / 10		2 / 10	2 / 10		
• PCD	2 / 5		2 / 5	2 / 5		
• CB	1.2		1.2	1.2		
Materiale						
• Scelta prioritaria						
• Complementare						
Regolazione di precisione, mm						
• Micro	0.1		0.1	0.1		
• Macro	–		–	1.0		
Finitura superficiale ( $R_a$ )	< 1		< 1	< 1		

## Applicazioni



Spianatura generale  
**D 57**









Fresatura di spallamenti  
**D 44**

\*) W = Raschiante

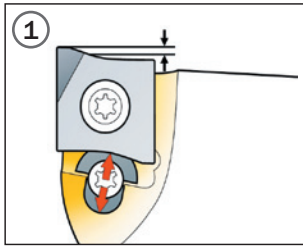
TW = Raschiante per tornitura-fresatura

## Geometrie d'inserto

ISO	L	W *)	TW *)
	-PL	-PW	-PTW
	-PL		
	-KL	-KW	-KTW
	-NL	-NW	
	-PL		
	-KL (CBN)	-KW (CBN)	



## Montaggio e regolazione inserto



**1** Tutte le frese: microregolazione entro 0,1 mm.

Versioni a cassetta: macroregolazione entro 1,0.

La posizione assiale degli inserti è facilmente microregolata in entrambi i tipi di fresa con elevata precisione.

Nelle versioni a cassetta, può anche essere eseguita una macroregolazione.

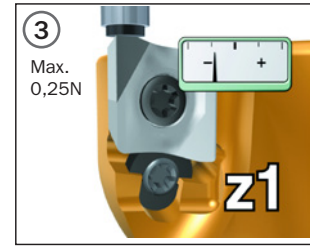


**2** Equipaggiamento di misurazione.

**Nota:** tutte le procedure di misurazione, dove i taglienti vengono posizionati a contatto diretto con il tastatore del comparatore sono fortemente soggette al rischio intrinseco di danneggiare l'inserto.

È consigliata la registrazione ottica mediante proiettore.

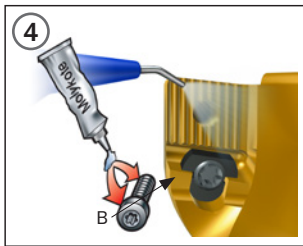
**Nota:** La fresa CoroMill Century con inserti montati deve essere sempre protetta dal coperchio (C) quando non è in uso.



**3** Operare con cautela.

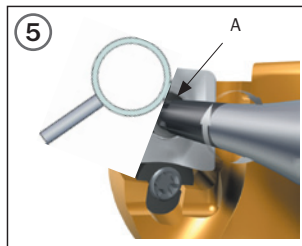
I taglienti per la lavorazione dell'alluminio sono molto affilati e fragili. I taglienti di diamante policristallino PCD sono particolarmente sensibili a tutte le operazioni manuali eseguite in modo inappropriato.

La pressione di contatto massima consentita tra punto di contatto e tagliente non dovrebbe superare 0,25 Nm. La qualità è garantita da calibri lineari adatti.



**4** Lubrificare le viti degli inserti (A) con Molykote.

Accertarsi che le "millerighe" nelle sedi dell'inserto siano prive di sporcizia e danni. Mantenere asciutte le dentellature.

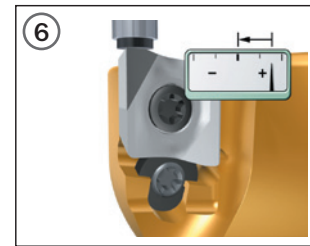


**5** Montare gli inserti.

Accertarsi di aver selezionato la corretta geometria di punta. Stringere la vite dell'inserto secondo la coppia consigliata; consultare il Catalogo generale.

Usare l'equipaggiamento di misurazione per controllare la posizione del tratto piano di ciascun inserto.

**Nota:** usare sempre viti nuove per l'inserto quando si cambiano gli inserti in PCD.

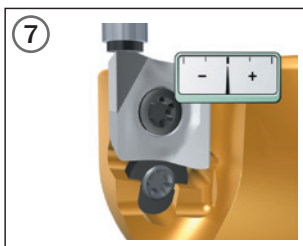


**6** Determinare l'inserto posizionato più in alto.

Alzare la posizione di questo inserto di circa cinque micron, ruotando con cautela la vite di regolazione (B) in senso orario.

Il tratto piano parallelo degli inserti raschianti deve essere regolato ad un livello di 0,05 mm sotto la posizione zero degli inserti convenzionali.

Il tratto piano parallelo dell'inserto raschiante deve essere regolato ad un livello di 0,03 - 0,05 mm sotto la posizione zero degli inserti convenzionali.



**7** Azzerare l'indicatore a questo livello.

Regolare la posizione di tutti gli inserti rimanenti a questo livello, come sopra indicato.

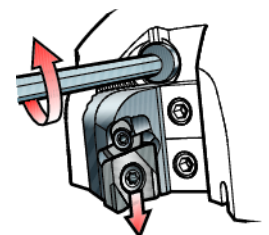
**Nota:** se la posizione zero viene superata, tornare ad un livello di circa cinque micron sotto lo zero e ripetere la regolazione.

### Versione a cassetta della fresa per spianatura CoroMill® Century

La macroregolazione delle cassette può essere eseguita insieme alla microregolazione degli inserti. Questo segue generalmente la procedura delineata qui sopra.

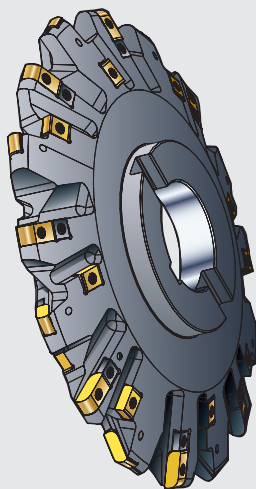


Allentare le viti del cuneo e regolare l'altezza della cassetta.



# CoroMill® 170

## Sgrossatura accurate d'ingranaggi



- Fresa ad alte prestazioni per la sgrossatura d'ingranaggi
- Precisione e affidabilità nella sgrossatura d'ingranaggi con dentature interne ed esterne
- Qualità d'inserto ad alta produttività
- Sgrossatura del profilo vicino alle dimensioni del profilo finale delle ruote dentate
- Taglio del fondo preciso, senza deviazioni

## Gamma

La gamma standard copre:

### Inserti

- Qualità GC1030 e GC4240
- Due geometrie d'inserto
- 6 inserti di fondo
- 1 inserto laterale
- 1 supporto

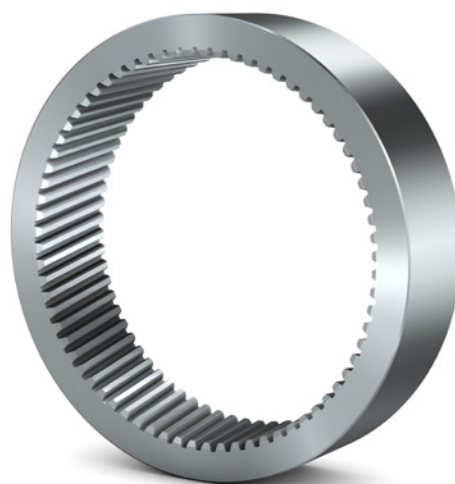


### Frese

- Assortimento per la gamma di moduli da 12 a 22

Sono disponibili prodotti speciali per più:

- Diametri
- Dimensioni e geometrie d'inserto
- Profili d'ingranaggi
- Moduli

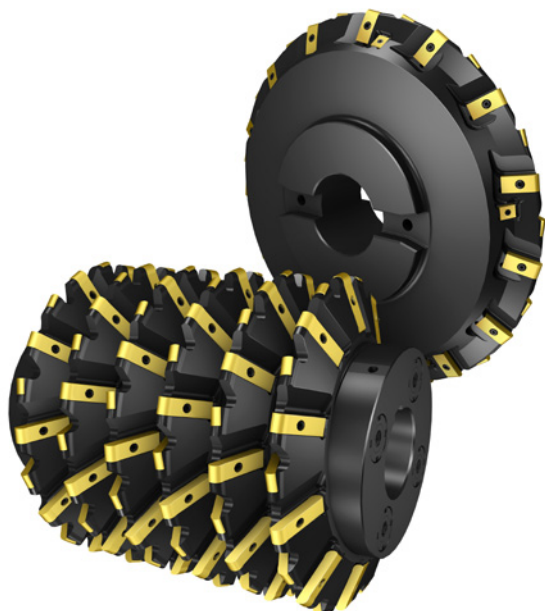
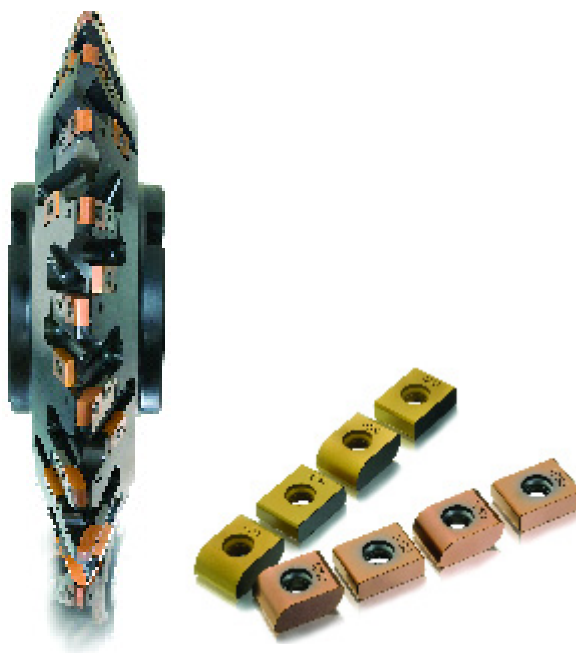


## Applicazioni

- Gamma di moduli 12 – 22
- Sgrossatura d'ingranaggi con dentature interne ed esterne
- Ralle
- Ingranaggi planetari

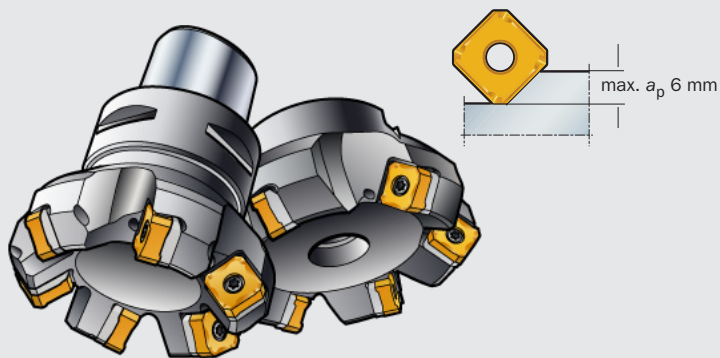
## Caratteristiche tecniche

- Generazione di profili di ruote dentate secondo la norma DIN 867 e tolleranze secondo la norma DIN 3.972-4
- Efficace bloccaggio dell'inserto
- Corpo fresa e sedi inserto di elevata precisione
- Selezione di qualità d'inserto ad alte prestazioni
- Forma della fresa progettata per ottenere la massima qualità nella sgrossatura dei profili degli ingranaggi, lasciando una piccola ed uniforme quantità di sovrametallo per le successive operazioni di finitura.

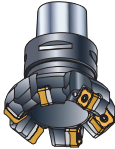
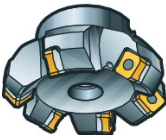






# CoroMill® 345

Fresa per spianatura economica ad elevate prestazioni per profondità di taglio medio-piccole in materiali ISO P, M, e K









- Insetti bilaterali, economici, con otto taglienti positivi
- Insetto raschiante con due taglienti destri e due sinistri in lunghezze di 5 mm
- La geometria del tagliente progressiva offre un'azione di taglio leggera e "dolce" in piccole profondità di taglio ed una elevata resistenza in caso di profondità di taglio maggiori
- Frese più piccole con fluido da taglio che raggiunge ogni sede inserto
- Quattro passi della fresa, standard
- Per uso ottimale su macchine fresatrici a bassa potenza, oltre che su centri di lavorazione e macchine multi-task di ogni dimensione

	Accoppiamento Coromant Capto®	Manicotto	Cilindrica
			
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	40 – 100	40 – 250	40 – 50
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	6	6	6
Materiale			

**Nota:** CoroMill 365 è la scelta prioritaria per la fresatura di ghisa nell'industria automobilistica.

## Geometrie d'inserto

ISO	L	M	H	Raschiante
 P	E-PL, M-PL	M-PM	M-PH	-W
 M	E-PL			
 K	M-KL	M-KM	M-KH	-W
 N				
 S	E-PL			
 H	E-PL, M-PL	M-PM		

## Applicazioni



Spianatura generale  
D 57



Smussatura  
D 126



Fresatura con elevate sporgenze  
D 30

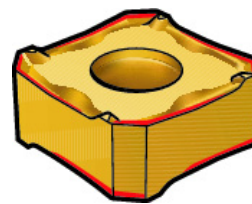


Fresatura a taglio interrotto  
D 58

## Inserto ad elevata sicurezza e supporto per spianatura prevedibile

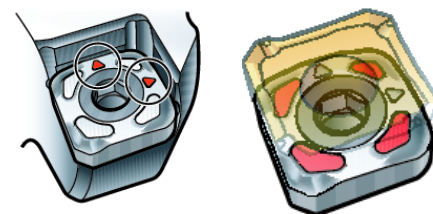
Geometria dell'inserto progettata per un uso più sicuro di otto taglienti.

- Con grandi profondità di taglio, il martellamento del truciolo spesso danneggia il tagliente successivo, regolato in posizione di taglio.
- La geometria dell'inserto CoroMill 345 protegge da questo rischio, in modo che più taglienti possano essere pienamente utilizzati.



### Supporto progettato per la protezione della sede inserto e supporto completo dell'inserto

- Garantisce una maggior durata per il corpo della fresa.
- Uso sicuro degli inserti positivi grazie alla geometria avanzata.

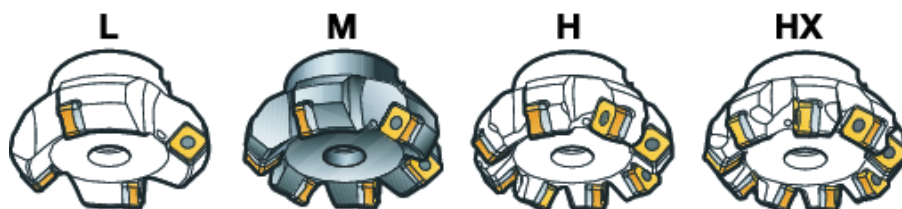


### Istruzioni di montaggio:

il supporto deve essere montato con entrambe le frecce direzionate direttamente verso ciascun lato della sede dell'inserto.

## Passo fresa

L'ampia scelta di passi per la fresa migliorano l'utilizzo e la produttività della macchina.



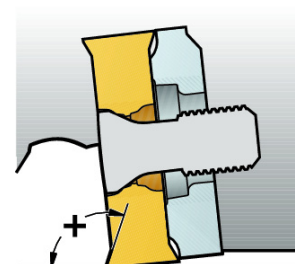
Passo differenziato.

Tutte le fresse con passo H sono disponibili con passi costanti. Le fresse più grandi di 160 mm sono disponibili anche in versione a passo differenziato.

Passo costante.

## Azione di taglio positiva

Grazie ad un'inclinazione assiale più positiva a piccole profondità di taglio, CoroMill 345 offre un'azione di taglio "dolce" con ridotta pressione assiale sul pezzo. Man mano che aumenta la profondità del taglio, viene impegnata una parte più diritta del tagliente. L'inserto ha pertanto una struttura più resistente per un'elevata sicurezza, soprattutto nel caso dei tagli più difficili.

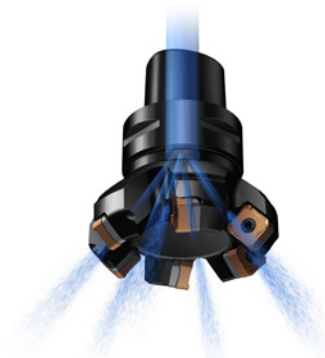


## Adduzione interna di refrigerante

L'adduzione di fluido da taglio interno a ciascun inserto per ottenere le massime prestazioni quando si lavorano materiali difficili garantisce:

- Buona evacuazione del truciolo
- Un processo di fresatura sicuro
- Prestazioni prevedibili
- Buona finitura superficiale.

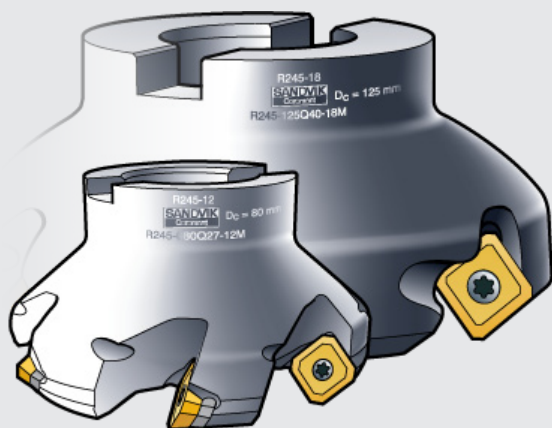
**Nota:** le viti per il fluido da taglio interno devono essere ordinate separatamente.



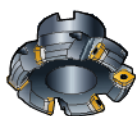
# CoroMill® 245

Frese per spianatura a taglio leggero per sgrossatura pesante e finitura a specchio

– Sgrossatura, semifinitura e finitura



## Manicotto



## Cilindrica



	Manicotto	Cilindrica
Dimensione dell'inserto ( <i>i</i> C), mm	Dia. fresa ( <i>D</i> <sub>C</sub> ), mm	
12	50 – 250	32 – 80
18	80 – 250	
Max. profondità di taglio ( <i>a</i> <sub>p</sub> ), mm	6 / 10	6
Materiale		

\*) La gamma di qualità comprende inserti in ceramica e CBN.

## Geometrie d'inserto

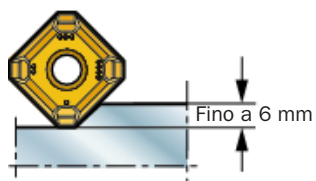
ISO	L	M	H	Raschiante	Inserti in ceramica	Inserti di CBN	Inserti di PCD
<b>P</b>	E-PL, M-PL	M-PM	M-PH	E-W			
<b>M</b>	E-ML	K-MM, M-MM		E-W			
<b>K</b>	E-KL, M-KL	M-KM	M-KH	E-W	-E	-E	
<b>N</b>	E-AL			E-W			-E
<b>S</b>	E-ML, E-PL, M-PL	M-PM, K-MM, M-KM		E-W			
<b>H</b>	E-PL, M-PL	M-PM	M-PH, M-KH	E-W	-E	-E	

**CoroMill® 245-12**

Scelta prioritaria per frese di spianatura a 45° in ISO N. Complementare in ISO P, M e K

Scelta prioritaria per spianatura con inserti in ceramica.

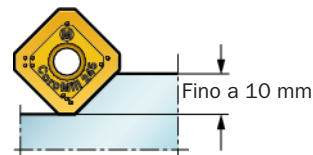
Scelta prioritaria con materiali avanzati (PCD e CBN) per concetti a 45°.

**CoroMill® 245-18**

Scelta prioritaria in tutti i campi ISO per maggiori profondità di taglio (> 6 mm) per frese per spianatura a 45°.

Adatto a macchine più grandi.

Disponibile soluzione con cassette.

**Inserti raschianti per tutte le versioni CoroMill® 245**

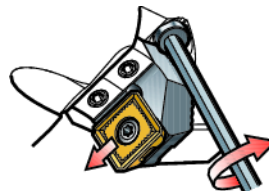
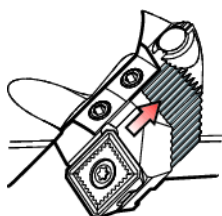
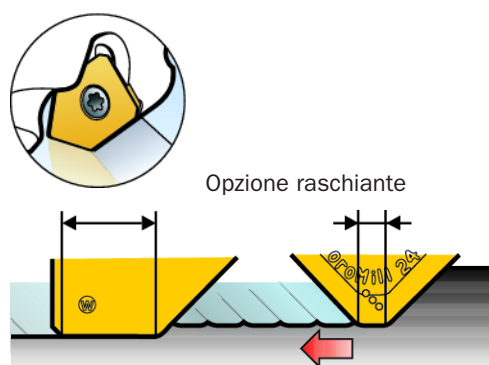
**Frese per spianatura con sedi fisse:**

opzioni con inserto raschiante da 12 ed 18 mm da abbinare ad inserti rettificati per spianatura di finitura a specchio e tornitura-fresatura.

**Frese per spianatura regolabili con cassette intercambiabili:**

la possibilità di regolazione entro 1,0 mm consente l'uso di inserti raschianti da 18 mm con inserti economici ottenuti direttamente da sinterizzazione.

Per la regolazione, seguire la stessa procedura descritta dalla fresa per spianatura CoroMill Century, vedere pagina D 145.



Regolazione entro 1,0 mm

**CoroMill® 245 - Fresa per spianatura con cassette intercambiabili**

- Dia. fresa 160-500 mm per dimensione dell'inserto – 18.
- Massimo  $a_p$  10 mm.

**Applicazioni**

Spianatura generale  
D 57



Smussatura  
D 126



Lavorazione con elevate sporgenze  
D 30



Spianatura con finitura speculare  
D 65



Difficile lavorazione a taglio interrotto  
D 58

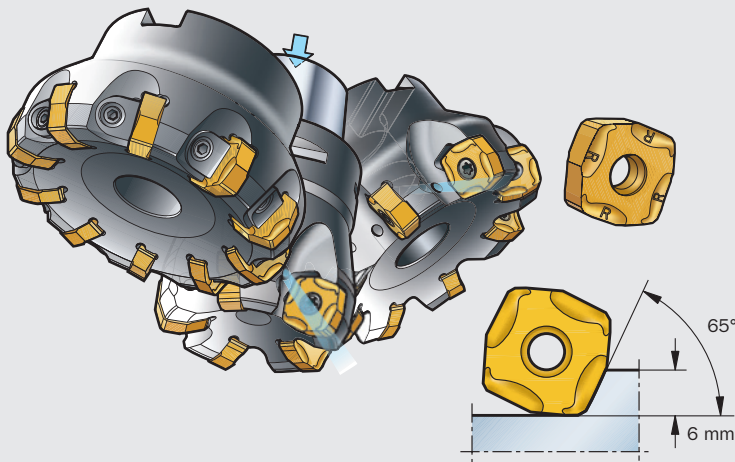


Tornitura-fresatura  
D 80

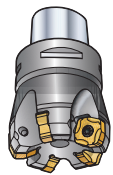
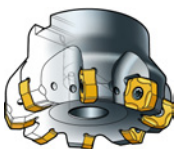

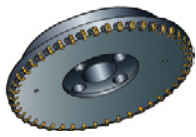




Per i suggerimenti sulle applicazioni di spianatura, vedere pagina D 58.

# CoroMill® 365

## Efficienza in termini di costi nella fresatura di ghisa ed acciaio






- Gli inserti multitaglienti garantiscono produzioni efficienti in termine di costi
- Processo di fresatura affidabile e prevedibile con inserti robusti e di elevato spessore, ma con azione di taglio leggera
- Inserti raschianti alternativi ottimizzati per frese di tutte le dimensioni
- Bloccaggio degli inserti con viti o cunei
- Per operazioni di sgrossatura fino a semifinitura sia nella produzione di grandi serie sia nelle applicazioni in cui un elevato volume di asportazione del metallo è di importanza critica

	Accoppiamento Coromant Capto®	Manicotto	Manicotto	Manicotto
				
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	40 – 60	50 – 160	80 – 250	250 - 500 *)
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	6	6	6	6
Bloccaggio	Vite	Vite/cuneo	Vite/cuneo	Cuneo
Materiale				

\*) Manicotto 315 - 500  
Versione Cap  
250 - 500  
Manicotto CIS  
160 - 500

## Geometrie d'inserto

ISO	L	M	W *)
	-PL	-PM	-PW4, -PW8
	-KL	-KM	-KW4, -KW8
	-PL	-PM	

\*) W = Raschiante

## Applicazioni



Spianatura  
D 57



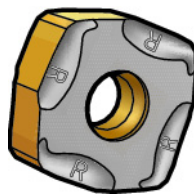
Difficile lavorazione a taglio  
interrotto  
D 58



## Inserti per fresatura

Inserti economici con otto taglienti effettivi.

Disponibile versione destra o sinistra.



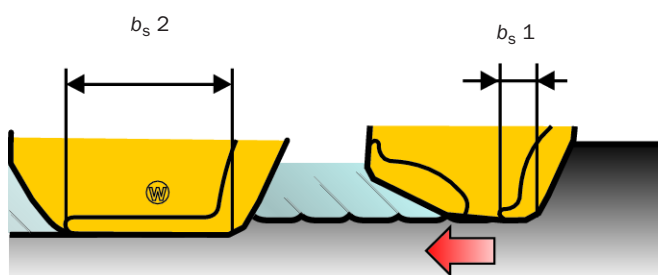
### Tecnologia Wiper per una migliore qualità superficiale

Due inserti raschianti opzionali sono disponibili nella versione neutra per la finitura.

- Gli inserti con lunghezza raschiante di 4 mm hanno due taglienti destri e due sinistri.
- Gli inserti con lunghezza raschiante di 8 mm hanno un tagliente destro ed uno sinistro.



Per generare una buona superficie, è importante garantire che l'avanzamento per giro ( $f_n = f_z \times z_n$ ) sia inferiore all'80% della lunghezza del raschiante ( $b_s 2$ ). Naturalmente, maggiore è il diametro della fresa, più elevato è il valore  $f_n$ , che richiede a sua volta un più alto valore  $b_s$ .



### Due opzioni per lo stesso utensile offrono prestazioni ottimali per la fresatura di ghisa o acciaio

#### Inserti con bloccaggio a cuneo

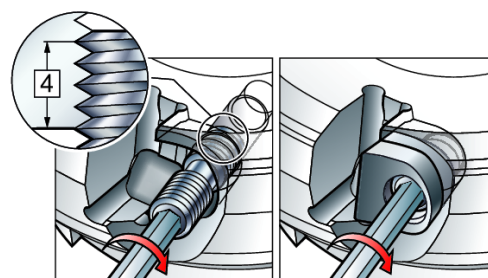
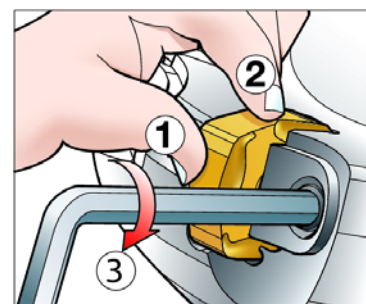
- Frese con diametri più grandi e passi più stretti per un'elevata densità di inserti.
- Versione Cap della fresa con diametro 250-500 mm, prezzo a preventivo.
- Per la fresatura di materiali che producono trucioli corti con minor esigenza di ampi vani di evacuazione.
- Bloccaggio extra rigido degli inserti.

#### Inserti con bloccaggio a vite

- Frese con diametro ridotto.
- Prevalentemente per la fresatura di materiali ISO P.

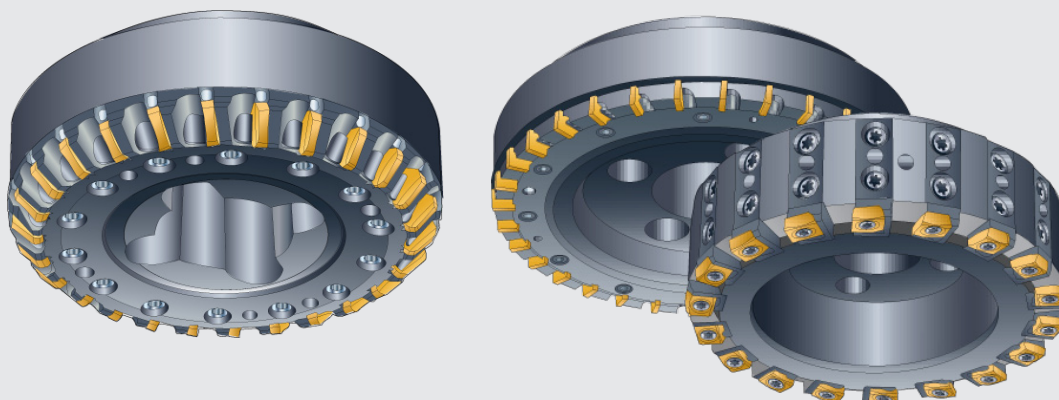
### Montaggio dell'inserto







- Pulire accuratamente la sede dell'inserto prima di iniziare.
- Posizionare il pollice (1) e poi l'indice (2) sull'inserto e spingere dentro la sede dell'inserto.
- Garantire il contatto contro i tre punti di appoggio nella sede dell'inserto.
- Serrare le viti (3) ad una coppia di 6 Nm.
- Avvitare la vite (4) nel corpo della fresa con quattro giri di chiave Allen.
- Posizionare il cuneo sopra la vite ed avvitare finché il cuneo stesso si trovi a livello del corpo della fresa.
- In linea di principio, la stessa procedura deve essere usata per montare gli inserti con bloccaggio a vite.



# Sandvik AUTO

## Frese per sgrossatura e finitura



	Sgrossatura Auto	Auto-AF	Auto-FS
			
Angolo di registrazione ( $K_r$ ), mm	45°	75°	90°
Angolo di spoglia superiore	Negativo	Positivo	Negativo
Dia. fresa ( $D_o$ ), mm	125 – 500	80 – 500	125 – 500
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	6.0	1.0	8.1
Materiale			

### Sgrossatura Auto

- Fresa per spianatura con passo stretto, progettata principalmente per la sgrossatura e semifinitura di componenti in ghisa.

### Auto-AF

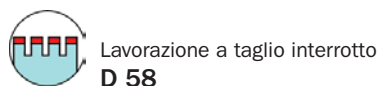
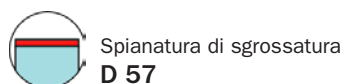
- Fresa regolabile per spianatura per la finitura di componenti in ghisa che richiedono una finitura superficiale di alta qualità.
- Semplice regolazione ad alta precisione, entro  $\pm 0,002$  mm.

### Auto-FS

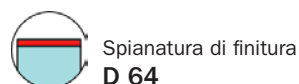
- Fresa per spianatura con sede fissa progettata per l'esecuzione di spallamenti retti in applicazioni in ghisa che richiedono finiture superficiali accurate ad elevate velocità di avanzamento.

## Applicazioni

### Sgrossatura Auto

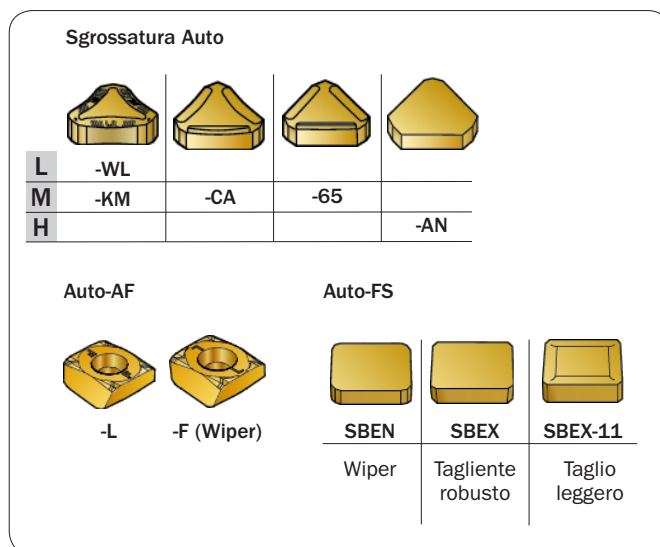


### Auto-AF/-FS



## Informazioni generali sugli inserti Auto

- L'elevato numero di inserti consente elevati avanzamenti della tavola, che offrono una lavorazione ottima ed economicamente efficiente.
- Gli inserti triangolari per Auto Rough sono disponibili in differenti geometrie, ottimizzate per le varie operazioni.
- Tutti gli inserti sono bilaterali e forniscono pertanto sei taglienti destri e sei sinistri per una lavorazione eccellente ed economica.
- Per informazioni dettagliate sugli inserti Auto, vedere il Catalogo generale.



## Distanziali per la regolazione dell'inclinazione del mandrino

Il tratto piano parallelo dell'inserto può essere regolato in base all'inclinazione del mandrino.

I distanziali montati nel corpo di sostegno per regolare un'inclinazione del mandrino di 0,1:1000 sono mostrati qui sotto:

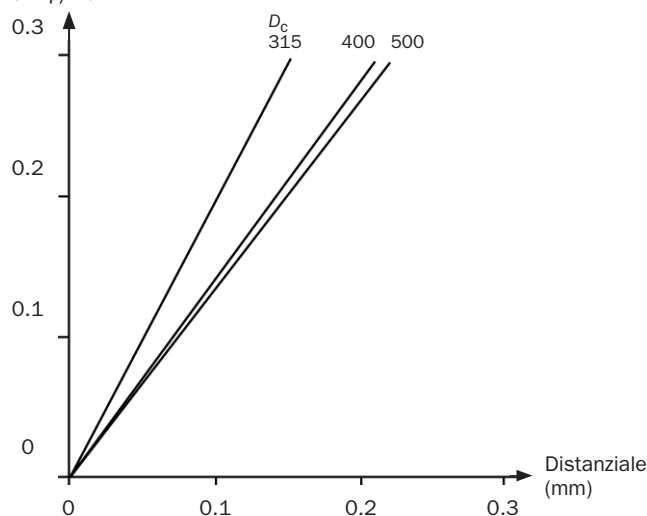
Dia. fresa ( $D_c$ )	Distanziale (mm)
250	0,02
315	0,05
355	0,05
400	0,02 e 0,05
500	0,02 e 0,05

**Nota:** per altre inclinazioni del mandrino, rivolgersi al proprio specialista Sandvik Coromant.

### Inclinazione del mandrino/spessore del distanziale

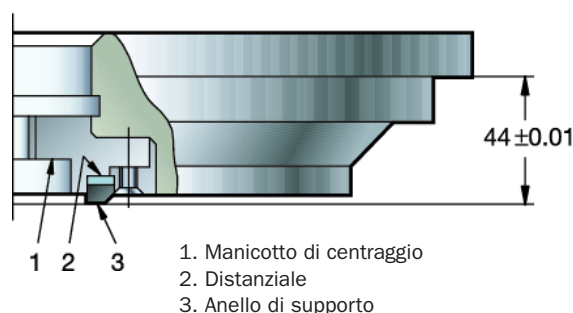
Inclinazione del mandrino

0,1:1000 mm  
o 1  $\mu$ /10 mm



Dimensioni distanziale per le diverse inclinazioni del mandrino

**Nota:** Se per qualsiasi motivo il manicotto di centraggio o l'anello di supporto dovessero essere sostituiti, oppure fosse necessario rettificare la superficie del supporto, la dimensione  $44 \pm 0,01$  mm deve essere regolata con i distanziali.



## Montaggio e regolazione

### Requisiti:

Diabase

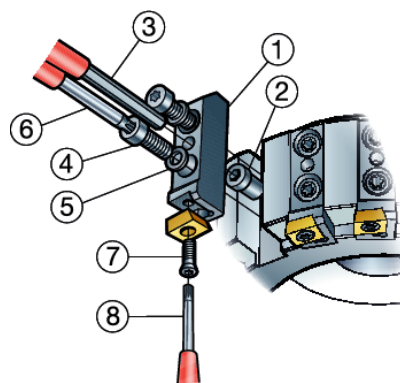
Microindicatore

Chiave 265.2-821

Chiave 5680 048-07 (30IP)

Chiave torsiometrica

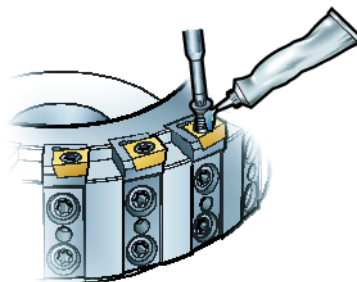
Bloccare le viti delle cassette con una forza di circa 2 Nm.



1. Cassetta
2. Perno eccentrico
3. Chiave (regolazione con perno eccentrico)
4. Vite cassetta
5. Rondella cassetta
6. Chiave cassetta
7. Vite per inserto
8. Chiave per vite inserto

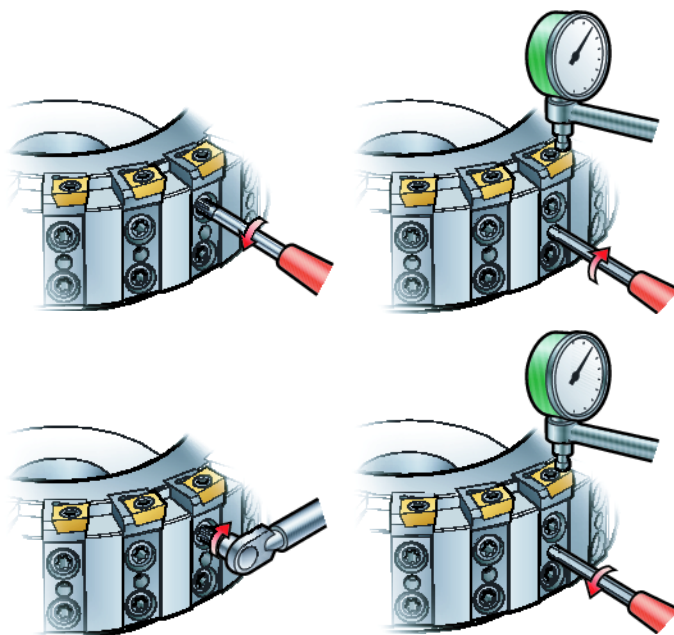
### Montaggio

1. Applicare Molykote sulla filettatura e sulla testa della vite.
2. Pulire accuratamente la sede dell'inserto prima di iniziare.
3. Garantire il contatto contro i tre punti di appoggio nella sede dell'inserto.
4. Stringere la vite dell'inserto secondo la coppia consigliata; consultare il Catalogo generale.



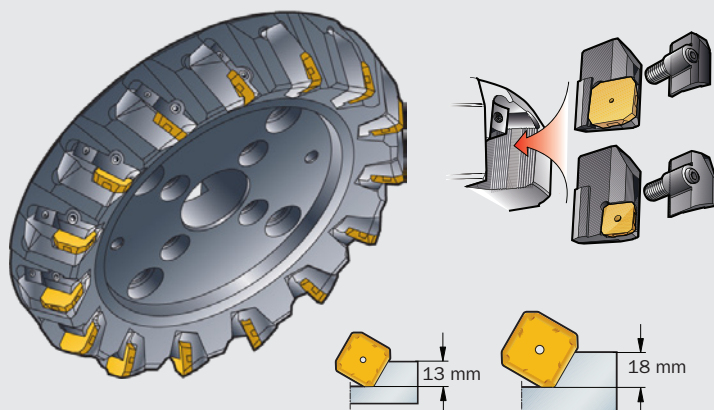
### Registrazione dell'utensile

1. Posizionare la fresa sul diabase.
2. Posizionare il punto più alto del tagliente a contatto con il piano del microindicatore.
3. Ruotare il perno eccentrico e spostare la cassetta con l'inserto finché la lancetta del comparatore non si posiziona sullo zero.
4. Stringere la vite della cassetta secondo la coppia consigliata; consultare il Catalogo generale.
5. Allentare il perno eccentrico per impostare l'altezza dell'inserto e per evitare il rischio di runout assiale.



# CoroMill® 360

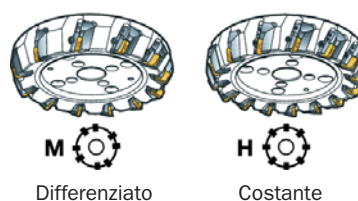
Fresa per spianatura pesante che garantisce elevata produttività in condizioni difficili



- Elevato volume di truciolo asportato
- Velocità di avanzamento di 0,4-0,7 mm per dente
- Fresatura in una sola passata di superfici lunghe ed irregolari con possibili aree abrasive o interruzioni
- Cassette separate per ciascuna dimensione di inserto; usate sullo stesso corpo della fresa riducono le scorte in magazzino
- Cassette a inserti multitaglienti, con interfaccia mille-righe, per un posizionamento sicuro e preciso ed un semplice utilizzo
- La sostituzione degli inserti ed il cambio delle cassette in macchina riduce i tempi passivi

Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	160 – 500
Dimensione dell'inserto ( $iC$ ), mm	Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm
19	13
28	18
Materiale	<b>P M K S</b>

### Passi della fresa

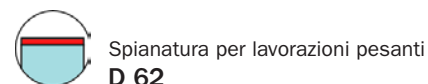
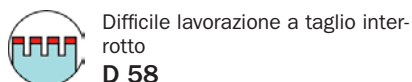


### Geometrie d'inserto

ISO	H
<b>P</b>	-PH
<b>M</b>	-MH
<b>K</b>	-KH
<b>N</b>	
<b>S</b>	-MH
<b>H</b>	

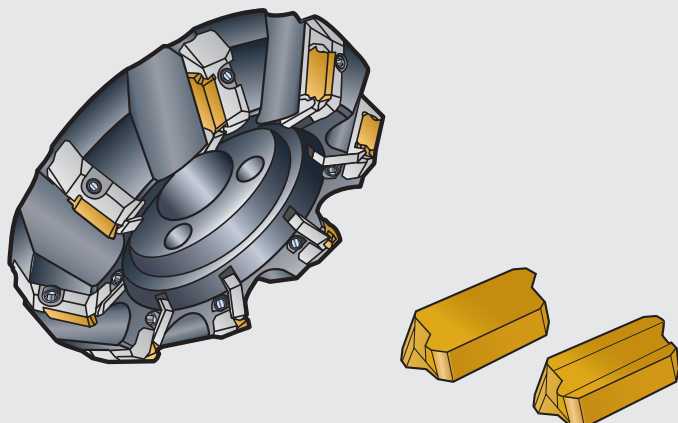


### Applicazioni



# T-Max® 45

## Elevato volume di truciolo asportato in fresatrici potenti

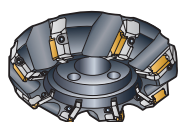


– Angolo di registrazione a 45° ed inserti robusti consentono la lavorazione in condizioni difficili e con sporgenze elevate

– I tratti piani paralleli da 2 mm ed i taglienti secondari offrono un'efficace azione di taglio in tirata

– Regolabile in senso assiale entro 5 µm

– Inserti raschianti per finitura



Dia. fresa ( $D_c$ )	100 – 400
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	12
Materiale	

## Geometrie d'inserto

ISO	M	H	W *)
<b>P</b>	-31, -32	-11	-1W
<b>M</b>	-31, -32	-11	-1W
<b>K</b>	-31, -32	-11	-1W
<b>N</b>		-11	
<b>S</b>	-32	-11	
<b>H</b>	-31, -32	-11	-1W

\*) W = Raschiante

## Montaggio e regolazione

Le attrezzature indicate qui sotto dovrebbero essere disponibili per agevolare il lavoro.

Attrezzature da ordinare separatamente a Sandvik Coromant:

1. Chiave di rimozione per rondelle a baionetta (260.7-857)
2. Chiave per bloccare il supporto (260.7-855)
3. Chiave esagonale (174-815)
4. Leva per sostituzione tagliente (260.7-856M)

Attrezzature da ordinare a Sandvik Coromant:

1. Comparatore con diabase
2. Punto di ispezione (calibro)
3. Chiave torsionometrica
4. Molycote
5. Detergente

Attrezzatura fornita con T-Max 45:

1. Chiave a T (265.2-821)
2. Leva per sostituzione inserti

## Regolazione assiale

La fresa è regolabile assialmente entro 5 µm. La regolazione assiale può essere effettuata per mezzo di due viti che agiscono contro l'aletta nella parte posteriore del supporto. In caso di danneggiamento, il supporto può essere normalmente sostituito senza influire sulla regolazione assiale.

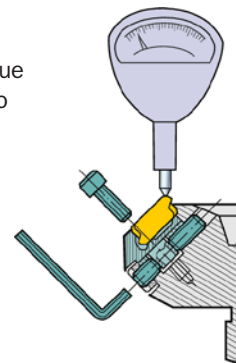
## Applicazioni



Spianatura generale  
D 57

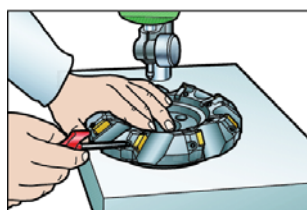
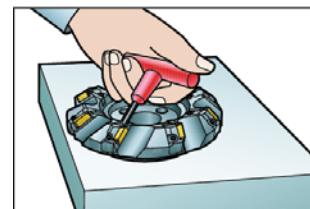
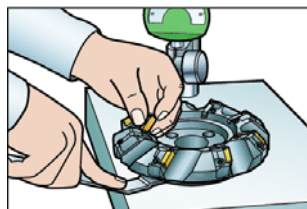


Lavorazione a taglio interrotto  
D 58



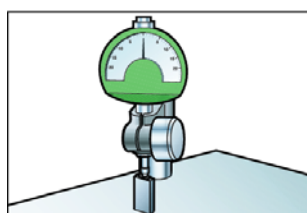
## Smontaggio

1. Per smontare gli inserti, usare la leva di rimozione.
2. Allentare le viti di regolazione di due giri con l'aiuto della chiave a T.
3. Rimuovere le viti di fissaggio usando la chiave a T.
4. Capovolgere la fresa ed allentare i dadi di bloccaggio.
5. Allentare la vite del supporto di due giri, usare la chiave per bloccare nuovamente il supporto.
6. Ribaltare la fresa, premere il meccanismo di fissaggio e rimuovere il supporto.



## Assemblaggio

1. Impostare il comparatore (con l'aiuto di un sistema di controllo o blocchetti calibrati) su 62,98 mm.
2. Premere il meccanismo di bloccaggio e montare il supporto nella sua sede.
3. Serrare le viti di fissaggio a circa 9 Nm, usare la chiave a T. Controllare che il supporto sia posizionato correttamente nella propria sede.
4. Montare l'inserto campione.
5. Pre-regolare il supporto e l'inserto campione su 10 µm con l'aiuto della vite.
6. Allentare la pressione della staffa sull'inserto e premere per bloccare saldamente in posizione. Continuare la pre-regolazione a +20 µm.
7. Eseguire la regolazione micrometrica dell'inserto campione usando la vite a ±2,5 µm, usare la chiave dinamometrica a 9 Nm.  
**Nota:** se non si ottiene una tolleranza di  $0 \pm 2,5 \mu\text{m}$ , il valore iniziale deve essere aumentato da +20 µm a 25-30 µm. Ripetere la regolazione micrometrica.
8. Capovolgere la fresa e serrare il dado di bloccaggio.  
**Nota:** nella regolazione, occorre usare sempre lo stesso tagliente sull'inserto campione, poiché i trattipiani paralleli possono avere tolleranze diverse.



Per le parti di ricambio e gli accessori, vedere il Catalogo generale.

## Tolleranze

Inserto:  $\pm 13 \mu\text{m}$

Supporto:  $\pm 10 \mu\text{m}$

Regolazione di base:  $\pm 5 \mu\text{m}$

Una T-Max 45 nuova, fornita da magazzino, ha una tolleranza massima di  $5+26 = 31 \mu\text{m}$ .

In una fresa in cui uno o più supporti sono stati sostituiti senza eseguire una nuova regolazione di base, la tolleranza massima è di  $5+26+20 = 51 \mu\text{m}$ .

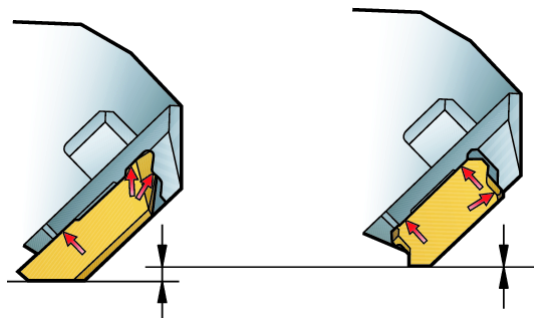
## Regolazione inserto

Gli inserti sono progettati per sedi specifiche.

**Nota:** non montare un inserto LNCX in una sede di raschiante.

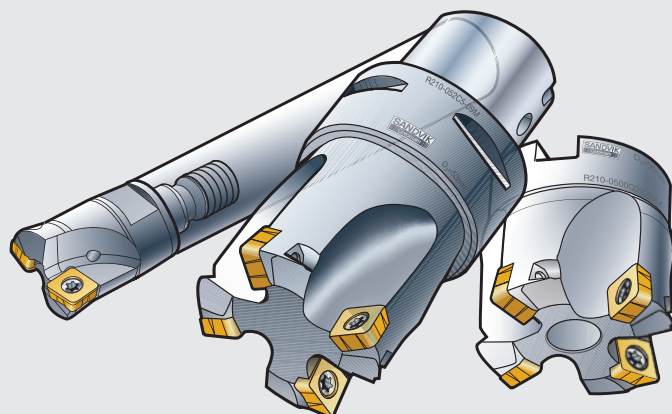
Raschiante nella sede corretta

LNCX nella sede corretta



# CoroMill® 210

Un utensile per sgrossatura in grado di eseguire fresature ad elevato avanzamento



- Le forze di taglio sono dirette principalmente verso il mandrino, garantendo un'azione di taglio stabile e praticamente priva di vibrazioni o forze di flessione laterali
- La soluzione per le operazioni in cui occorrono utensili prolungati
- Utensile ad elevato avanzamento per la spianatura e la fresatura a tuffo
- L'angolo di registrazione a 10° produce un truciolo sottile che consente un avanzamento per inserto fino a 4 mm per dente, quando si opera tangenzialmente
- Lo spessore massimo del truciolo costante nella lavorazione a tuffo riduce il rischio di vibrazioni rispetto agli inserti raggiati

	Accoppiamento Coromant Capto®		Manicotto		Cilindrica	MSSC
Dia. fresa (D <sub>3</sub> ), mm	36 – 66	52 – 86	50 – 63	63 – 160	25 – 42	25 – 42
Dimensione inserto, mm	9	14	5	14	9	9
a <sub>e</sub> / a <sub>p</sub> (mm)	8/1.2	13/2	8/1.2	13/2	8/1.2	8/1.2
Materiale						

## Geometrie d'inserto

ISO	M
	M-PM, E-PM
	M-MM, E-MM
	M-KM, E-KM
	E-MM, M-MM, E-KM
	M-PM, E-PM

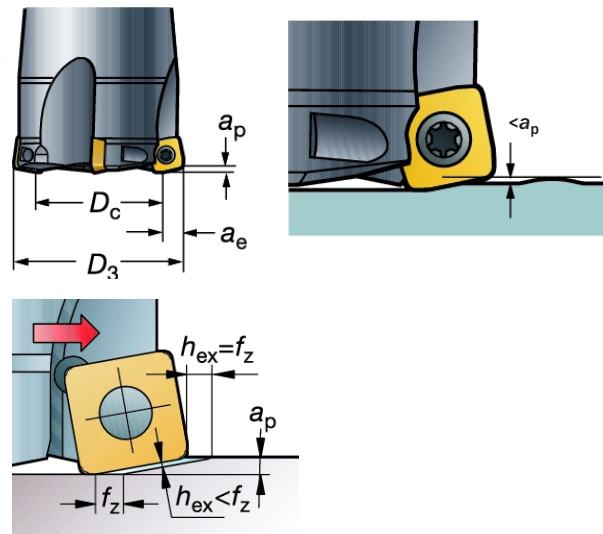
## Consigli sulle macchine utensili

- Macchine con attacco conico 50, dimensione corrispondente e più grande.
- Macchine con attacco conico 40, a bassa velocità del mandrino, giri/minuto e cuscinetti non in ceramica.



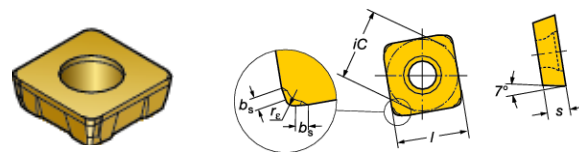
## Metodi per evitare superfici "frastagliate" e sovrametallo residuo nella spianatura

- Se  $a_e$  supera  $D_c$ , viene generata una superficie "frastagliata".
- Il valore massimo  $a_p$  viene facilmente superato con la fresatura sopra le "creste". Questo inconveniente deve essere evitato.
- Il valore massimo  $a_p$  non deve essere superato.
- Qualora si lavori sopra le "creste", se possibile, la velocità di avanzamento deve essere ridotta del 50%.
- Si ottiene una superficie piana solo se  $a_e$  è inferiore o uguale a  $D_c$ .



## Fresatura di una superficie piana con passate successive

Diametro fresa ( $D_3$ ), mm	Diametro di taglio, ( $D_e$ ), per la fresatura di una superficie piana	
	iC 09 ( $D_c$ ), mm	iC 14 ( $D_c$ ), mm
25	10.9	-
32	17.9	-
36	21.9	-
42	27.9	-
50	35.9	-
52	37.9	28
63	48.9	39
66	51.9	42
80	65.9	56
82	67.9	58
100	-	76



Dimensioni, mm

$l = iC$	$s$	$r_s$	$a_p$	$a_e$	$b_s$
9.4	4.0	1.2	1.2	8	1.0
14.5	4.76	1.2	2.0	13	1.0

## Applicazioni



Fresatura ad elevati avanzamenti  
**D 60**



Fresatura a tuffo  
**D 116**



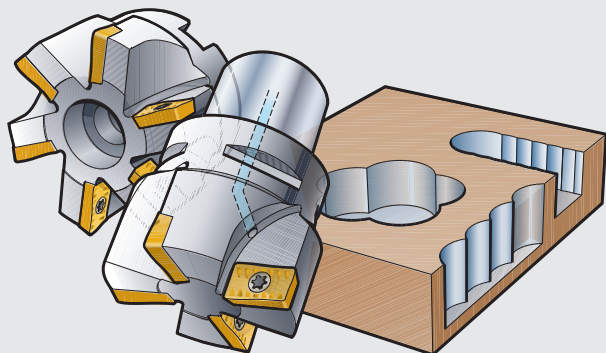
Lavorazione in rampa circolare  
**D 105**



Lavorazione in rampa  
**D 104**

# Fresa a tuffo Coromant

Fresatura efficiente in termini di potenza con elevati volumi di asportazione truciolo



- Complementare a CoroMill 210 per profondità di taglio radiali più grandi
- L'inserto di elevata robustezza, progettato con tagliente elicoidale, consente un maggior volume di rimozione con un'azione di taglio corretta e regolare
- Le forze di taglio sono dirette assialmente verso l'alto lungo il mandrino della macchina, riducendo fatica e sollecitazioni su quest'ultimo ed agevolando la lavorazione con utensili prolungati
- Costruzione robusta
- Le prestazioni ottimali si ottengono con macchine utensili ISO 50 o simili

Accoppiamento Coromant Capto®



Manicotto



Geometrie d'inserto

ISO	M
P	-PM
M	-PM
K	-PM
N	-PM
S	-PM
H	-PM

Dia. fresa ( $D_C$ ), mm	80 – 85	100 – 160												
Massimo ( $a_e$ ), mm	22	22												
Materiale	<table border="1"> <tr><td>P</td><td>M</td><td>K</td></tr> <tr><td>N</td><td>S</td><td>H</td></tr> </table>	P	M	K	N	S	H	<table border="1"> <tr><td>P</td><td>M</td><td>K</td></tr> <tr><td>N</td><td>S</td><td>H</td></tr> </table>	P	M	K	N	S	H
P	M	K												
N	S	H												
P	M	K												
N	S	H												

## Elevata produttività

- L'elevata robustezza dell'inserto, progettato con tagliente elicoidale, consente un maggior volume di rimozione.
- L'inserto di grandi dimensioni consente tempi di ciclo più rapidi con meno passate.

## Flusso di trucioli ottimale

- La costruzione dell'inserto e le ampie aree del vano truciolo consentono un'eccellente evacuazione del truciolo.

## Livelli bassi di assorbimento di potenza e rumore

- I corpi della fresa robusti e gli inserti con tagliente elicoidale si traducono in un'azione di taglio molto fluida e silenziosa.
- È possibile rimuovere più metri cubi di materiale senza eccessivo sforzo.

## Meno sollecitazioni sul mandrino della macchina

- Le forze di taglio sono dirette assialmente verso l'alto lungo il mandrino della macchina, riducendo fatica e sollecitazioni sul mandrino stesso.

## Massima stabilità

- Per ottenere risultati ottimali, scegliere la lunghezza minore,  $l_1$ , ed il diametro maggiore,  $D_C$ , possibili.
- Usare il montaggio Coromant Capto per ottenere una stabilità ottimale.

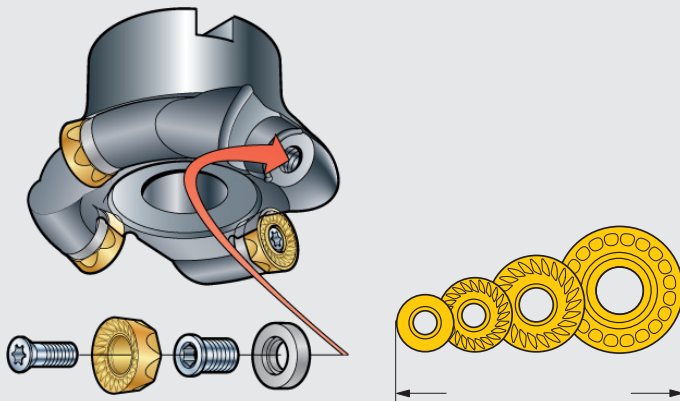
## Applicazioni



Fresatura a tuffo  
D 116

# CoroMill® 200

Robusta fresa multiscopo per sgrossatura e condizioni difficili







– Taglienti robusti per condizioni difficili con interruzioni (fori, vuoti, ecc.) e/o superficie abrasiva (crosta)

– Geometrie d'inserto per elevati volumi di rimozione truciolo: elevati valori  $a_p$  e  $f_z$

– Per macchine più grandi con buona stabilità e potenza

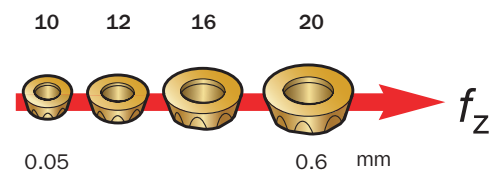
– Utilizzo migliore con mandrini macchina ISO 50 (40)

– Richiede regolazioni set-up e bloccaggio pezzo rigidi

	Cilindrica	Manicotto
		
Dia. fresa ( $D_3$ ), mm	25 – 50	50 – 160
Dimensione dell'inserto ( $iC$ ), mm	Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	
10	5	5
12	6	6
16	8	8
20	10	10
Materiale		

## Geometrie d'inserto

ISO	L	M	H
<b>P</b>	-PL	-PM	-PH
<b>M</b>	-ML	-MM	-MM
<b>K</b>	-KL	-KM	-KH
<b>N</b>	-PM	-PM	
<b>S</b>	-ML	-MM	
<b>H</b>	-PL		



## Applicazioni – CoroMill® 200 e CoroMill® 300



Spianatura  
D 57



Profilatura  
D 68



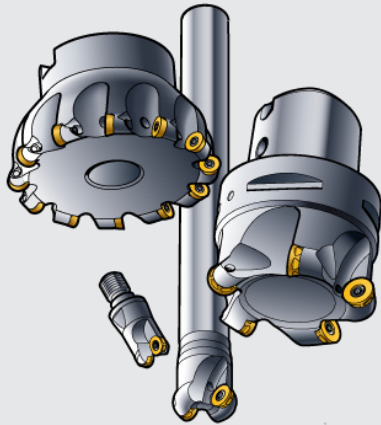
Lavorazione in rampa lineare  
D 104



Lavorazione in rampa circolare  
D 105

# CoroMill® 300

CoroMill® 300, frese a candela e frese per spianatura versatili e dal taglio leggero



Ampia gamma di prodotti che comprende frese per operazioni che vanno dalla sgrossatura alla semifinitura ad elevato avanzamento.

- Le ridotte esigenze di potenza rendono le macchine stabili ed a bassa potenza più efficienti
- L'azione di taglio leggera consente entrate ed uscite graduali ed un uso di configurazioni con utensili prolungati, privo di vibrazioni
- Inserti rettificati ad alta precisione per la massima accuratezza
- Frese a candela e frese per spianatura nelle versioni neutre o positive ed opzioni di frese toroidali nella versione neutra
- Opzione inserto di grandi dimensioni,  $iC$  20 mm, per sgrossatura pesante, che offre l'efficienza economica di otto sostituzioni tagliente



Dimensione dell'inserto ( $iC$ ), mm

05      07      07      08      10      12      16      20

Versione neutra/frese a candela toroidali

Diametro ( $D_3$ ), mm

Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm

← 0.7      1.0      1.5      1.2      2.0      5.0      8.0 →

Costruzione positiva

\*) Diametro ( $D_3$ ), mm

Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm

← 4.0      5.0      6.0      8.0      10.0 →

Frese a candela

25 – 40

Frese per spianatura

- Accoppiamento Coromant Capto  
- Manicotto

35 – 100  
40 – 200

Frese a candela MSSC neutre

10 – 42

## Design positivo per fresatura frontale e radiale e spianatura

- Frese a candela con ottima accessibilità ed azione di taglio in tutte le direzioni di avanzamento per la lavorazione su più assi di forme complesse.
- L'azione di taglio leggero consente anche l'uso di versioni di frese per spianatura positive con passo stretto con inserti piccoli, per ottenere elevata produttività ad alte velocità ed elevati avanzamenti tavola.

## Geometrie d'inserto

ISO	L	M	H
P	-PL	-PM	-PH
M	-ML	-MM	-MH
K	-KL	-KW	-KH
N	-PL	-PM	
S	-ML	-MM	-MH
H	-PL	-PM	

## Applicazioni

Come per CoroMill 200, vedere pagina 163.

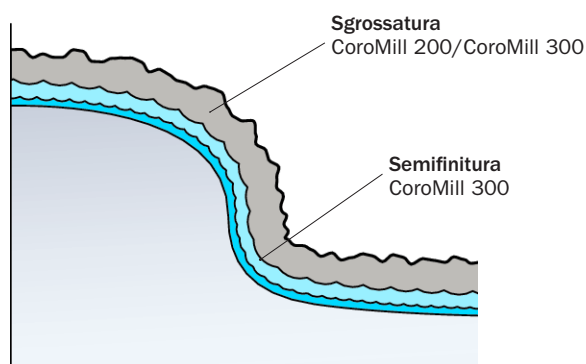
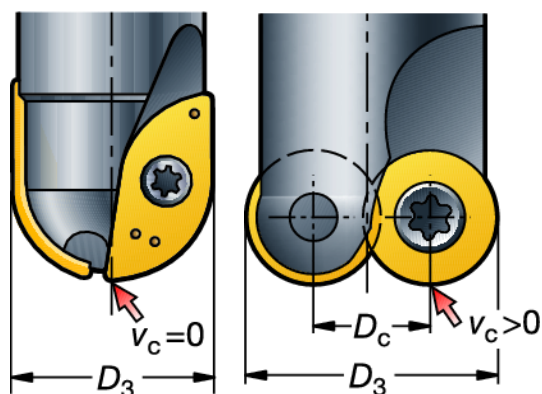
## Frese toroidali in versione neutra

La fresa a candela toroidale opera con due inserti rotondi, posizionati in modo che si sovrappongano, o quasi, sull'asse della fresa.

Questa soluzione elimina l'azione di taglio sfavorevole che avviene al centro di frese a candela con testa sferica, dove la velocità di taglio si riduce a zero.

La parte operativa di un tagliente toroidale non è, in nessun punto, soggetta a velocità di taglio zero.

Calcolare sempre la velocità di taglio effettiva,  $v_c$ . Per ulteriori informazioni, vedere la sezione Profilatura, pagina D 76.



Azione di taglio sicura ed accessibilità nella fresatura di cave strette.

- Frese a candela di piccolo diametro con tutti i tipi di stelo.
- Le frese toroidali possono migliorare sensibilmente la produttività e sono molto adatte alla sgrossatura leggera, alla fresatura di ripresa dei raccordi ed alle operazioni di semifinitura.
- Buone prestazioni di fresatura a tuffo e lavorazione in rampa.
- Eccellenti per la profilatura, quando la presenza di sovrantallo costante è un requisito indispensabile per ottenere una fresatura vicino alla forma del pezzo finito.
- Ridotto rischio di vibrazioni quando si usano utensili sottili e prolungati.

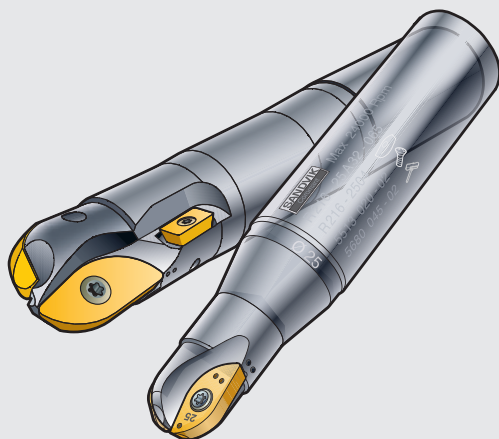
Le frese toroidali possono sostituire le frese a candela con testa sferica in molte operazioni, in presenza di condizioni ottimali per un processo di taglio sicuro ed altamente produttivo.

- Una soluzione più produttiva nella copiatura di profili in 3D.
- Maggiore capacità di taglio radiale, che richiede meno passate.
- Maggior efficienza economica dell'utensile, con un massimo di sei taglienti per inserto.
- Elevato avanzamento per dente in caso di ridotte profondità di taglio: grazie alla forma toroidale, il taglio avviene alla periferia.
- Migliore qualità superficiale.

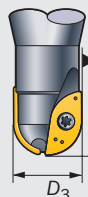


# Fresa a candela con testa sferica CoroMill® 216

Per profilatura di sgrossatura e semifinitura



<b>M</b>	$D_3$	+0.07 -0.23
<b>E</b>	$D_3$	+0.0 -0.20



- Fresa con due taglienti per efficaci operazioni di contornatura e copiatura in generale
- Profondità di taglio fino a 44 mm
- Avanzamento per dente fino 0,6 mm

### Alternative di inserto

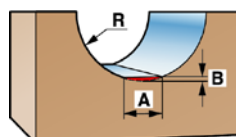
**M** - inserti con tolleranza -M per maggior sicurezza e pass-ate più pesanti

**E** - inserti con tolleranza -E con taglienti più affilati per maggior precisione, adatti a semifinitura

	Cilindrica	Weldon	Filettata
Dia. fresa ( $D_3$ ), mm	10 – 32	12 – 50	10 – 32
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	8.6 – 28.6	10.8 – 44.6	8.6 – 28.6
Materiale	<b>P M K</b> <b>N S H</b>	<b>P M K</b> <b>N S H</b>	<b>P M K</b> <b>N S H</b>

### Geometrie d'inserto

ISO	M
<b>P</b>	-M
<b>M</b>	-M
<b>K</b>	-M
<b>N</b>	-M
<b>S</b>	-M
<b>H</b>	-M



## Limitazioni

Durante l'esecuzione di cave dal pieno, il profilo inferiore generato non forma un raggio perfetto. Questo errore di forma, che si trova nella zona di taglio centrale dell'utensile, può essere minimizzato usando inserti con tolleranza E.

### Tolleranza del tagliente

-M			-E		
R	A	B	R	A	B
5	–	–	5	0.15	<0.01
6	1.4	0.07	6	0.15	<0.01
8	1.7	0.09	8	0.15	<0.01
10	2.2	0.12	10	0.15	<0.01
12.5	3.0	0.1	12.5	0.15	<0.01
15	3.9	0.20	15	0.15	<0.01
16	3.5	0.22	16	0.15	<0.01
20	3.6	0.24	20	0.15	<0.01
25	3.8	0.26	25	0.15	<0.01

## Applicazioni



Profilatura  
D 68



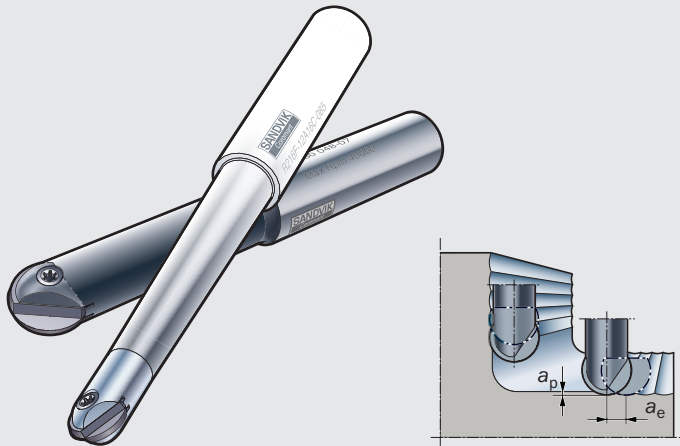
Lavorazione in rampa  
D 104



Fresatura di cave dal pieno  
D 86

# CoroMill® 216F a testa sferica per finitura

Fresa per profilatura che offre eccellente finitura superficiale e precisione



- Prestazioni analoghe alle frese a candela integrali di metallo duro
- Versione con stelo in acciaio per profilatura generale
- Stelo in metallo duro rigido per esigenze di alta precisione
- Fresa per esecuzione forme pezzo vicino alla dimensione finita
- Inserto per fresatura di contornatura di acciaio temprato

## Cilindrica



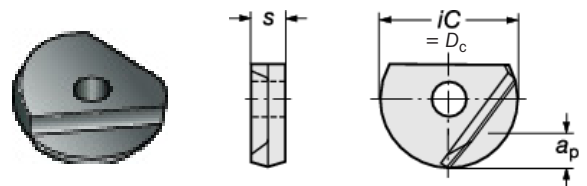
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	8 – 32						
Dimensione dell'inserto ( $iC$ ), mm	8 10 12 16 20 25 30 32						
Tolleranza ( $iC$ ), mm	+ 0/- 0.016						
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	1.2 1.5 1.8 2.4 3.0 3.7 4.5 4.5						
Materiale	<table border="1"> <tr> <td>P</td> <td>M</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>S</td> <td>H</td> </tr> </table>	P	M	K	N	S	H
P	M	K					
N	S	H					

## Geometrie d'inserto

ISO	L
P	-L
M	-L
K	-L
N	-L
S	-L
H	-L

## Inserti opzionali

Inserto con geometria R216F-xxx E-L per la finitura dei profili di acciaio, acciaio inossidabile, ghisa grigia o nodulare, alluminio, kirkSITE e grafite.



### Nota:

Applicando tecniche di programmazione accurate, le frese per finitura possono, in molte operazioni, sostituire le tradizionali frese a candela con testa sferica e migliorare considerevolmente la qualità superficiale, molto spesso con avanzamenti estremamente elevati.

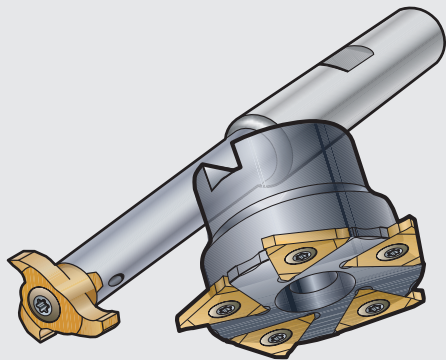
## Applicazioni



Profilatura  
D 68

# CoroMill® 327 e CoroMill® 328

Utensili versatili con diversi diametri e passi per componenti non rotanti














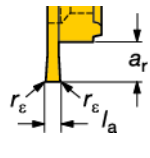
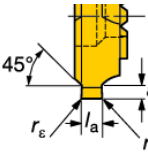
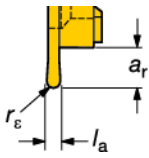
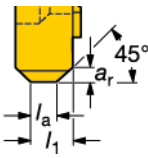
## CoroMill® 327

- Scanalatura interna, esecuzione di cave e filettatura in fori con diametro superiore a 10 mm
- Inserti a montaggio frontale posizionati in scanalature per un bloccaggio stabile e sicuro
- Fluido da taglio che attraversa l'utensile per una migliore evacuazione del truciolo

## CoroMill® 328

- Scanalatura esterna, esecuzione di cave e filettatura
- Scanalatura interna, esecuzione di cave e filettatura in fori con diametro superiore a 39 mm
- Taglienti intercambiabili per lavorazioni altamente produttive ed economiche
- Inserti montati in sedi per un bloccaggio sicuro e stabile

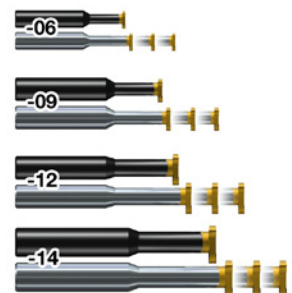
## CoroMill® 327

	Scanalatura e scanalatura di sedi di anelli elastici *	Scanalatura di sedi di anelli elastici con smusso *	Scanalatura Raggio completo	Smussatura	Filettatura
					
Dia. fresa ( $D_c$ )	9.7 – 27.7	21.7	11.7 – 21.7	11.7 / 21.7	11.7 – 21.7
Max. profondità di taglio ( $a_r$ ), mm	6.5	2.0	4.5	1.7	2.5
Max. larghezza di taglio ( $l_a$ ), mm	0.7 – 5.15	1.1 – 4.15	1.0 – 4.0	1.2 / 2.0	
Raggio ( $r_\epsilon$ )	0, 0.1, 0.2	0.1, 0.2	0.5 – 2.0	Non raggiato	
Taglienti ( $z_n$ )	3, 6	3	3	3	3, 6
Materiale					
Profilo					Passo 1 – 4.5 Profilo V a 60° (profilo parziale) Metrico a 60° (profilo completo) Whitworth a 55° (profilo completo)

## Steli di acciaio o steli integrali di metallo duro

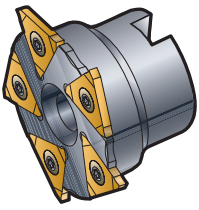


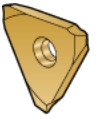



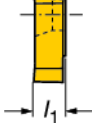
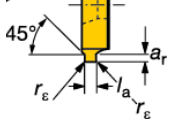
La fresa CoroMill 327 è usata con steli in acciaio o steli integrali di metallo duro; è disponibile con quattro diametri e sporgenze da 74 a 160 mm. Usare:

- Steli in acciaio per la lavorazione generale in buone condizioni di taglio.
- Steli integrali di metallo duro per offrire minor flessione, così da supportare sporgenze più lunghe e lavorazioni più pesanti con vibrazione minima.





## CoroMill® 328

	Scanalatura di sedi di anelli elastici *	Scanalatura di sedi di anelli elastici con smusso *	Filettatura
			
Dia. fresa ( $D_c$ )	39 – 80	39 – 80	39 – 80
Max. profondità di taglio ( $a_r$ ), mm	3.0 – 5.0	3.0	3.2
Max. larghezza di taglio ( $l_a$ ), mm	1.3 – 5.15	1.1 – 5.15	
Raggio ( $r_\epsilon$ )	0.1, 0.15	0.1, 0.15	Non raggiato
Taglienti ( $z_n$ )	2, 3, 5, 8	2, 3, 5, 8	2, 3, 5, 8
Materiale			
Profilo			Passo 1.5 – 6 Profilo a V a 60°

\*) Per CoroMill 327 e CoroMill 328 - larghezze e tolleranze secondo DIN 471/472.

### Compensazione del raggio

Quando si programma con avanzamento del centro dell'utensile, l'avanzamento periferico può essere eccessivo. Accertarsi di includere la compensazione del raggio nella programmazione per garantire l'avanzamento corretto. Per ulteriori informazioni sulla programmazione della filettatura, vedere la sezione Fresatura di cave a pagina D 98.

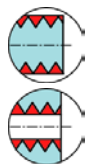
### Manutenzione degli utensili - CoroMill® 327

Pulire la sede del tagliente prima dell'uso per garantire il massimo supporto dell'inserto. Per i portautensili nuovi, precaricare la vite montando e smontando gli inserti alcune volte prima del taglio.

## Applicazioni



Esecuzione di cave e scanalature poco profonde  
D 86



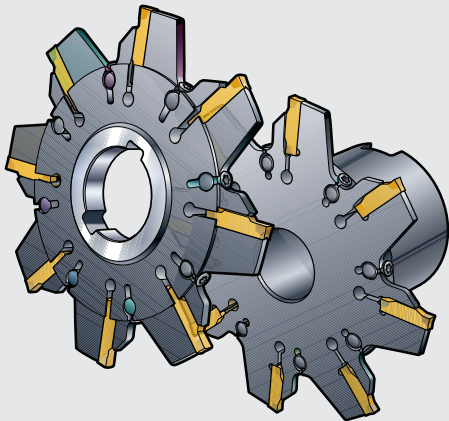
Filettatura  
D 95



Smussatura  
D 126

# CoroMill® 329

## Fresa per scanalatura



- Scelta prioritaria per profondità di taglio  $\leq 18$  mm
- Utensile versatile per la produzione di cave precise, scanalature con fondo piatto e per troncatura
- Gli inserti posizionati in linea assicurano un'ottima evacuazione del truciolo e consentono elevati avanzamenti della tavola



Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	125 – 160
Max. larghezza di taglio ( $a_p$ ), mm	2.5 – 4.0
Max. profondità di taglio ( $a_r$ ), mm	18
Materiale	

## Consigli sulla geometria dell'inserto

La fresa CoroMill 329 viene usata con gli inserti CoroCut 2 con forma a V.

-CM La scelta prioritaria è la geometria -CM per tutti i materiali.

-TF Buon controllo truciolo e buona finitura superficiale grazie al design Wiper.



CoroMill 329 ha un bloccaggio a vite integrato per garantire il fissaggio stabile e sicuro degli inserti. Posizionare il pollice sull'inserto e spingere all'interno della sede. Usare un cacciavite (Torx Plus) per bloccare (sbloccare) l'inserto.

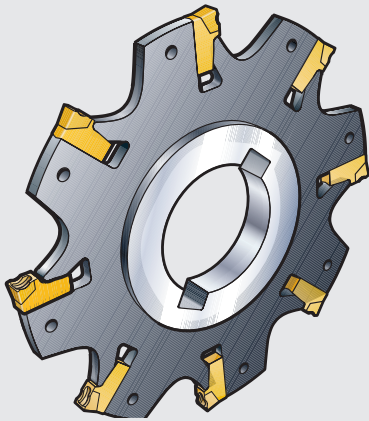
## Applicazioni



Esecuzione di cave e scanalature poco profonde  
D 90

# Fresa T-Max® Q-Cutter



Frese per esecuzione di cave e troncatura



- Fresa complementare per cave strette, scanalature con fondo piatto e per troncatura
- Gli inserti posizionati in linea assicurano un'ottima evacuazione del truciolo e consentono elevati avanzamenti della tavola
- Utensile complementare per tagli più profondi

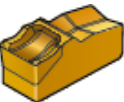
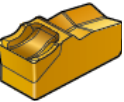

*Taylor Made*

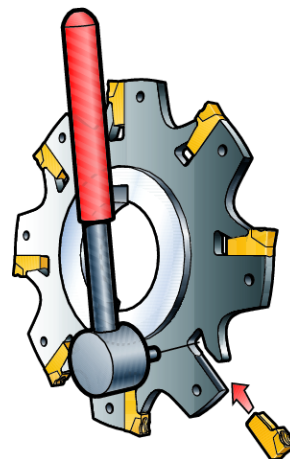
- Sono disponibili opzioni dell'utensile progettate secondo le specifiche esigenze del cliente

	
Dia. fresa ( $D_c$ ), mm	80 – 315
Max. larghezza di taglio ( $a_p$ ), mm	6.0
Max. profondità di taglio ( $a_r$ ), mm	119
Materiale	

## Consigli sulla geometria dell'inserto

La fresa T-Max Q-Cutter è usata con inserti Q-Cut.

- AA  La scelta prioritaria è il 330.20 AA, un inserto con tolleranza stretta e geometria e qualità adatte alle operazioni di fresatura.
- 4E  Usare N151.2-4E per materiali a basso tenore di carbonio.
- 5E  Usare il N151.2-5E per rame e alluminio.



Usare l'apposita chiave per un bloccaggio rapido e semplice.

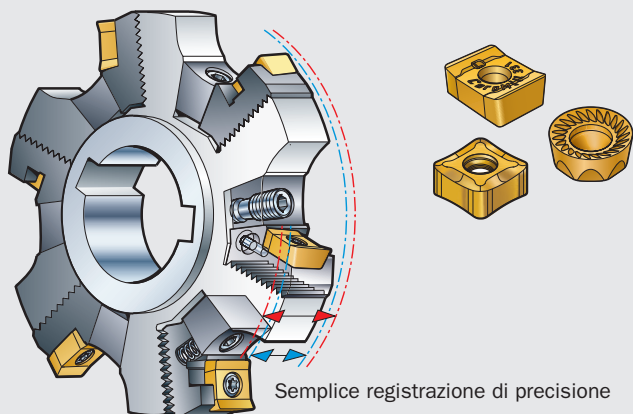
## Applicazioni



Fresatura di cave  
D 86

# CoroMill® 331

## Fresa a disco multiscopo ad alta precisione



– Le cartucce caricate a molla consentono una regolazione semplice per ottenere la larghezza desiderata

– Frese fornite entro una larghezza di 0,01 mm. Per ottenere una tolleranza molto stretta, usare gli inserti a tolleranza H

– Opzioni di inserti rotondi e vasta gamma di raggi di punta




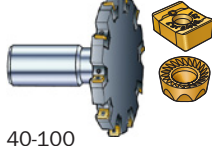


– Inserti con 8 taglienti per le operazioni di sfacciatura. Angolo di registrazione di 88°

– Passo stretto, versione a sedi fisse

– Le sedi di evacuazione aperte agevolano il flusso di trucioli

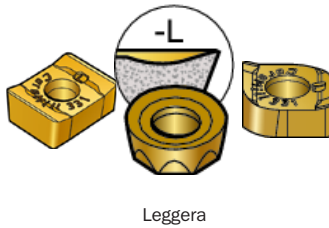
Per la guida ai codici, vedere pagina D 179.

## Applicazioni

Tipo di fresa e inserto Dia. fresa ( $D_c$ ) mm	Max. larghezza di taglio ( $a_p$ ), mm	Esecuzione di cave/ troncatura	Fresatura a due tagli, doppia	Fresatura di spallamenti	Sfacciatura	Fresatura a "pacco"	Lamatura in tirata	Lavorazione in rampa circolare
<b>N331.35...S...</b>  40 – 125	10	●		●	●	●	●	●
<b>N331.32...S...</b>  80 – 315	26.5	●		●	●	●	●	●
<b>N331.32...Q...</b>  80-315	26.5	●		●	●		●	●
<b>N331.32...A...</b>  40-100	10	●		●	●		●	●
<b>N331.52...S...</b>  200-315	33.8		●		●		●	
<b>N331.32...Q...</b> <b>N331.32...S...</b>  60-315	10.1				●		●	

## Geometrie e qualità d'inserto

Molto positivo



Leggera

Lavorazione leggera  
Basse forze di taglio  
Basse velocità di avanzamento  
Tolleranza stretta

Tagliante rinforzato

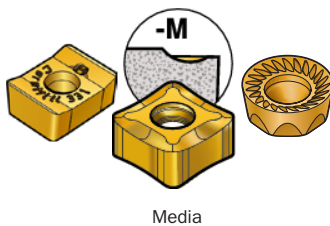


Pesante

Lavorazione pesante  
Massima sicurezza del tagliante  
Elevate velocità di avanzamento

Geometrie d'inserto

ISO	L	M	H
P	-PL	-PM	-PH
M	-ML	-MM	
K	-KL	-KM	-KH
N	-NL		
S	-ML	-MM	
H	-PL	-PM	-PH



Media

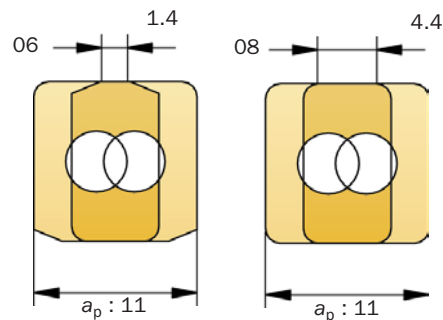
Impiego generale nella maggior  
parte dei materiali.

## Lunghezza del tagliante ridotta per inserti Tailor Made

Nell'esecuzione di cave, usare la larghezza minima della fresa.  
La sovrapposizione è il fattore più importante da ottimizzare.

La lunghezza ridotta del tagliante riduce la sovrapposizione,  
che a sua volta riduce l'usura nella zona di sovrapposizione,  
producendo un miglior controllo del truciolo e riducendo  
l'assorbimento di potenza fino al 10%.

Le opzioni di inserti Tailor Made con lunghezza del tagliante  
ridotta sono disponibili su richiesta.

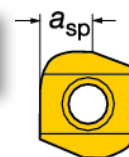


Inserto Tailor Made con  
lunghezza del tagliante  
ridotta

Dimensione in-  
serto standard 08

Calcolo della lunghezza del  
tagliante.

$$a_{sp} = \frac{a_p}{2} + 0.2$$



Per ulteriori informazioni sull'uso di CoroMill 331 vedere:  
Esecuzione di cave generale e uso del volano, pagina D 89.  
Lamatura in tirata, pagina D 49.

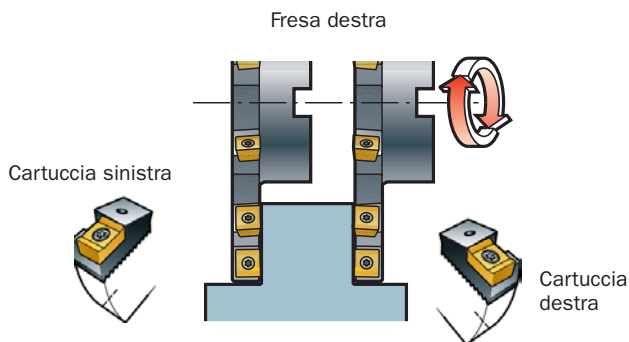
Dimensione dell'inserto	2 taglienti Raggio inserto, $r_e$								Dimensione dell'inserto	8 taglienti Raggio inserto, $r_e$	
	0.5	0.8	1.52	2.29	3.05	4.83	6.35	0.8		2.0	
04											
05											
08											
11											
14											

**Tipo di inserto**

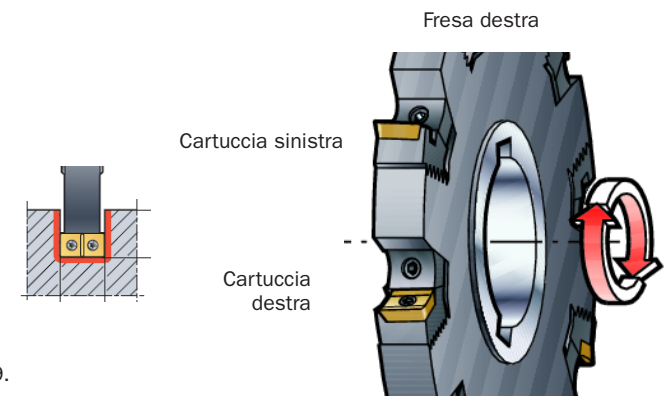
La maggior parte degli inserti sono neutri (N). Anche gli inserti raggiati sono neutri ma, nelle versioni con raggi maggiori, sono anche disponibili nelle versioni sinistra (L) o destra (R).

**Corpi frese, cartucce e inserti da combinare per tutte le applicazioni**

**Frese a disco a due tagli**



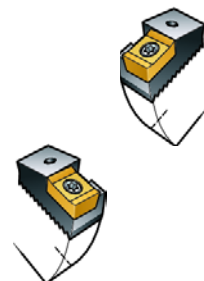
**Fresa a disco a tre tagli**



Per ulteriori informazioni sulla scelta del tipo di fresa, vedere pagina D 49.

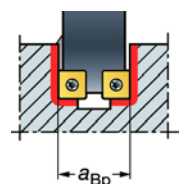
**Cartucce per inserti con raggio inferiore a 1,55 mm**

Larghezza	Dimensione dell'inserto	Cartuccia destra	Cartuccia sinistra
CM, 6-8	04	5321 240-15	5321 240-16
DM, 8-10	05	5321 240-13	5321 240-14
EM, 10-12	08	5321 240-01	5321 240-02
FM, 12-15	08	5321 240-03	5321 240-04
KM, 15-17.5	11	5321 240-07	5321 240-08
LM, 17.5-20.5	11	5321 240-07	5321 240-08
QM, 20.5-23.5	14	5321 240-09	5321 240-10
RM, 23.5-26.5	14	5321 240-09	5321 240-10
QM, RM con inserto quadrato	13	5321 260-01	5321 260-02

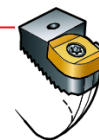


**Cartucce per fresa a disco a due tagli**

	Larghezza ( $a_{Bp}$ ), mm	Dimensione dell'inserto	Cartuccia destra	Cartuccia sinistra
MM, MMR/L $a_{Bp}$	27.2-30.2	11	5321 240-05	5321 240-06
NM, NMR/L $a_{Bp}$	30.8-33.8	11	5321 240-07	5321 240-08



A Tornitura generale  
 B Troncatura e Scanalatura  
 C Filettatura  
 D Fresatura  
 E Foratura  
 F Barenatura  
 G Portautensili/Macchine  
 H Materiali  
 I Informazioni/Indice

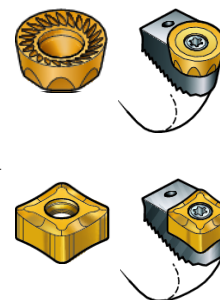

**Cartucce per inserti con raggio da 1,55 - 6,50 mm**

 \* Cartuccia destra = RC  
 Cartuccia sinistra = LC

x			A		B		D		E	
Corpo fresa	Raggio inserto		1.55 - 2.60		2.61 - 3.50		4.51 - 5.50		5.51 - 6.50	
	Larghezza (a <sub>p</sub> ), mm	Dimensione dell'inserto	* RC	* LC	* RC	* LC	* RC	* LC	* RC	* LC
<b>CMx</b>	6.0-8.0	04	5321 240-15.11	5321 240-16.11	-	-	-	-	-	-
<b>DMx</b>	8.0-10.0	05	5321 240-13.11	5321 240-14.11	5321 240-13.22	5321 240-14.22	-	-	-	-
<b>EMx</b>	10.0-12.0	08	5321 240-01.11	5321 240-02.11	5321 240-01.22	5321 240-02.22	-	-	-	-
<b>FMx</b>	12.0-15.0	08	5321 240-03.11	5321 240-04.11	5321 240-03.22	5321 240-04.22	-	-	-	-
<b>KMx</b>	15.0-17.5	11	5321 240-07.11	5321 240-08.11	5321 240-07.22	5321 240-08.22	5321 240-07.44	5321 240-08.44	5321 240-07.55	5321 240-08.55
<b>LMx</b>	17.5-20.5	11	5321 240-07.11	5321 240-08.11	5321 240-07.22	5321 240-08.22	5321 240-07.44	5321 240-08.44	-	-
<b>QMx</b>	20.5-23.5	14	5321 240-09.11	5321 240-10.11	5321 240-09.22	5321 240-10.22	5321 240-09.44	5321 240-10.44	5321 240-09.55	5321 240-10.55
<b>RMx</b>	23.5-26.5	14	5321 240-09.11	5321 240-10.11	5321 240-09.22	5321 240-10.22	5321 240-09.44	5321 240-10.44	-	-
Modifica del raggio del corpo della fresa			-		2.0		4.0		5.0	

**Cartucce per inserti rotondi e quadrati**

Corpo fresa	Larghezza (a <sub>p</sub> ), mm	Dimensione dell'inserto	Cartuccia neutra	Modifica del raggio del corpo della fresa
<b>Rotondo</b>				
<b>EMQ</b>	10.0-12.0	10	5321 250-02	4
<b>FMQ</b>	12.0-15.0	12	5321 250-03	5
<b>KMQ</b>	15.0-17.5	16	5321 250-05	6
<b>Quadrato</b>				
<b>QM, RM</b>		13	Cartuccia destra 5321 260-01	Cartuccia sinistra 5321 260-02


**Esempio**

Quando si ordina una fresa per una scanalatura con larghezza massima di 14 mm e raggi di punta da 3 mm:

il diametro della fresa deve essere 125 mm e avere un montaggio con sede per chiavetta.

**1. Scegliere la fresa**

Codice: N331.21-125S40FM 14.00

Questa fresa ha 10 inserti e 10 cartucce corrispondenti.

**2. Scegliere la cartuccia**

Nella colonna nella tabella "Cartucce per raggio da 1,55-6,50 mm" si osserva che una "B" deve essere aggiunta al codice della fresa: N331.21-125S40FMB 14.00

Una fresa ordinata con questo codice sarà consegnata con 5 unità di cartucce destre, di tipo 5321240-03.22 e 5 unità di cartucce sinistre, tipo 5321240-04.22. Gli inserti con raggi da 2,61-3,50 mm possono essere usati con queste cartucce. La fresa è regolata su una larghezza di 14 mm +/- 0,01.

**Nota:** Se inserti/cartucce con raggio maggiore (da r<sub>ε</sub> pari a 2,61 mm e inserti rotondi) sono usati in un corpo di fresa originariamente ordinato per inserti a raggio piccolo, il corpo della fresa deve essere modificato. Il valore si trova nella tabella "Modifica del raggio del

corpo della fresa".

La stessa modifica deve essere apportata sulle cartucce originariamente ordinate per inserti a raggio piccolo. Informazioni sulle dimensioni dei raggi si trovano nella sezione dedicata alle parti di ricambio nel Catalogo generale.

**3. Scegliere gli inserti**

10 inserti di dimensione 08 saranno montati nella fresa. 5 taglieranno il lato sinistro della cava e 5 quello destro. In questo caso, con inserti con grandi raggi, si tratta di tipi destri e sinistri:

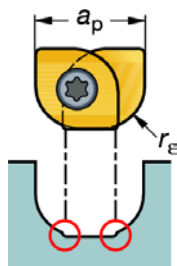
L331.1A-08 45 30 H-WL

R331.1A-08 45 30 H-WL

## Limiti all'uso di inserti con grande raggio di punta

### Fresatura di cave dal pieno

Dimensione dell'inserto	Calcolato - $a_p$
04	$a_p = r_e + 4.6$
05	$a_p = r_e + 6$
08	$a_p = r_e + 8$
11	$a_p = r_e + 11$



Errore di forma nella parte inferiore del profilo.

Quando si registra una fresa, che usa inserti con grande raggio di punta, nella gamma di regolazione inferiore, la forma della cava può presentare un piccolo intaglio nell'intersezione tra raggio e il fondo della cava.

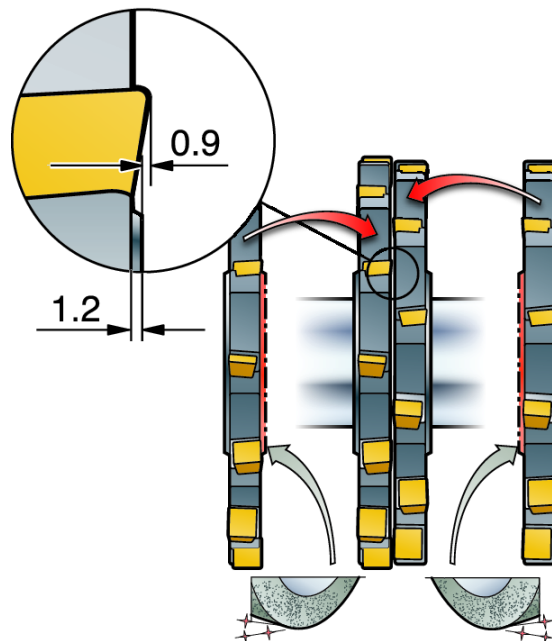
## Frese montate insieme per la fresatura di cave più larghe

Le frese montate con alesaggio e dotate di sedi per chiavetta possono essere modificate per essere vicine l'una all'altra, in modo da fresare una cava più larga. È preferibile usare frese con due sedi per chiavetta, poiché questo consente un modello di montaggio "sfalsato".

Per ulteriori informazioni, vedere la sezione Esecuzione di cave a pagina D 90.

Per montare insieme due frese standard:

- Su un lato di ciascuna fresa, modificare il mozzo rettificandolo, come mostrato nella figura.
- Il mozzo della fresa 1 deve essere rettificato sul lato destro. La fresa 2 è al contrario e il mozzo deve essere rettificato sul lato sinistro. Le frese sono montate con i mozzi rettificati rivolti l'uno verso l'altro.
- I mozzi devono essere rettificati finché rimane 1,2 mm. Per una corretta sovrapposizione, il tagliente dell'inserto deve essere regolato affinché sporga dal mozzo di 0,9 mm.



### Larghezza assiale del taglio, $a_p$ :

Un'elevata larghezza del taglio aumenta la stabilità della fresa, ma anche la necessità di agevolare l'evacuazione del truciolo.

### Profondità di taglio radiale, $a_e$ :

In generale, le frese standard CoroMill 331 eseguono cave a una profondità fino a quattro volte la loro larghezza.

Un taglio più profondo aumenta la necessità di una maggior capacità di evacuazione del truciolo e pertanto la necessità di una fresa Tailor Made o speciale con vani truciolo più ampi.

La profondità del taglio è limitata dal diametro del manicotto, così come dal rischio di sovraccaricare la chiavetta di trascinamento.

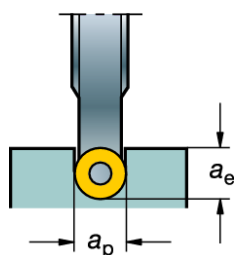
Il materiale del pezzo incide sensibilmente sui diversi requisiti.



## Evacuazione del truciolo agevolata

### Esecuzione di cave dal pieno con fresa con inserti rotondi

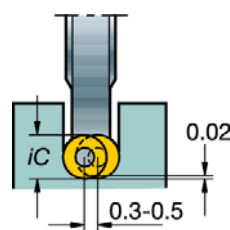
$a_e$  max.  $iC/2$



Max. profondità di taglio assiale  $a_p$ , = dimensione dell'inserto ( $iC/2$ )  
Max. profondità di taglio radiale  $a_e$ , =  $a_p$

Nota: la lunghezza di contatto del tagliente è  $180^\circ$ .

$a_e$  più di  $iC/2$



$$z_{\text{eff}} = \frac{z_n}{2}$$

Per cave più profonde di  $iC/2$  si consiglia una regolazione di 0,5 mm di ogni cartuccia. Questo amplia la cava di 0,5 mm e riduce la lunghezza di contatto per ciascun inserto a  $90^\circ$ , e questo genera una formazione ed evacuazione del truciolo più favorevole, oltre a ridurre le vibrazioni e l'assorbimento di potenza.

#### Numero di denti effettivi, $z_c$ :

Fresa a disco a tre tagli:  $z_c = z_n/2$

Fresa a disco a due tagli:  $z_c = z_n$

*Tailor Made*

## Prodotti Tailor Made e speciali per cave più larghe

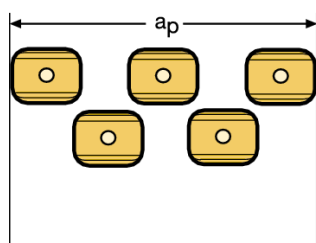
Le frese standard CoroMill 331 sono progettate con un massimo di due file di denti effettivi.

Sia standard sia Tailor Made, la fresa può avere un massimo di 14 inserti, di dimensione 8 mm (O8), per ogni fila di taglienti effettiva, fino a una larghezza massima di 105 mm.

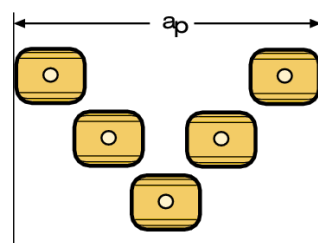
È possibile scegliere diversi schemi di disposizione per coprire le larghezze di cave con oltre due inserti. Questo vale per le frese Tailor Made e speciali.

La fresa può essere ottimizzata riducendo il numero di taglienti effettivi; così si riduce le forze di taglio e l'avanzamento della tavola, mantenendo lo stesso avanzamento per tagliente. Questo è molto utile in strutture deboli, componenti e/o fissaggi deboli, oppure sporgenze.

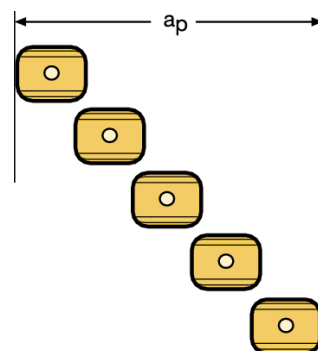
Frese Tailor Made e speciali



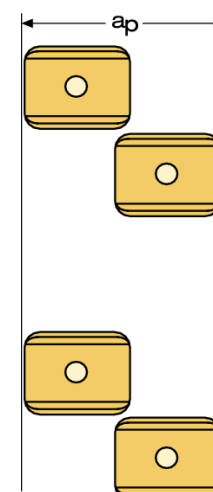
C



B



Fresa standard



Per ulteriori informazioni sui prodotti speciali, vedere pagina D 186.

## Montaggio e regolazione

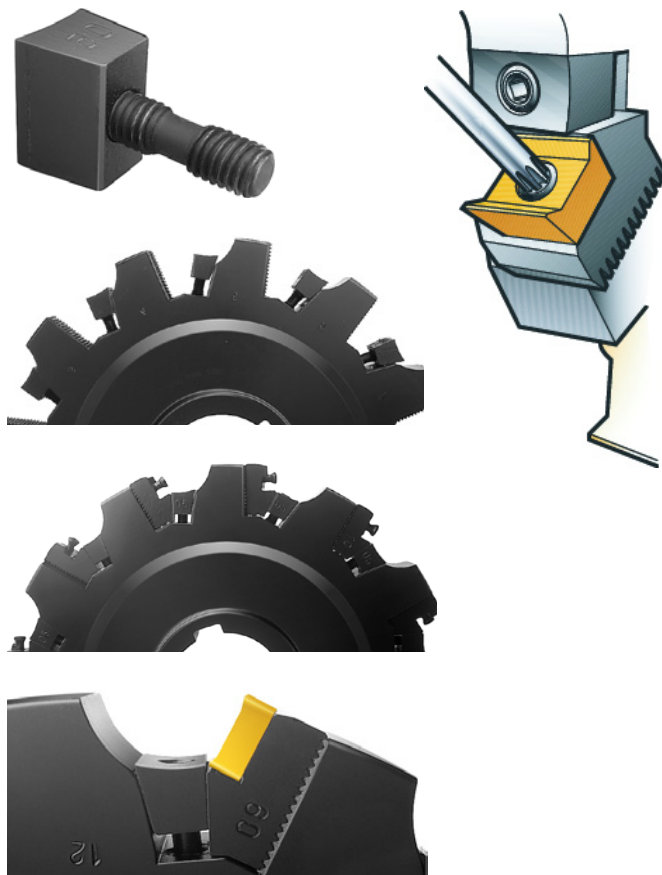
Requisiti:

- Microindicatore
- Proiettore

### Montaggio

**Nota:** Usare queste istruzioni di montaggio quando la fresa è stata completamente smontata per essere pulita o riparata.

1. Lubrificare entrambe le estremità delle viti dei cunei con Molykote.
2. Serrare ogni vite dei cunei di 1 giro dalla parte inferiore del cuneo.
3. Serrare tutti i cunei nel corpo della fresa, senza bloccarli completamente.
4. Lubrificare le viti degli inserti con Molykote.
5. Serrare tutte le viti degli inserti di 3-5 giri nelle cartucce.
6. Montare tutte le cartucce.
7. Accertarsi che le cartucce siano più a fondo possibile nelle loro sedi.
8. Accertarsi che tutte le cartucce siano posizionate in modo uniforme, con i cunei entro  $\pm 0,1$  in direzione assiale.
9. Serrare le viti dei cunei per correggere la coppia = 6 Nm. (fresе con diametro inferiore a 110 mm = 5 Nm).
10. Accertarsi che nessuna vite sporga oltre i cunei.
11. Sulle fresе con diametri pari a 127 mm o più piccole, accertarsi che nessuna delle viti sporga oltre l'alesaggio.
12. Allentare tutte le viti dei cunei.
13. Serrare le viti dei cunei alla coppia corretta = 4 Nm. (Fresе con diametro inferiore 110 mm = 3 Nm).



### Montaggio dell'inserto

1. Pulire accuratamente la sede dell'inserto prima di eseguire il montaggio.
2. Verificare che vi sia contatto con il fondo della faccia della sede.
3. Serrare la vite del cuneo.
4. Lubrificare la vite del cuneo con Molykote prima del riutilizzo.

### Regolazione dell'utensile

La fresa CoroMill 331 è facile da preregolare. La precisione della preregolazione è limitata solo dall'attrezzatura disponibile.

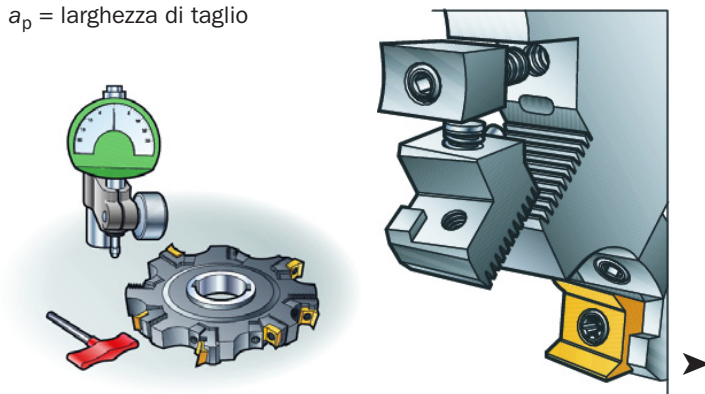
Si consiglia l'uso di un microindicatore, oppure di preregolare la fresa CoroMill 331 in un proiettore. Usare questa formula per calcolare l'altezza della combinazione del blocchetto calibrato quando si regola il microindicatore.

Regolazione zero del micro-  
indicatore:

$$\frac{E + a_p}{2}$$

E = larghezza totale della fresa sopra il  
mozzo

$a_p$  = larghezza di taglio





### Registrazione dell'utensile (continua)

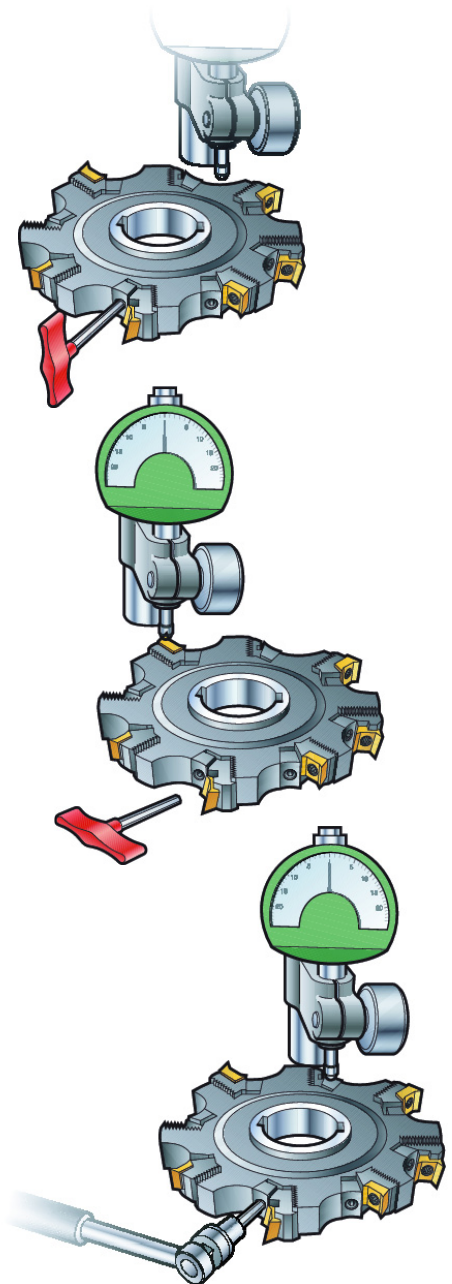
1. Allentare la vite del cuneo di mezzo giro.
2. Spingere manualmente la cartuccia finché non sporge sopra la fresa.
3. Posizionare la fresa sul diabase. Posizionare il punto di contatto piano del microindicatore sul tratto dell'inserto.
4. Spostare la cartuccia delicatamente finché la lancetta del microindicatore non si posiziona sullo zero.
5. Serrare la vite del cuneo.
6. Ripetere la procedura, compensando lo spostamento. Serrare la vite del cuneo alla coppia corretta per il diametro della fresa (vedere la tabella a destra).

**Nota:** per evitare la distorsione delle frese di diametro 80 mm, il montaggio deve essere eseguito in tre fasi:

- a: Serraggio di base di tutte le viti.
- b: Secondo serraggio a 4 Nm.
- c: Serraggio finale a 5 Nm.

7. Allentare la vite del cuneo di mezzo giro.
8. Distribuire la protrusione uniformemente su entrambi i lati della fresa.
9. Eliminare il runout assiale sul lato anteriore della fresa spingendo la cartuccia verso il punto zero.
10. Serrare le viti del cuneo.
11. Regolare il lato posteriore della fresa alla larghezza utensile necessaria.

Diametro, (mm)	Coppia, (Nm)
80-100	5
125-315	6



### Chiave dei codici per inserti

32. = fresa a disco, design a cartuccia  
 35. = fresa a disco, design a sede fissa  
 52. = fresa a disco a due tagli, design a cartuccia

Diametro

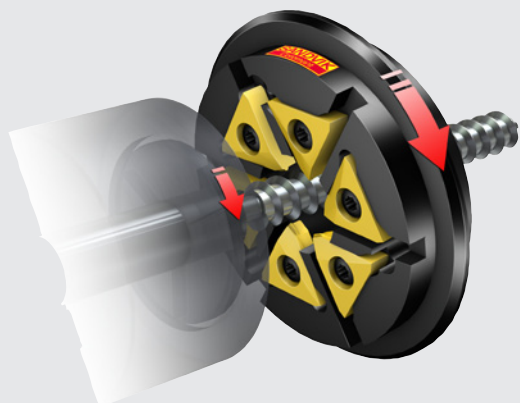
**N** **331** **.32** - **200** **Q40** **CM** — Larghezza della cava

R = destro  
 N = neutro  
 L = sinistro

Tipo e dimensione del montaggio  
 A = cilindrico  
 S = alesaggio con sede per chiave  
 Q = manicotto

# CoroMill® 325

Turbofilettatura per componenti lunghi e sottili.



- Dischi e inserti per turbofilettatura
- Compatibile con la maggior parte delle macchine a fantina mobile e mandrini
- Filettatura con maggiore produttività
- Tempi di set-up più veloci
- Filettatura più profonda
- Durata utensile più lunga

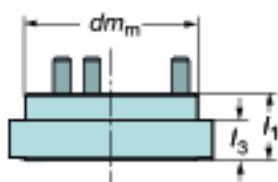
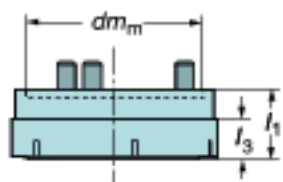
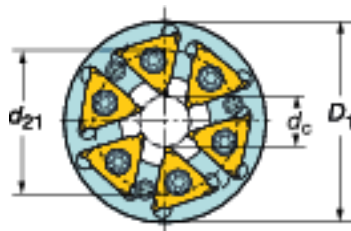
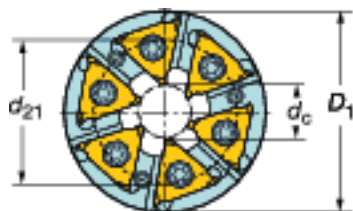
Copre una vasta gamma di macchine a fantina mobile e mandrini

MTM	Produttore di mandrini
Citizen	PCM
Citizen	Jarvis
Star	Star
Tsugami	Tsugami
Tornos	Tornos

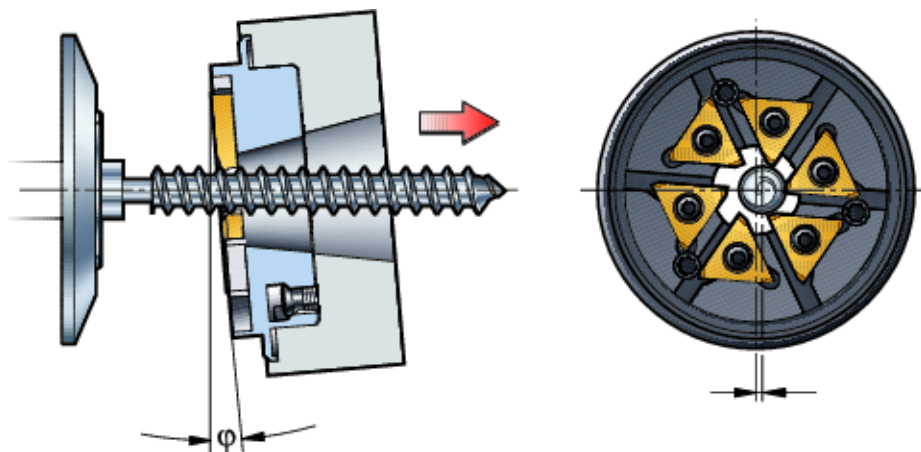
Tipici dati di taglio per materiali ISO S

$v_c$ , m/min (piedi/min)	40 - 60 (131 - 197)
$h_{ex}$ , mm (pollici)	0.02 - 0.10 (0.0008 - 0.0039)
Max $f_z$ , mm (pollici)	0.05 (0.0020)

**M S**



## Il processo di turbofilettatura



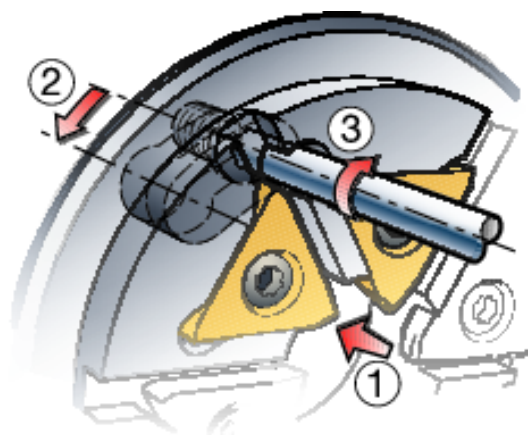
Un disco di turbofilettatura, equipaggiato con inserti sul diametro esterno, ruota attorno ad un componente cilindrico per eseguire la filettatura. La corretta azione di taglio tangenziale riduce al minimo le forze di taglio per ottenere un elevato volume di truciolo asportato.

- Montare il disco di turbofilettatura sull'unità mandrino
- Inclinare l'unità mandrino in relazione all'angolo d'elica desiderato della vite
- Programmare il disco fuori centro, in relazione al diametro del filetto
- Ruotare il componente a una velocità inferiore, determinata dal suo diametro e dall'elica della filettatura
- Coordinare il movimento del disco con la rotazione del componente per ottenere il corretto profilo della filettatura (lo spessore truciolo è determinato dalla velocità di avanzamento del disco)

## Il semplice set-up dell'utensile fa risparmiare tempo

Gli inserti per turbofilettatura possono essere montati rapidamente fuori macchina, in un ambiente pulito.

1. Inserire il disco sulla vite del mandrino
2. Ruotare la vite del mandrino in senso antiorario fino a raggiungere la posizione inferiore
3. Stringere la vite del disco



# CoroMill® Plura

Frese a candela integrali di metallo duro per la massima produttività in tutti i materiali ed applicazioni

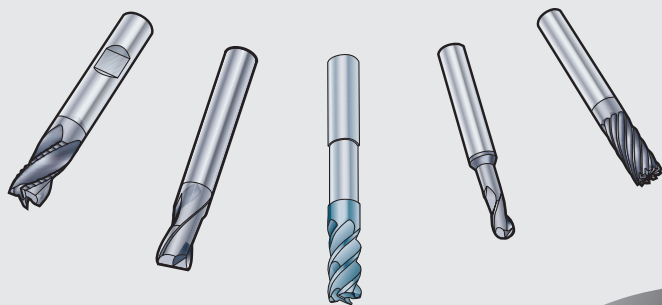
– Geometrie ottimizzate per sgrossatura, finitura, profilatura, smussatura e filettatura

– Design con profondità dell'elica variabile (VFD) per massima rigidità del nucleo e spazio per il truciolo

– Offre rigidità ottimizzata per finitura e superfinitura

– Massima produttività in tutti i materiali ed applicazioni







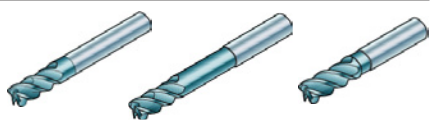

















– Può essere ordinata come prodotto speciale o Tailor Made in base ai requisiti del singolo cliente.


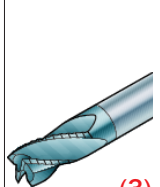
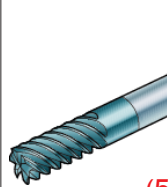
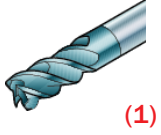



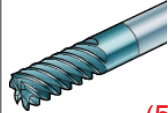







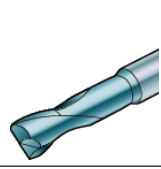
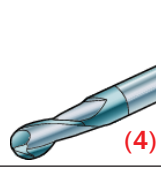
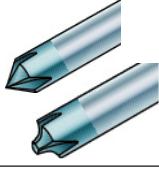
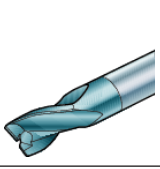








*Tailor Made*

## Applicazioni

A seconda dell'operazione, usare questa tabella per individuare la fresa a candela CoroMill Plura adatta.

Metodo	Fresa di scelta prioritaria
<p><b>(1) Fresatura generale, sgrossatura, semifinitura</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Fresatura di spallamenti <b>D 42</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Fresatura di cave <b>D 85</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Spianatura <b>D 55</b></p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Fresatura assiale / a tuffo <b>D 116</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Fresatura di tasche <b>D 100</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Lavorazione in rampa <b>D 100</b></p> </div> </div>	 <p>Design con profondità dell'elica variabile (Variable flute depth - VFD). Angolo elica -50°.</p>
<p><b>(2) Sgrossatura, avanzamento elevato</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Spianatura <b>D 55</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Lavorazione in rampa <b>D 100</b></p> </div> </div>	  <p>Fresa ad elevato avanzamento (High feed cutter - HFC). Angolo elica -50°.</p>
<p><b>(3) Sgrossatura</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Fresatura di cave <b>D 85</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Fresatura di tasche <b>D 100</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Lavorazione in rampa <b>D 100</b></p> </div> </div>	 <p>Kordell. Angolo elica -40°.</p>
<p><b>(4) Profilatura</b></p> <p><b>Sgrossatura</b></p> <div style="text-align: center;">  <p>Fresatura di tasche <b>D 100</b></p> </div>	  <p>Fresa a ad ampio raggio, VFD. Angolo elica -50°.</p>
<p><b>Semifinitura e finitura</b></p> <div style="text-align: center;">  <p>Profilatura <b>D 66</b></p> </div>	 <p>Fresa a candela con testa sferica (Ball Nose end - BNE). Angolo elica -30°.</p>
<p><b>(5) Finitura</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Fresatura di spallamenti <b>D 42</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Spianatura <b>D 55</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Lavorazione in rampa circolare <b>D 100</b></p> </div> </div>	 <p>Fresa a candela a più taglienti. Angolo elica -50°.</p>

	Scelta prioritaria	Complementare			
	 (1)		 (2)	 (3) K B	 (5)
Versione	Profondità d'elica variabile a 50°	Tradizionale	Avanzamento elevato	Kordell	Multitaglienti
Applicazione	Generale	Generale	Sgrossatura	Sgrossatura	Finitura
Geometria	$\Phi H$	A, P, N	$\Phi H$	B, K, U	H, L
Angolo d'elica (grado)	50°	25°, 30°, 45°	50°	30°, 40°, 45°	30°, 50°, 60°
Dia. fresa ( $D_c$ )	2 – 25	1 – 25	4 – 20	6 – 25	3 – 20
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	7.0 – 54.0	3.0 – 90.0	0.2 – 1.3	7.0 – 45.0	8.0 – 38.0
Raggio di punta ( $r_\epsilon$ ), dia. mm	0.2 – 4	Non raggiato	0.5 – 2	Non raggiato	0.5 – 2
Taglienti ( $z_n$ )	3, 4, 5	2, 3, 4, 5, 6	4	3, 4, 5, 6, 8	2, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16
Materiale					
Informazioni aggiuntive	Taglio al centro Passo differenziato Con/senza fluido da taglio, raggio	Taglio al centro	Senza tagliente al centro	Con/senza tagliente al centro Con/senza fluido da taglio	Senza tagliente al centro

		 (4)				
Versione	Raggio di punta	Testa sferica	Smusso a 45°, 60°	Esecuzione di cave	Estremità piana	Passo 0,5 – 3
Applicazione	Fresatura di acciaio duro	Profilatura	Smussatura	Fresatura di sede per chiavetta	Tornitura-fresatura*)	Filettatura*)
Geometria	G	A, G, P, N	G	P	N	N, H
Angolo d'elica (grado)	30°	30°, 40°	0°	30°	30°	
Dia. fresa ( $D_c$ )	2 – 16	0.4 – 20	4 – 8	2 – 20	6 – 12	3.2 (M4) – 19 (M24)
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	2.0 – 16.0	0.4 – 45	0.5 – 7.4	3.0 – 20.0	10.0 – 16.0	8.4 – 50.0
Raggio di punta ( $r_\epsilon$ ), dia. mm	0.2 – 3	0.1 – 10	0.5 – 6	Non raggiato	0.5 – 1	
Taglienti ( $z_n$ )	2, 4	2, 3, 4	3, 4, 5, 6	2, 3	4	3, 4, 5, 6
Materiale						
Informazioni aggiuntive	Taglio al centro	Taglio al centro		Taglio al centro	Taglio al centro	Metrico a 60° Con/senza fluido da taglio

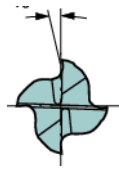
\*) Per ulteriori informazioni sulla tornitura-fresatura, vedere pagina D 80, e la sezione Fresatura di filetti a pagina D 95.

## Consigli sulla geometria

### Geometria P ed N

- Scelta prioritaria per la lavorazione generale di acciaio <48 HRc, acciaio inossidabile, titanio, HRSA, ghisa e alluminio
- Taglienti dritti
- Diametro del nucleo, 50% (P) 60% (N)
- Angolo di spoglia superiore positivo da 9° a 12° per ridurre le forze di taglio.

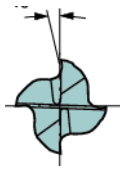
$$\gamma_0 = \text{da } 9^\circ \text{ a } 12^\circ$$



### Geometria K

- Scelta prioritaria per la sgrossatura di materiali con <28 HRc
- Periferia a forma di onda per una ridotta dimensione del truciolo (Kordell)
- Diametro del nucleo, 60% per una buona combinazione di robustezza e spazio per il truciolo
- Angolo di spoglia superiore positivo da 9° a 12° per ridurre le forze di taglio.

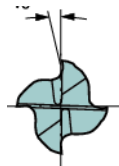
$$\gamma_0 = \text{da } 9^\circ \text{ a } 12^\circ$$



### Geometria L

- Scelta prioritaria per la finitura di acciaio <48 HRc, acciaio inossidabile, titanio, HRSA, ghisa e alluminio
- Taglienti dritti
- Diametro del nucleo, 70% per maggior resistenza alla flessione
- Angolo di spoglia superiore positivo da 4° a 6° per ridurre le forze di taglio.

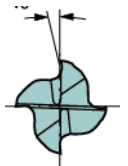
$$\gamma_0 = \text{da } 4^\circ \text{ a } 6^\circ$$



### Geometria B

- Scelta alternativa per la sgrossatura del titanio
- Taglienti dritti con "intagli" per una minore dimensione del truciolo
- Diametro del nucleo, 60% per una buona combinazione di robustezza e spazio per il truciolo
- Angolo di spoglia superiore positivo da 4° a 7° per ridurre le forze di taglio.

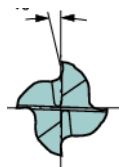
$$\gamma_0 = \text{da } 4^\circ \text{ a } 7^\circ$$



### Geometria G

- Scelta prioritaria per operazioni dalla sgrossatura alla superfinitura di acciaio da 35 a 58 HRc
- Taglienti dritti
- Diametro del nucleo, 70% per maggior resistenza alla flessione
- Angolo di spoglia superiore da -3° a 3° per elevata resistenza del tagliente e azione di taglio "dolce".

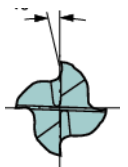
$$\gamma_0 = \text{da } -3^\circ \text{ a } 3^\circ$$



### Geometria U

- Scelta prioritaria per l'alluminio
- Periferia a forma di onda per una ridotta dimensione del truciolo (Kordell)
- Angolo di spoglia superiore positivo da 9° a 12° per ridurre le forze di taglio.

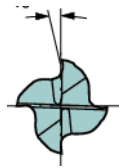
$$\gamma_0 = \text{da } 9^\circ \text{ a } 12^\circ$$



### Geometria H

- Da sgrossatura a superfinitura di acciaio da 48 a 63 HRc
- Taglienti dritti
- Diametro del nucleo, 75% per massima resistenza alla flessione
- Angolo di spoglia superiore da -11° a -21° per la massima robustezza del tagliente.

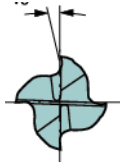
$$\gamma_0 = <-11^\circ$$



### Geometria A

- Scelta alternativa per l'alluminio
- Taglienti dritti
- Angolo di spoglia superiore positivo da 12° a 15° per ridurre le forze di taglio.

$$\gamma_0 = \text{da } 12^\circ \text{ a } 15^\circ$$



## Chiave dei Codici

### R 21 6 . 2 4 - 100 50 D C K 22 P

Descrizione di un codice per CoroMill Plura:

**21** = fresa a candela

**6** = funzione di foratura

**2** = forma quadrata con raggio di punta

**4** = N° di denti ( $z_n$ ), 1-9, A se 10-32

**100** = diametro fresa in mm ( $D_c$ )

**50** = angolo d'elica in gradi ( $\gamma_p$ )

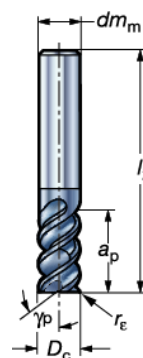
**D** = raggio di punta ( $r_\epsilon$ )

**C** = tipo di stelo

**K** = lunghezza dello stelo in mm ( $l_2$ )

**22** = Max. profondità di taglio in mm ( $a_p$ )

**P** = geometria



Usare la Guida Plura per la scelta corretta dell'utensile e dei dati di taglio, nonché per la programmazione, C-2948:063.





## Consigli sull'uso dei denti (taglienti)

- Usare 4 denti per ottenere la massima produttività
- Usare 3 denti per ottenere la massima stabilità

## Qualità consigliate


### ISO **P M K**

GC1620, GC1630, GC1640	<b>A secco</b>	Ad umido
Finitura	CG1620	CG1620
Semifinitura	GC1630	GC1630
Sgrossatura	GC1640	GC1640


### ISO **N**

H10F	<b>A secco</b>	Ad umido
Finitura	H10F	CG1620
Semifinitura	H10F	GC1630
Sgrossatura	H10F	GC1640

### ISO **S**

GC1620, GC1630, GC1640	A secco	<b>Ad umido</b>
Finitura		CG1620
Semifinitura		GC1630
Sgrossatura		GC1640

### ISO **H**

GC1610, GC1620	<b>A secco</b>	Ad umido
Finitura	GC1610	
Semifinitura		
Sgrossatura	GC1620	

## Riaffilatura di CoroMill® Plura

La riaffilatura di frese a candela integrali è consigliata quando il tagliente è scheggiato o quando l'usura provoca la formazione di bave e la finitura superficiale diventa inaccettabile.

La massima usura consigliata prima della riaffilatura è riportata nella tabella sottostante.

Diametro utensile ( $D_c$ ), mm	4 – 6	7 – 9	10 – 14	15 – 20	25
Max. usura diametro, mm	0.05	0.07	0.09	0.14	0.20
Max. usura angolo, mm	0.20	0.30	0.40	0.50	0.70

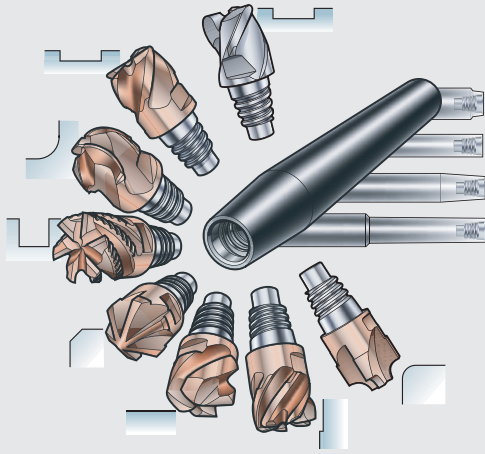
**Nota:** Se l'usura è superiore ai valori massimi specificati, potrebbe essere necessario accorciare l'utensile, con conseguente riduzione della lunghezza. Tuttavia, se l'usura è eccessiva, il ricondizionamento potrebbe non essere possibile.

Per ulteriori informazioni sui servizi di ricondizionamento disponibili, rivolgersi al proprio specialista Sandvik Coromant.



# CoroMill® 316

























## Sistema di fresatura a testine intercambiabili



- Geometrie ottimizzate per sgrossatura, finitura, profilatura e smussatura
- Sistema di fresatura a testine intercambiabili: tempi di sostituzione ridotti per aumentare resa e produttività
- Contatto completo con faccia e rastrematura per garantire la massima stabilità
- Accoppiamento progettato per ridurre al minimo la flessione
- Diverse testine intercambiabili con uno stelo per garantire massima flessibilità e ridurre le scorte
- Ampia gamma di opzioni di stelo per la miglior combinazione di accessibilità e stabilità

## Applicazioni

A seconda dell'applicazione, usare questa tabella per individuare la fresa a candela CoroMill CoroMill 316 adatta.

Metodo	Fresa di scelta prioritaria
<b>(1) Fresatura generale, sgrossatura, semifinitura</b>  Fresatura di spallamenti D 42  Fresatura di cave D 85  Spianatura D 55  Fresatura assiale / a tuffo D 116  Fresatura di tasche D 100  Lavorazione in rampa D 100	 Fresa a candela con raggio di punta
<b>(2) Sgrossatura, avanzamento elevato</b>  Spianatura D 55  Lavorazione in rampa D 100	  Fresa a candela ad elevati avanzamenti
<b>(3) Sgrossatura</b>  Fresatura di cave D 85  Fresatura di tasche D 100  Lavorazione in rampa D 100	 Fresa a candela Kordell
<b>(4) Profilatura</b> Sgrossatura  Fresatura di tasche D 100 Semifinitura e finitura  Profilatura D 66	  Fresa a candela con grande raggio sull'angolo   Fresa a candela con testa sferica
<b>(5) Finitura</b>  Fresatura di spallamenti D 42  Spianatura D 55  Lavorazione in rampa circolare D 100	 Fresa a candela a più taglienti

	Scelta prioritaria	Complementare				
Versione	Raggio di punta	Raggio di punta	Avanzamento elevato	Kordell	Testa sferica	Multitaglienti
Applicazione	Generale	Generale	Sgrossatura	Sgrossatura	Profilatura	Finitura
Geometria	P	P	P	K	G	L
Angolo d'elica (grado)	50°	10°	40°, 50°	40°, 45°	10°, 40°	50°
Qualità	GC1030	GC1030, H10F	GC1030	GC1030	GC1030, H10F	GC1030
Dia. fresa ( $D_c$ )	10 – 25	10 – 16	10 – 25	10 – 25	10 – 25	10 – 25
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	5.5 – 13	8 – 13	0.7 – 1.6	5.5 – 13.5	5.5 – 13	5.5 – 13.5
Raggio ( $r_\epsilon$ ), (dia. mm)	0,5 – 3 (dia. 10) 0,5 – 4 (dia. 12 – 20)	0 – 2,5 (dia. 10) 0 – 3 (dia. 12) 0 – 4 (dia. 16)	1,5 (dia. 10 – 12) 2 (dia. 16 – 20) 3 (dia. 25)	0,4 (tutti i dia.)	5 (dia. 10) 6 (dia. 12) 8 (dia. 16) 10 (dia. 20) 12,5 (dia. 25)	0,1 (dia. 10-12) 0,1, 1,5 (dia. 16 – 25)
Taglienti ( $z_n$ )	3, 4	2	4	4, 5, 6	2, 4	6, 8
Materiale						
Informazioni aggiuntive	Taglio al centro	Taglio al centro Passo largo Risolutore di problemi	Senza tagliente centrale	Taglio al centro	Taglio al centro	Senza tagliente al centro Con/senza raggio

Versione	Smusso a 15°, 30°, 45°, 60°	Raggio smusso	Raggio di punta
Applicazione	Smussatura	Smussatura	Fresatura di alluminio
Geometria	G	G	U
Angolo d'elica (grado)	0°, 10°	0°	45°
Qualità	GC1030	GC1030	H10F
Dia. fresa ( $D_c$ )	10 – 16	10 – 25	10 – 25
Max. profondità di taglio ( $a_p$ ), mm	1.2 – 7.5	1.5 – 8	5.5 – 13
Raggio ( $r_\epsilon$ ), (dia. mm)	Non raggiato	1,5 – 3 (dia. 10) 3 – 4 (dia. 12) 4 – 6 (dia. 16) 6 (dia. 20) 8 (dia. 25)	0 – 2,5 (dia. 10) 0 – 4 (dia. 12-25)
Taglienti ( $z_n$ )	2, 4, 6, 8	4	3
Materiale			
Informazioni aggiuntive			Taglio al centro Con/senza raggio

## Consigli sulla geometria

Per informazioni dettagliate sulla geometria, vedere CoroMill Plura a pagina D 184.

## Chiave dei Codici

### 316 - 12 S M 3 50 - 120 05 P

Chiave dei codici per testine di fresatura intercambiabili:

**12** = Dimensione di accoppiamento EH

**S** = Angolo retto a 90°

**M** = Lunghezza della testina (media)

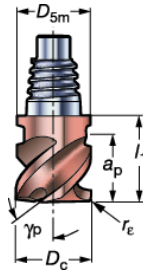
**3** = Numero di denti ( $z_n = 3$ )

**50** = Angolo d'elica in gradi ( $\gamma_p$ )

**120** = Diametro di taglio in mm ( $D_c$ )

**05** = Raggio di punta ( $r_\epsilon = 0,5$ )

**P** = Geometria



### E12 - A 20 - S S - 120

Chiave dei codici per gli steli:

**E12** = Dimensione di accoppiamento EH

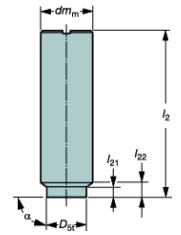
**A** = Tipo di stelo cilindrico

**20** = Diametro stelo in mm ( $D_{mm} = 20$ )

**S** = Tipo di stelo (diritto)

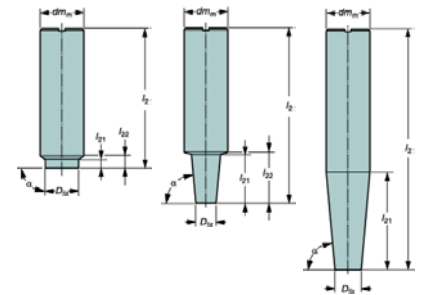
**S** = Materiale dello stelo (acciaio)

**120** = Lunghezza dello stelo in mm ( $l_2$ )



## Consigli con diversa lunghezza dell'utensile

Lunghezza utensile	$< 3 \times D_c$	$4 \times D_c$	$10 \times D_c$	$> 12 \times D_c$
	Condizioni stabili Raffrontabile al metallo duro integrale	Abbastanza stabile Non stabile come il metallo duro integrale	Ridotta stabilità	Stabilità molto bassa
Applicazioni con stelo in acciaio	Tutti i tipi di inserti e applicazioni.	Avanzamento elevato Profilatura Smussatura Fresatura di spalamenti Esecuzione di cave limitate	Avanzamento elevato Profilatura Smussatura Esecuzione di spalamenti limitati	Avanzamento elevato Profilatura Smussatura Non adatta per la fresatura di spalamenti
Applicazioni con stelo integrale in metallo duro	Tutti i tipi di inserti e applicazioni.	Tutti i tipi di inserti e applicazioni.	Avanzamento elevato Profilatura Smussatura Esecuzione di spalamenti Esecuzione di cave limitate	Avanzamento elevato Profilatura Smussatura Fresatura di spalamenti limitata



**Materiale:** Acciaio, 43,5 HRc  
**Diametro dello stelo:** 10 - 32 mm  
**Tipo:** Dritto 90°, Conico 80°, 85° e 89°  
**Lunghezza:** 65 - 250 mm

**Materiale:** Metallo duro integrale  
**Diametro stelo:** 10 - 25 mm  
**Tipo:** Dritto 90°, Conico 89°  
**Lunghezza:** 100 - 200 mm

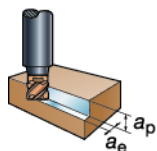
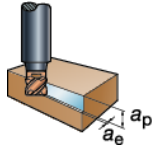
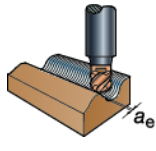
Misura accoppiamento	Chiave
E10	5060 093-01
E12	5060 093-02
E16	5060 093-03
E20	5060 093-04
E25	5060 093-05



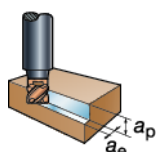
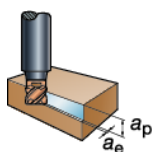
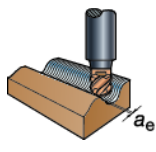
## Consigli sull'uso dei denti (taglienti)

- Usare 4 denti per ottenere la massima produttività
- Usare 3 denti per ottenere la massima stabilità

## Velocità ed avanzamenti consigliati

					
CoroMill® 316 GC1030			$a_e \leq 1.0 \times D_c$ $a_p \leq 0.5 \times D_c$	$a_e \leq 0.3 \times D_c$ $a_p \leq 0.5 \times D_c$	$a_e \leq 0.005 \times D_c$
ISO	CMC	HB	$v_c$ m/min	$v_c$ m/min	$v_c$ m/min
<b>P</b>	01.1	125	190	280	630
	01.2	150	170	255	580
	01.4	210	150	225	510
	02.1	175	165	245	555
	02.2	300	100	150	340
	03.11	200	170	250	570
	03.22	380	80	120	280
<b>M</b>	05.11	200	70	110	240
	05.21	200	55	85	190
	05.51	230	45	70	155
<b>K</b>	07.1	130	120	180	395
	08.1	180	130	190	420
	08.2	245	110	160	380
	09.1	250	105	155	350
<b>N</b>	30.22	90	1000	1100	1300
<b>S</b>	20.22	350	25	35	80
	23.22	350	40	80	150

## Avanzamenti consigliati

					
CoroMill® 316 GC1030			$a_e \leq 1.0 \times D_c$ $a_p \leq 0.5 \times D_c$	$a_e \leq 0.3 \times D_c$ $a_p \leq 0.5 \times D_c$	$a_e \leq 0.005 \times D_c$
$D_c$ mm	$f_z$ mm/dente		$f_z$ mm/dente		$f_z$ mm/dente
10	0.045		0.070		0.120
12	0.055		0.085		0.140
16	0.065		0.110		0.160
20	0.080		0.130		0.180
25	0.100		0.160		0.200



Usare la Guida Plura per la scelta corretta dell'utensile e dei dati di taglio, nonché per la programmazione, C-2948:063.

# Ampliamento della gamma

## Prodotti Tailor Made

Il programma Tailor Made copre le varianti dei prodotti CoroMill standard, ossia dimensione dell'inserto, numero di inserti nella fresa, passo e tipo di montaggio, lunghezza dell'utensile, ecc.

Per soluzioni più avanzate, è possibile richiedere prodotti speciali.



Oltre al programma standard e Tailor Made, sono disponibili moltissimi varianti della fresa a candela integrale di metallo duro CoroMill Plura.

## Prodotti speciali

I prodotti speciali per la fresatura possono essere soluzioni convenienti per la produzione di serie, in cui un utensile può sostituire diversi utensili standard, o nei casi in cui le configurazioni complesse dei componenti richiedono una fresa o una geometria dell'inserto specifici.

## Frese CoroMill® con cassette

Il sistema a cassette CoroMill, sviluppato per frese per spianatura con diametri medio-grandi, ne rende facile e conveniente la gestione.

Inoltre, rende la scelta dei parametri (come dimensione, altezza, passo e angolo di registrazione, oltre a tipo e dimensione dell'inserto) adattabile in modo libero e individuale a specifiche condizioni.

Cassette intercambiabili:

- Semplificano la manutenzione e riducono i costi, poiché solo una piccola parte dell'utensile deve essere sostituita in caso di danno.
- Consentono regolazioni semplici per ottenere una finitura superficiale ottimale o per la produzione di strutture superficiali di tipo funzionale, multiscopo.
- Bloccaggio sicuro delle cassette mediante un sistema a cunei, che ne facilita la sostituzione.
- Macroregolazione accurata grazie a un dispositivo semplice da utilizzare.
- Opzione di microregolazione.
- Ridotto runout e prestazioni sicure ad elevate velocità rotazionali grazie alle interfacce "millerighe" delle cassette ben collaudate.
- Il sistema millerighe garantisce inoltre che la precisione sia mantenuta durante la regolazione della posizione dell'inserto.
- Consentono l'uso di un'ampia gamma di inserti, compresi: inserti standard, inserti raschianti, inserti Tailor Made.

Le cassette standard nelle frese speciali o le cassette speciali in frese standard offrono un elevato livello di flessibilità.



## Lavorazione con fresa a disco

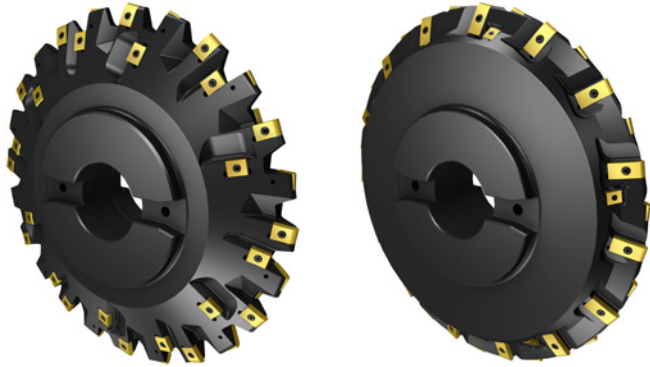
Sulla base di CoroMill 331, possono essere realizzate numerose frese speciali, usando cassette e inserti standard o Tailor Made.



## Taglio degli ingranaggi

Il taglio degli ingranaggi è una delle tante aree in cui Sandvik Coromant offre soluzioni di fresatura ottimizzate:

- Frese produttive per sgrossatura e finitura di ruote dentate.
- Frese con design interno o esterno ed inserti ad alta precisione.



Frese per sgrossatura e finitura, rispettivamente



## Lavorazione del rotore a vite del compressore

La lavorazione del rotore a vite del compressore è un'altra area in cui Sandvik Coromant ha ampia esperienza in applicazioni in tutto il mondo.

Sono state sviluppate frese apposite per la sgrossatura di rotori a vite di compressori d'aria o di refrigerante in un'unica operazione. Questi utensili sono progettati e realizzati per soddisfare le esigenze di processi produttivi specifici.

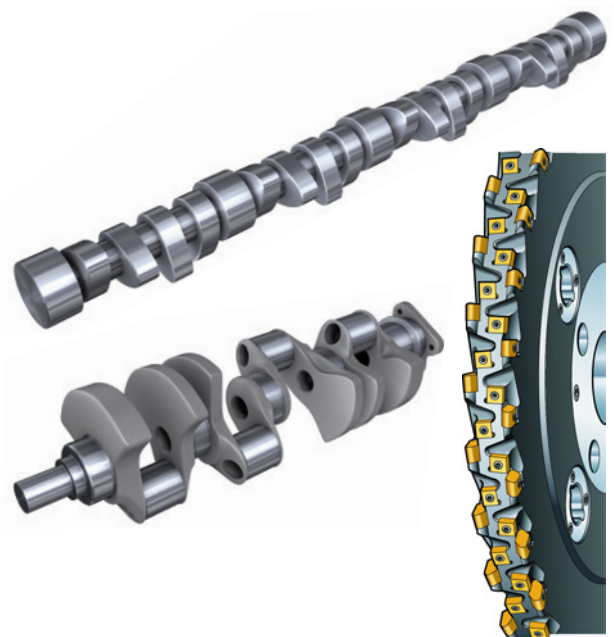


## Lavorazione di alberi a gomiti e alberi a camme

Tempi di lavorazione brevissimi, elevata qualità del prodotto e un processo produttivo estremamente sicuro per alberi a gomiti e alberi a camme rappresentano esigenze complesse per gli utensili utilizzati. Sandvik Coromant offre utensili affidabili per tutti i metodi più comuni nella produzione di elevati volumi.

Sono fornite frese interne ed esterne con un design del corpo semplice e un sistema a segmenti sostituibili, oltre a frese interne con sedi fisse. Tutto questo, unito agli inserti realizzati nelle qualità che offrono le migliori prestazioni, contribuisce a ottenere una soluzione molto affidabile e conveniente.

Per la tornitura-broccatura, le cassette e i dischi sono progettati per consentire l'assemblaggio singolo di tutte le posizioni dell'utensile e ottenere il numero più efficiente di utensili gemelli montati. Le cassette sono stabili, semplici da sostituire e da pulire.



# Informazioni sulle qualità

I materiali da taglio generalmente sono classificati in qualità base e complementari, indicate in una tabella ISO/ANSI e descritte in base al rapporto tra resistenza all'usura e tenacità.

- Le qualità base coprono una vasta gamma di applicazioni, e devono essere considerate come la scelta prioritaria.
- Le qualità complementari ampliano la gamma ed offrono soluzioni alternative.



La posizione e la forma dei simboli delle qualità indicano il campo di applicazione più adatto



= Qualità base



= Qualità complementari

Centro del campo di applicazione

Campo di applicazione consigliato

↑ Resistenza all'usura

↓ Tenacità

## Acciaio

P	Qualità base		Qualità complementari	
	ISO	ANSI		
P	01	C8		
	10	C7		
	20			
	30	C6	GC 1030 GC 4230 GC 4220	GC 1010 CT 530
	40	C5	GC 4240	SM 30 GC 2030 GC 2040 GC 1025 GC 3040
	50			

### GC4230 (HC) – P30 (P10 – P40)

- Qualità generale per la lavorazione moderna, offre un buon equilibrio tra sicurezza e produttività. Qualità in metallo duro rivestito per fresatura da leggera a pesante (a secco e ad umido) in acciai non legati o debolmente legati. Scelta prioritaria nella spianatura e soluzione ottimale per ottenere una maggior produttività nella fresatura di spallamenti.

### GC4220 (HC) - P20 (P10 – P25)

- Qualità in metallo duro rivestito ottimizzata per ottenere la massima produttività nella fresatura dell'acciaio. Qualità per la lavorazione a secco con elevato volume di asportazione truciolo.

### GC4240 (HC) – P40 (P35 – P50)

- Qualità in metallo duro rivestito tenace, per operazioni complesse nella fresatura di acciaio. Per le frese a candela e per l'esecuzione di spallamenti retti, la qualità GC4240 deve essere usata in condizioni più stabili, ad esempio con sporgenze piccole, nella spianatura o nell'esecuzione di spallamenti poco profondi. Per altri concetti di fresa, la qualità GC4240 è la scelta prioritaria o di riserva per le operazioni complesse. Vantaggi in termini di sicurezza. Adatta per la produzione di piccoli lotti di materiali misti. Buoni risultati con o senza refrigerante.

### GC1030 (HC) – P30 (P15 – P35)

- Qualità di metallo duro con rivestimento PVD. GC1030 è la scelta prioritaria in condizioni instabili, ad esempio tagliente lungo, intasamento da truciolo, fresatura frontale e radiale e di spallamenti, sporgenza elevata, operazioni di tornitura-fresatura, ecc. Può essere usata come scelta di riserva nelle operazioni complesse. Usata con inserti rettificati alla periferia, è la scelta prioritaria per materiali con tendenza all'incollamento, ad esempio l'acciaio a basso tenore di carbonio.

### CT530 (HT) – P15 (P10 – P15)

- Qualità cermet per operazioni di fresatura leggera, prevalentemente senza refrigerante. L'elevata resistenza alla deformazione plastica e incollamento/tagliente di riporto la rendono adatta ad un ampio campo di velocità di taglio. Qualità ideale per inserti raschianti.

### GC1025 (HC) – P30 (P15 – P30)

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per fresatura leggera dell'acciaio. Usata con inserti rettificati alla periferia, è la scelta prioritaria per materiali con tendenza all'incollamento, ad esempio acciai a basso tenore di carbonio.

### GC1010 (HC) – P10 (P05 – P15)

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per la fresatura nell'area di applicazione di acciaio pretemprato e per stampi in plastica, da 36 HRC e oltre.

### GC2030 (HC) - P35 (P25 – P40)

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per la fresatura di acciai a basso tenore di carbonio che tendono a creare tagliente di riporto. Molto adatta anche per la fresatura a 90 gradi in materiali misti.

### GC2040 (HC) – P45 (P30 – P50)

- Qualità in metallo duro rivestito per la fresatura di acciai, dove occorre una combinazione di taglienti affilati e qualità tenace. Molto adatta per la produzione di piccoli lotti di materiali misti.

### GC3040 (HC) – P20 (P10 – P40)

- Qualità di metallo duro rivestita con ottima resistenza all'usura per abrasione. Adatta per fresatura pesante di acciaio a velocità medio-alte.

### SM30 (HW) – P35 (P30 – P40)

- Qualità in metallo duro non rivestito per fresatura medio-pesante a velocità di taglio medio-basse. Buona sicurezza del tagliente con materiali duri e in condizioni instabili.



**Codici a due lettere per la designazione dei materiali da taglio****Metalli duri:**

HW Metallo duro non rivestito contenente principalmente carburo di tungsteno (WC).

HT Metallo duro non rivestito, chiamato anche Cermet, contenente principalmente carburi di titanio (TiC), nitruri di titanio (TiN) o entrambi.

HC Metalli duri come sopra, ma rivestiti.

**Ceramiche:**

CA Ceramica contenente principalmente ossido di alluminio ( $Al_2O_3$ ).

CM Ceramica mista contenente principalmente ossido di alluminio ( $Al_2O_3$ ), ma anche componenti diversi dagli ossidi.

CN Ceramica contenente principalmente nitruri di silicio ( $Si_3N_4$ ).

CC Ceramica come sopra, ma rivestita.

**Diamante:**

DP Diamante policristallino <sup>1)</sup>

**Nitruri di boro:**

BN Nitruri di boro cubico <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Il diamante policristallino ed il nitruri di boro cubico sono anche detti materiali da taglio "superduri".

**P** ISO P = Acciaio

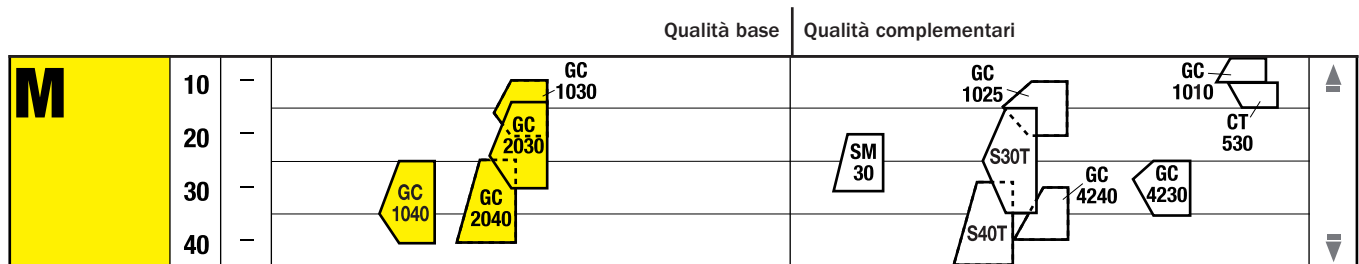
**M** ISO M = Acciaio inossidabile

**K** ISO K = Ghisa

**N** ISO N = Materiale non ferroso

**S** ISO S = Superleghe resistenti al calore

**H** ISO H = Materiale temprato

**Acciaio inossidabile austenitico/ferritico/martensitico****GC1030 (HC) – M15 (M10 – M25)**

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per fresatura leggera dell'acciaio inossidabile. In combinazione con inserti rettificati alla periferia, è la scelta prioritaria per materiali con tendenza all'incollamento e soggetti a incrudimento.

**GC 1040 (HC) - M35 (M25 – M40)**

- Qualità di metallo duro con rivestimento PVD e scelta prioritaria per acciai inossidabili austenitici e duplex. Prestazioni sicure con taglienti affilati di lunga durata, che mantengono basse le forze di taglio.

**GC2030 (HC) – M25 (M15 – M30)**

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per la fresatura di acciai inossidabili (prevalentemente di tipo austenitico) a velocità medio-alte. In combinazione con geometrie positive, è anche adatta a materiali resistenti al calore e al titanio.

**GC2040 (HC) – M40 (M25 – M40)**

- Qualità in metallo duro rivestito per la fresatura di acciai inossidabili con tendenza all'abrasione, ad esempio componenti ottenuti per fusione, acciai inossidabili ferritici/martensitici e acciai PH a velocità medie. Adatta anche per la produzione di piccoli lotti di materiali misti.

**GC4240 (HC) – M40 (M30 – M40)**

- Qualità in metallo duro rivestito per operazioni medio-pesanti su componenti fusi in acciaio inossidabile. Molto adatta per le produzioni di piccoli lotti di materiali misti.

**CT530 (HT) – M10 (M10 – M15)**

- Qualità cermet per la fresatura leggera di acciai inossidabili austenitici/duplex. L'elevata resistenza alla deformazione plastica a incollamento/tagliente di riporto la rendono adatta ad un'ampia gamma di velocità di taglio in condizioni a secco.

**SM30 (HW) – M30 (M20 – M30)**

- Qualità in metallo duro non rivestito per fresatura medio-pesante a velocità di taglio basso-moderate. Buona sicurezza del tagliente in condizioni instabili.

**GC4230 (HC) – M30 (M25 – M35)**

- Qualità in metallo duro rivestito per fresatura da leggera a pesante in acciai inossidabili martensitici.

**GC1025 (HC) – M15 (M10 – M20)**

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per fresatura leggera dell'acciaio inossidabile. In combinazione con inserti rettificati alla periferia, è la scelta prioritaria per materiali con tendenza all'incollamento e soggetti a incrudimento.

**GC1010 (HC) – M10 (M05 – M10)**

- Qualità di metallo duro con rivestimento PVD per condizioni molto stabili.

**S30T (HC) – M25 (M15 – M35)**

- Qualità di metallo duro con rivestimento PVD per la fresatura in condizioni stabili a velocità di taglio medio-alte. Adatta per applicazioni dove le esigenze di sicurezza ed affidabilità del filo tagliente sono elevate, come negli acciai inossidabili austenitici e duplex con forte tendenza all'incollamento. Scelta prioritaria per la lavorazione a secco, ma anche con refrigerante.

**S40T (HC) – M45 (M30 – M45)**

- Qualità di metallo duro con rivestimento CVD-MT per operazioni di fresatura su componenti di acciaio inossidabile che richiedono elevata tenacità, ma anche vantaggiosa in operazioni su componenti con tendenze abrasive, ad esempio componenti fusi, acciai inossidabili ferritici/martensitici e acciai PH a velocità media. Adatta anche per la produzione di piccoli lotti di materiali misti.

## Ghisa

			Qualità base	Qualità complementari
<b>K</b>	01	C4		GC 1010
	10	C3	GC 1020, K20W, GC 3220, CC 6190, CB 50	H13A, K15W, K20D, GC 4220
	20	C2		GC 4230
	30	C1	GC 3040	GC 4240
	40			

**GC3040 (HC) – K30 (K20 – K40)**

- Qualità in metallo duro rivestita e tenace per fresatura complessa di ghisa e ghisa nodulare, in condizioni umide o di ghisa ad alta resistenza. Lunga e prevedibile durata del tagliente a velocità di taglio medio-basse.

**GC3220 (HC) – K15 (K10 – K25)**

- Qualità in metallo duro con rivestimento CVD per fresatura medio-pesante di ghisa grigia, soprattutto a secco. Lunga e prevedibile durata del tagliente a velocità di taglio medio-alte.

**GC1020 (HC) – K20 (K10 – K25)**

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per fresatura medio-pesante di ghisa grigia e nodulare in condizioni umide. Da usare a velocità medio-alte; durata del tagliente prevedibile.

**CB50 (BN) – K10 (K01 – K20)**

- Qualità con riporto di nitruro di boro cubico CB50. Offre un'elevata tenacità del tagliente unita a buona resistenza all'usura. La qualità CB50 è adatta alla lavorazione di ghisa in condizioni favorevoli.

**K20W (HC) K20 (K15 – K30)**

- Qualità in metallo duro per fresatura medio-pesante di ghisa grigia e nodulare in condizioni umide. Da usare a velocità di taglio medio-basse.

**CC6190 (CN) – K05 (K01 – K15)**

- Qualità in ceramica con nitruro di silicio per la sgrossatura e semifinitura di ghisa grigia a elevate velocità di taglio.

**K15W (HC) – K15 (K10 – K25)**

- Qualità in metallo duro rivestita per fresatura di ghisa grigia in condizioni umide. Da usare a velocità di taglio medie.

**K20D (HC) – K15 (K10 – K20)**

- Qualità con rivestimento CVD-MT per fresatura medio-pesante di ghisa. Da usare prevalentemente con refrigerante. Lunga durata del tagliente, adatta ad elevate velocità.

**H13A (HW) – K20 (K10 – K25)**

- Qualità in metallo duro non rivestito con resistenza all'usura e tenacità per fresatura medio-leggera a velocità di taglio moderate. Scelta ideale per la fresatura di ghisa nodulare ferritica.

**GC1010 (HC) – K05 (K01 – K10)**

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per la fresatura di finitura di ghisa grigia e nodulare. È possibile prevedere una lunga durata del tagliente e una buona finitura superficiale.

**GC4220 (HC) – K25 (K20 – K30)**

- Qualità in metallo duro rivestito per fresatura da leggera a pesante di ghisa, a medie velocità. Complemento per le qualità GC3000 nelle operazioni.

**GC4230 (HC) – K30 (K20 – K35)**

- Qualità in metallo duro rivestito per fresatura da leggera a pesante di ghisa nodulare.

**GC4240 (HC) – K40 (K30 – K40)**

- Qualità in metallo duro rivestito per operazioni medio-pesanti a basse velocità, nei casi in cui vi sia un'elevata necessità di tenacità.

## Metalli non ferrosi, plastica, legno

			Qualità base	Qualità complementari
<b>N</b>	01	C4		
	10	C3		CT 530, GC 1025, GC 1030
	20	C2	H13A, H10	H10F
	30	C1	CD 10	

**CD10 (DP) – N05 (N01 – N10)**

- Qualità con riporto di diamante policristallino per la lavorazione di materiali non ferrosi e non metallici. Elevata durata tagliente, tagli puliti e buona finitura superficiale.

**H10 (HW) – N10 (N05 – N15)**

- Qualità di metallo duro a grana fine, non rivestita, con eccellente affilatezza del tagliente per la fresatura di alluminio.

**H13A (HW) – N15 (N10 – N25)**

- Qualità di metallo duro non rivestita per fresatura di leghe di alluminio in combinazione con taglienti affilati.

**CT530 (HT) – N15 (N10 – N20)**

- Qualità cermet consigliata soprattutto a elevati giri al minuto nella fresatura di alluminio, vista la tendenza al tagliente di riporto e il peso ridotto degli inserti.

**GC1025 (HC) – N15 (N10 – N25)**

- Qualità di metallo duro con rivestimento PVD per fresatura di leghe di alluminio in combinazione con taglienti rettificati.

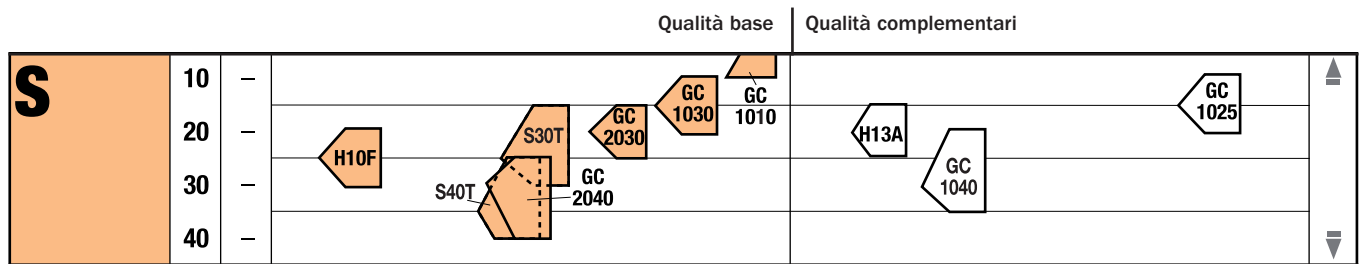
**H10F (HW) – N15 (N10 – N25)**

- Qualità di metallo duro non rivestita per fresatura di leghe di alluminio in combinazione con taglienti affilati.

**GC1030 (HC) – N15 (N10-N25)**

- Qualità di metallo duro con rivestimento PVD per fresatura di leghe di alluminio in combinazione con taglienti rettificati.

## Leghe resistenti al calore ed a base di titanio



### H10F (HW) – S25 (S20 – S30)

- Qualità in metallo duro non rivestito con grana fine. Elevata resistenza all'usura ad intaglio che la rende adatta alla fresatura di materiali per il settore aerospaziale, come il titanio.

### S30T (HC) – S25 (S15 – S30)

- Qualità di metallo duro, a micrograna, con rivestimento PVD per la fresatura di titanio. Offre taglienti molto affilati in grado di resistere alla fatica e alle microscheggiature, e di mantenersi integri per lunghi tempi di contatto a velocità di taglio molto alte.

### GC2030 (HC) – S20 (S15 – S25)

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per semifinitura e sgrassatura leggera di superleghe resistenti al calore a basse velocità.

### GC1030 (HC) – S15 (S10 – S20)

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per la fresatura di superleghe resistenti al calore a velocità medie. Buona resistenza al tagliente di riporto e alla deformazione plastica.

### S40T (HC) – S35 (S25 – S45)

- Qualità di metallo duro con rivestimento CVD sviluppata per le difficili condizioni nella fresatura del titanio. Qualità resistente alle vibrazioni e ad altre difficili condizioni di taglio per lunghi tempi di taglio, con uno sviluppo di usura prevedibile.

### GC1010 (HC) – S10 (S05 – S10)

- Qualità di metallo duro con rivestimento PVD per la fresatura del titanio, in condizioni molto buone. Un ottimizzatore con eccellente resistenza all'usura ad elevate velocità di taglio. Sensibile alla instabilità ed alle vibrazioni.

### GC2040 (HC) – S30 (S25 – S40)

- Qualità in metallo duro rivestito per la fresatura di leghe fuse resistenti al calore.

### H13A (HW) – S20 (S15 – S25)

- Qualità in metallo duro non rivestito con buona resistenza all'usura abrasiva e tenacità per la fresatura di leghe resistenti al calore a velocità di taglio e avanzamento moderati.

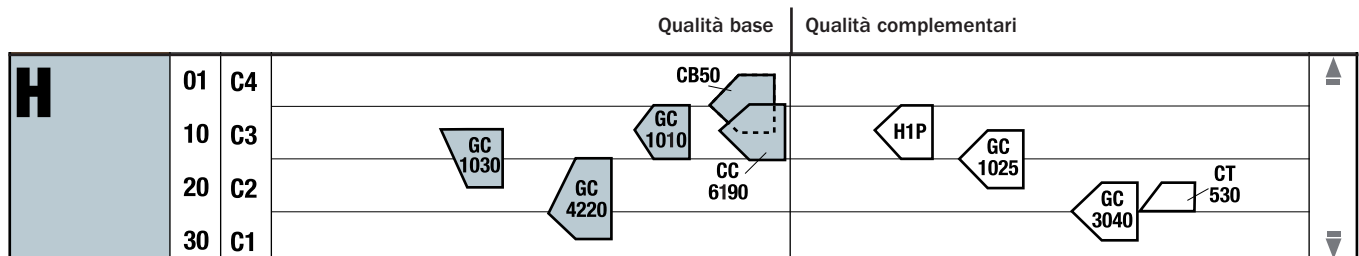
### GC1025 (HC) – S20 (S10 – S20)

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per la fresatura di superleghe resistenti al calore a velocità medie. Buona resistenza al tagliente di riporto e alla deformazione plastica.

### GC1040 (HC) – S30 (S20 – S35)

- Qualità di metallo duro con rivestimento PVD per la fresatura in condizioni difficili a velocità di taglio e/o avanzamenti medio-bassi. Per applicazioni dove le esigenze di sicurezza ed affilatura del filo tagliente sono alte. Adatta principalmente per acciai inossidabili austenitici e duplex, con tendenza all'incollamento.

## Acciaio temprato



### CB50 (BN) – H05 (H01 – H10)

- Qualità con riporto di nitruro di boro cubico CB50. Offre un'elevata tenacità del tagliente unita a buona resistenza all'usura. La qualità CB50 è adatta alla lavorazione di acciaio temprato in condizioni favorevoli.

### GC6190 (HC) – H10 (H05 – H15)

- Qualità ceramica con nitruro di silicio adatta alla fresatura per semifinitura di ghisa fredda a velocità medio-alte.

### GC1010 (HC) – H10 (H05 – H15)

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per la lavorazione di acciaio temprato. In grado di gestire una buona parte delle esigenze di lavorazione, dalla sgrassatura alle operazioni di finitura. Vista l'eccezionale resistenza alla deformazione plastica, alla microfessurazione termica e all'usura, questa qualità è in grado di sostenere lunghi tempi di contatto. Adatta per la lavorazione di acciaio inossidabile da 36 HRc e oltre.

### GC1030 (HC) – H10 (H10 – H20)

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per la fresatura di componenti temprati a bassi avanzamenti e velocità moderate.

### GC4220 (HC) – H25 (H15 – H30)

- Qualità in metallo duro rivestito per la sgrassatura leggera in condizioni favorevoli di acciai temprati, fino a HRc 60. In grado di sopportare alte temperature.

### CT530 (HT) – H25 (H10 – H25)

- Qualità Cermet per la fresatura di finitura di componenti in acciaio temprato a velocità medio-basse.

### GC3040 (HC) – H25 (H20 – H30)

- Qualità in metallo duro rivestito per la fresatura pesante di acciaio temprato in condizioni favorevoli e a velocità medio-basse.

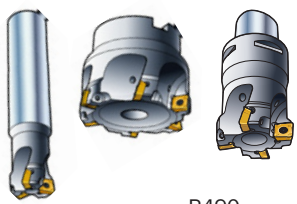


### GC1025 (HC) – H15 (H10 – H20)

- Qualità in metallo duro con rivestimento PVD per la fresatura di componenti temprati a bassi avanzamenti e velocità moderate.

### H1P (HW) – H10 (H05 – H15)

- Qualità in metallo duro non rivestito per la finitura di ghisa fusa in conchiglia a velocità medie.

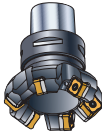

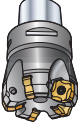


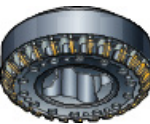

## Fresatura di spallamenti

$K_r = 90^\circ$	Geometria inserto	Misura inserto	Avanzamento per dente, $f_z$ (mm/dente)		Max. spessore del truciolo, $h_{ex}$ (mm)				
			Valore iniziale	(min.- max.)	Valore iniziale	(min.- max.)			
 R490	M-PL M-PM M-PH	08	0.10 0.17 0.22	(0.05 - 0.15) (0.10 - 0.20) (0.15 - 0.25)	0.10 0.17 0.22	(0.05 - 0.15) (0.10 - 0.20) (0.15 - 0.25)			
	E-ML E-MM M-MM		0.15 0.17 0.17	(0.12 - 0.18) (0.15 - 0.20) (0.15 - 0.20)	0.15 0.17 0.17	(0.12 - 0.18) (0.15 - 0.20) (0.15 - 0.20)			
	M-KL M-KM M-KH		0.10 0.17 0.25	(0.05 - 0.15) (0.10 - 0.20) (0.15 - 0.30)	0.10 0.17 0.25	(0.05 - 0.15) (0.10 - 0.20) (0.15 - 0.30)			
	E-PL E-ML E-KL E-NL		Leggera	11	0.08 0.10 0.08 0.20	(0.05 - 0.12) (0.05 - 0.15) (0.05 - 0.12) (0.10 - 0.30)	0.08 0.10 0.08 0.20	(0.05 - 0.12) (0.05 - 0.15) (0.05 - 0.12) (0.10 - 0.30)	
	M-PL M-KL				Leggera	11	0.08 0.10	(0.05 - 0.15) (0.08 - 0.15)	0.08 0.10
	 R390		E-PL E-ML E-KL E-NL	Leggera	17	0.08 0.10 0.08 0.20	(0.05 - 0.12) (0.05 - 0.15) (0.05 - 0.12) (0.10 - 0.30)	0.08 0.10 0.08 0.20	(0.05 - 0.12) (0.05 - 0.15) (0.05 - 0.12) (0.10 - 0.30)
			M-PL M-KL	Leggera	17	0.08 0.10	(0.05 - 0.15) (0.08 - 0.15)	0.08 0.10	(0.05 - 0.15) (0.08 - 0.15)
			E-PM E-MM E-KM	Media	11	0.10 0.13 0.12	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)	0.10 0.13 0.12	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)
			M-PM M-MM M-KM			Media	11	0.10 0.13 0.12	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)
			E-PM E-MM E-KM	Media	17	0.10 0.15 0.15	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)	0.10 0.15 0.15	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)
M-PM M-MM M-KM		Media	17			0.10 0.15 0.15	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)	0.10 0.15 0.15	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)
M-PH M-MH M-KH		Pesante	11	0.12 0.16 0.15	(0.08 - 0.20) (0.08 - 0.22) (0.12 - 0.22)	0.12 0.16 0.15	(0.08 - 0.20) (0.08 - 0.22) (0.12 - 0.22)		
M-PH M-KH				Pesante	17	0.20 0.20	(0.15 - 0.35) (0.15 - 0.35)	0.20 0.20	(0.15 - 0.35) (0.15 - 0.35)
H-PL H-ML H-KL		Leggera	18	0.10 0.10 0.10	(0.05 - 0.19) (0.05 - 0.19) (0.05 - 0.19)	0.10 0.10 0.10	(0.05 - 0.19) (0.05 - 0.19) (0.05 - 0.19)		
M-PM M-MM M-KM				Media	18	0.20 0.20 0.20	(0.08 - 0.30) (0.08 - 0.30) (0.08 - 0.30)	0.20 0.20 0.20	(0.08 - 0.30) (0.08 - 0.30) (0.08 - 0.30)
E		PCD	11	0.15	(0.10 - 0.25)	0.15	(0.10 - 0.25)		
E				PCD	17	0.15	(0.10 - 0.25)	0.15	(0.10 - 0.25)
 R290 $r_e = 0.8$ R290.90 $r_e = 2.0$		M-PL M-KL	Leggera		0.08 0.10	(0.05 - 0.15) (0.08 - 0.15)	0.08 0.10	(0.05 - 0.15) (0.08 - 0.15)	
		E-PL E-KL E-ML			Leggera	12	0.06 0.08 0.10	(0.05 - 0.09) (0.07 - 0.12) (0.08 - 0.15)	0.06 0.08 0.10
		M-PM M-KM M-KM	Media	12			0.17	(0.10 - 0.20)	0.17
		M-PL M-ML M-KL M-WL			Leggera	12	0.17	(0.10 - 0.20)	0.17
		M-PM M-MM M-KM M-WM	Media	12			0.12	(0.08 - 0.15)	0.12
		M-PH M-KH M-WH			Pesante	12	0.25	(0.10 - 0.30)	0.25
	E	Ceramica		0.10			(0.05 - 0.15)	0.10	(0.05 - 0.15)
	E			CBN		0.10	(0.05 - 0.18)	0.10	(0.05 - 0.18)

## Fresatura di spallamenti

$K_r = 90^\circ$	Geometria inserto	Misura inserto	Avanzamento per dente, $f_z$ (mm/dente)		Max. spessore del truciolo, $h_{ex}$ (mm)	
			Valore iniziale	(min.- max.)	Valore iniziale	(min.- max.)
<b>CoroMill® 690</b>  	M-P-SL M-E-SL	10	0.10	(0.05 – 0.2)	0.10	(0.05 – 0.15)
	M-P-SL M-E-SL	14	0.12	(0.05 – 0.2)	0.12	(0.05 – 0.15)
<b>Fresa di contornatura Coromant per finitura</b>   * inserto per taglio frontale da 18	-PL2 -PL  -ML2 -ML  -2 -AL	18*/19	0.15	(0.05 – 0.2)	0.12	(0.02 – 0.08)
<b>CoroMill® 790</b>   R790	H-NL H-NM H-PL H-NL H-NM H-PL	16 16 16 22 22 22	0.2 0.3 0.15 0.3 0.6 0.15	(0.1 – 0.3) (0.1 – 0.4) (0.10 – 0.20) (0.10 – 0.40) (0.20 – 0.60) (0.10 – 0.20)	0.2 0.3 0.05 0.3 0.6 0.05	(0.1 – 0.3) (0.1 – 0.4) (0.02 – 0.08) (0.10 – 0.40) (0.20 – 0.60) (0.02 – 0.08)
<b>CoroMill® Century</b>   R590	-NL CD10 -NL H10		0.15 0.20	(0.05 – 0.30) (0.10 – 0.40)	0.15 0.20	(0.05 – 0.30) (0.10 – 0.40)
<b>AUTO-FS</b>   R/L262.4 R/L262.42	SBEN SBEX SBEX-11	Finitura	0.17	(0.1 – 0.3)	0.17	(0.1 – 0.3)
<b>T-Line</b>   R260.90	CDE	Sgrossatura	0.17	(0.1 – 0.3)	0.17	(0.1 – 0.3)

## Spianatura

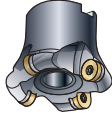
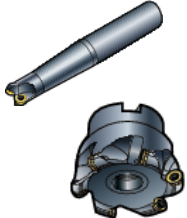


	Geometria inserto	Misura inserto	Avanzamento per dente, $f_z$ (mm/dente)		Max. spessore del truciolo, $h_{ex}$ (mm)		
			Valore iniziale	(min.- max.)	Valore iniziale	(min.- max.)	
<b><math>K_r = 75^\circ - 10^\circ</math></b>							
<b>CoroMill® 345</b>							
	E-PL E-ML E-KL M-PL M-KL M-PM M-MM M-KM	Leggera  Media	13	<b>0.15</b>  <b>0.30</b>	(0.07 – 0.20)  (0.15 – 0.45)	<b>0.10</b>  <b>0.21</b>	(0.07 – 0.14)  (0.10 – 0.32)
	M-PH M-KH	Pesante		<b>0.45</b> <b>0.40</b>	(0.35 – 0.55) (0.30 – 0.50)	<b>0.32</b> <b>0.28</b>	(0.25 – 0.39) (0.21 – 0.35)
<b>CoroMill® 245</b>							
	E-PL E-ML E-KL	Leggera		<b>0.14</b> <b>0.11</b>	(0.08–0.21) (0.07–0.17) CT530, H13A, H10	<b>0.10</b> <b>0.08</b>	(0.06 – 0.15) (0.06 – 0.12)
	M-PL M-KL	Leggera		<b>0.17</b>	(0.08 – 0.21)	<b>0.12</b>	(0.06 – 0.15)
	M-PM, M-KM M-PM, M-KM	Media		<b>0.24</b> <b>0.12</b>	(0.10 – 0.28) (0.08 – 0.18) CT530, H13A	<b>0.17</b> <b>0.09</b>	(0.07 – 0.20) (0.06 – 0.13)
	K-MM			<b>0.23</b>	(0.10 – 0.28)	<b>0.16</b>	(0.07 – 0.20)
	M-PH M-KH	Pesante		<b>0.35</b>	(0.10 – 0.42)	<b>0.25</b>	(0.07 – 0.30)
	E-AL			<b>0.24</b>	(0.10 – 0.28)	<b>0.17</b>	(0.07 – 0.20)
	E	Ceramica		<b>0.21</b>	(0.10 – 0.30) CC6190	<b>0.15</b>	0.07 – 0.20
	E	CBN		<b>0.14</b>	(0.07 – 0.21) CB50	<b>0.10</b>	(0.06 – 0.15)
	E	PCD		<b>0.14</b>	(0.07 – 0.21) CD10	<b>0.10</b>	(0.06 – 0.15)
<b>CoroMill® 365</b>							
	-PL -PM -KL -KM		15	<b>0.20</b> <b>0.22</b> <b>0.22</b> <b>0.25</b>	(0.12 – 0.28) (0.15 – 0.28) (0.12 – 0.35) (0.15 – 0.35)	<b>0.18</b> <b>0.20</b> <b>0.20</b> <b>0.23</b>	(0.11 – 0.25) (0.14 – 0.25) (0.11 – 0.32) (0.14 – 0.32)
							
							
<b>Sandvik AUTO</b>							
	TNHF-WL TNEF-WL TNHF-CA TNEF-CA TNHF-65 TNEF-65 TNJN TNEN TNCN			<b>0.17</b> <b>0.24</b> <b>0.24</b> <b>0.35</b> <b>0.24</b>	(0.08 – 0.21) (0.1 – 0.42) (0.1 – 0.28) (0.1 – 0.70) (0.1 – 0.28)	<b>0.12</b> <b>0.17</b> <b>0.17</b> <b>0.25</b> <b>0.17</b>	(0.06 – 0.15) (0.07 – 0.30) (0.07 – 0.20) (0.07 – 0.50) (0.07 – 0.20)
<b>AUTO-AF</b>							
	N260.8-F N260.8-L			<b>0.16</b>	(0.08 – 0.21)	<b>0.15</b>	(0.08 – 0.20)

## Spianatura e fresatura a tuffo

 $K_r = 75^\circ - 10^\circ$ 


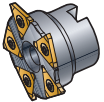


	Geometria inserto	Misura inserto	Avanzamento per dente, $f_z$ (mm/dente)		Max. spessore del truciolo, $h_{ex}$ (mm)	
			Valore iniziale	(min.- max.)	Valore iniziale	(min.- max.)
<b>CoroMill® 360</b> 	PM MM KH Pesante	19 28	0.45	(0.3 – 0.7)	0.40	(0.25 – 0.60)
<b>T-MAX® 45</b> R260.7 	LNCX -11 -31 -32 Media		0.35 0.35 0.35	(0.10 – 1.0) (0.10 – 0.70) (0.10 – 0.70)	0.25 0.25 0.25	(0.07 – 0.70) (0.07 – 0.50) (0.07 – 0.50)
<b>CoroMill® 210</b> R210 	M-PM M-KM M-MM E-PM E-MM E-KM	09 14  09 14	<b>Spianatura</b> 1.0 (0.4 – 2.0) 1.5 (0.5 – 3.0)  <b>Fresatura a tuffo</b> 0.15 (0.01 – 0.2) 0.20 (0.10 – 0.25)		0.17 0.26  0.17 0.26	(0.07 – 0.35) (0.08 – 0.52)  (0.07 – 0.35) (0.08 – 0.52)
<b>Fresa a tuffo Coromant</b> 	LPMH-PM LPMH-MM	25	0.20	(0.10 – 0.30)		

## Inserto rotondo e testa sferica

			Avanzamento per dente, $f_z$ (mm/dente)		Max. spessore del truciolo, $h_{ex}$ (mm)		
			Valore iniziale	(min.- max.)	Valore iniziale	(min.- max.)	
			Geometria inserto	Misura inserto, $iC$			
<b>Rotondo</b>							
 <p>CoroMill® 200 R200</p>	-PL -ML -KL	Leggera	10 – 20			0.08 (0.05 – 0.12)	
	-PM -KM -MM -WM	Media	10 – 20			0.17 (0.10 – 0.20)	
	-PH -KH -WH	Pesante	10 – 20			0.25 (0.10 – 0.30)	
		CBN	12			0.10 (0.05 – 0.15)	
		Ceramica	12 – 16			0.20 (0.07 – 0.30)	
 <p>CoroMill® 300 R300</p> <p>Per una tabella dettagliata degli avanzamenti, consultare il Catalogo generale.</p>	E-PM E-MM	Leggera	8 10 12 16 20	Inserto rotondo per spianatura $(a_p < iC/2)$ mm.		0.13 (0.05 – 0.15) 0.13 (0.05 – 0.15) 0.15 (0.05 – 0.20) 0.18 (0.05 – 0.20) 0.2 (0.05 – 0.25)	
	E-PM E-MM	Media	5 7 8 10 12 16 20		$f_z = \frac{h_{ex} \times iC}{2 \times \sqrt{a_p \times iC - a_p^2}}$	0.08 (0.05 – 0.12) 0.10 (0.05 – 0.15) 0.13 (0.05 – 0.20) 0.18 (0.05 – 0.25) 0.2 (0.05 – 0.30) 0.25 (0.05 – 0.40)	
	M-PM M-MM	Media	8 10 12 16 20		Fresatura laterale ( $a_e < D_{cap}/2$ ) e inserto rotondo ( $a_p < iC/2$ ) mm.	0.13 (0.07 – 0.20) 0.15 (0.07 – 0.25) 0.15 (0.07 – 0.25) 0.18 (0.07 – 0.25) 0.20 (0.07 – 0.30)	
	M-PH M-MH M-KH	Pesante	8 10 12 16 20			$f_z = \frac{h_{ex} \times iC \times D_{cap}}{4 \times \sqrt{a_p \times iC \times a_p^2 \times D_{cap} \times a_e - a_e^2}}$	0.15 (0.07 – 0.25) 0.20 (0.07 – 0.30) 0.20 (0.07 – 0.30) 0.25 (0.07 – 0.40) 0.35 (0.07 – 0.55)
	<b>Testa sferica</b>						
	 <p>Testa sferica CoroMill® R216</p>	-12 .. M-M -16 .. M-M -20 .. M-M -25 .. M-M -30 .. M-M -32 .. M-M -40 .. M-M -50 .. M-M			Avanzamento per dente (mm/dente), fresa centrata.		0.10 (0.08 – 0.21) 0.10 (0.08 – 0.21) 0.15 (0.08 – 0.25) 0.15 (0.08 – 0.25) 0.17 (0.08 – 0.28) 0.17 (0.08 – 0.28) 0.20 (0.10 – 0.42) 0.25 (0.10 – 0.42)
						$f_z = \frac{D_c \times h_{ex}}{D_{cap}}$	
		-10 .. E-M -12 .. E-M -16 .. E-M -20 .. E-M -25 .. E-M -30 .. E-M -32 .. E-M -40 .. E-M -50 .. E-M			Avanzamento per dente (mm/dente), fresatura laterale.		0.10 (0.05-0.21) 0.10 (0.05-0.21) 0.10 (0.05-0.21) 0.15 (0.05-0.25) 0.15 (0.05-0.25) 0.17 (0.05-0.28) 0.17 (0.05-0.28) 0.20 (0.05-0.35) 0.20 (0.05-0.35)
				$f_z = \frac{D_3 \times h_{ex}}{\sqrt{D_{cap}^2 - (D_{cap} - 2 \times a_e)^2}}$			
 <p>CoroMill® a Testa Sferica per Finitura R216F</p>	-08 .. E-L -10 .. E-L -12 .. E-L -16 .. E-L -20 .. E-L -25 .. E-L -30 .. E-L -32 .. E-L					0.07 (0.05-0.18) 0.07 (0.05-0.18) 0.09 (0.07-0.22) 0.11 (0.07-0.25) 0.11 (0.07-0.25) 0.13 (0.07-0.29) 0.13 (0.07-0.29) 0.13 (0.07-0.29)	



## Fresatura di cave

Frese a disco		Geometria inserto	Misura inserto, $iC$	Avanzamento per dente, $f_z$ (mm/dente)		Max. spessore del truciolo, $h_{ex}$ (mm)	
				Valore iniziale	(min. - max.)	Valore iniziale	(min. - max.)
CoroMill® 327		-GM -GMM -GC -CH -TH -THM -RM	06, 09, 12, 14	0.15	(0.07 – 0.25)	0.06	(0.02 – 0.1)
CoroMill® 328		-GM -GC -TH	13	0.15	(0.1 – 0.2)	0.1	(0.05 – 0.15)
CoroMill® 329		Misura sede -D, -E -F, -G -H, -J, -K		0.1	(0.07 – 0.17)	0.07	(0.05 – 0.12)
CoroMill® 331		-PL, ML, -KL, -WL, -NL	04, 05 08, 11, 13, 14	0.15 0.18	(0.05 – 0.22) (0.07 – 0.22)	0.10 0.12	(0.05 – 0.15) (0.08 – 0.15)
	N/R331.32 R331.35 R/L331.52	-PM, -MM, -KM, -WM	04, 05 08, 11, 13, 14	0.19 0.25	(0.08 – 0.29) (0.1 – 0.29)	0.13 0.17	(0.08 – 0.20) (0.10 – 0.20)
		RCHT/RCKT					
		-PL, ML, -KL		0.11	(0.07 – 0.17)	0.08	(0.07 – 0.17)
		-WM, -PM, -MM -KM		0.24	(0.10 – 0.28)	0.17	(0.10 – 0.28)
		-WH, -KH, -PH		0.35	(0.10 – 0.42)	0.25	(0.10 – 0.30)
Fresa T-MAX® Q-Cutter	Per esecuzione di cave  330.20	330.20 -AA -AA -XE	2 – 4 5 – 6	0.09 0.09 0.09	(0.02 – 0.12) (0.02 – 0.12) (0.02 – 0.12)	0.06 0.08 0.08	(0.02 – 0.06) (0.02 – 0.13) (0.02 – 0.13)