



**SANDVIK**  
Coromant

---

# Manuale delle soluzioni per la fresatura degli ingranaggi

# Indice

Fresatura degli ingranaggi con Sandvik Coromant...3
Soluzioni speciali..... 4
Metodi di lavorazione.....5
Supporto globale ..... 6-7
Presentazione delle soluzioni.....8-9

## InvoMilling™:

Tempi di lavorazione con InvoMilling™..... 10
InvoMilling™ 1.0 ..... 11
CoroMill® 161 e CoroMill® 162 ..... 12-13

## Frese a disco:

CoroMill® 171 e CoroMill® 172 ..... 14-15
CoroMill® 170..... 16-17
CoroMill® 170 - per profili d'ingranaggio ad evolvente... 18-19
CoroMill® 174 ..... 20-21
Frese multidisco ..... 22
Soluzione di fresatura per cremagliere.....23
Lavorazione di viti per compressori..... 24-25

## Frese a creatore:

CoroMill® 176.....26-27
CoroMill® 177 .....28-29
Lavorazione di ingranaggi conici.....30-31
Come scegliere l'utensile..... 32-33
Know-how applicativo .....34-44
Informazioni tecniche.....45
Produttività a confronto.....46-48



### **CoroMill® 176**

Soluzione con fresa a creatore a profilo completo



### **InvoMilling™**

Tempi di lavorazione

# Fresatura degli ingranaggi con Sandvik Coromant

Lo sviluppo tecnologico che ha permesso di passare dagli utensili in HSS a quelli con inserti multitagliente è stato inizialmente sospinto da un bisogno di maggiore affidabilità del processo e dalla necessità di superare le difficoltà di lavorazione degli ingranaggi su materiali particolarmente tenaci. Successivamente, questa evoluzione ha dimostrato di poter offrire anche altri vantaggi, tra cui una maggiore produttività, una durata utensile superiore e l'eliminazione della logistica legata al ripristino del rivestimento e alla riaffilatura degli utensili in HSS.

Dato che la richiesta di elevati requisiti di precisione e di profili di ingranaggio per specifici componenti è molto comune, la lavorazione degli ingranaggi deve offrire una buona sintesi tra produttività e precisione. Nel panorama in continua evoluzione della fabbricazione di ingranaggi, la scelta del metodo di lavorazione più efficiente e della soluzione di utensili è di primaria importanza. Il nostro obiettivo è quello di fornire le soluzioni più recenti e innovative per la fresatura degli ingranaggi. Potete scegliere tra frese a creatore, frese a disco e il flessibile metodo InvoMilling™ – la scelta della soluzione di attrezzamento dipende dal componente e dal processo di produzione.



**Mats Wennmo**  
Senior Technical Manager,  
Gear Milling Solutions

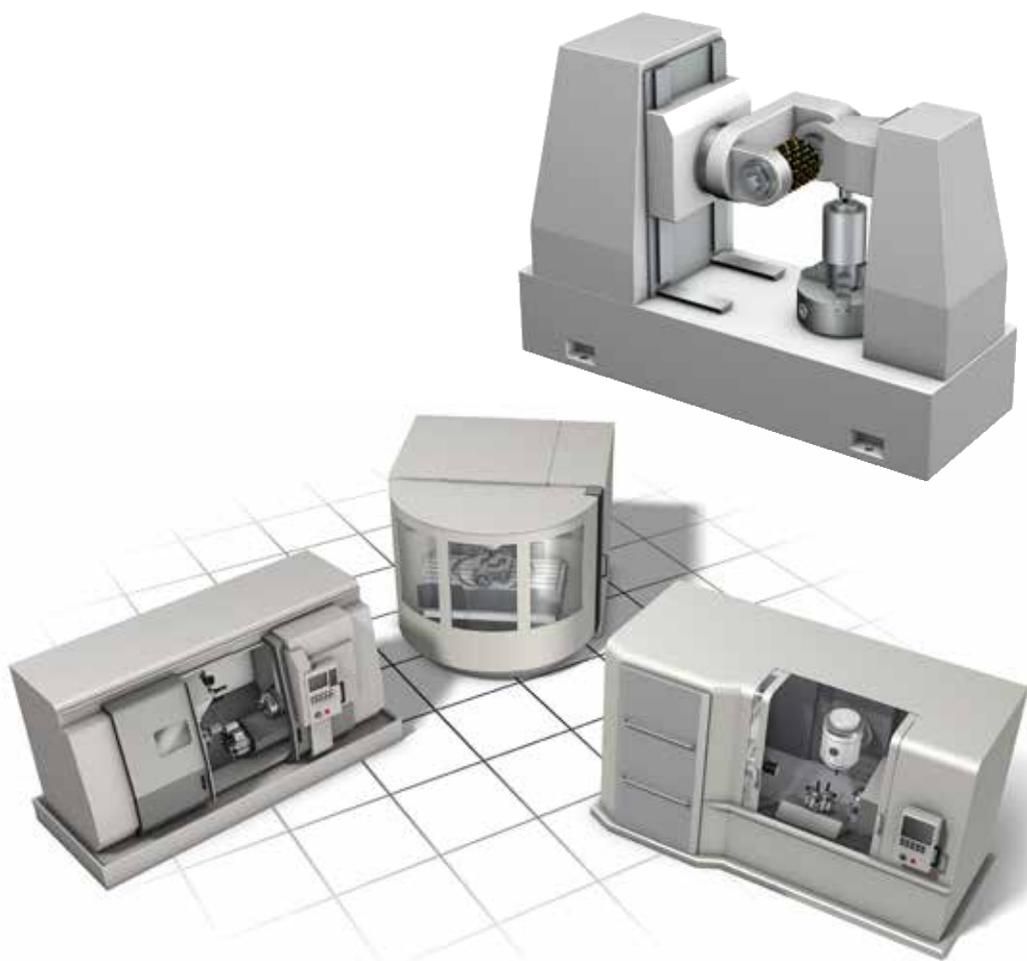
# Soluzioni speciali su misura per ogni componente

Alcuni degli utensili da taglio riportati in questo manuale possono essere consegnati entro 24 ore ma, considerato che in questo settore vengono spesso richiesti profili di ingranaggio specifici, la maggior parte degli utensili presentati fa parte di soluzioni speciali – ciò significa che sia la fresa che gli inserti saranno sviluppati per rispondere ai vostri requisiti specifici. Per assicurare componenti di classe superiore, la qualità di tutte le soluzioni viene controllata prima della consegna.



# Metodi di lavorazione

Le soluzioni presentate in questo manuale coprono tutti i metodi comuni di fresatura degli ingranaggi, con frese a creatore e frese a disco per macchine dedicate alla fresatura degli ingranaggi e un'ampia gamma di soluzioni per la lavorazione di ingranaggi a cinque assi.



# Supporto globale

Se avete bisogno di assistenza, contattateci ... sarete sempre i benvenuti.

"Come esperto in "camice giallo", sono il primo tecnico di vendita Sandvik Coromant con cui verrete in contatto quando avrete bisogno di supporto tecnico. Insieme, analizzeremo il vostro processo di produzione e identificheremo le sfide e le opportunità di miglioramento."

---

Miikka Holopainen  
Sales Specialist, Gear Milling Solutions



"La vostra richiesta sarà gestita dal team globale di engineering dedicato alla fresatura degli ingranaggi e uno staff competente ed esperto svilupperà la soluzione di cui avete bisogno. La qualità del supporto e dei servizi che vi forniremo sarà sempre la stessa, in qualunque parte del mondo."

---

Markus Fay  
Quotation Engineer, Gear Milling Solutions



"Presso le strutture dedicate alla produzione di utensili e inserti per la fresatura degli ingranaggi, lavoriamo per rispondere ai massimi requisiti di precisione. Produciamo i vostri utensili con processi ottimizzati che permettono di ottenere tolleranze strette, accuratezza di lavorazione e utensili di qualità superiore."

---

Mikael Karlsson  
Process Planner, Gear Milling Inserts



"L'implementazione della soluzione in officina è supportata dal nostro team dedicato a prodotti e applicazioni oppure dall'esperto locale in fresatura degli ingranaggi. Unendo le forze possiamo assicurare che, una volta implementata, la soluzione funzionerà nel migliore dei modi e risponderà alle vostre esigenze."

---

Sergio Herranz  
Product and Application Specialist, Gear Milling Solutions.



"Se decidete di investire in una delle nostre soluzioni per la fresatura degli ingranaggi, vi assicuriamo la nostra collaborazione anche dopo l'acquisto. Saremo sempre pronti ad aiutarvi a ottimizzare i vostri processi di produzione, in modo che possiate rimanere competitivi nel campo della lavorazione degli ingranaggi."

---

Ralph Loewenau  
Sales Specialist, Gear Milling Solutions



# Scelta della soluzione

Saranno campo di applicazione e componente a determinare la soluzione.

## 1. Ingranaggi cilindrici e scanalature



## Ingranaggi con dentatura interna

## 2. Lavorazione di ingranaggi conici

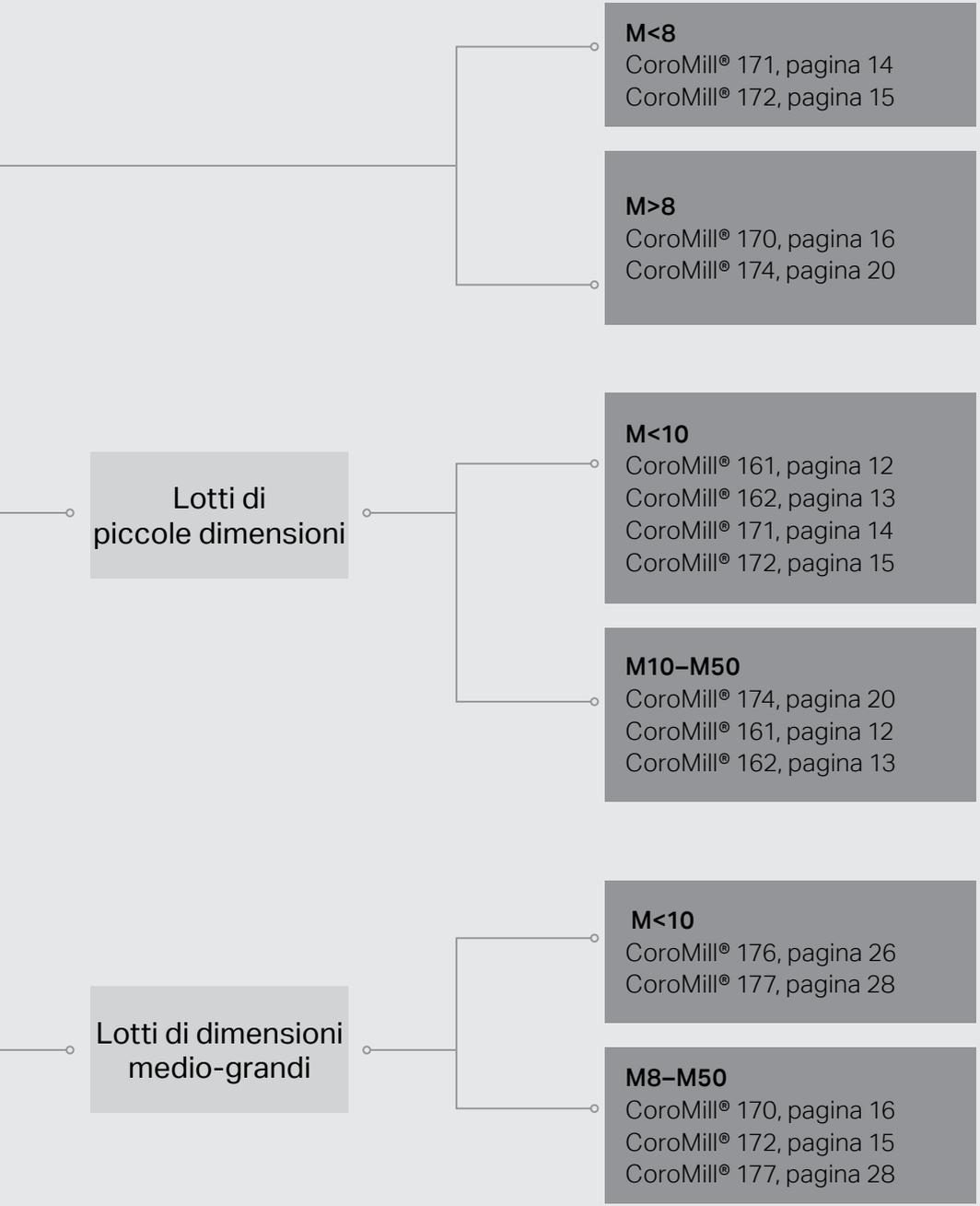


## Ingranaggi con dentatura esterna

## 3. Cremagliere

**Zyklo-Palloid®**  
pagina 30

**Frese multidisco**  
pagina 22



# Tempi di lavorazione con InvoMilling™

InvoMilling è un pacchetto per la lavorazione di ingranaggi esterni e scanalature che garantisce una flessibilità senza precedenti, particolarmente interessante per i lotti di piccole dimensioni e quando i tempi di lavorazione sono cruciali. Questa soluzione sfrutta la capacità di lavorazione su cinque assi delle macchine per produrre svariati profili di ingranaggio con la stessa combinazione di utensili.



## Vantaggi

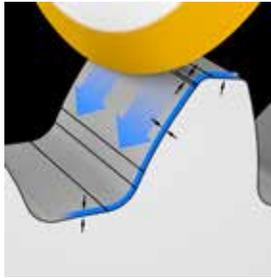
- Utilizzo di un solo utensile standard per diversi profili d'ingranaggio
- Lavorazione degli ingranaggi su macchine multi-task e centri di lavoro a cinque assi
- Componenti completi su un'unica macchina e con un unico setup
- Possibilità di produrre una gamma estesa di moduli
- Riduzione del tempo di lavorazione di componenti singoli e lotti di piccole dimensioni
- Consegna rapida di parti di ricambio e prototipi

# Passate al livello successivo con il software InvoMilling 1.0

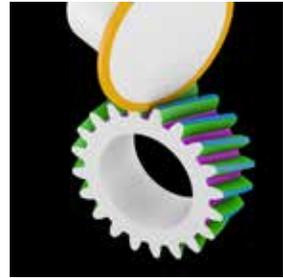
Sviluppo e innovazione sono fondamentali se volete rimanere competitivi nel settore, in continua evoluzione, della fresatura degli ingranaggi. Il software InvoMilling 1.0 è una soluzione avanzata che permette di minimizzare i limiti di produzione e aumentare la flessibilità di lavorazione. Oltre a offrire un'ampia serie di funzioni di lavorazione, non ha limiti in termini di misura dei moduli o profili d'ingranaggio e dispone di una libreria di utensili standard predefiniti. Sono incluse anche le istruzioni d'uso del software.



1. Definire la geometria dell'ingranaggio



2. Scegliere la strategia di lavorazione



3. Simulare il processo di lavorazione

## Vantaggi del software InvoMilling 1.0

- Interfaccia software intuitiva
- Minimizzazione dei limiti di produzione e aumento della flessibilità di lavorazione
- Nessun limite in termini di misura o profilo dei moduli
- Libreria di utensili standard predefiniti
- Formazione software inclusa

## Grande flessibilità nella fresatura degli ingranaggi



Con le frese a disco CoroMill® 161 e CoroMill® 162, ottimizzate per il processo e il software InvoMilling, scoprirete di poter lavorare i vostri componenti in modo altamente flessibile. Potrete usare gli stessi utensili per diversi profili d'ingranaggio e potrete iniziare a lavorare subito, senza aspettare l'arrivo di utensili speciali. Questa è la soluzione ideale quando si lavorano lotti di piccole dimensioni e quando flessibilità e riduzione dei tempi di lavorazione sono una priorità.

## Vantaggi

- Ingranaggi con tolleranze strette
- Utensili standard disponibili in 24 ore
- Riduzione del tempo di lavorazione totale
- Riduzione del magazzino utensili
- Qualità degli ingranaggi secondo DIN 6

## Applicazione

- Ingranaggi esterni e scanalature
- Lavorazione senza refrigerante
- Ingranaggi cilindrici a denti dritti ed elicoidali
- Tutte le operazioni necessarie per ottenere ingranaggi con profili a evolvente e per lavorare i piedi dei denti, dalla grossatura alla finitura
- Macchine multi-task e centri di lavoro a cinque assi
- Possibilità di smussatura e sbavatura



	<b>CoroMill 161</b>	<b>CoroMill 162</b>
Gamma di moduli ingranaggi, mm (DP)	2–4 (12–6)	4–12 (6–2)
Gamma di moduli scanalature, mm (DP)	2–4 (12–6)	4–12 (6–2)
Gamma diametri utensile, mm (poll.)	66–80 (2.60–3.15)	90–140 (3.54–5.51)
Tipo di accoppiamento	Manicotto, Coromant Capto®	Manicotto

# Frese a disco di scelta prioritaria

Potendo essere facilmente installate su centri di lavoro tradizionali e moderni, macchine multi-task e centri di tornitura, le frese CoroMill® 171 e CoroMill® 172 consentono di lavorare componenti completi con un solo setup. In questo modo, potrete realizzare ingranaggi e scanalature sulle macchine multiasse che già possedete nella vostra officina, anziché ricorrere a macchine per dentatura con creatore o esternalizzare il lavoro.



## Vantaggi

- Componenti completi con un unico setup
- Utilizzo delle macchine esistenti, senza dover investire macchine per dentatura con creatore
- Bassi costi di investimento
- Non è più necessario spostare i componenti da una macchina all'altra o in altre officine
- Non è necessario riaffilare e rigenerare gli utensili in acciaio super rapido (HSS)

## Applicazione

- Ingranaggi esterni/interni e scanalature
- Da sgrossatura a finitura
- Tutti i tipi di macchine
- Lavorazione senza refrigerante



CoroMill 171



CoroMill 171.4



CoroMill 172

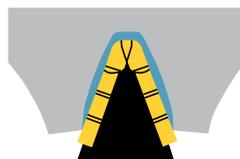
	<b>CoroMill 171</b>	<b>CoroMill 171.4</b>	<b>CoroMill 172</b>
Gamma di moduli ingranaggi, mm (DP)	0.8–3.0 (32–8)	Su richiesta	3.0–10.0 (8.0–2.54)
Gamma di moduli scanalature, mm (DP)	0.8–4.0 (32/64–6/12)	0.8–3.0 (32/64–8/16)	3.0–10.0 (8/16–3/6)
Gamma diametri utensile, mm (poll.)	35–70 (1.5–3)	30–70 (1.5–3)	63–150 (2.5–6)
Tipo di accoppiamento	Coromant Capto®, manicotto, foro con chiavetta, stelo cilindrico		
Numero di taglienti/inserto	2	4	1

[www.sandvik.coromant.com/coromill171](http://www.sandvik.coromant.com/coromill171)  
[www.sandvik.coromant.com/coromill172](http://www.sandvik.coromant.com/coromill172)

## Frese a disco ad alte prestazioni



CoroMill® 170 è una fresa ad alte prestazioni per ingranaggi e pignoni di grandi dimensioni. Si tratta di una soluzione predefinita, con inserti standard disponibili in stock, per moduli di misura 12–22. In combinazione con le nostre qualità più recenti, CoroMill 170 riduce il tempo di lavorazione assicurando precisione e affidabilità nelle operazioni di sgrossatura di ingranaggi esterni e interni.



Fresa a V

## Vantaggi

- Consegna in 24 ore degli inserti standard in stock
- Sgrossatura vicina al profilo finale della ruota dentata
- Valori elevati di velocità e avanzamento per massimizzare i volumi di asportazione del metallo
- Taglio pulito del piede

## Applicazione

- Sgrossatura di ingranaggi con dentatura interna ed esterna
- Ralle
- Ingranaggi planetari
- Pignoni

	<b>CoroMill 170</b>
Gamma di moduli ingranaggi, mm (DP)	12–22 (2.12–1.15)
Gamma diametri utensile, mm (poll.)	210–500 (8–20)
Tipo di accoppiamento, mm (poll.)	Foro con chiavetta, 50–100 (2–4)

[www.sandvik.coromant.com/coromill170](http://www.sandvik.coromant.com/coromill170)

## Frese ottimizzate per la sgrossatura e la finitura di profili a evolvente



Queste frese a disco consentono di ottenere ingranaggi con profili a evolvente, con o senza protuberanza, su ruote dentate interne ed esterne. Gli inserti rettificati adattati al profilo dei denti degli ingranaggi garantiscono risultati di grande precisione. Qualità e geometrie di inserto ad alte prestazioni assicurano un'eccellente finitura dei profili. La forma a evolvente delle frese per sgrossatura permette di lavorare ingranaggi e pignoni vicino al profilo di finitura con inserti universali standard.



Fresa di sgrossatura a forma evolvente



Fresa di finitura a forma evolvente

## Vantaggi

- Lavorazione accurata del profilo d'ingranaggio completo
- Adattabilità a profili d'ingranaggio specifici
- Inserti con fianco standard per le frese di sgrossatura
- Riduzione dei costi di rettifica

## Applicazione

- Finitura, semifinitura e sgrossatura di ingranaggi con dentatura interna ed esterna
- Ralle
- Ingranaggi planetari
- Pignoni

	<b>CoroMill 170 - per profili a evolvente</b>
Gamma di moduli ingranaggi, mm (DP)	8–50 (3–0.5)
Gamma diametri utensile, mm (poll.)	150–500 (6–20)
Tipo di accoppiamento, mm (poll.)	Foro con chiavetta, 50–100 (2–4)

[www.sandvik.coromant.com/finishingdiscutters](http://www.sandvik.coromant.com/finishingdiscutters)

## Soluzione flessibile per grandi moduli



CoroMill® 174 è un'innovativa fresa a disco per la finitura di lotti di piccole e medie dimensioni. Con una sola fresa, è possibile lavorare un'ampia gamma di moduli e profili d'ingranaggio, per ingranaggi sia interni che esterni. Questo utensile per la fresatura degli ingranaggi è una soluzione altamente adattabile per singoli componenti di grandi dimensioni, in grado di coprire una gamma di moduli compresa tra M10–M50 con solo tre utensili e una serie di inserti, cunei e distanziali.

## Vantaggi

- Dentatura flessibile con fresa a disco per lotti di dimensioni medio-piccole
- Stesso corpo fresa per moduli, numero di denti e profili interni/esterni di diverso tipo
- Basso costo di investimento in utensili per la produzione di pezzi differenti
- Per i nuovi ingranaggi è necessario ordinare solo gli inserti e, se necessario, i cunei
- Corpo utensile protetto grazie ai cunei posizionati sul retro

## Applicazione

- Soluzione ideale per la produzione di ingranaggi di dimensioni differenti nella stessa gamma di moduli
- Fresa di finitura, gamma M10 – M50
- Ingranaggi esterni ed interni
- Componenti di grandi dimensioni per i settori dell'energia eolica, dell'estrazione mineraria e della produzione di energia

	<b>CoroMill 174</b>
Gamma di moduli ingranaggi, mm (DP)	10–50 (2.5–0.5)
Gamma diametri utensile, mm (poll.)	180–500 (7–20)
Accoppiamenti, mm (poll.)	50–100 (2–4)

# Frese multidisco per ingranaggi, cremagliere e pignoni



Questi utensili sono concepiti per la sgrossatura ad alta produttività di ruote dentate di grandi dimensioni. Assemblando due o più frese a disco ad alte prestazioni, è possibile lavorare componenti con moduli di misura differente.

Disponibili nelle versioni CoroMill® 170 e CoroMill® 172.

## Vantaggi e applicazione

- Alternativa ad alta produttività per ingranaggi e pignoni di grandi dimensioni
- Possibilità di lavorare ingranaggi esterni ed interni
- Frese multidisco assemblate per la fresatura di cremagliere

# Soluzioni ottimizzate per la fresatura delle cremagliere



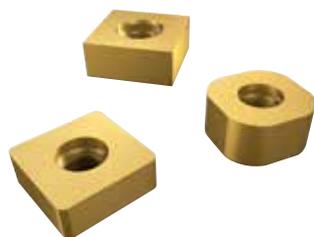
Queste soluzioni sono basate sul concetto di CoroMill® 172 (vedere a pagina 15) ma ottimizzate per i processi di fresatura delle cremagliere in termini di numero di denti e numero di dischi. Si tratta di soluzioni sviluppate per ottenere la grandezza necessaria quando si lavorano moduli tra M3.5–M10 in macchine speciali per la fresatura di cremagliere.

## Vantaggi

- Buone prestazioni nella lavorazione di materiali temprati
- Possibilità di lavorare profili differenti con un solo corpo fresa
- Semplice utilizzo e buona ripetibilità
- Nessun costo di ripristino del rivestimento e riaffilatura

## Lavorazione di viti per compressori

Con CoroMill® 167, il processo di lavorazione delle viti per compressori potrà contare sull'efficienza degli inserti in termini di costo e sull'affidabilità del corpo fresa. Queste frese vengono sviluppate con estrema precisione per adattarsi ai requisiti del componente, assicurando un processo affidabile dall'acquisto degli utensili alla consegna del componente. Considerando anche la possibilità di prolungare la durata utensile con inserti ad alte prestazioni nelle qualità più recenti, la lavorazione delle viti per compressore può avvenire con una buona economia di produzione.



Inserti standard con quattro taglienti.



Inserti speciali per realizzare il profilo di fondo a V

## Lavorazione sicura in una sola operazione

Le soluzioni coprono tutte le operazioni che vanno dalla sgrossatura alla semifinitura delle viti per compressore, per tutti i tipi di compressore a vite. Tutta la lavorazione avviene in una sola operazione, consentendo di ridurre i tempi di lavorazione e garantire la consegna puntuale dei componenti. Gli inserti, disponibili nelle qualità più recenti, garantiscono una lunga durata utensile e consentono una lavorazione sicura con o senza refrigerante. Grazie agli otto taglienti degli inserti, potete contare su un processo di lavorazione ad alta produttività. Su richiesta, sono disponibili corpi fresa temprati e soluzioni per macchine tradizionali e macchine a cinque assi.



Fresa per viti a profilo "maschio"



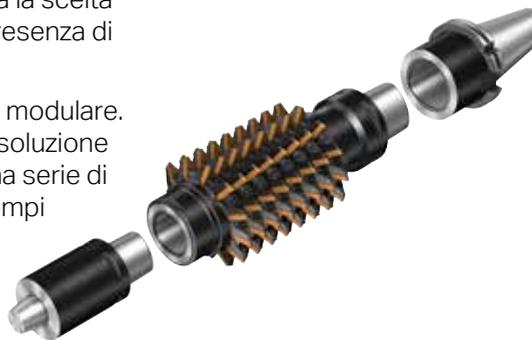
Fresa per viti a profilo "femmina"

## Creatore con inserti a profilo completo ad alta produttività



La fresa a inserti CoroMill 176 è un'alternativa molto più economica ai creatori riaffilabili in acciaio super rapido. Una maggiore affidabilità del processo è stata la principale motivazione alla base dell'evoluzione tecnologica che ha portato dalle soluzioni HSS a quelle a inserti. La capacità di CoroMill 176 di raggiungere maggiori velocità di taglio, associata alla facile sostituzione degli inserti, riduce i tempi ciclo e ne fa la scelta prioritaria per la gamma di moduli 4–10 in presenza di requisiti di alta produttività.

CoroMill® 176 è disponibile come soluzione modulare. Questa opzione di attrezzamento offre una soluzione molto rigida per la dentatura a creatore e una serie di vantaggi, tra cui flessibilità e riduzione dei tempi passivi.



## Vantaggi

- Riduzione del costo totale per ruota dentata rispetto agli utensili in HSS
- Elevate velocità di taglio
- Tolleranza di costruzione del corpo utensile in base alla DIN 3968
- Maggiore durata utensile, minori tempi passivi
- Riduzione del tempo di lavorazione per ruota dentata grazie all'elevato numero di denti effettivi
- Facile procedura di sostituzione degli inserti

## Applicazione

- Ingranaggi per trasmissioni industriali, veicoli pesanti, energia eolica
- Sgrossatura, semifinitura, finitura
- Macchine per dentatura con creatore, macchine multi-task, macchine a cinque assi
- Profili d'ingranaggio e scanalature rispondenti ai requisiti del cliente
- Possibile applicazione su materiali tenaci
- Inserti disponibili con o senza protuberanza e/o semi-topping

	<b>CoroMill 176</b>
Gamma di moduli ingranaggi, mm (DP)	4–10 (6–2.50)
Gamma di moduli scanalature, mm (DP)	4–10 (6–2.50)
Gamma diametri utensile, mm (poll.)	85–200 (3–8)
Tipo di accoppiamento	Coromant Capto®, manicotto, foro con chiave, stelo cilindrico

[www.sandvik.coromant.com/coromill176](http://www.sandvik.coromant.com/coromill176)

# Fresa a creatore tangenziale



CoroMill® 177 è una fresa a creatore con inserti in metallo duro multitagliente per ruote dentate di grandi dimensioni, ottimizzata per garantire una produttività elevata quando si lavorano ruote dentate per scatole ingranaggi e trasmissioni per energia eolica ed altre applicazioni dell'industria pesante. Questa soluzione per la dentatura a creatore è concepita per sostenere valori elevati di velocità e avanzamento senza compromettere la sicurezza e l'affidabilità del processo.



## Vantaggi

- Sedi inserto sicure e stabili che garantiscono prestazioni affidabili
- Montaggio facile e preciso degli inserti, mediante viti facilmente accessibili
- Lunga durata utensile e basso costo per componente, grazie a qualità in metallo duro all'avanguardia
- La grande precisione del corpo fresa assicura un buon livello di accuratezza e qualità del componente
- Valori straordinariamente elevati di avanzamento e velocità di taglio

## Applicazione

- Ingranaggi cilindrici ed elicoidali
- Ralle
- Ruote dentate per scatole ingranaggi e trasmissioni per energia eolica ed altre applicazioni dell'industria pesante
- Disponibilità di inserti con o senza protuberanza

	<b>CoroMill 177</b>
Gamma di moduli ingranaggi, mm (DP)	7–18 (3.5–1.4), M>18 (DP>1.4) su richiesta
Gamma diametri utensile, mm (poll.)	180–400 (7–16)
Tipo di accoppiamento, mm (poll.)	Foro con chiavetta, 50–100 (2–4)

[www.sandvik.coromant.com/coromill177](http://www.sandvik.coromant.com/coromill177)

# Lavorazione di ingranaggi conici

Sandvik Coromant e l'azienda di ingegneria meccanica Klingelberg\* hanno lavorato insieme per sviluppare una nuova soluzione per la lavorazione di ingranaggi conici. Quando flessibilità e produttività sono prioritarie, la soluzione di attrezzamento Zyklo-Palloid® è ideale per la lavorazione degli ingranaggi conici. Sostituite il vostro sistema tradizionale basato sull'acciaio super rapido e riducete tempi e costi totali di processo.

In base ai vostri requisiti, potete scegliere tra soluzioni adatte alla lavorazione prima o dopo la tempra. Per la lavorazione prima della tempra, sono disponibili monoblocchi con inserti sostituibili. Il vantaggio principale di questo sistema è che può essere regolato rapidamente e utilizzato per diverse gamme di moduli.

La lavorazione dopo il processo di tempra può avvenire con uno speciale utensile CBN.



Per le vendite e la logistica, contattate  
Klingelberg: [tools@klingelberg.com](mailto:tools@klingelberg.com)



## Vantaggi

- Tempi di processo brevi
- Basso costo degli utensili
- Lunga durata utensile
- Lunga vita dell' utensile grazie all'elevata robustezza
- Sostituzione degli utensili, senza perdita di qualità degli ingranaggi

## Applicazione

- Lavorazione senza refrigerante



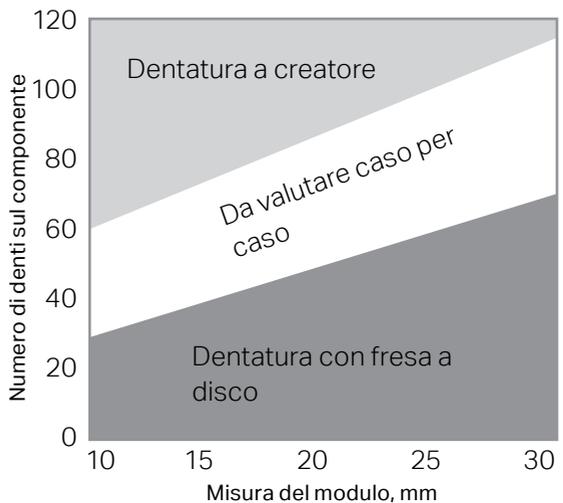
# Scelta dell'utensile con la più alta produttività

Quando si sceglie tra un utensile da taglio per sgrossatura e un utensile a profilo completo per moduli superiori a M10, la considerazione principale è il numero di denti dell'ingranaggio da lavorare

Lo schema che segue fornisce indicazioni per effettuare la scelta migliore considerando il minor tempo di lavorazione possibile. La valutazione è basata su dati di taglio medi di entrambi i tipi di utensile e sulla misura dei moduli.

Nei casi in cui non è chiaro quale sia l'utensile da scegliere, è necessario considerare la situazione effettiva insieme ad altri fattori critici. I fattori che incidono maggiormente sulla scelta dell'utensile sono:

- Ingranaggi cilindrici o elicoidali
- Larghezza faccia
- Diametro fresa e densità dei denti di taglio.



# Considerazioni per la scelta degli utensili di sgrossatura per ingranaggi superiori a M10

In generale, quando si tratta di moduli grandi, la strategia a passate multiple è spesso la scelta migliore e questo per ragioni di produttività e di qualità.

Le alternative sono:

- Solo dentatura a creatore - la scelta più produttiva per i componenti con elevato numero di denti.
- Dentatura con fresa a disco - la scelta più produttiva per i componenti con ridotto numero di denti. Il numero limite di denti dipende dalla misura del modulo.
- La combinazione tra dentatura con fresa a disco e dentatura a creatore è un'ottima scelta quando i requisiti di tolleranza dei denti d'ingranaggio sono elevati. In questi casi, una fresa a disco per sgrossatura o una fresa a creatore con inserti multitagliente viene combinata con un creatore in HSS integrale. Le frese multitagliente vengono utilizzate per la sgrossatura dei denti d'ingranaggio e offrono produttività elevata e buona economia utensile. Gli utensili di finitura integrali vengono usati solo in presenza di elevati requisiti di tolleranza.

# Considerazioni per la scelta degli utensili di finitura per ingranaggi superiori a M10

## Vantaggi delle frese a disco

- Costo di investimento inferiore a quello di un creatore multitagliente
- Possibile utilizzo per la lavorazione di ingranaggi cilindrici interni

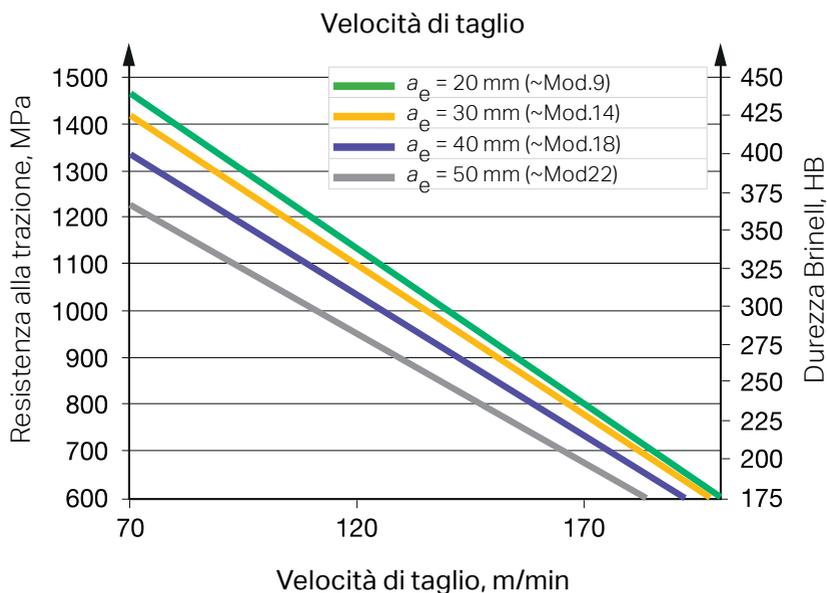
## Vantaggi delle frese a creatore

- Massima produttività
- Flessibilità in termini di numero di denti d'ingranaggio

# Schema delle velocità per moduli grandi

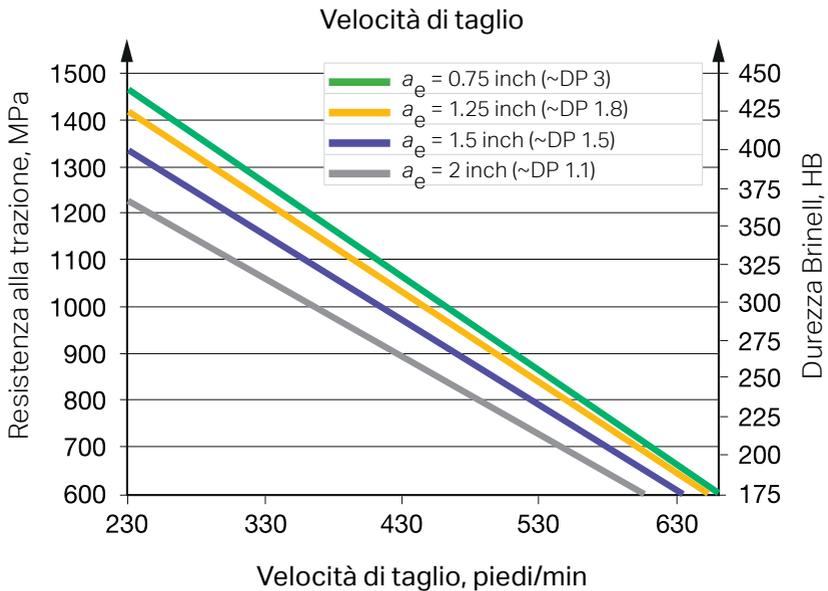
Velocità consigliate in unità metriche per la dentatura con fresa a disco e la dentatura a creatore

## Modulo e m/min



## Velocità consigliate in pollici per la dentatura con fresa a disco e la dentatura a creatore

### Passo diametrale (DP) e piedi/min



# Dentatura con fresa a disco di moduli grandi

## Avanzamenti consigliati per moduli grandi in unità metriche

I valori riportati nello schema che segue sono soltanto indicativi e fanno riferimento a trucioli da 0.18 mm di spessore massimo ( $h_{ex}$ ).

Il valore consigliato di  $h_{ex}$  è 0.15 - 0.25 mm.

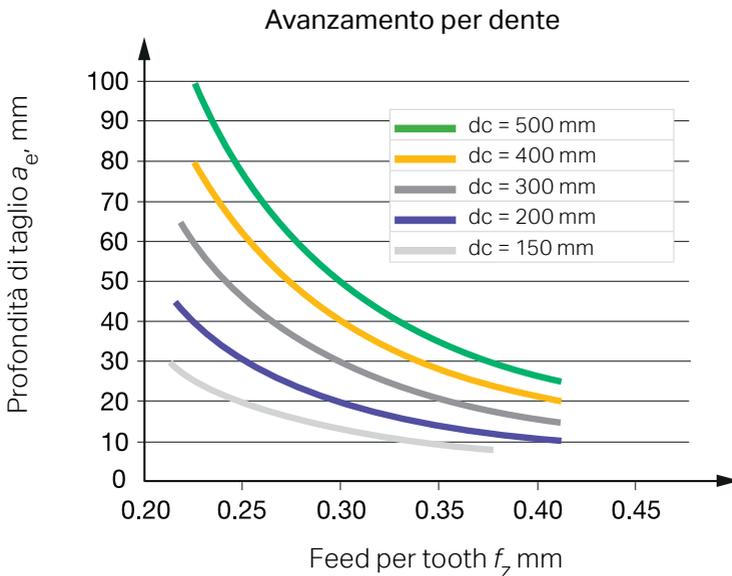
$f_z$  = avanzamento per dente

$h_{ex}$  = spessore massimo del truciolo

$a_e$  = profondità di taglio

$D_c$  = diametro di taglio

$$f_z = \frac{h_{ex}}{\sin(\cos^{-1}(1 - \frac{2 \times a_e}{D_c}))}$$



## Avanzamenti consigliati per moduli grandi in pollici

I valori riportati nello schema che segue sono soltanto indicativi e fanno riferimento a trucioli da 0.007 pollici di spessore massimo ( $h_{ex}$ ).

Il valore consigliato di  $h_{ex}$  è 0.006 - 0.01 poll.

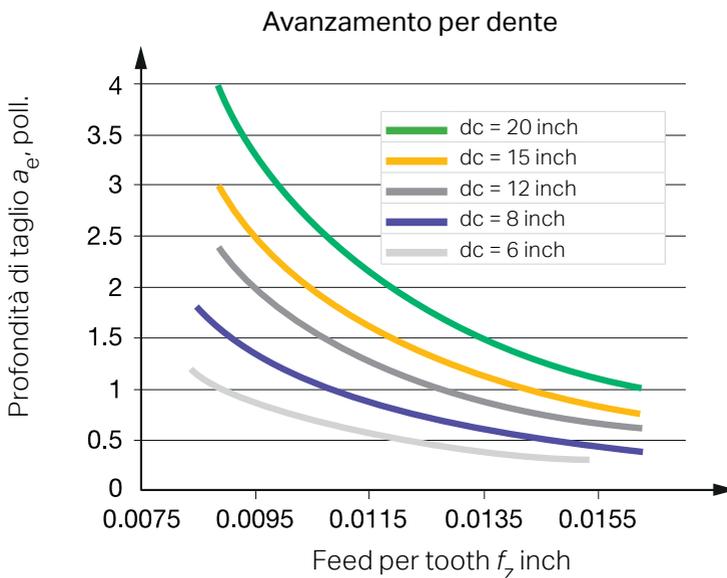
$f_z$  = avanzamento per dente

$h_{ex}$  = spessore massimo del truciolo

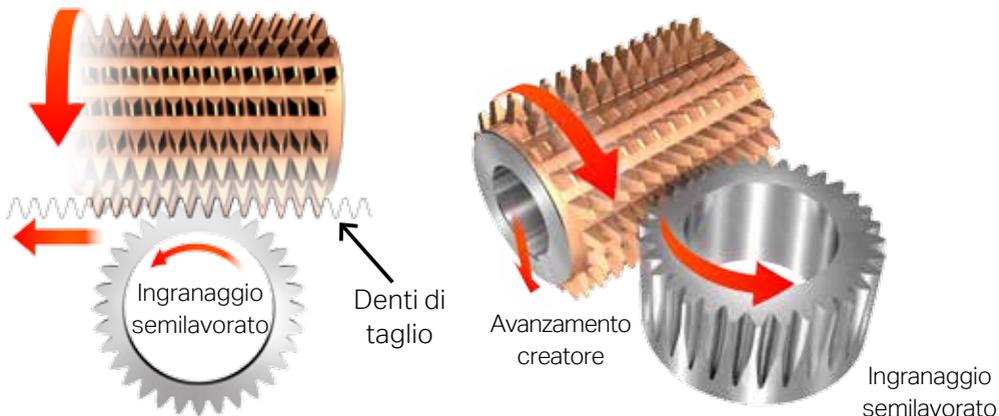
$a_e$  = profondità di taglio

$D_c$  = diametro di taglio

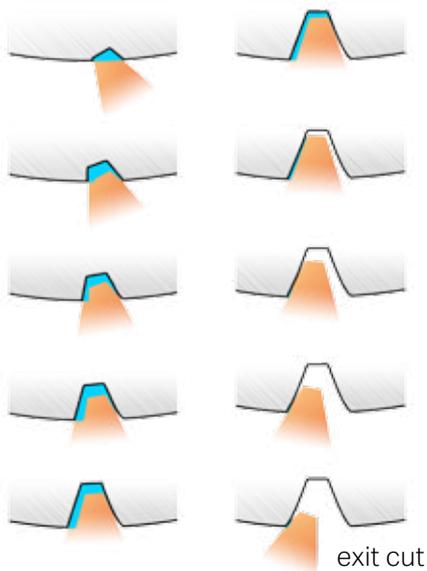
$$f_z = \frac{h_{ex}}{\sin\left(\cos^{-1}\left(1 - \frac{2 \times a_e}{D_c}\right)\right)}$$



## Dentatura a creatore – funzionalità



- La dentatura a creatore di una ruota dentata implica la creazione dei denti d'ingranaggio con una serie di denti di taglio
- Il profilo finale è il risultato di molte passate totalmente differenti

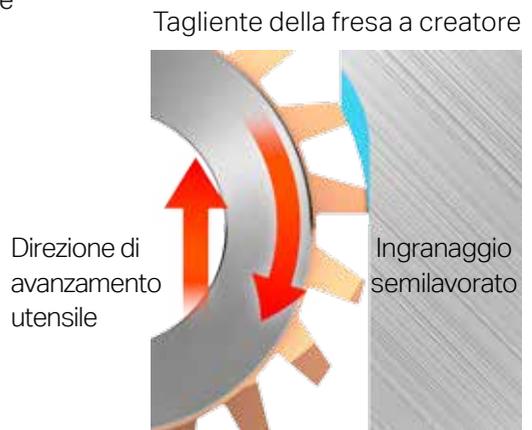


Fianco anteriore  
in taglio

Fianco posteriore  
in taglio

## Dentatura a creatore concorde

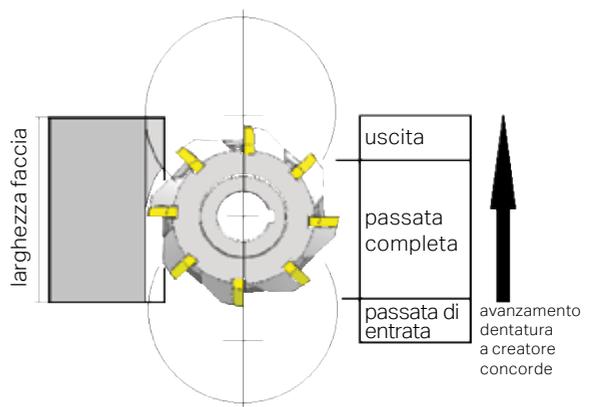
- Qualità e durata utensile dipendono dalla direzione di avanzamento del creatore  
Se possibile, è consigliabile la dentatura a creatore concorde
- La dentatura a creatore concorde assicura una minore usura dell'utensile e una maggiore durata utensile



## Percorso di avanzamento

La lunghezza del percorso di avanzamento di una fresa a creatore dipende dal diametro della fresa, dall'angolo d'elica dell'ingranaggio e dalla larghezza della faccia semilavorata

Più grande è il diametro della fresa o maggiore l'angolo d'elica, più lungo è il percorso di avanzamento



## Setup del pezzo da lavorare, supporto superiore per dentatura con fresa a disco e dentatura a creatore

- Nella maggior parte delle macchine per dentatura con creatore, un supporto rigido superiore è spesso un vantaggio che assicura una migliore tolleranza del componente.
- Anche quando un setup senza supporto superiore sembra rigido e non genera rumori o vibrazioni, il protocollo di misura rivela spesso tolleranze insoddisfacenti.
- Un supporto superiore potrebbe fare la differenza tra l'ottenere un componente di buona qualità in una o due passate.



## Componente sottile in una macchina multiasse

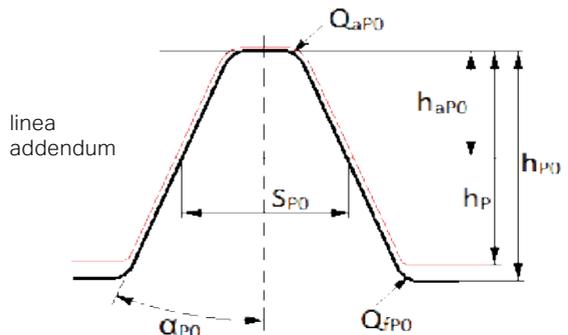
Lavorare con buoni risultati un albero sottile può rivelarsi difficile. Per ridurre vibrazioni e flessioni, il componente deve essere bloccato con un mandrino vicino ai denti d'ingranaggio o delle scanalature.



## Disegni delle frese a creatore – profili dei denti della fresa

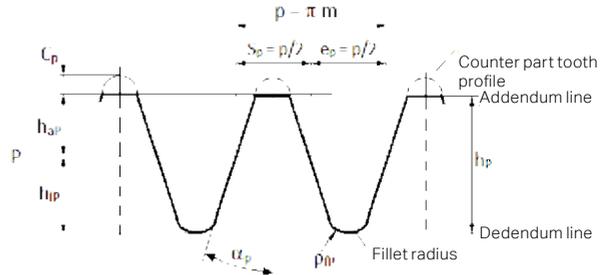
- Questi profili sono definiti per creare profili d'ingranaggio conformi al profilo della cremagliera di riferimento.
- Il profilo dei denti della fresa genera il profilo desiderato della ruota dentata a condizione che i denti della fresa rispondano ai seguenti requisiti:
  - Il modulo dell'ingranaggio e quello della fresa a creatore devono essere gli stessi
  - Nel design della fresa, è necessario considerare angolo di pressione, altezza dei denti e geometria del profilo dei denti.

Non è invece necessario considerare il numero di denti della ruota dentata. Una fresa a creatore non ha limiti, in termini di numero di denti, se i parametri di cui sopra sono gli stessi.



## Disegni delle ruote dentate – profilo della cremagliera di riferimento

- Il profilo della cremagliera di riferimento di un ingranaggio cilindrico è definito come un profilo d'ingranaggio esterno dove numero di denti e diametri d'ingranaggio sono infiniti
- Il profilo a evolvente dei fianchi è costituito da linee rette che diventano sempre più arrotondate quanto minori sono il numero di denti e il diametro d'ingranaggio
- I dettagli sul profilo della cremagliera di riferimento sono riportati nella norma DIN 867



$h_p$  = altezza denti

$h_{aP}$  = addendum

$h_{fP}$  = dedendum

$\alpha_p$  = angolo di pressione

$P$  = linea del passo

$p$  = passo

$\rho_{fP}$  = raggio del raccordo di fondo

$s_p$  = spessore dente sulla linea del passo

$e_p$  = spazio del dente sulla linea del passo

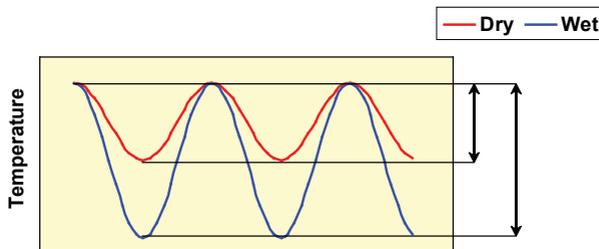
$C_p$  = gioco di testa tra ruote dentate



# Lavorazione con refrigerante o a secco

Per massimizzare la durata utensile è consigliabile, se possibile, la lavorazione senza refrigerante. Eccesive variazioni di temperatura accorciano la durata utensile degli inserti in metallo duro.

**La lavorazione con refrigerante è possibile quando la macchina non è adatta alla lavorazione senza refrigerante o in presenza, ad esempio, di problemi di asportazione dei trucioli.**

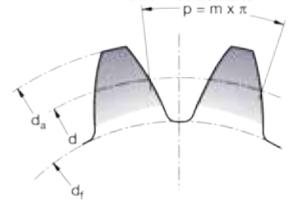


**Se si utilizza fluido da taglio a base d'acqua, la velocità di taglio dovrebbe essere ridotta di almeno il 30%. L'olio è adatto alle velocità di taglio consigliate ma riduce la durata utensile.**

# Terminologia e formule di calcolo

## Numero di denti e modulo

- Numero di denti,  $z$ 
  - Il numero di denti della ruota dentata
- Modulo,  $m_n$ 
  - Un fattore di misura utilizzato per gli ingranaggi metrici
  - Modulo piccolo, denti piccoli - modulo grande, denti grandi



$$\text{module, } m = \frac{\text{pitch diameter, } d}{\text{number of teeth, } z}$$

## Passo diametrale, DP

- Il passo diametrale, DP, viene utilizzato per gli ingranaggi in pollici al posto del modulo
- L'unità è il numero di denti per pollice
- Denti di piccole dimensioni corrispondono a un grande DP
- Denti di grandi dimensioni corrispondono a un piccolo DP
- Passo diametrale e modulo sono separati da un fattore di scala di 25.4

$$\text{diametric pitch, } P_d = \frac{25.4}{\text{module, } m}$$

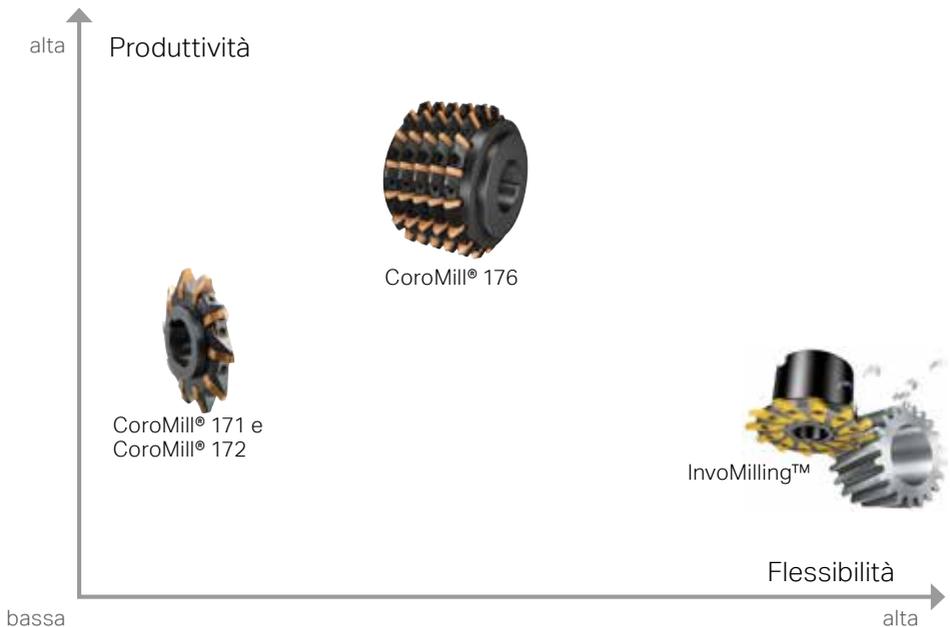
$$\text{diametral pitch, } P_d = \frac{\text{number of teeth, } z}{\text{pitch diameter, } d \text{ [in]}}$$

# Produttività a confronto, modulo <10

## Rapporto tra volume di asportazione del metallo e flessibilità degli utensili per ingranaggi cilindrici

In termini di produttività, la dentatura con frese a disco CoroMill® 171 o CoroMill® 172 può essere un'ottima alternativa alla dentatura a creatore quando il numero di denti del componente è basso. Queste frese a disco possono essere una buona alternativa anche quando si lavorano scanalature o denti d'ingranaggio su macchine a 4 o 5 assi.

InvoMilling è il metodo più flessibile in caso di singole unità o lotti di piccole dimensioni.



# Produttività a confronto, modulo >10

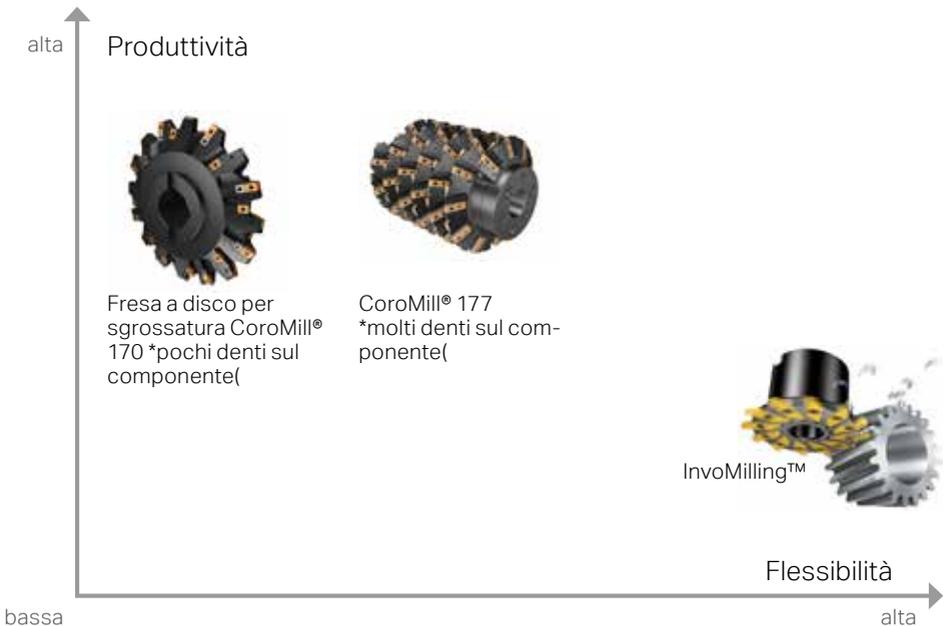
## Sgrossatura o passata completa di ruote dentate di grande modulo

La produttività di una fresa a creatore rispetto a quella di una fresa a disco dipende dalla misura del modulo e dal numero di denti della ruota dentata.

Per i componenti con meno di 30 denti, una fresa a disco CoroMill® 170 è generalmente la soluzione più produttiva

Per i componenti con oltre 60 denti, la soluzione migliore è CoroMill® 177.

I componenti che hanno un numero di denti compreso tra 30 e 60 devono essere valutati. Vedere lo schema a pagina 32.



# Produttività a confronto, modulo >10

## Finitura di ruote dentate di grande modulo

La finitura serve a rimuovere il leggero strato di sovrametallo rimasto nei vani interdentali

Il volume di asportazione del metallo di una fresa a creatore è sempre maggiore rispetto a quello di una fresa a disco, se si confrontano i due utensili con gli stessi dati di taglio.





# Ulteriori informazioni

Non esitate a contattare il tecnico di vendita Sandvik Coromant di riferimento per trovare la soluzione migliore in base ai vostri requisiti. Ulteriori informazioni sulla fresatura degli ingranaggi e sulle nostre soluzioni sono disponibili anche all'indirizzo

[www.sandvik.coromant.com/gearmilling](http://www.sandvik.coromant.com/gearmilling)

Prima di contattarci, è opportuno avere a disposizione le seguenti informazioni:

Tipo di ingranaggio – Misura modulo – Macchina utensile – Materiale da lavorare – Dimensioni lotto

Supporto locale a portata di clic  
[www.sandvik.coromant.com/it](http://www.sandvik.coromant.com/it)



Contattate il vostro tecnico di vendita Sandvik Coromant di riferimento

Sede centrale:  
AB Sandvik Coromant  
SE-811 81 Sandviken, Svezia  
E-mail: [info.coromant@sandvik.com](mailto:info.coromant@sandvik.com)  
[www.sandvik.coromant.com/it](http://www.sandvik.coromant.com/it)

C-1040:126 it-IT © AB Sandvik Coromant 2015

**SANDVIK**  
Coromant