

## **CAPITOLO SECONDO**

*Utensili per il taglio degli ingranaggi conici a spirale*

## **02.1 - Utensili per il taglio degli ingranaggi conici a spirale**

Gli utensili impiegati nel taglio delle coppie coniche sono frese con taglienti frontali, che possono essere a lame riportate, integrali oppure a barrette profilate di vari tipi.

Di seguito vengono descritti i principali utensili impiegati nelle diverse tecnologie sviluppate, in ordine cronologico di introduzione nel mercato. Tuttavia poichè questo manuale non ha l'intento di descrivere in maniera esaustiva tutti gli sforzi prodotti dall'uomo per realizzare trasmissioni di potenza tra assi non paralleli, si è scelto di iniziare la panoramica dalle frese Gleason SOFT BODY.

### *Utensili a lame riportate*

#### **SOFT BODY**

Si tratta di una fresa composta da lame riportate, in acciaio rapido, con taglienti alternati interni IB (Internal Blade) ed esterni OB (Outer Blade). Le lame sono montate su un disco porta lame mediante l'interposizione di appositi spessori calibrati, per realizzare il diametro utensile desiderato. Il tipo di montaggio delle lame sul disco porta lame non prevede nessuna possibilità di regolazione, pertanto la precisione dell'utensile è legata solamente alla precisione costruttiva del disco e delle lame, quindi molto relativa.

Le lame hanno un profilo pre-sagomato che viene riaffilato solo sul petto una volta montate sul disco. Il gambi di attacco delle lame al disco ha sezione rettangolare con un foro ortogonale all'asse della fresa per il fissaggio con vite.

#### **HARDAC**

È l'evoluzione tecnologica del SOFT BODY: l'acciaio rapido viene sostituito dall'acciaio super-rapido. Le lame sono in numero maggiore, permettendo all'utensile migliori prestazioni, in quanto ogni singola lama sopporta un minore carico di lavoro.

#### **HARDAC II**

Viene introdotta nel disco porta lame ha la possibilità di regolare in maniera fine la posizione radiale di ogni singola lama, mediante un cuneo azionato da una vite.

Questo permette, mediante una lunga e meticolosa operazione manuale di centraggio, un montaggio delle lame con un *runout* (fuoricentro) estremamente ridotto.

Inoltre il gambo di attacco della lama al disco prevede anche un piano inclinato, con foratura per il fissaggio a vite ortogonale a questo piano. Questo permette a una componente della forza di serraggio delle viti di bloccare più rigidamente le lame al disco, incrementando ulteriormente la rigidità e la prestazione dell'utensile.

Nella versione a taglienti alterni (*duplex*) vengono impiegate per la sgrossatura di pignoni nel metodo **five cut**

Queste lame sono realizzate anche nella versione *unilaterale*, cioè solo OB oppure solo IB, per la finitura dei relativi fianchi dei pignoni nel metodo di taglio **five cut**.

Le lame hanno un profilo pre-sagomato che viene riaffilato solo sul petto una volta montate sul disco e perfettamente centrate.

#### **RIDG AC**

Si tratta di una fresa composta da lame riportate, in acciaio rapido, con taglienti TRIPLEX, cioè in sequenza di interni IB (Inner Blade), fondo vano (ROOT) ed esterni OB (Outer Blade). Le lame sono montate su un disco porta lame mediante l'interposizione di appositi spessori calibrati, per realizzare il diametro utensile desiderato. Il tipo di montaggio delle lame sul disco porta lame non prevede nessuna possibilità di regolazione, pertanto la precisione dell'utensile è legata solamente alla precisione costruttiva del disco e delle

lame, quindi molto relativa. Vengono usate solo per operazioni di sgrossatura di corone nel metodo **five cut**.

Le lame hanno un profilo pre-sagomato che viene riaffilato solo sul petto una volta montate sul disco.

La successiva finitura viene realizzata con le frese HELIXFORM

### **HELIXFORM**

Vengono impiegate esclusivamente per operazioni di finitura delle corone "Formate". sono realizzate a taglienti alternati, per la finitura in *single cycle* di entrambi i fianchi, con incremento variabile, simile ad una broccia.

Il bloccaggio delle lame sul disco è analogo a quello della HARDAC II, ma ogni lama ha un incremento assiale rispetto alla precedente. Non vengono impiegati spessori.

Le lame hanno un profilo pre-sagomato che viene riaffilato solo sul petto una volta montate sul disco.

Nel disco le lame lasciano un vano per la realizzazione della divisione dell'ingranaggio in lavorazione, per passare velocemente da un dente al successivo, senza cambiare la posizione della fresa rispetto al pezzo.

### **HARDAC III e HARDAC III COMPLETING**

Il numero di lame per disco è sempre maggiore, questo apre la strada a nuove possibilità di taglio chiamate COMPLETING, cioè lavorazioni di costruzione degli ingranaggi con un solo utensile che faccia sgrossatura e finitura.

Le lame hanno un profilo pre-sagomato che viene riaffilato solo sulla faccia frontale (petto) una volta montate sul disco. In verticale sono mantenute tutte alla stessa altezza perché appoggiano sul corpo fresa con due spallamenti rettificati, uno dei quali è indicato con la freccia nella figura N°02.1.

### **Nota sul metodo di taglio five cut**

Face milling di ingranaggi tipo Gleason.

#### Pignone:

- 1) sgrossatura con HARDAC II DUPLEX
- 2) finitura fianco di tiro con HARDAC II UNILATERALI
- 3) finitura fianco di rilascio con HARDAC II UNILATERALI

#### Corona:

- 4) sgrossatura con RIDG AC
- 5) finitura con HELIXFORM.



**Figura N°02.1-** Lama tipo Hardac®.

Nella tipologie SOFT BODY, RIDG AC e HARDAC la possibilità di impiegare spessori diversi permette una certa flessibilità nella realizzazione dei diametri voluti.



Figura N°02.2

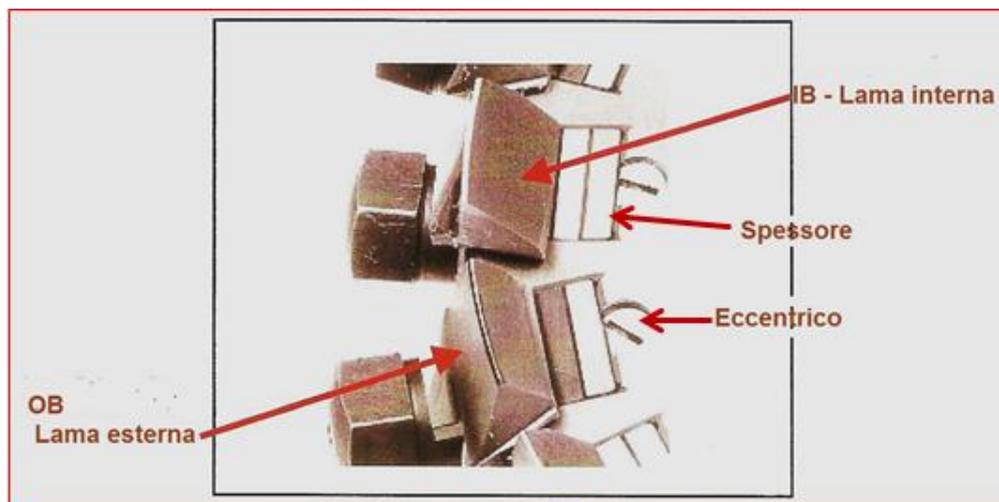


Figura N°02.3

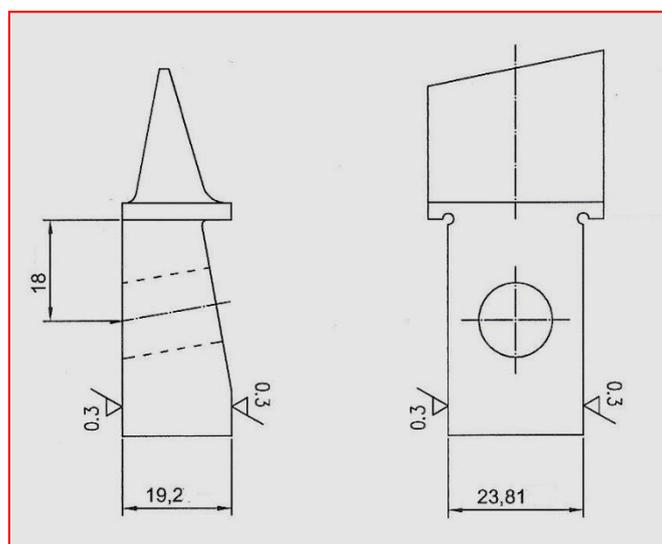
Lo svantaggio principale dei tipi di lame descritte è dovuto al fatto che lama e sistema di bloccaggio costituiscono un gruppo molto ingombrante e quindi sul corpo si può montare solo un numero comunque limitato di lame. Questo riduce considerevolmente il numero di taglienti che generano il fianco di un dente e quindi il grado di finitura sarà legato all'avanzamento utilizzato.

Ulteriormente gli acciai storicamente utilizzati sono basso legati e quindi non molto performanti, inoltre non vengono generalmente commercializzate non rivestite;

miniToolsCoating produce lame Hardac II® Hardac III® con acciai super-rapidi di ultima generazione, abbinando specifici rivestimenti PVD per incrementare le prestazioni di questo utensile.

Queste lame sono comunque complicate da costruire e quindi il loro costo è generalmente alto.

Le lame Hardac hanno diverse dimensioni in relazione al diametro del corpo su cui sono montate e al tipo di fresa. Nella figura N°02.4 sono indicate le dimensioni che caratterizzano l'attacco e nella tabella N°02.1 sono indicate le tipologie di frese Hardac con il corrispondente numero di lame e le dimensioni dell'attacco.



**Figura N° 02.4**

*Tabella N°02.1 - Tipologie di lame Hardac. Numero di lame per fresa*

$\Phi$ nominale (inch)	Hardac	Hardac II	Hardac III	Hardac III Completing	Quote attacco mm
7,5	16	16	16	18	20,62 x 17,6
9	20	20	20	22	20,62 x 17,6
10,5	--	--	--	26	20,62 x 17,6
12	--	--	--	30	20,62 x 17,6
12	12	12	--	--	23,81 x 19,2
12	28	28	28	--	23,81 x 19,2
14	--	--	--	32	23,81 x 19,2
14	--	--	32	--	23,81 x 19,2
16	--	--	--	36	23,81 x 19,2
16	24	--	--	--	23,81 x 19,2
16	36	--	36	--	23,81 x 19,2
18	--	--	--	--	23,81 x 19,2
18	24	--	--	--	23,81 x 19,2
18	36	--	36	--	23,81 x 19,2

### 02.1.2 - Frese con barrette RSR®

Questo tipo di frese, rappresentato in figura N°02.5, migliora sotto molti punti di vista l'utensile descritto poco sopra.



**Figura N°02.5**

Come si può notare è possibile montare molte più lame, che in questo caso sono dette comunemente Barrette RSR® (in inglese stick blades). Ciò consente una migliore finitura e tempi ciclo inferiori.

Anche in questo caso è possibile regolare il diametro nominale della fresa con l'utilizzo di spessori. Il bloccaggio della lama avviene con una vite che pressa la lama in direzione radiale. Questo sistema di bloccaggio limita un po' la stabilità della lama.

Le lame sono inserite in sedi molto precise che rendono il corpo fresa particolarmente costoso.

Le barrette RSR®, che sono rappresentate in figura N°02.6, hanno un corpo quadrato o rettangolare che ha dimensioni con tolleranze molto ristrette, dell'ordine di 5 – 6 µm.

Su un lato è ricavato un piano inclinato che costituisce il petto dell'utensile che non viene mai interessato dall'affilatura e dove il rivestimento PVD rimane fino a che la lama non è completamente usurata.

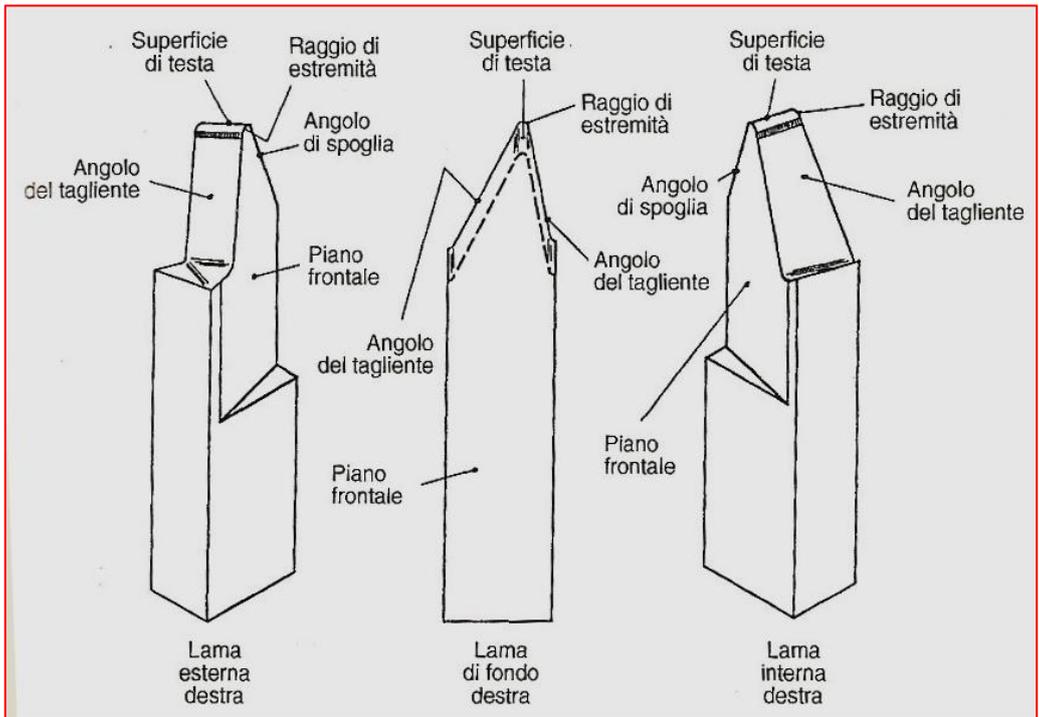


**Figura N°02.6**

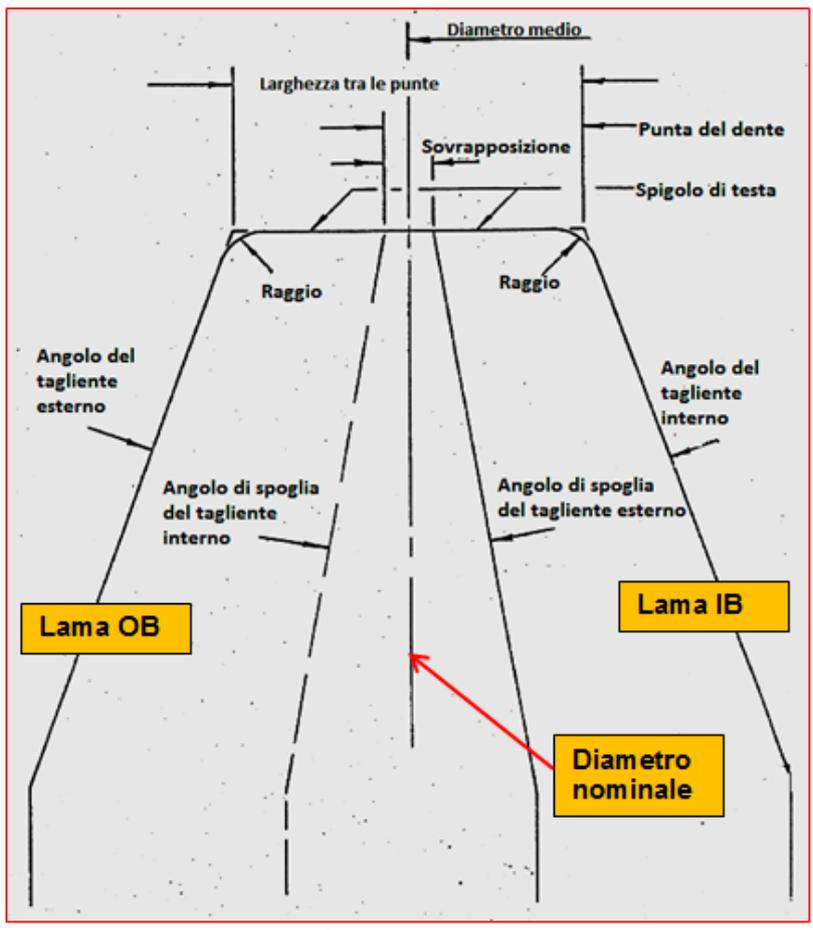
L'affilatura viene eseguita, con lama smontata, rettificando in contornatura il profilo.

Il metodo di affilatura costituisce, in un certo senso, l'inconveniente principale di questo tipo di fresa, infatti il dover smontare tutte le lame, affilarle ad una ad una e rimontarle, sono operazioni che in primo luogo richiedono affilatrici a controllo numerico e specifiche

apparecchiature di controllo della posizione delle lame sul corpo fresa, e poi sono operazioni lunghe e delicate.  
 Anche in questo caso sulla fresa vengono montate in alternanza lame **IB** (lame interne) e lame **OB** (lame esterne).



**Figura N°02.7**



**Figura N°02.8**

Nel caso di impiego della lama centrale, la successione delle lame è la seguente: *OB - lama centrale – IB - lama centrale – OB – lama centrale, IB ...* ecc. Questo significa che il 50% delle lame sono centrali, il 25% sono lame IB e il 25% sono lame OB.

E' evidente che a fronte di un possibile aumento delle condizioni di lavoro, si ha una forte riduzione dei taglienti che finiscono il fianco dei denti e quindi uno scadimento della finitura della superficie lavorata.

Le caratteristiche geometriche del profilo di queste lame e anche delle lame Hardac, sono riepilogate nella figura N°02.8.

Le due lame, interna ed esterna, si sovrappongono per un certo tratto (overlap), allo scopo di finire correttamente il fondo dente senza lasciare scalini.

Il diametro medio è il diametro nominale della fresa. Gli altri elementi importanti sono:

- Punta del dente: (Blade Point). E' il punto teorico estremo della punta di ogni lama. Costituisce il riferimento per determinare la larghezza del complesso delle due lame.
- Larghezza tra le punte: (blade Point Width - PW). E' la distanza tra le due punte delle lame, interna ed esterna).
- Raggio di punta: (Edge Radius) E' un elemento che influisce sul raggio di raccordo a fondo dente dell'ingranaggio prodotto
- Angolo dei taglienti esterno ed interno: (Blade Angle). Corrispondono in pratica all'angolo di pressione della dentatura. Questi angoli possono differire da quelli nominali.

Nel caso di frese con lame centrali si hanno le caratteristiche indicate in figura N°02.9.

Come indicato, la larghezza tra le punte della lama centrale deve essere quella teorica tra le punte diminuita di 0,020" (circa 0,5 mm), mentre la sporgenza oltre il diametro delle due lame laterali sarà di circa 0,25 mm.

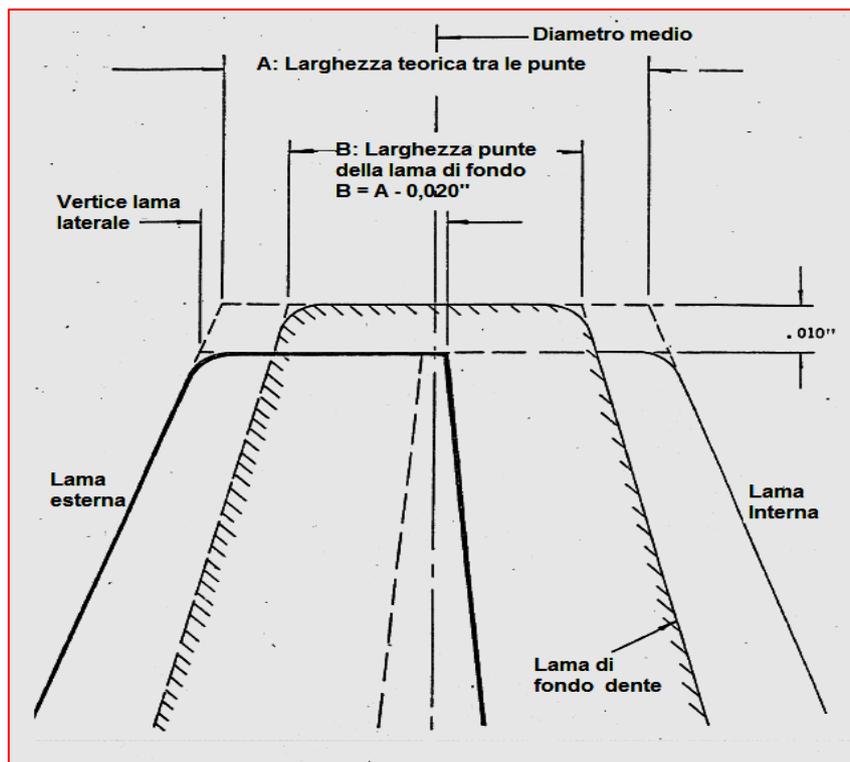
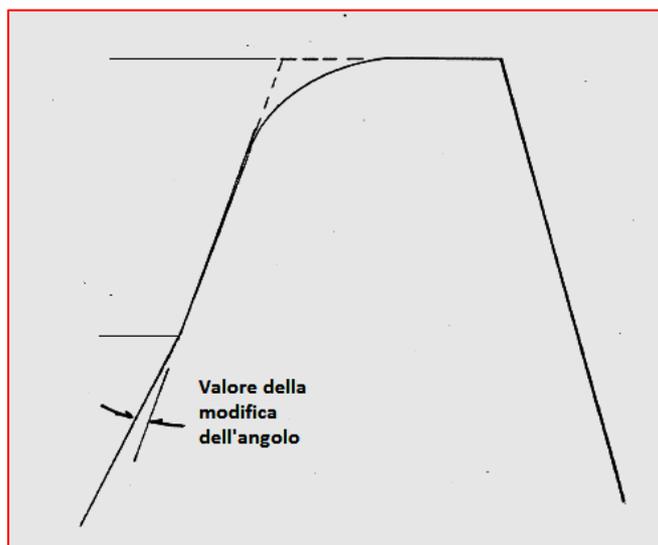


Figura N°02.9

Il profilo può prevedere una protuberanza verso la testa della lama, che prende il nome di *toprem*. Questa variante del profilo serve per generare uno scarico a fondo dente dell'ingranaggio dentato con lo scopo di evitare l'interferenza tra cresta e raggio di fondo durante l'ingranamento e di formare uno scalino dopo l'operazione di lappatura o rettifica del fianco dente.

La forma del toprem è sostanzialmente la riduzione dell'angolo di inclinazione del tagliente in un tratto prossimo alla testa della lama, come indicato in figura N°02.10.

Le dimensioni del toprem sono funzione dell'altezza del dente dell'ingranaggio e ogni dimensione è identificata da una coppia di lettere come indicato nella tabella N°02.2.



**Figura N°02.10**

Tabella N°02.2

Altezza del dente del pignone	Lettera del toprem	Altezza del toprem $D_T$	Modifica dell'angolo
Fino a 0,270"	FH	0,050"	2° 24'
0,270 – 0,360"	EH	0,065"	2° 24'
0,361 – 0,490"	CH	0,080"	2° 24'
0,491 – 0,600"	BH	0,100"	2° 24'
0,601 – 0,690"	AH	0,120"	2° 24'
0,691 – 0,850"	ZH	0,150"	2° 24'
0,851 – 1,060"	WH	0,190"	2° 24'
1,061 – 1,260"	MH	0,230"	2° 24'

Le sigle AY, BY, CY, EY, FY indicano le stesse modifiche ma con modifica dell'angolo di 3°30'.

Si è già accennato al fatto che gli angoli dei taglienti interno ed esterno possono essere diversi da quelli teorici. La modifica di questi angoli di pressione è indicata dalla seguente regola:

- O si specificano i valori degli angoli corretti o si indica il numero di correzione
- Il numero di correzione, moltiplicato per 10 dà il valore in primi di grado di cui bisogna ridurre l'angolo di pressione della OB (lama esterna) e di aumentare dello stesso valore l'angolo di pressione della IB (lama interna).

Esempio: se si ha un angolo di pressione teorico di 20° e il numero di correzione è 30, bisognerà ridurre l'inclinazione della lama esterna (OB) di 300 primi di grado, cioè 5° ed aumentare corrispondentemente l'angolo della lama interna (IB). Gli angoli diventeranno quindi rispettivamente 15° e 25°.

Un vantaggio ulteriore delle barrette RSR® è data dal fatto che l'utilizzatore può sagomarsi le lame all'interno dell'azienda. Infatti per usare queste lame deve essere dotato di una affilatrice CN che sia in grado di generare il profilo. Questa affilatrice sarà anche in grado di ricavare il profilo da una barretta grezza, intendendo con il termine grezza la barretta rettificata di misura sui lati ma non sagomata con il profilo come indicato in figura N°02.11.



**Figura N°02.11**

Nelle aziende che producono in grande serie, le barrette da affilare sono molte e poichè la macchina affilatrice di precisione a CN è costosa, non conviene tenerla occupata per tempi lunghi per sgrossare le barrette.

E' più conveniente assegnare questo compito a ditte esterne specializzate meglio attrezzate per sgrossare le barrette con costi minori.

Una di queste ditte è la *miniToolsCoating* (Padova) che è in grado di sgrossare di precisione il profilo fornendo la barretta con sovrametalli minimi in modo che l'utilizzatore può finirle con i tempi paragonabili ad una normale affilatura.

Il sovrametallo che viene lasciato nella sgrossatura per la successiva finitura è di 0,1 – 0,3 mm.

Ad ogni riaffilatura la barretta si accorcia di 0,4 – 0,5 mm.

Sia per le operazioni di sgrossatura che di affilatura, la *miniToolsCoating* si costruisce una coppia di barrette master, certificata dall'utilizzatore, con lo scopo riprodurre anche in tempi successivi sempre gli stessi profili.

Non solo, la *miniToolsCoating* dopo la sgrossatura e l'affilatura esegue normalmente anche il ricoprimento con i prodotti più indicati per le singole operazioni.

Vantaggi e svantaggi:

Rispetto alla fresa Hardac il sistema RSR® è più performante, ma a causa della ricomposizione dopo ogni affilatura dell'utensile, solo un utilizzatore molto ben strutturato e con produzioni elevate può garantirsi un ritorno economico mantenendo livelli qualitativi corretti; inoltre la stabilità e rigidità delle lame RSR® è minore di quella delle lame Hardac e quindi l'aumento di produttività non è proporzionale all'incrementato numero di taglienti.

Questa minore stabilità della lama, ha fatto sì che se sulle frese Hardac sono comparse placchette in carbide per hard finishing. Il sistema RSR® è stato soppiantato dal successivo sistema Pentac®.

### 02.1.3 - Frese con barrette Pentac®

Si differenziano dalle lame RSR® perché hanno la base costituita da due facce inclinate che appoggiano su un V del corpo fresa. La sezione trasversale della barretta ha una sagoma pentagonale con due superfici d'appoggio, a 30 e 60°

In questo modo si migliora la precisione del posizionamento e la stabilità delle lame. Le barrette Pentac® sono quindi un perfezionamento delle barrette RSR®.



**Figura N°02.12**

Le frese Pentac® sono impiegate sia nella dentatura in continuo “Face Hobbing” che nella dentatura con taglio discontinuo “Face Milling”.

Anche in questo caso si ripropongono le considerazioni fatte sul sistema RSR®, in quanto anche in questo caso le barrette siano esse in HSS o in Carbide devono essere smontate per poter essere riaffilate su due o tre facce. Quindi solo utilizzatori ben strutturati dal punto di vista affilatura, rimontaggio e con numeri consistenti possono sfruttare appieno le caratteristiche di produttività che sono espresse dal sistema Pentac®.

La riaffilatura su tre facce che è in grado di costruire un tagliente perfetto e quindi col massimo delle performances, tuttavia richiede, soprattutto sulle barrette Carbide la il trattamento di ricopertura, che miniToolsCoating ha espressamente messo a punto per queste lavorazioni, portando ai massimi livelli le prestazioni delle barrette Pentac®.

### 02.1.4 - Frese integrali

In molti casi è conveniente usare frese integrali in HSS anziché frese a lame riportate, anzi in alcuni casi si può dentare solo con le frese integrali, per esempio in caso di frese con piccoli diametri.

Ma anche con diametri più grandi, ed in alcuni casi particolari, per esempio fino a 9” ci sono dei vantaggi non trascurabili.

In generale si può dire che le frese integrali sono usate convenientemente quando la fresa ha un diametro inferiore a 6”. In questo caso diventa molto importante la possibilità di avere più taglienti e di avere costi di approvvigionamento e di gestione molto limitati.

miniToolsCoating (Padova) è specializzata nella produzione di questo tipo di frese ed è in grado di fornire frese da un diametro medio da 1,1” (28 mm) a 9” (230 mm).



**Figura N°02.13**

I vantaggi che si hanno con le frese integrali possono riassumersi in:

- *Facilità di affilatura*
- *Maggior precisione*
- *Frese sempre pronte in magazzino*
- *Perfetta stabilità*

Queste frese possono essere affilate con le stesse affilatrici che si usano per le frese Hardac.

Rispetto alle frese Hardac hanno il vantaggio di avere molti più denti e quindi di consentire condizioni di lavoro più gravose, con riduzione dei tempi di produzione e di ottenere un ingranaggio molto più preciso.

E' evidente però che per frese di grande diametro, sopra i 6", le frese integrali non sono economicamente convenienti. miniToolsCoating ha però dato una risposta a questa necessità, avviando parallelamente alla produzione di frese integrali, anche la produzione di frese "a corona" e riproponendo quindi la fresa integrale per diametri fino a 9" con costi competitivi. Queste frese, vedi figura N°02.13, riducono considerevolmente l'impiego di acciaio pregiato necessario per la parte tagliente, essendo abbinata ad una flangia in acciaio da costruzione.

Rispetto alle frese a lame RSR® e Pentac® hanno il grande vantaggio di non dover smontare niente per l'affilatura e di non richiedere affilatrici che riproducano il profilo ed apparecchi speciali per il rimontaggio accurato delle lame sul corpo fresa. Non c'è quindi la necessità di costosi apparati per mantenere una ottima costanza di qualità nei lotti piccoli e ripetitivi, dove il fattore costo non è l'unico driver di produzione.

Inoltre le frese a lame riportate utilizzano corpi fresa che sono molto costosi e per ogni singola operazione non è sufficiente dotarsi di un solo corpo fresa, ne servono almeno due o tre, per non fermare la produzione durante l'affilatura e anche per avere un sicuro ricambio in caso di incidenti macchina che rovinino il corpo fresa.

In genere quindi volendo passare da frese Hardac a frese RSR®, sono necessari investimenti di una certa entità, cosa questa che non è necessaria se si opta per le frese integrali anche su diametri fino a 9".

miniToolsCoating è in grado di fornire frese integrali in tempi contenuti e l'investimento è molto modesto, senza contare che un incidente che deteriori il corpo della fresa a lame produce un danno notevole.

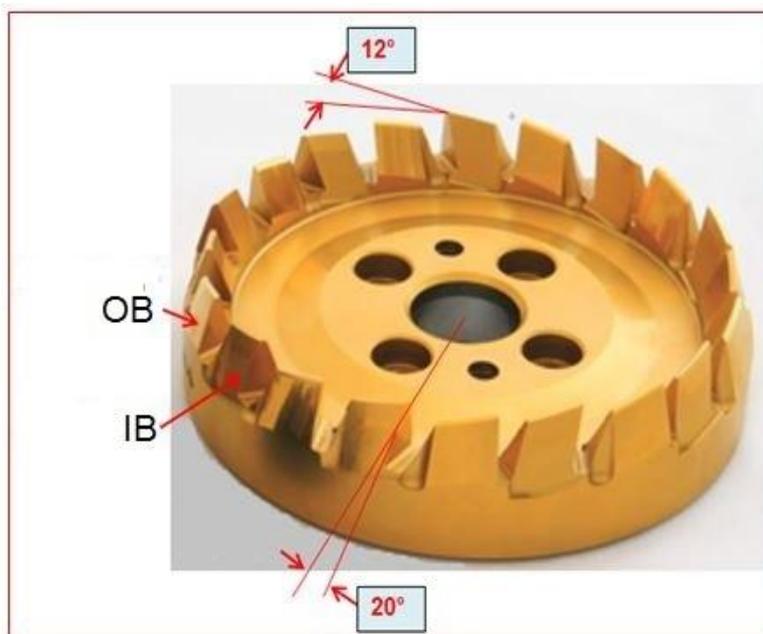
Infine bisogna considerare che nella fresa integrale non sono presenti quegli errori di posizionamento delle lame che, piccoli o grandi, ci sono sempre nelle frese a lame riportate.

Naturalmente anche queste frese hanno il profilo dei denti con le caratteristiche geometriche descritte per le barrette.

Hanno i denti alternati, **OB** e **IB** e possono anche avere il dente sgrossatore centrale se è proprio indispensabile, ma dato l'elevato numero di denti con cui possono essere costruite, in genere il dente centrale non è quasi mai necessario.

Per quanto riguarda gli angoli caratteristici principali si può dire che l'angolo di spoglia di testa può essere di 12°, 6° oppure 3° in relazione all'angolo di pressione (più piccolo è l'angolo di pressione maggiore dovrebbe essere l'angolo di spoglia di testa).

L'angolo di taglio standard è di 20° (sulle frese Face-Milling). Per materiali teneri si può affilare con angoli di 25 – 30° , mentre per materiali duri si affila anche con **10 – 15°**



**Figura N°02.14**

Le successive affilature con un angolo di 20° non modificano il profilo, a patto che lo spigolo tagliente corrisponda sempre alla generatrice del cono ideale di cui il fianco del dente è parte.

I denti hanno una spoglia di testa normalmente di 12°; è tutto il dente che è inclinato di questo angolo. Esso è una porzione di elica che si avvolgerebbe sulla superficie laterale di un cilindro avente il diametro corrispondente al diametro nominale della fresa.

Il paragone più ovvio è quello dell'elica di una molla cilindrica. Ogni sezione con un piano radiale, o con un altro angolo definito, mantiene sempre lo stesso profilo.

Nella tabella N°02.3 sono indicate le caratteristiche dimensionali delle frese standard costruite dalla miniToolsCoating.

*Tabella N°02.3*

<i>Tipo</i>	<i>Diametro nominale</i>	<i>Numero di denti</i>	<i>Tipo di acciaio</i>
<i>Fresa integrale</i>	1,1"	8	ASP23 oppure S390
	1,5"	12	
	2"	16	
	2,5"	16	
	2,75"	20	
	3,5"	20	
	4,5	20 (24)	
	5"	20 (24)	
<i>Fresa a corona</i>	6"	20 (24)	
	6"	24 (28 – 30)	
	7,5"	32 (36)	
	9"	40	

Le frese a corona sono tipiche per diametri grandi (4.5"-5"- 6"- 7,5"- 9").

Esse richiedono una flangia di attacco che è un'interfaccia tra utensile e mandrino della macchina.



**Figura N°02-15** - Fresa a corona *miniToolsCoating*

L'adozione della fresa in due pezzi serve per ridurre la quantità di acciaio HSS e quindi di avere costi minori. Inevitabilmente però si hanno dei piccoli errori di montaggio dovuti all'unione di due pezzi in confronto alle frese integrali classiche.

Questi errori di eccentricità sono dell'ordine di qualche micrometro e non influiscono in maniera determinante sulla precisione dell'ingranaggio lavorato, anche perché queste frese di relativamente grande diametro eseguono ingranaggi di diametro grande che in genere vengono sottoposti ad un trattamento termico, che a sua volta produce delle distorsioni. Sono quindi ingranaggi che richiedono comunque un'operazione di finitura, lappatura o rettifica o con ripassatura con fresa in metallo duro.

Peraltro gli errori sopra citati non si ripetono ad ogni riaffilatura, ma rimangono costanti in tutta la vita dell'utensile e questo, unito alla migliore rigidità dell'utensile integrale, fa sì che la qualità del pezzo tagliato, sia più alta e sicuramente più stabile di qualunque altro pezzo tagliato con frese a lame riportate

Per la costruzione delle frese integrali la *miniToolsCoating* impiega macchine a controllo numerico dell'ultima generazione, con controlli dimensionali in ogni fase della lavorazione. Dopo la normale tornitura e preparazione dello sborzato vengono fresati i denti su un centro di lavoro che utilizza, così come anche tutte le altre macchine, software specifici realizzati dalla *miniToolsCoating* stessa.



**Fig. N°02-16** – Fresatura denti con macchina CNC

La precisione di questa operazione è essenziale per ridurre al minimo i sovrametalli per le successive operazioni di finitura con rettifica, ottenendo due risultati importanti: minore

sollecitazione delle mole di rettifica con minor riscaldamento delle superfici e minor pericolo di modifiche strutturali dell'acciaio e una riduzione dei tempi di rettifica con vantaggi sui costi finali.

I software operativi installati sulle varie macchine consentono all'operatore di seguire tutte le fasi dell'operazione e di intervenire facilmente per eventuali modifiche di quote o di angoli. Nella figura N°02-17 è rappresentata una schermata del CN di una macchina operatrice in cui si può vedere che l'introduzione e la gestione dei dati geometrici della fresa è eseguito in ambiente Windows.

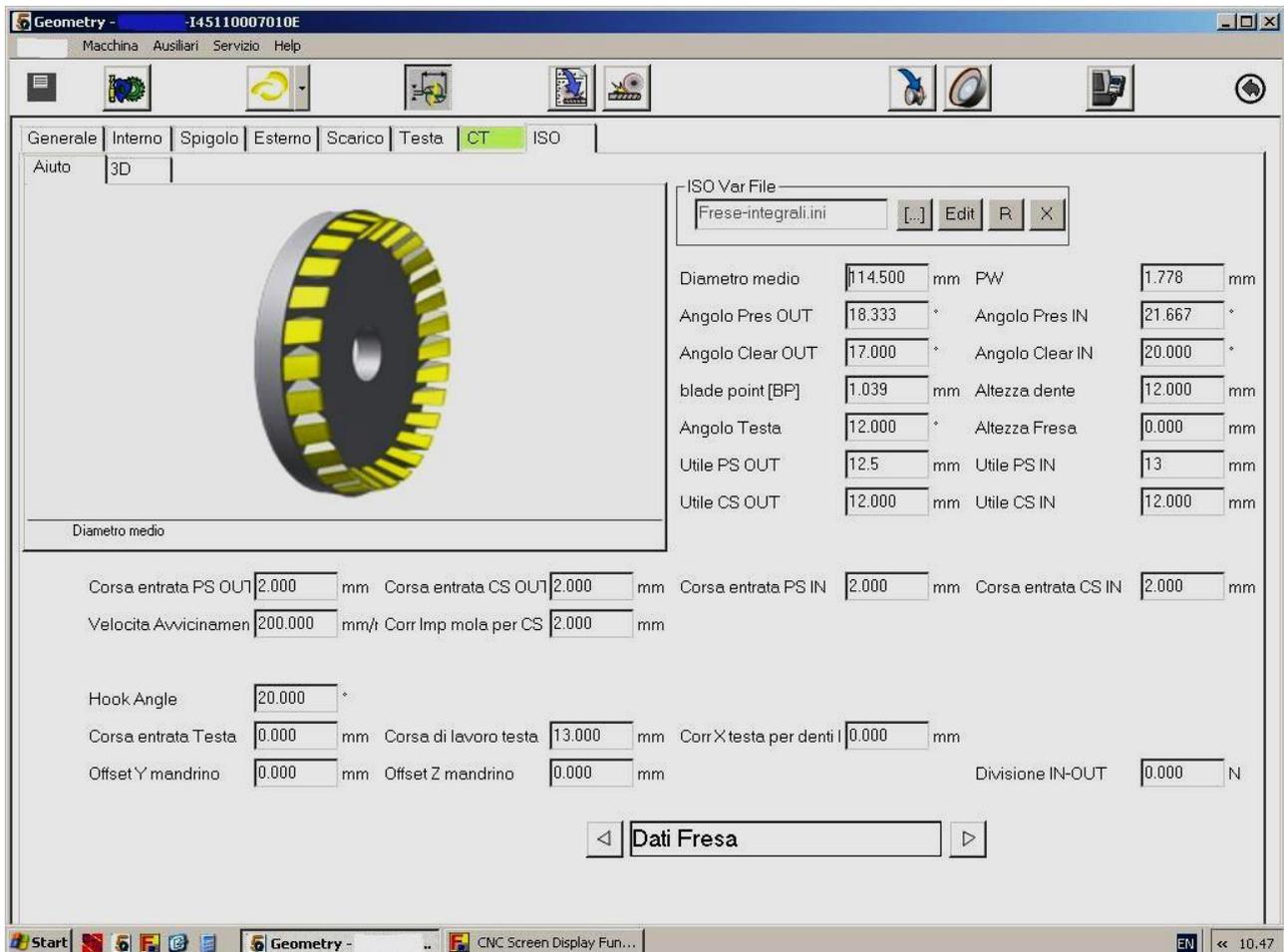
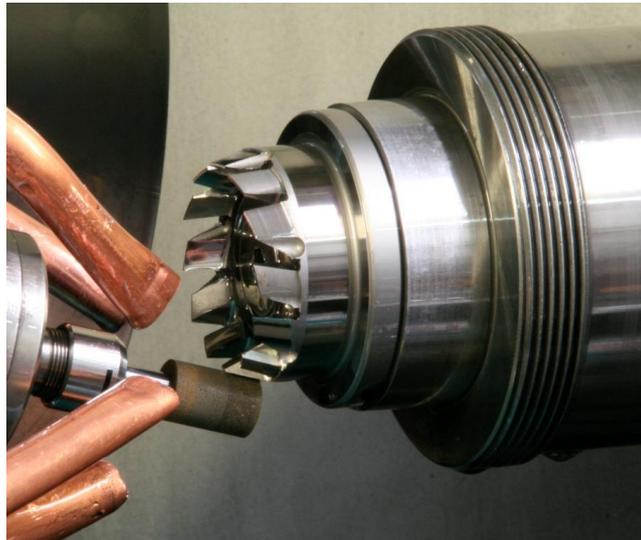


Fig. N°02-17

Dopo il trattamento termico, eseguito da ditte specializzate esterne, si procede prima alla rettifica del piano di appoggio e del foro e poi alla rettifica del profilo, sempre utilizzando macchine a controllo numerico.

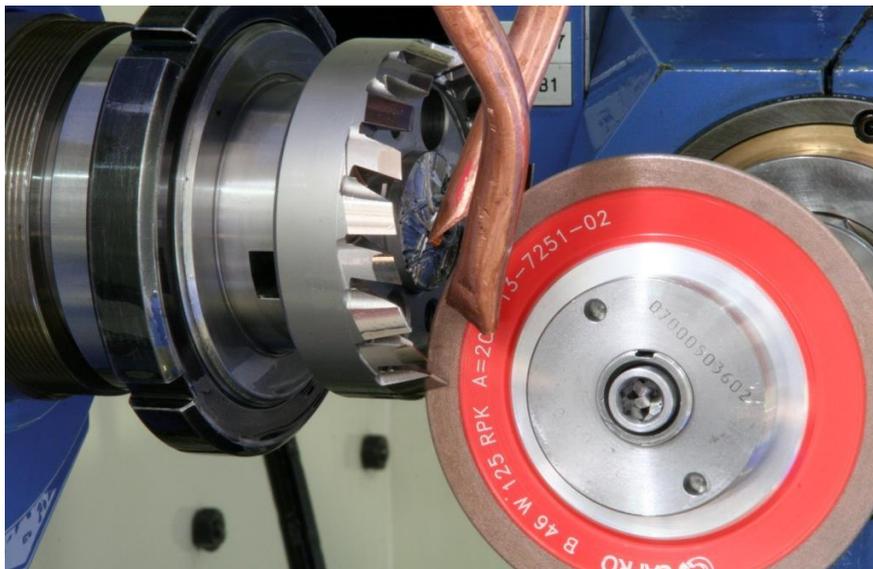
Normalmente si usano mole in CBN che garantiscono una ottima stabilità dimensionale sui vari denti della fresa e consentono finiture superficiali con  $Ra = 0,1 - 0,2 \mu m$ , cioè simili a quelle ottenute in lappatura.

La rettifica del profilo non è la sola operazione delicata che si esegue su queste frese; è ben vero che da essa dipende la precisione degli angoli di inclinazione, il corretto dimensionamento della testa, con i vertici e i raggi dei taglienti nell'esatta posizione, con le dimensioni del toprem entro le tolleranze prescritte, ma è di molta importanza anche una corretta affilatura dei denti, operazione che avviene subito dopo la rettifica del profilo.



**Fig. N°02-18**

L'affilatura del petto tagliente dei denti, viene eseguita normalmente con un'inclinazione di  $20^\circ$  e deve mantenere lo spigolo tagliente della lama interna e di quella esterna perfettamente coincidente con la generatrice del cono ideale formato rispettivamente dalla superficie interna o esterna del dente.



**Fig. N°02-19 - Affilatura di una fresa integrale**

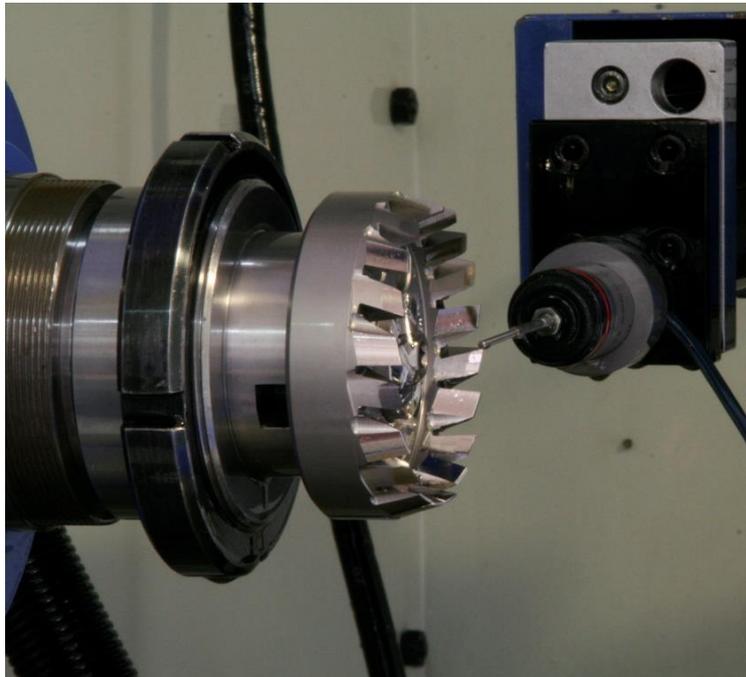
Si deve inoltre fare attenzione che tutti i denti si trovino su una stessa circonferenza, ciò che è garantito se si asporta una stessa quantità di materiale da ogni dente.

Le mole devono avere una grana sufficientemente fine per generare una superficie con una rugosità bassa, altrimenti lo spigolo tagliente risulterebbe un po' frastagliato con conseguente riduzione del rendimento dell'utensile.

Ci si rende conto quindi che la costruzione e l'affilatura di queste frese richiedono macchine precise, flessibili e facilmente programmabili.

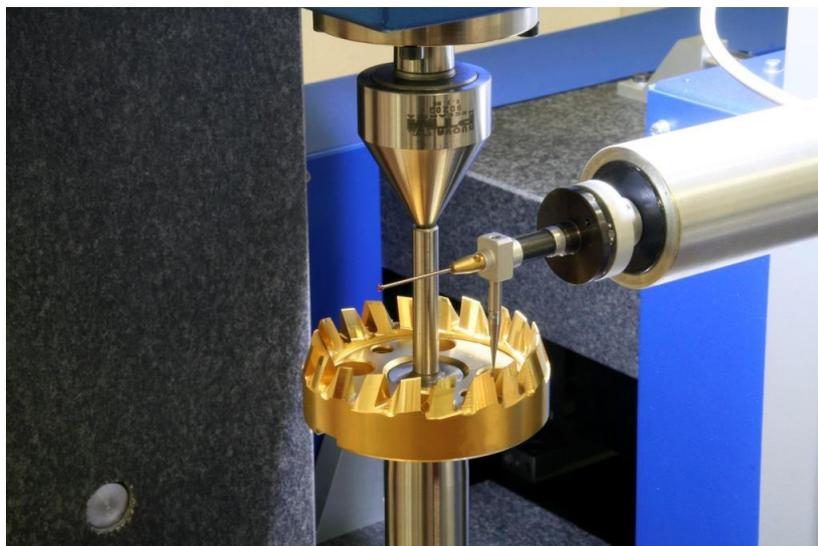
E' per questa ragione che molti utilizzatori preferiscono rivolgersi a centri di servizio specializzati per queste operazioni.

La miniToolsCoating esegue il controllo in macchina durante l'affilatura, come indicato nella figura N°02.20, questo garantisce la precisione e permette una riduzione dei tempi di esecuzione.



**Figura N°02.20**

Dopo la ricopertura con TiN o con altri tipi di layers, viene eseguito il controllo finale che genera un certificato di qualità in cui sono evidenziati gli scostamenti rispetto le quote teoriche del profilo, dell'eccentricità, della divisione, della esatta posizione e forma del tagliente, ecc.



**Figura N°02.21 – Controllo qualità finale**

### Tolleranze

La miniToolsCoating ha adottato una norma interna che fissa le tolleranze di costruzione delle frese integrali.

Il servizio qualità si basa su queste tabelle per deliberare sulla qualità delle frese. In caso di errori su un solo parametro la fresa viene scartata e prima di essere spedita al cliente viene ripassata per rientrare nelle tolleranze stabilite.

Nella tabella N°02.4 sono riportate le tolleranze degli elementi più importanti della fresa, ma oltre a questi parametri vengono considerati molti altri.

La massima rugosità ammessa sulle superfici dei denti è  $Ra = 0,15 \mu m$ .

Tabella N°02.4 -Tolleranze di costruzione adottate dalla miniToolsCoating per le frese integrali

Valori in millimetri	Diametri frese 1,1"-1,5"-2"	Diametri frese 2,5"-2,75"-3,5"	Diametri frese 4"- 4,5"	Diametri frese 5"-6"	Diametri frese corona 6"-7,5"	Diametri frese corona 9"
Larghezza Punta (PW)	+0,01 -0,02	+0,01 -0,02	+0,01 -0,02	+0,01 -0,03	+0,01 -0,03	+0,01 -0,04
Altezza Toprem	--	+0,15 -0,05	+0,15 -0,05	+0,15 -0,05	+0,15 -0,05	+0,15 -0,05
Angolo Toprem	--	+5' -5'	+5' -5'	+5' -5'	+5' -5'	+5' -5'
Raggio Punta	+0 -0,20	+0 -0,20	+0 -0,20	+0 -0,20	+0 -0,20	+0 -0,20
Angolo lama esterna (OB)	+5' -5'	+5' -5'	+5' -5'	+5' -5'	+5' -5'	+5' -5'
Angolo lama interna (IB)	+5' -5'	+5' -5'	+5' -5'	+5' -5'	+5' -5'	+5' -5'
Fuoricentro lame esterne	0,005	0,008	0,010	0,010	0,012	0,014
Fuoricentro lame interne	0,005	0,008	0,010	0,010	0,012	0,014
Tiro cono	0,05÷0,08	0,05÷0,08	0,05÷0,08	0,10÷0,12	0,10÷0,12	0,10÷0,12

Importanza della precisione del foro conico di montaggio

Le frese integrali hanno un foro di centraggio leggermente conico, per rendere preciso il bloccaggio della fresa sul mandrino della macchina.

Il foro di centraggio deve essere quindi rettificato con precisione sia come conicità sia come diametro. Nella figura N°02.22 è indicato un montaggio corretto mentre nella figura N°02.23 sono indicati gli inconvenienti possibili in caso di errori sulla conicità e sul diametro.

Il foro deve avere un diametro tale che quando si monta la fresa sul mandrino, premendo a mano e prima di bloccare la fresa con le viti, tra il piano di appoggio sul mandrino e la facciata della fresa ci deve essere uno spazio di 0,05 – 0,08 mm per frese fino a 4,5" di diametro e di 0,10 – 0,12 per le frese con diametro superiore (tiro cono), in modo che quando si blocca la fresa con le viti, si forza la fresa ad andare in appoggio.

In questa posizione la fresa risulta centrata e con appoggio stabile.

Quindi:

Il mandrino della macchina e il foro della fresa sono conici

- 1) Il cono serve per il centraggio esatto.
- 2) Le superfici A e B devono essere in contatto per garantire stabilità alla fresa. Sono in contatto dopo chiusura con le viti di bloccaggio

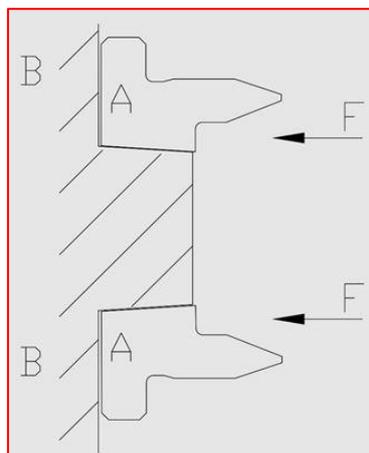
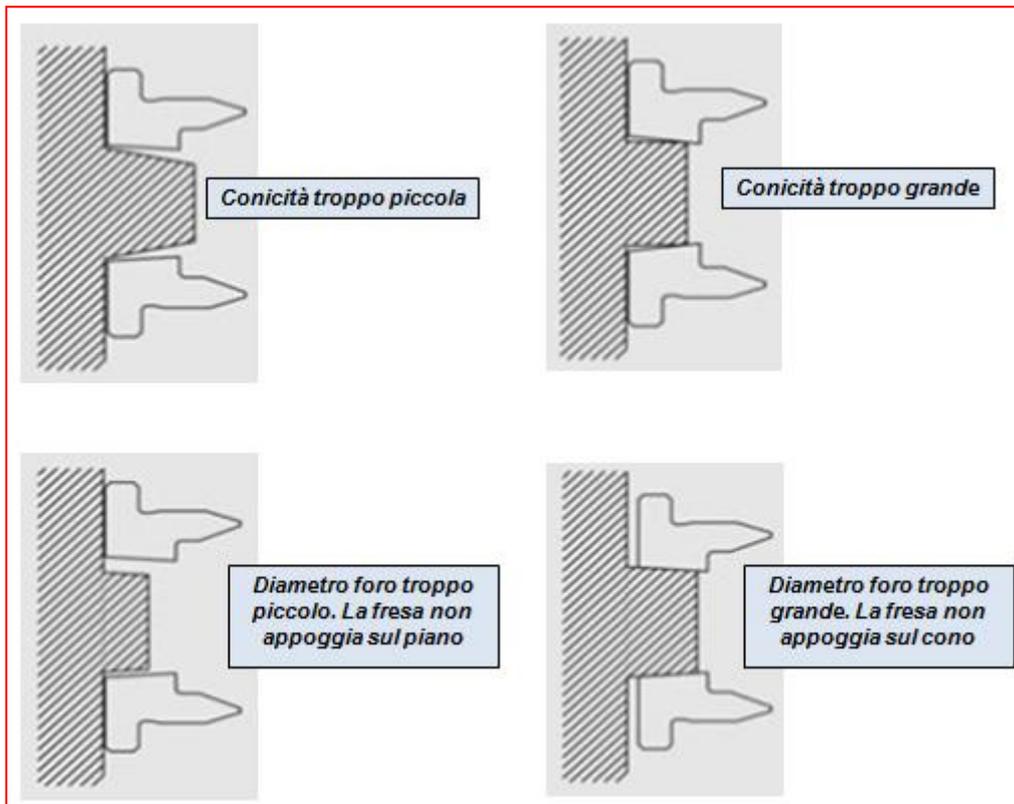


Figura N°02.22- Montaggio corretto della fresa sul mandrino

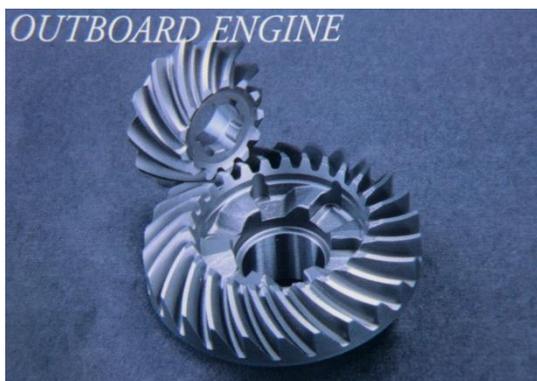


**Figura N°02.23** – Possibili difetti di montaggio causati da errori dimensionali sul foro della fresa

02.4.1.1 - Principali campi di applicazione delle frese integrali per ingranaggi conici

Oltre ai campi d'impiego sotto illustrati, le frese integrali sono impiegate, nel settore automobilistico, nella costruzione di motoriduttori, negli ingranaggi conici per le macchine agricole ecc.





**Applicazioni speciali e ricambi**



#### 02.1.4.2 - Dati necessari per definizione della fresa

In caso di richiesta di offerta o di ordine, il cliente deve comunicare al costruttore i dati essenziali per la definizione della fresa.

In mancanza del disegno costruttivo può utilizzare la seguente tabella N° 02.5 integrandola eventualmente con delle note se sono richieste modifiche speciali del profilo.

Tabella N°02.5

Caratteristiche indispensabili per definizione frese integrali per coppie coniche spirali Gleason	
Diametro nominale	
Larghezza punte (PW)	
Angolo lame esterne	
Angolo lame interne	
Raggio in punta	
Toprem	
Senso (RH o LH)	
Altezza (standard o speciale)	
Caratteristiche utili per definizione fresa (non indispensabili)	
Materiale utensile	
Tipo di Coating	
materiale da tagliare	
summary di taglio	
macchina da utilizzare	

Finora si sono illustrati i tipi di frese e di barrette tipici della Gleason, di seguito diamo alcune informazioni sulle barrette (stick blades) per il taglio di coppie coniche tipo Oerlikon.

In genere però i metodi di taglio sono sempre gli stessi: Face Milling o Face Hobbing.

#### 02.1.5 - Barrette Arcon® (Oerlikon)

Sono in HSS o più frequentemente in Metallo Duro (Carbide).

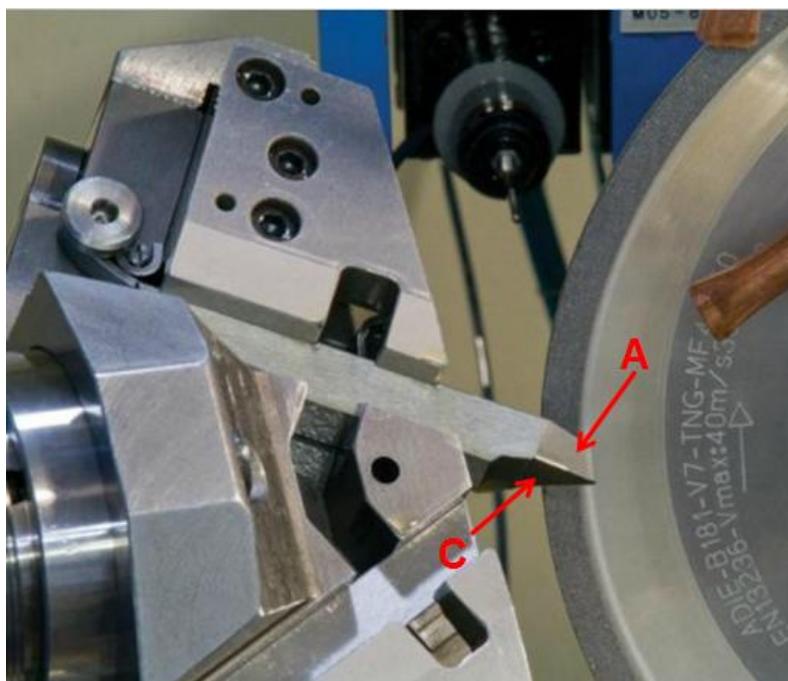
Si lavora esclusivamente con il sistema Face Milling con lama IB e OB.



**Figura N°2.24** – Barretta grezza e profilata tipo Arcon in metallo duro

La particolarità di queste barrette, è che sono affilate su tre facce, cioè anche sul petto dell'utensile. Sostituiscono in maniera molto più produttiva le barrette RSR e competono con le Pentac.

La figura N°02.24 mostra una barretta del tipo Arcon TWIN BLADE, un particolare tipo di affilatura che in pratica vede tagliare quasi contemporaneamente il lato PA e il lato di Clearance .



**Figura N°2.25** - Fase di affilatura di una barretta Arcon

Nella illustrazione della figura N°02.25–si vede che oltre alla superficie che la mola sta rettificando bisognerà affilare anche le superfici A e C. le affilature vengono fatte con mole che lavorano in contornatura.

Il montaggio di queste lame nel disco porta lama è particolarmente rigido e permette di centrare le lame con estrema precisione. Questo rende il metodo particolarmente indicato per l'impiego del metallo duro (carbide stick blades)

#### 02.2.6- Barrette Oerlikon FS®

Sono barrette a sezione rettangolare con l'affilatura su tre facce, ma per la lavorazione in Face Hobbing.

In questo caso si lavora con gruppi di tre lame: una interna, una esterna e una centrale.

#### 02.1.7 - Barrette Spiron® (Oerlikon)

Sono l'evoluzione delle barrette FS, cioè per la lavorazione in Face Hobbing, ma solo con due lame: una esterna e una interna. Questo permette un maggior numero di taglianti e permettono maggiore produttività. In questo caso, essendo queste barrette in carbide, l'angolo di spoglia frontale è 0° il che rende inutile la lama centrale.

Tutte le barrette affilate su tre facce permettono l'applicazione ottimale dei rivestimenti PVD, in quanto il tagliente viene perfettamente rigenerato ad ogni affilatura.