

## Coltelli stozzatori rettilinei tipo Maag

### Generalità

Questo tipo di utensile è ancora usato in molte officine, anche se non è adatto per produzioni di grandi serie. Un tempo era una valida alternativa al coltello circolare, ma oggi, a seguito dei grandi progressi che hanno fatto le rettifiche dei coltelli circolari, unito alle altissime velocità di cui le moderne dentatrici possono lavorare, ha perso molta della sua importanza.

Tuttavia mi sembra opportuno trattare questo argomento, in primo luogo perché, come si è detto, è ancora utilizzato da molti produttori di ingranaggi, in secondo luogo per dare una più completa informazione a chi si avvicina al mondo degli ingranaggi.



Il coltello rettilineo di tipo Maag è una porzione di cremagliera, quindi è in grado di ingranare senza interferenza con una ruota dentata avente le stesse caratteristiche fondamentali.

Il coltello Maag lavora come un coltello stozzatore e quindi avrà le opportune spoglie sui fianchi, sul dorso del dente e sul piano di affilatura.

Il moto principale di taglio è posseduto dal coltello, mentre i moti di rotazione e di traslazione coniugata nella direzione della linea primitiva del coltello sono date dal pezzo.

La tavola circolare sulla quale è fissato il pezzo da tagliare effettua la traslazione rettilinea ad una velocità costante "sviluppando" l'ingranaggio lungo il coltello. Per ruote con un rilevante numero di denti non è possibile e conveniente costruire un coltello che esegua in una sola passata tutti i denti del pezzo; sarebbe necessario avere coltelli molto lunghi che, tra l'altro, sarebbero soggetti a forti deformazioni dando luogo ad errori di passo notevoli. Si dovrebbero costruire anche macchine di dimensioni rilevanti. Tutto ciò viene evitato dotando la tavola girevole di un moto di ritorno affinché il coltello possa proseguire il taglio di un altro gruppo di denti.

Questo, naturalmente è fonte di qualche errore e di una maggiorazione dei tempi di dentatura: sono questi due motivi, tra gli altri, che mettono questo metodo di taglio in situazione di inferiorità rispetto al taglio con coltello circolare.

Il movimento di traslazione lineare era dato da cremagliere e da ruote campione che dovevano corrispondere esattamente rispettivamente alla cremagliera costituente il coltello e al pezzo. Ora questa condizione sarebbe superata con l'utilizzazione di macchine a controllo numerico.

In seguito all'azione di taglio ed allo sfregamento del coltello, la temperatura del coltello aumenta e quindi si crea per effetto della dilatazione termica un suo allungamento. Le cremagliere di guida invece non si scaldano e quindi si perde la corrispondenza tra guida e coltello. In alcuni modelli di macchina era previsto un sistema di riscaldamento della cremagliera di guida per evitare errori di passo.

I limiti della generazione di ingranaggi con il sistema Maag sono molto ampi e vanno da ruote con diametro di 20 mm a ruote con diametro di 5000 mm.

Nelle lavorazioni con coltello Maag non esiste il moto di avanzamento radiale in quanto la profondità di passata viene regolata in partenza, quando cioè il coltello è tutto al di fuori della ruota da tagliare.

Per il taglio di piccole ruote dentate in cui si vuole ottenere una buona superficie lavorata, si impiegano due coltelli in serie di cui uno sgrossatore ed uno finitore, e la serie va costruita insieme con i coltelli che formeranno una coppia fissa.

In questo caso, poiché il coltello sgrossatore presenterà un'usura notevolmente maggiore, il suo spessore in seguito alle successive affilature diminuirà molto più velocemente del coltello finitore e quindi sarà necessario, per portare i coltelli su uno stesso piano, affilando oltre l'usura anche il coltello finitore. Ma questa soluzione ovviamente non è molto razionale perché comporta uno spreco inutile del coltello finitore. Più conveniente è invece la soluzione che prevede l'accoppiamento di più sgrossatori con un unico finitore.

Esistono diversi tipi di coltelli Maag distinti in relazione ai compiti loro affidati, ed in particolare si avrà:

- Coltello sgrossatore: serve per sbazzare i vani dei denti e simultaneamente creare il diametro interno definitivo. I denti del coltello sgrossatore hanno uno spessore cordale minore ad uno stesso addendum, rispetto ai denti del finitore, sono quindi più stretti e lunghi.
- Coltello finitore: serve per finire i fianchi dei denti senza toccare il fondo, cioè non modificando il diametro interno.
- Coltello pre-rettificatore: serve a tagliare delle dentature che devono essere successivamente finite di rettifica. I denti sono leggermente più stretti di quelli del coltello finitore in modo da lasciare un certo soprametallo per la rettifica.

Esistono anche coltelli combinati sgrossatore-finitore (fig. N°1) che vengono usati fino a modulo 3,5 mm. Ma vengono anche costruiti coltelli Maag per ruote di catene o per altri profili speciali.

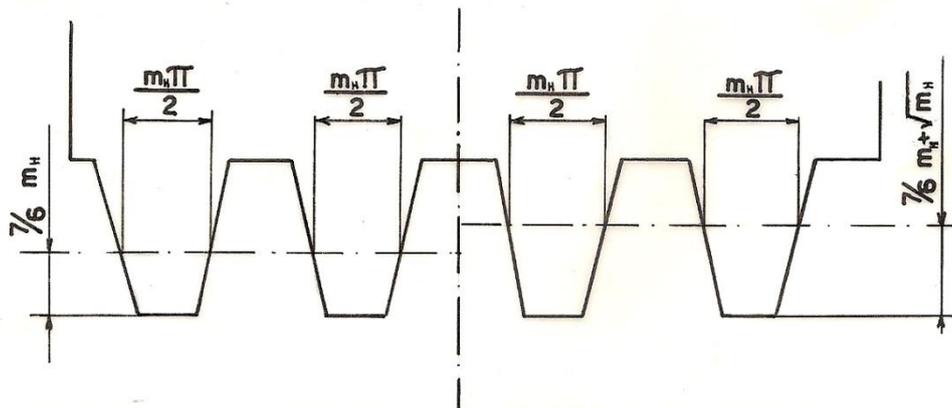


Figura N°1 – Schema di coltello rettilineo sgrossatore-finitore

I pettini rettilinei tipo Maag permettono di tagliare una qualsiasi dentatura ad evolvente, corretta o no, o dove l'altezza dei denti e l'angolo di pressione non è normale. La relazione tra il modulo dell'ingranaggio e il modulo di taglio (modulo e angolo di pressione di funzionamento) è dato dalla formula seguente:

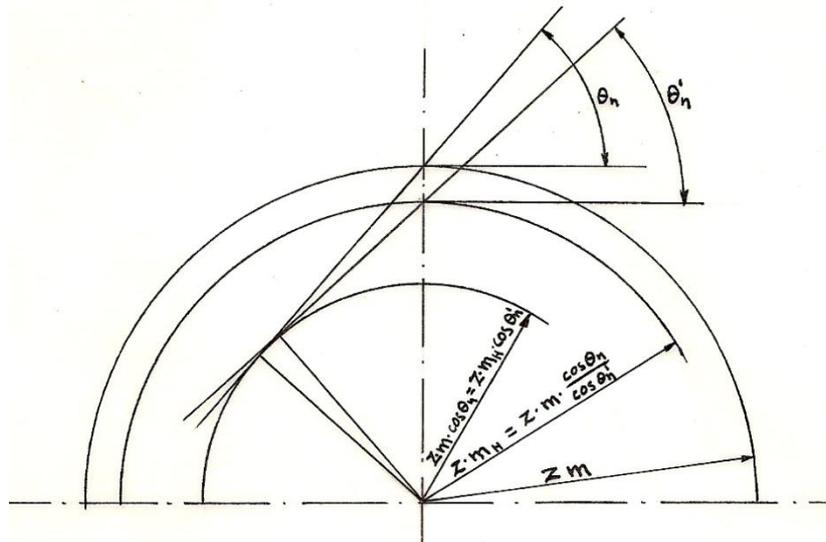
$$m_H = \frac{m \cdot \cos \theta_n}{\cos \theta'_n} \quad \text{dove:}$$

$\theta_n$  = angolo di pressione dell'ingranaggio da tagliare

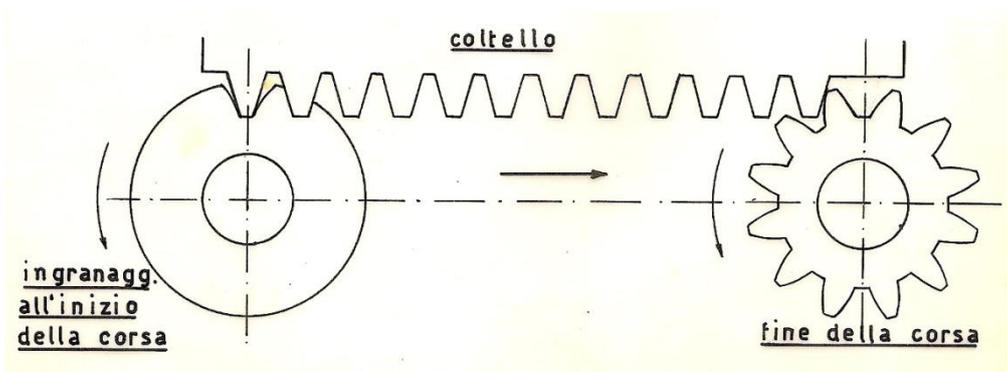
$\theta'_n$  = angolo di pressione del coltello

$m$  = modulo dell'ingranaggio

$m_H$  = modulo del coltello



**Figura N°2-** Relazione tra modulo e angolo di pressione



**Figura N°3-** Modo di lavorare di un coltello Maag

### Angoli caratteristici

Il coltello per essere idoneo al taglio deve avere tutti gli angoli caratteristici di spoglia che sono tipici di ogni altro utensile ad asportazione di truciolo.

Con riferimento alla figura N°4 si possono perciò distinguere i seguenti angoli:

$\varphi$  = spoglia effettiva sui fianchi

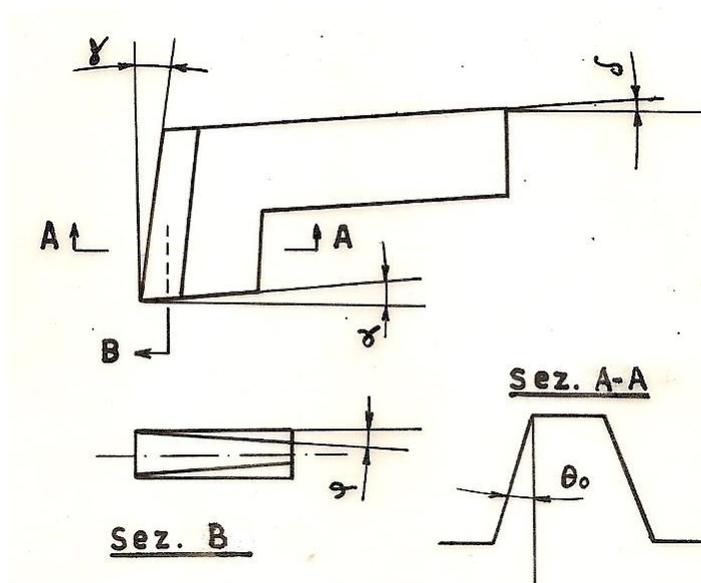
$\alpha$  = angolo di taglio effettivo in posizione di lavoro

$\gamma$  = angolo di testa effettivo in posizione di lavoro

$\theta_n$  = angolo di pressione normale

$\theta_0$  = angolo di inclinazione del fianco nella sezione normale al moto

$\delta$  = inclinazione del coltello montato in macchina (in genere:  $\delta = \alpha = 6^\circ$ )



**Figura N°4-** Angoli caratteristici di un coltello rettilineo

Poiché nelle successive affilature il profilo deve rimanere inalterato, è necessario che le spoglie siano legate tra loro. Il loro valore deve soddisfare alla seguente eguaglianza:

$$\tan \varphi \cdot (1 - \tan \alpha \cdot \tan \gamma) = \tan \theta_n \cdot \tan \gamma$$

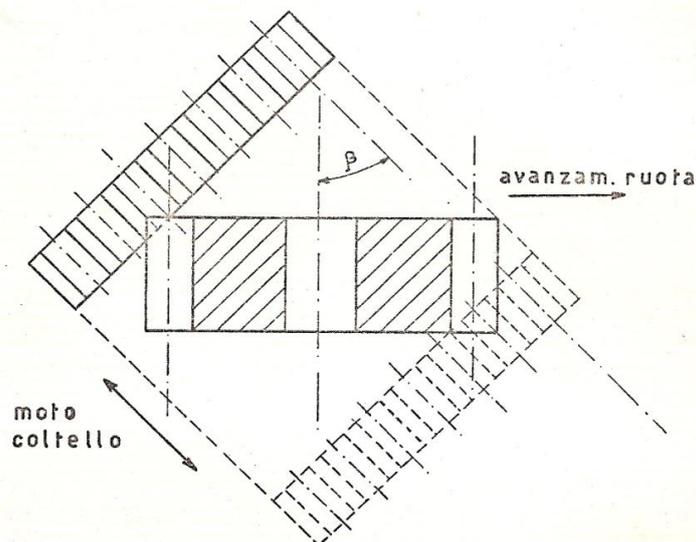
E' da tenere presente che l'angolo di inclinazione del fianco in una sezione normale alla direzione del moto è diversa dall'inclinazione della cremagliera teorica, e tale valore è dato da:

$$\tan \theta_0 = \frac{\tan \theta_n}{1 - \tan \alpha \cdot \tan \gamma}$$

#### Coltelli Maag per ruote a denti elicoidali

Una dentatura elicoidale può essere generata da una cremagliera nella quale i denti abbiano, rispetto all'asse della ruota, la stessa inclinazione dell'elica primitiva. Il taglio delle ruote elicoidali può quindi eseguirsi con lo stesso coltello usato per il taglio delle ruote a denti dritti quando il passo base di questo sia uguale al passo base normale delle prime.

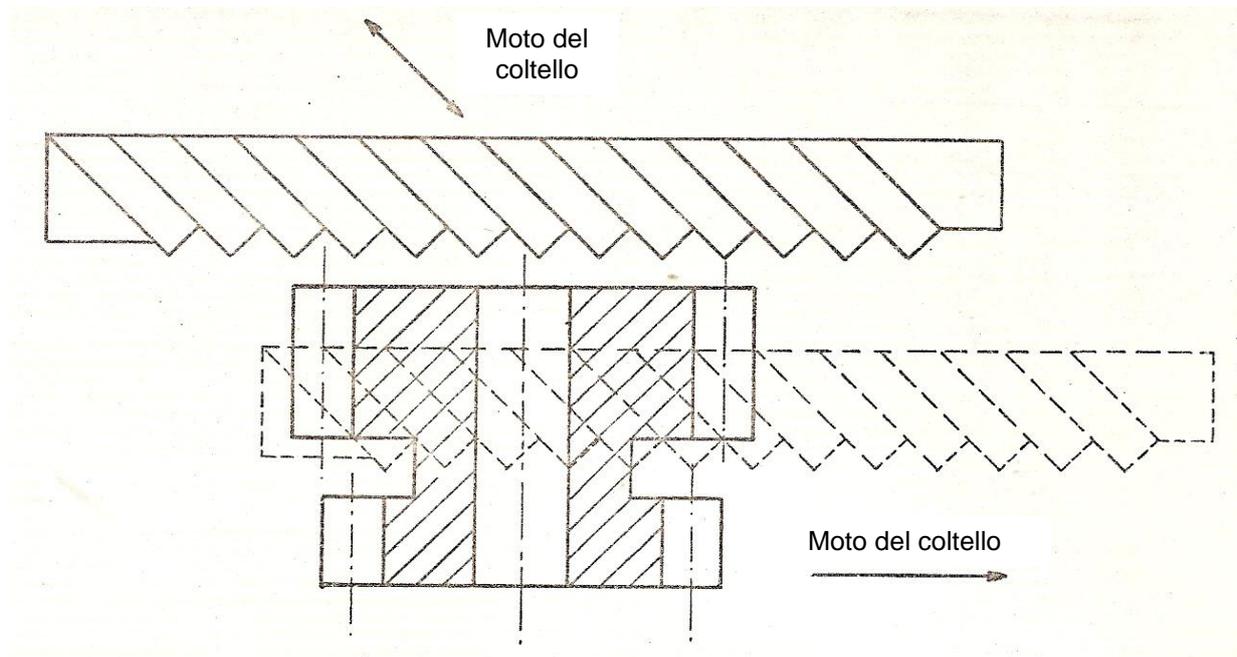
Il coltello deve descrivere col suo spigolo tagliente, una traiettoria coincidente con la superficie dei denti della cremagliera generatrice e perciò deve essere dotato di un moto alternativo in una direzione inclinata dell'angolo dell'elica. (Figura N°5)



**Figura N°5** – Taglio della ruota elicoidale con coltello a denti dritti

Questo sistema, ovviamente, è applicabile solo per dentare ruote con dentatura "passante", ma bisogna tener presente che il taglio con coltelli stozzatori è adatto soprattutto per il taglio di ruote intermedie o quelle in prossimità di spallamenti, per cui il sistema indicato schematicamente in figura N°5 è usato specialmente per la lavorazione di ingranaggi di grandi dimensioni.

Nel taglio delle ruote non passanti (intermedie o in prossimità di spallamenti) è necessario usare invece coltelli elicoidali che, pur avendo i denti inclinati, mantengono i vertici su un piano normale all'asse della ruota, così come indicato in figura N°6.



**Figura N°6-** *Taglio della ruota elicoidale con coltello elicoidale*

### Affilatura dei coltelli rettilinei

L'affilatura dei coltelli a denti dritti può essere eseguita in tre modi: il primo con un'unica gola sul dente, il secondo con due gole (una per ogni spigolo), il terzo spianando semplicemente il dente.

Questa ultima soluzione però, pur essendo molto rapida, non consente di ottenere superfici del dente ben finite.

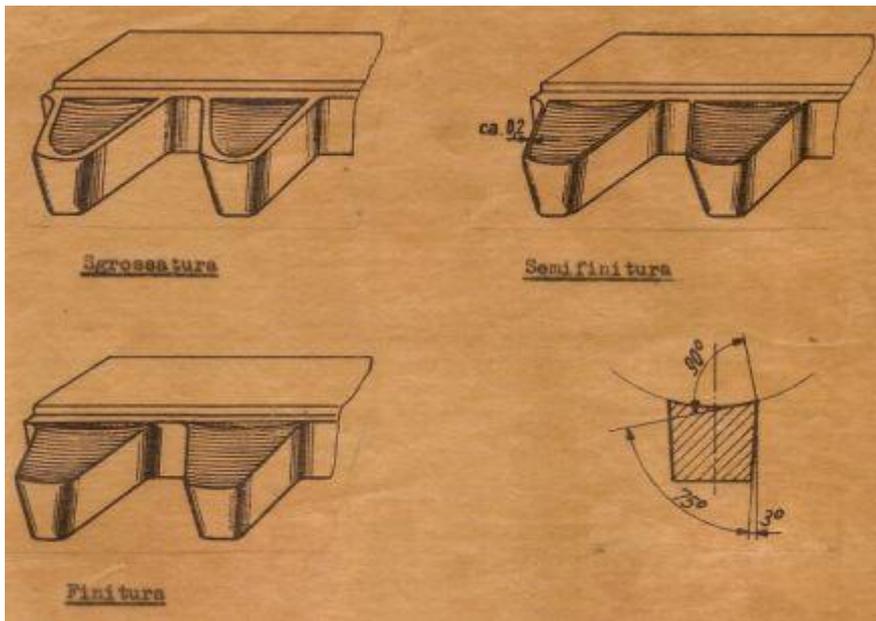
Tuttavia, però, ci sono molti casi in cui non è richiesta una superficie molto ben finita, ad esempio su ingranaggi che devono essere successivamente rasati o rettificati, ed allora questo metodo di affilatura è senza dubbio da raccomandare.

Gli utensili aventi la faccia di taglio piatta si impiegano per tagliare materiali teneri e facilmente lavorabili, come l'alluminio, il bronzo, la ghisa.

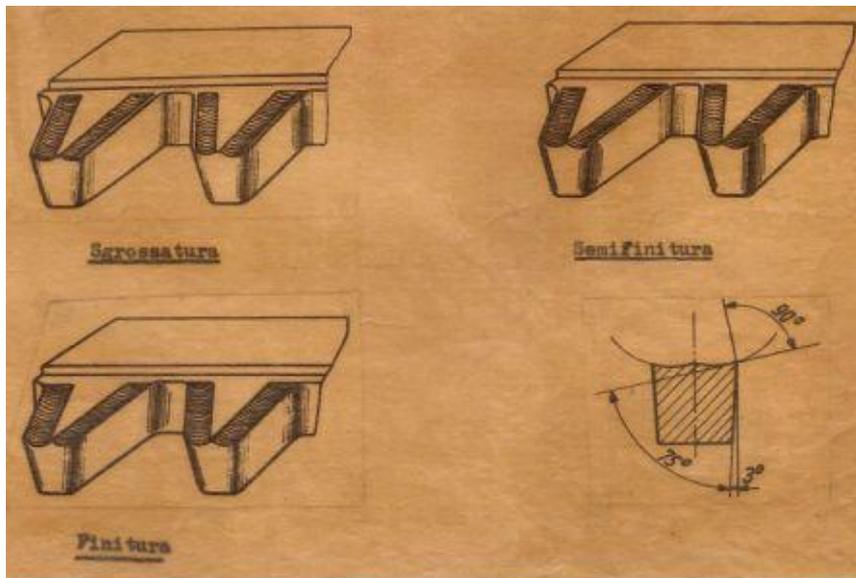
L'affilatura con un'unica gola si esegue sui coltelli fino a modulo 1 mm. Per moduli superiori è preferibile seguire due gole.

Il ciclo di affilatura consigliato è quello illustrato nelle figure N°7 e N°8. Con la gola si arriva gradualmente fino allo spigolo tagliente, facendo attenzione a non oltrepassare lo spigolo per non deformare il tagliente.

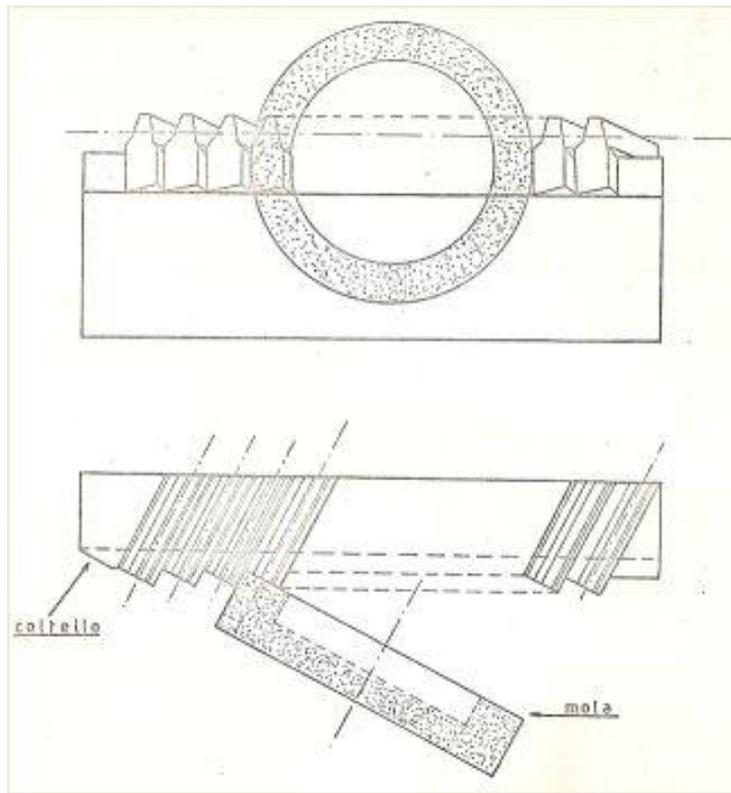
Nei coltelli elicoidali il piano di affilatura è generalmente normale all'elica. (fig. N°9)



**Figura N°7-** Affilatura dei coltelli rettilinei con una gola



**Figura N°8-** Affilatura dei coltelli rettilinei con due gole



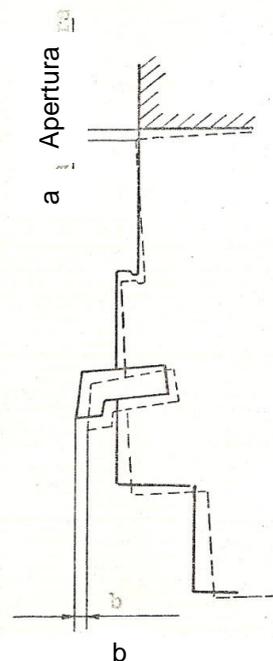
**Figura N°9-** Affilatura dei coltelli rettilinei elicoidali.

Distacco del coltello dal pezzo

Durante la fase di ritorno il coltello si distacca dal pezzo per evitare che strisci sul pezzo producendo rigature e aumentando la velocità della sua usura.

La tavola porta-coltello si inclina spostando la parte inferiore nella direzione opposta al pezzo da tagliare. Nel punto in cui la tavola si stacca dal corpo della macchina è visibile un interstizio, chiamato comunemente *apertura*; dall'entità dell'apertura si può risalire al valore reale del distacco del coltello dal pezzo.

Il distacco reale "b" dipende oltre che dal valore dell'apertura anche dall'angolo dell'elica: maggiore è l'angolo dell'elica, maggiore dovrà essere l'apertura.



**Figura N°10** – Distacco del coltello dal pezzo nella corsa di ritorno

## Condizioni di lavoro

Le condizioni di lavoro che bisogna determinare nella lavorazione con i coltelli rettilinei tipo Maag sono:

- 1) *Lunghezza e posizione della corsa*
- 2) *Velocità di taglio*
- 3) *Numero di corse della slitta per divisione (avanzamento)*
- 4) *Tempo di taglio*

1)- Lunghezza e posizione della corsa. Corrisponde alla larghezza della fascia dentata dell'ingranaggio da eseguire più i tratti di entrata e di uscita.

In linea indicativa si può considerare, fino a larghezze della fascia di 50 mm, un tratto di entrata e uno di uscita di 5 mm.

La lunghezza della corsa nelle ruote cilindriche elicoidali aumenta per effetto dell'angolo dell'elica. Essendo  $\beta$  l'angolo dell'elica si ha:

$$L_1 = \frac{L}{\cos \beta}$$

2)- Velocità di taglio. Intanto bisogna distinguere tra velocità di taglio media e velocità di taglio massima. La slitta porta-coltello varia la sua velocità da zero, nel punto morto superiore, ad un massimo a metà della corsa, per poi ritornare a zero nel punto inferiore dove inizierà la corsa di ritorno. La legge di variazione è sinusoidale.

La velocità media in metri al minuto sarà:

$$V_{tm} = \frac{L_1 \cdot N}{1000}$$

In effetti la velocità di taglio massima (moto periodico) è:

$$V_{tmax} = \frac{L_1 \cdot N \cdot \pi}{1000}$$

La velocità di taglio ideale, cioè quella che da la minor usura e il massimo rendimento, non può essere stabilita a priori, perché entrano in gioco troppe variabili, ma deve essere trovata attraverso una serie di prove pratiche.

Il valore limite dell'usura, in linea di massima non dovrebbe superare 0,5 – 0,7 mm per coltelli non ricoperti, mentre per coltelli ricoperti con TiN l'usura limite è di 0,3 – 0,4 mm.

Le velocità di taglio massime consigliate come base di partenza per un ulteriore affinamento sono riportate nella tabella seguente. Esse si riferiscono a coltelli non ricoperti. Per utensili ricoperti con TiN (o altri tipi di film) questi valori possono essere aumentati del 50%.

*Velocità di taglio max per coltelli rettilinei non ricoperti (m/min)*

Lunghezza della corsa	Resistenza del materiale		
	500 – 700 N/mm <sup>2</sup>	700 – 900 N/mm <sup>2</sup>	900 – 1000 N/mm <sup>2</sup>
20 – 45 mm	40 - 24	36 – 22	30 – 20
35 – 60 mm	35 - 20	32 - 18	26 - 16

3)- Numero di corse per divisione. Questo parametro è l'equivalente dell'avanzamento. E' stabilito in base al diametro della ruota da tagliare, al modulo e alla precisione desiderata.

Nella tabella seguente sono indicati i valori generalmente adottati.

*N° di corse per divisione*

Modulo (mm)	1 sola passata di taglio		2 passate di taglio			
	Con coltello finitore		Con coltello sgrossatore		Con coltello finitore	
	Z = 25 - 12	Z = 70 - 26	Z = 25 - 12	Z = 70 - 26	Z = 25 - 12	Z = 70 - 26
0,7 - 1,5	40 - 50	35 - 45	30 - 40	18 - 28	15 - 25	10 - 20
1,5 - 2,5	50 - 60	40 - 50	35 - 50	25 - 35	20 - 32	15 - 25
2,5 - 3,2	55 - 70	45 - 55	42 - 60	32 - 42	25 - 42	20 - 32
3,2 - 4,0	60 - 80	50 - 60	50 - 70	40 - 50	30 - 50	25 - 36

Per il taglio con due coltelli accoppiati (sgrossatore e finitore) valgono i valori della sgrossatura.

4)- Tempo di taglio. Dipende dal numero di corse al minuto, dal numero di corse per divisione e dal numero di denti dell'ingranaggio. Viene calcolato con la seguente espressione:

$$T = \frac{N_d \cdot Z \cdot 60}{N}$$

Dove:

$N_d$  = Numero di corse per divisione

N = Numero di corse al minuto

Z = numero di denti dell'ingranaggio