

## La smussatura di ingranaggi con grande modulo

I metodi di smussatura normalmente usati per ingranaggi di modulo fino a 6 - 8 mm prodotti in lotti non troppo piccoli, usano utensili che lavorano per compressione (vedi articolo "*Sbavatura e smussatura degli ingranaggi*").

Questo sistema però non si può adottare per ingranaggi che abbiano un modulo oltre a 8-10 mm ed un diametro superiore a 350 mm.

Con queste dimensioni l'utensile smussatore che lavora per compressione dovrebbe avere un diametro molto grande e lavorare con interassi fuori dalla possibilità delle normali macchine smussatrici attualmente sul mercato.

Inoltre, in genere, gli ingranaggi di grosso modulo non vengono prodotti in grande quantità per cui il costo degli utensili smussatori inciderebbe in maniera sproporzionata sul costo finale di ogni ingranaggio.

Questa ultima osservazione è vera anche per l'ingranaggi di modulo piccolo.

La soluzione più facile ed economica è quella di usare le smussatrici che lavorano con una mola abrasiva o con altri tipi di utensili rotativi.

Parliamo per prima cosa delle smussatrici che usano una mola abrasiva, cioè come quelle rappresentate nella fig.N°1 che mostra una macchina mod. WN 1600 della Picco (Castano Primo – Milano).



**Figura N°1**

La mola, costituita da un sottile disco di abrasivo telato, di diametro 80 - 170 mm, viene appoggiata con il suo diametro esterno sul profilo da smussare e tenuta in contatto sul pezzo con una leggera pressione.

L'ingranaggio viene fatto ruotare lentamente e la mola segue il profilo del dente e lo smussa.

Questo metodo è usato normalmente per smussare altri tipi di ingranaggi inclusi quelli interni, quelli conici (vedi figura N°2) ed ingranaggi per catene ecc. Ha il vantaggio che l'utensile costa poco e che si possono smussare anche pezzi già trattati termicamente e pezzi appunto di grosse dimensioni.



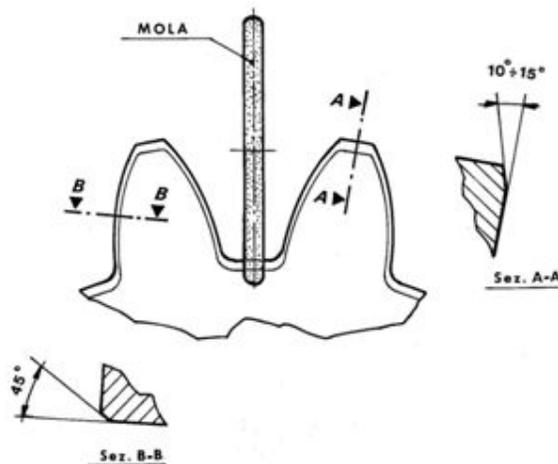
**Figura N°2**

Un altro vantaggio è costituito dal fatto che non viene ricalcato materiale verso l'interno; la leggera sbavatura eventualmente lasciata dalla mola può essere eliminata completamente con una spazzola metallica.

A questo proposito, questo tipo di macchine, usate anche per ingranaggi di modulo piccolo, talvolta dispongono anche di una stazione di spazzolatura.

Il problema è che lo smusso non è perfettamente regolare lungo tutto il profilo del dente, in altre parole non può essere paragonato dal punto di vista dimensionale a quello ottenuto con gli utensili che lavorano per compressione.

In primo luogo non ha dimensioni costanti nei vari punti del profilo, secondariamente ha un'inclinazione che, in prossimità della testa e del fondo del dente, è limitata: cioè circa  $10-15^\circ$ , mentre nel resto del profilo può arrivare  $40-45^\circ$ .



**Figura N° 3**

L'operazione si svolge a secco e quindi si ha un certo sviluppo di polvere che deve essere contenuta all'interno della macchina e aspirata e filtrata da appositi dispositivi.

Un altro svantaggio è costituito dai tempi di esecuzione che sono più lunghi rispetto al metodo per compressione.

La rotazione della mola è data da elettromandri che possono avere diverse velocità e potenze a seconda del diametro della mola.

Il diametro della mola dipende dal modulo dell'ingranaggio e si può adottare la seguente regola per il suo calcolo:

$$\text{Diametro mola} = 10 \text{ volte modulo dell'ingranaggio}$$

Per mole fino a diametro di 80 mm si usano elettromandri con potenza 400 W e velocità 18.000 giri/min.

Con mole di diametro maggiore, cioè destinate a lavorare moduli oltre 8 mm, si usano elettromandri con potenza 1.500 W e velocità 6.500 giri/min.

Bisogna precisare subito che nelle macchine costruite dalla Picco, gli elettromandri sono alimentati con tensione trifase e gestiti da un inverter che permette di regolare la velocità e il senso di rotazione.

Questo particolare del senso di rotazione è importante perché è opportuno che la rotazione della mola sia fissata in modo che il senso di taglio vada dall'interno del vano verso l'esterno.

In questo modo l'eventuale piccola bavatura è presente solo al esterno dei denti e non interessa la zona attiva di profilo.

Inoltre tutte le macchine di questo tipo possono montare (salvo casi eccezionali) due mandri, uno che lavora su una facciata e l'altro che lavora sulla facciata opposta dell'ingranaggio. Si può quindi, con un unico montaggio, smussare completamente l'ingranaggio (vedi fig. N°4).



**Figura N°4**

La velocità di taglio è elevata e può arrivare anche a 70 – 80 m/sec, velocità che comunque le mole a disco telate possono sopportare.

La velocità di rotazione della tavola porta pezzo può essere regolata da 0 a 10 giri/min.

Dalla velocità di rotazione del pezzo dipende in gran parte la dimensione dello smusso.

Più velocemente gira la tavola, più piccolo risulterà lo smusso e viceversa.

Naturalmente dalla velocità di rotazione dipende anche il tempo di lavoro.

Esempio: Un ingranaggio di diametro di 250 mm, modulo 10 mm con  $Z = 22$  con uno smusso sui denti di 1 – 1,5 mm, dovrà girare a 3 giri/min e di conseguenza il tempo di contatto utensile sarà di 20 secondi.

In alcuni casi per aumentare la regolarità dello smusso si preferisce girare molto velocemente ed eventualmente fare 2 giri del pezzo.

#### Impiego di altri utensili

Queste smussatrici possono smussare indifferentemente ingranaggi prima del trattamento termico o già trattati.

Però, se si lavora sul tenero a volte è conveniente usare delle frese a disco di Metallo Duro (Carbide) anziché la mola.

Queste frese rappresentate in figura N°5, hanno il vantaggio di una maggior durata e di non cambiare il diametro e le condizioni di lavoro dall'inizio a fine vita e, soprattutto, di non generare polvere durante la lavorazione.



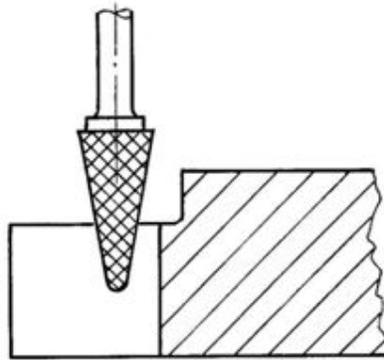
**Figura N° 5**

Un altro tipo di utensile usato più frequentemente è una fresa conica a testa sferica ( $14^\circ$ ) simile a quelle previste nella norma DIN 8033.

I taglianti possono essere di vario tipo: normali tipo fresa con passo di diverse entità in relazione al materiale lavorato o a taglianti incrociati come una vera e propria lima rotativa che permette di avere una superficie dello smusso più regolare e finita in modo migliore.

Questo tipo di fresa, tra l'altro, è l'unica che si possa usare quando le facciate dell'ingranaggio presenta degli impedimenti.

Infatti, sia le mole che le frese a disco in metallo duro possono lavorare solamente quando le facciate sono libere (vedi figura N° 6).



**Figura N° 6**

Le frese conche in metallo duro possono lavorare ad una velocità di circa 6.000 giri/min che corrisponde ad una velocità di taglio, di circa 225 m/min sul diametro massimo di lavoro di 12 mm.

Dimensione dello smusso

Si è già accennato al fatto che lo smusso non ha la stessa dimensione nei diversi punti del profilo.

Questo accade principalmente quando si usano le mole, ma sia l'entità dello smusso che la sua costanza possono essere regolate entro certi limiti variando le condizioni di lavoro ed il set-up della macchina.

Le regole principali si possono così riepilogare:

- *Lo smusso si riduce se si aumenta velocità di rotazione del pezzo.*
- *Lo smusso è più regolare si aumenta la velocità del pezzo.*
- *Lo smusso è più piccolo e più regolare se si usa una mola di grana più fine o frese con un maggior numero di denti.*
- *Lo smusso aumenta o diminuisce se si aumenta o se si riduce la pressione della mola (o di un altro utensile) sul pezzo.*
- *Lo smusso è più regolare se si impiegano frese a disco o coniche in metallo duro.*

Riepilogo dei dati tecnici delle smussatrici Picco mod. WN 500 e WN 1600

Modello della macchina		WN 500	WN 1600
Diametro massimo del pezzo	mm	650	1600
Massimo modulo	mm	6	12
Altezza massima del pezzo	mm	650	500
Peso massimo del pezzo	kg	65	2500
Velocità di rotazione della tavola	giri/min	0 - 10	0 - 10
Potenza installata	KW	1	2