

## Frese a modulo per ingranaggi cilindrici

Il taglio diretto degli ingranaggi cilindrici è il sistema più antico e nello stesso tempo il più intuitivo, perché consiste nel ricavare direttamente il vano del dente con una fresa a disco a profilo costante sagomata esattamente come il vano del dente stesso.

Naturalmente si ricava un vano alla volta ed il più delle volte è necessario eseguire una passata di sgrossatura e una di finitura. Ne risulta una evidente lentezza di questo processo di dentatura che ne limita fortemente la diffusione.

La fresa a modulo è infatti impiegata solo per piccolissime serie o per pezzi singoli, per la costruzione di ricambi o per altre produzioni particolari. Il suo costo, in termini di tempo, sarebbe proibitivo per produzioni di serie.



**Figura N°1-** *Taglio diretto di una dentatura con fresa a modulo*

Questo sistema di dentatura in teoria richiederebbe un tipo di fresa per ogni ingranaggio, sarebbe quindi necessario prevedere una fresa per ogni modulo, per ogni angolo di pressione e per ogni numero di denti.

Per limitare questo stragrande numero di frese diverse si rinuncia alla precisione utilizzando un unico tipo di fresa per ogni serie di ingranaggi con uguale modulo e angolo di pressione il cui numero di denti sia contenuto in determinati limiti.

Le frese a modulo hanno generalmente il profilo finito d'utensile e servono per tagliare ruote nella dimensione finale.

E' inutile costruire una fresa con profilo rettificato il cui costo è maggiore allo scopo di avere una maggiore precisione quando gli errori di costruzione sono insiti nel concetto stesso di questa lavorazione.

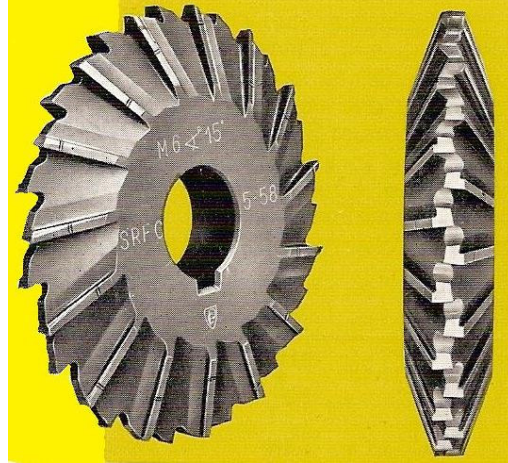
Tuttavia questo può non essere vero se si pensa di costruire una specifica fresa per un certo ingranaggio. Allora il profilo della fresa andrà studiato sulla base delle caratteristiche della dentatura da eseguire e si possono quindi ottenere buone precisioni ed allora vale la pena di rettificare il profilo dell'utensile.

Si possono perfino avere frese "semitopping", cioè frese che hanno un profilo che esegue anche lo smusso di testa sui denti.

Ma se restiamo sulle frese standard, fino a modulo 9 m sono previste serie composte da 8 frese, mentre da modulo 10 a modulo 20 mm le serie sono composte da 15 frese. Nella tabella N°1 sono indicati i numeri di denti delle ruote che ogni fresa componente la serie può tagliare.



**Figura N°2** - Fresa a modulo finitrice



**Figura N°3** - Fresa a modulo sgrossatrice

L'ultima fresa di ogni serie può servire per il taglio di cremagliere, anche se per questa lavorazione sarebbe più esatto usare frese con fianchi rettilinei.

Il profilo di una determinata fresa corrisponde esattamente al profilo del vano della ruota con il più piccolo numero di denti della gamma per cui è prevista.

Le frese modulari di cui la tabella N°1 sono frese finitrici; le frese sgrossatrici, adottate talvolta per alleviare il lavoro delle frese finitrici, o per tagliare ruote in un tempo più breve, hanno un grado di precisione inferiore e in genere è prevista un'unica fresa a fianchi rettilinei per ciascun modulo e angolo di pressione, indipendentemente dal numero di denti della ruota.

Per aumentare il rendimento delle frese sgrossatrici esse possono essere affilate con un angolo di spoglia frontale positivo in accordo con il materiale da lavorare e sul perimetro tagliente si possono eseguire inoltre gli intagli rompitruciolo che aumentano ancor più l'efficienza di detti frese.

Le frese finitrici vengono di solito affilate con angolo di spoglia frontale nullo per non variare il profilo nelle successive affilature.

*Tab. N°1 – Composizione frese a modulo*

| Serie di 8 frese per moduli fino a 9 mm |                         | Serie di 15 frese per moduli da 10 a 20 mm |                         |             |                         |
|---|-------------------------|--|-------------------------|-------------|-------------------------|
| N° di fresa                             | N° di denti della ruota | N° di fresa                                | N° di denti della ruota | N° di fresa | N° di denti della ruota |
| 1                                       | 12 – 13                 | 1  | 12                      | 5           | 26 – 29                 |
| 2                                       | 14 – 16                 | 1 1/2                                      | 13                      | 5 1/2       | 30 – 34                 |
| 3                                       | 17 – 20                 | 2  | 14                      | 6           | 35 – 41                 |
| 4                                       | 21 – 25                 | 2 1/2                                      | 15 - 16                 | 6 1/2       | 42 – 54                 |
| 5                                       | 26 – 34                 | 3  | 17 – 18                 | 7           | 55 – 79                 |
| 6                                       | 35 – 54                 | 3 1/2                                      | 19 – 20                 | 7 1/2       | 80 - 134                |
| 7                                       | 55 – 134                | 4  | 21 – 22                 | 8           | ≥ 135                   |
| 8                                       | ≥ 135                   | 4 1/2                                      | 23 - 25                 | --          | --                      |

Nella tabella N°2 sono indicate le dimensioni commerciali delle frese a modulo che vengono costruite normalmente per angoli di pressione di 14°30', 15° e 20°.

Tab. N°2 – Dimensioni delle frese a modulo commerciali

| Modulo | Diametro esterno | Diametro foro | Modulo | Diametro esterno | Diametro foro |
|--------|------------------|---------------|--------|------------------|---------------|
| 0,5    | 40               | 16            | 5      | 90               | 32            |
| 0,75   | 40               | 16            | 5,5    | 95               | 32            |
| 1      | 50               | 16            | 6      | 100              | 32            |
| 1,25   | 50               | 16            | 6,5    | 105              | 32            |
| 1,5    | 60               | 22            | 7      | 105              | 32            |
| 1,75   | 60               | 22            | 8      | 110              | 32            |
| 2      | 60               | 22            | 9      | 115              | 32            |
| 2,25   | 60               | 22            | 10     | 120              | 32            |
| 2,5    | 65               | 22            | 11     | 135              | 40            |
| 2,75   | 70               | 27            | 12     | 145              | 40            |
| 3      | 70               | 27            | 13     | 155              | 40            |
| 3,25   | 75               | 27            | 14     | 160              | 40            |
| 3,5    | 75               | 27            | 15     | 165              | 40            |
| 3,75   | 80               | 27            | 16     | 170              | 40            |
| 4      | 80               | 27            | 17     | 180              | 50            |
| 4,25   | 85               | 27            | 18     | 190              | 50            |
| 4,5    | 85               | 27            | 19     | 195              | 50            |
| 4,75   | 90               | 32            | 20     | 205              | 50            |

### Taglio delle ruote cilindriche elicoidali con le frese a modulo

L'uso delle frese modulari per il taglio delle ruote cilindriche a denti elicoidali è possibile a patto che si scelga in modo corretto la fresa da impiegare. La scelta della fresa deve essere fatta tenendo presenti le seguenti considerazioni.

Nella figura N°4 si può osservare che il cilindro primitivo della ruota di raggio R è tagliato obliquamente dal piano AB passante per l'asse della fresa che è inclinata rispetto l'asse della ruota dell'angolo dell'elica.

Tale piano dà luogo ad un'elisse, che ribaltata sul piano della figura si presenta in ADBH.

Il cerchio di raggio R<sub>1</sub> è osculatore dell'elisse e il suo centro C<sub>1</sub> si trova costruendo il rettangolo ACDE e tracciando la retta E-C<sub>1</sub> normale ad AD.

La scelta della fresa va fatta come se si dovesse tagliare una ruota fittizia di raggio R<sub>1</sub> anziché R.

Con riferimento alla figura N°4 si ha:

$$\overline{ED} = \frac{R}{\cos \beta} \quad \overline{EA} = R \quad \tan \varphi = \frac{\overline{EA}}{\overline{ED}} = \cos \beta$$

$$R_1 = \overline{C_1D} = \frac{R}{\cos \beta \cdot \tan \varphi} = \frac{R}{(\cos \beta)^2}$$

$$z = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{P_a}$$

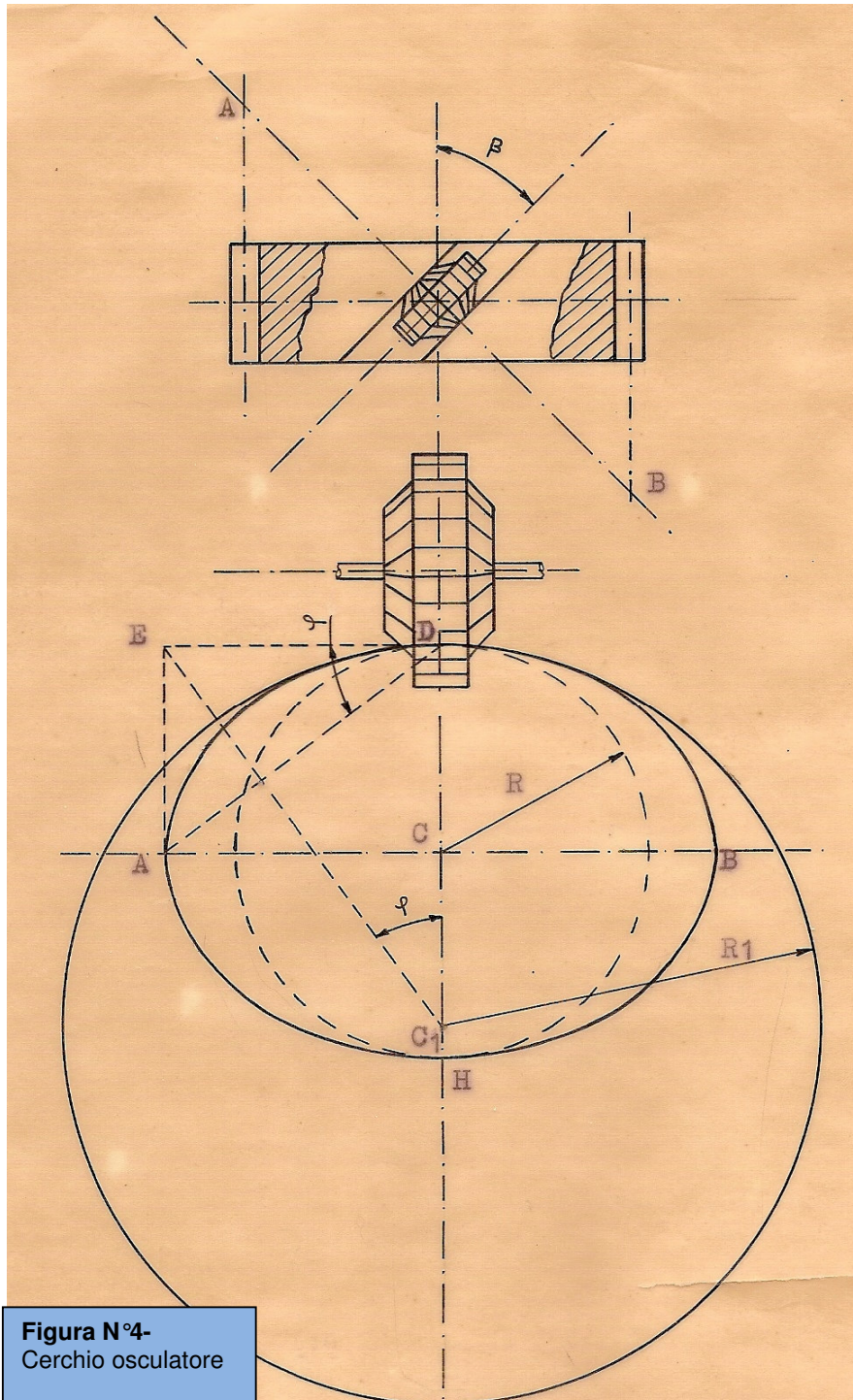
$$Z_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_1}{P_n} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_1}{P_a \cdot \cos \beta} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{P_a \cdot (\cos \beta)^3}$$



$$\frac{Z_1}{Z} = \frac{1}{(\cos \beta)^3}$$

$$Z_1 = \frac{Z}{(\cos \beta)^3}$$

In questo modo però ne risultano leggere imperfezioni principalmente perché un disco di rivoluzione quale è la fresa, non può iscriversi in un solco elicoidale che abbia la medesima sezione. Il solco generato perciò non corrisponde esattamente a quello teorico.



**Figura N°4-**  
Cerchio osculatore

Nella tabella N°3 sono riportati i valori del rapporto  $\frac{1}{(\cos \beta)^3}$  per il calcolo del numero di denti fittizio.

Tab. N°3- Valori del rapporto  $\frac{1}{(\cos \beta)^3}$  per il calcolo del numero fittizio di denti

| $\beta$ | $\frac{1}{(\cos \beta)^3}$ | $\beta$ | $\frac{1}{(\cos \beta)^3}$ | $\beta$ | $\frac{1}{(\cos \beta)^3}$ | $\beta$ | $\frac{1}{(\cos \beta)^3}$ |
|---------|----------------------------|---------|----------------------------|---------|----------------------------|---------|----------------------------|
| 5°      | 1,0115                     | 19°     | 1,1830                     | 33°     | 1,6952                     | 47°     | 3,1525                     |
| 6°      | 1,0166                     | 20°     | 1,2052                     | 34°     | 1,7550                     | 48°     | 3,3379                     |
| 7°      | 1,0227                     | 21°     | 1,2290                     | 35°     | 1,8193                     | 49°     | 3,5414                     |
| 8°      | 1,0298                     | 22°     | 1,2546                     | 36°     | 1,8885                     | 50°     | 3,7653                     |
| 9°      | 1,0379                     | 23°     | 1,2821                     | 37°     | 1,9632                     | 51°     | 4,0122                     |
| 10°     | 1,0470                     | 24°     | 1,3116                     | 38°     | 2,0436                     | 52°     | 4,2852                     |
| 11°     | 1,0572                     | 25°     | 1,3433                     | 39°     | 2,1363                     | 53°     | 4,5879                     |
| 12°     | 1,0685                     | 26°     | 1,3773                     | 40°     | 2,2245                     | 54°     | 4,9243                     |
| 13°     | 1,0810                     | 27°     | 1,4137                     | 41°     | 2,3263                     | 55°     | 5,2994                     |
| 14°     | 1,0947                     | 28°     | 1,4528                     | 42°     | 2,4366                     | 56°     | 5,7189                     |
| 15°     | 1,1096                     | 29°     | 1,4947                     | 42°     | 2,045563                   | 57°     | 6,1898                     |
| 16°     | 1,1258                     | 30°     | 1,5396                     | 44°     | 2,6866                     | 58°     | 6,7200                     |
| 17°     | 1,1434                     | 31°     | 1,5878                     | 45°     | 2,8284                     | 59°     | 7,3195                     |
| 18°     | 1,1625                     | 3°      | 1,6396                     | 46°     | 2,9832                     | 60°     | 8,0000                     |