

Considerazioni sugli errori generati sul pezzo

E' noto che aumentando il numero dei taglienti si migliora la precisione del profilo. A dire il vero però, gli errori teorici di profilo, dovuti all'inviluppo non sono molto alti e sono ampiamente coperti da altri errori generati da altre cause.

Più importanti sono invece gli errori di elica generati dalla solcatura d'avanzamento che dipendono sia dal valore dell'avanzamento per giro pezzo che dal diametro del creatore.

Questa solcatura è molto evidente sugli ingranaggi e gli operatori d'officina sono abituati a stimare *ad occhio* l'avanzamento per giro osservando il passo di questa solcatura.

Questo errore può costituire un vincolo molto importante, specie se la finitura dell'ingranaggio è eseguita con la rasatura.

E' noto infatti che se si finisce con un'operazione di rettifica si possono tollerare errori molto maggiori.

Con riferimento alla figura N°1:

$$\varepsilon_1 = r \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \left(1 - \cos \frac{\eta}{2} \right) \quad \text{in cui} \quad \eta = \frac{360 \cdot Z_0}{Z \cdot i_0}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{f_a^2 \cdot \cos^2 \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha}{8 \cdot r}$$

Le notazioni usate sono le seguenti:

Z_0 = numero di principi del creatore

i_0 = numero di taglienti del creatore

Z = numero di denti dell'ingranaggio

r = raggio primitivo del creatore

f_a = avanzamento per giro pezzo

β = angolo del filetto del creatore

α = angolo di pressione

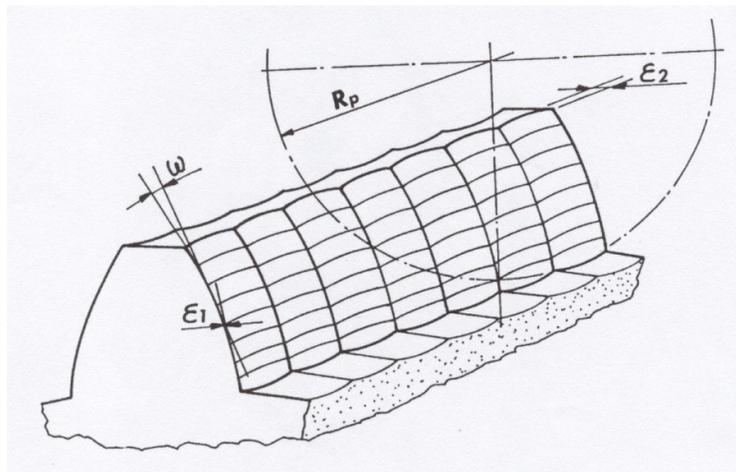


Fig. N°1

Come esempio consideriamo il seguente caso:

- Ingranaggio: $m = 2$; $Z = 47$; $\alpha = 20^\circ$; $\beta = 15^\circ$
- Creatore: Diametro esterno 100 mm (primitivo circa 95 mm), 3 principi ;

➤ per $i_0 = 15$ $\varepsilon_p = 1,54 \mu$

- per $i_0 = 22$ $\varepsilon_p = 0,71\mu$
- per $i_0 = 28$ $\varepsilon_p = 0,44\mu$
- per $f_a = 3,0$ mm/giro $\varepsilon_x = 8,5\mu$
- per $f_a = 5,6$ mm/giro $\varepsilon_x = 29,6\mu$

Nel caso il diametro esterno del creatore sia 50 mm (primitivo circa 45), si ha:

- per $f_a = 4,4$ mm/giro $\varepsilon_x = 36,5\mu$

Come si può osservare, sull'elica si possono avere degli errori importanti che non possono essere trascurati.

Bisogna poi considerare che questi sono gli *errori teorici*.

In pratica a questi errori si sommano quelli generati da altre innumerevoli cause, come per esempio: gli errori di eccentricità nel montaggio del creatore, gli errori di costruzione del creatore stesso, gli errori di affilatura, le vibrazioni della macchina, le strappature, ecc.

La classica figura N°1 è suscettibile di qualche considerazione riguardo la distribuzione delle tracce lasciate dal creatore.

Infatti, la loro ampiezza si può calcolare con le formule di cui sopra, ma è interessante notare la differenza tra le tracce lasciate da un creatore ad un principio ed un creatore a due principi, con lo stesso numero di taglienti che tagliano un ingranaggio nello stesso tempo.

Nella figura N°2 si vede appunto che la larghezza delle tracce assiali (solcatura) si riducono della metà perché l'avanzamento per giro diventa la metà, mentre si raddoppia l'estensione delle tracce radiali (involuppo) perché il numero di taglienti coinvolti nella formazione del dente è la metà. Questo però non significa che l'errore del profilo ε_1 aumenta del doppio, come si può capire dalla formula per il suo calcolo.

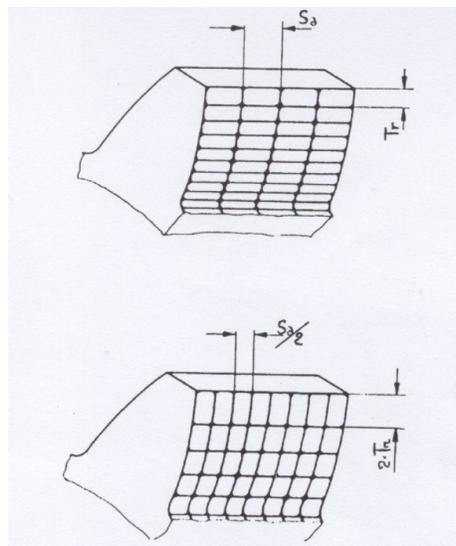


Fig. N°2

Nella distribuzione delle tracce di lavorazione però è importante anche il numero di taglienti. Nel caso di un creatore ad 1 principio tutte le solcature sono allineate, come in figura N°66, ma nel caso di creatori a più principi, questo allineamento si verifica solo quando il numero di principi divide esattamente il numero di taglienti.

Se il numero di principi ed il numero di taglienti sono primi tra loro, o comunque non sono divisibili, la distribuzione delle tracce è "sfalsata", un giro rispetto l'altro, e si presenta come in figura N°3.

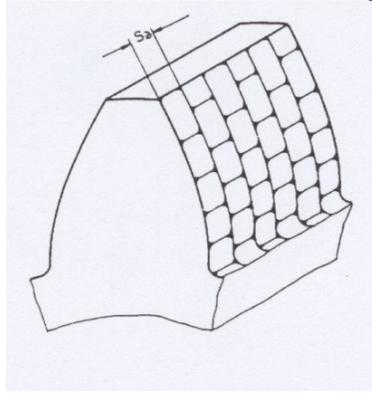


Fig. N°3

Gli errori di costruzione del creatore ed il suo montaggio in macchina hanno una grande importanza agli effetti della precisione ottenibile sul pezzo.

In particolare l'eccentricità del creatore in fase di lavoro influisce direttamente sulla qualità del profilo.

L'eccentricità del creatore può essere dovuta sia ad errori di costruzione, sia ad errori di affilatura, ma più frequentemente è generata da un montaggio in macchina non accurato.

Si possono verificare tre tipi di eccentricità:

- a) *Eccentricità uniforme sull'intero creatore. E' il caso in cui gli assi del creatore e quello di rotazione sono paralleli ma non coincidenti.*
- b) *Eccentricità alle due estremità del creatore: Si verifica quando i due assi (del creatore e di rotazione) non sono paralleli e si intersecano circa a metà della lunghezza del creatore.*
- c) *Eccentricità presente solo ad un'estremità del creatore. E' generata dai due assi non paralleli ma che si intersecano ad un'estremità del creatore.*

Nel caso (a) (figura N°4), la cremagliera costituita da una fila di denti si allontana e si avvicina rispetto la sua posizione teorica con una legge sinusoidale mantenendo le creste dei denti sempre parallele all'asse del creatore e quindi il dente generato avrà spessori cordali più piccoli e più grandi rispetto il teorico nelle sue diverse sezioni di misurazione. In sostanza il profilo avrà un andamento sinusoidale, con le due sinusoidi sfasate di 180° come indicato nella figura.

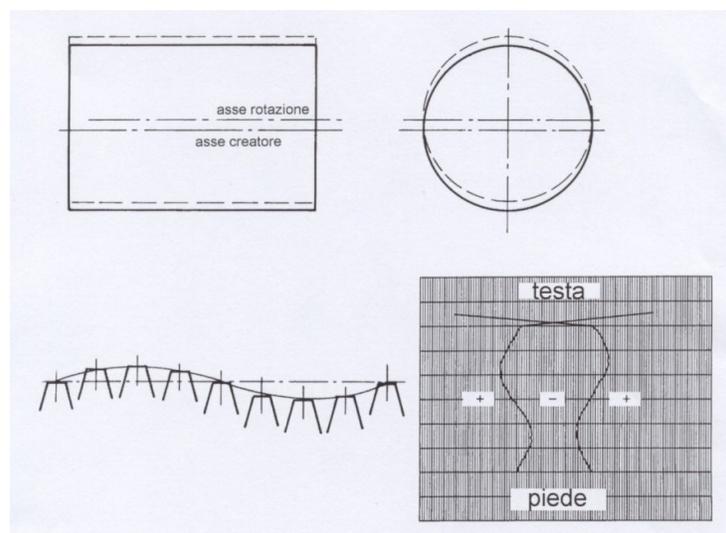


Fig. N°4

Nei casi (b) e (c), si verifica che i denti si allontanano e si avvicinano rispetto la posizione teorica ma anche l'inclinazione dei denti del creatore è continuamente variabile seguendo il loro asse l'andamento della sinusoidale. Se su un fianco aumenta l'angolo di pressione, sul fianco opposto diminuisce. In pratica si genera un errore di profilo con andamento sinusoidale ma avente le due sinusoidi (relative ai due fianchi) in fase (figura N°5)

Ciò significa che lo spessore del dente è corretto in ogni sezione, ma è come se il dente fosse distorto.

Naturalmente l'entità di questi errori, in valore assoluto, dipende dal valore dell'eccentricità.

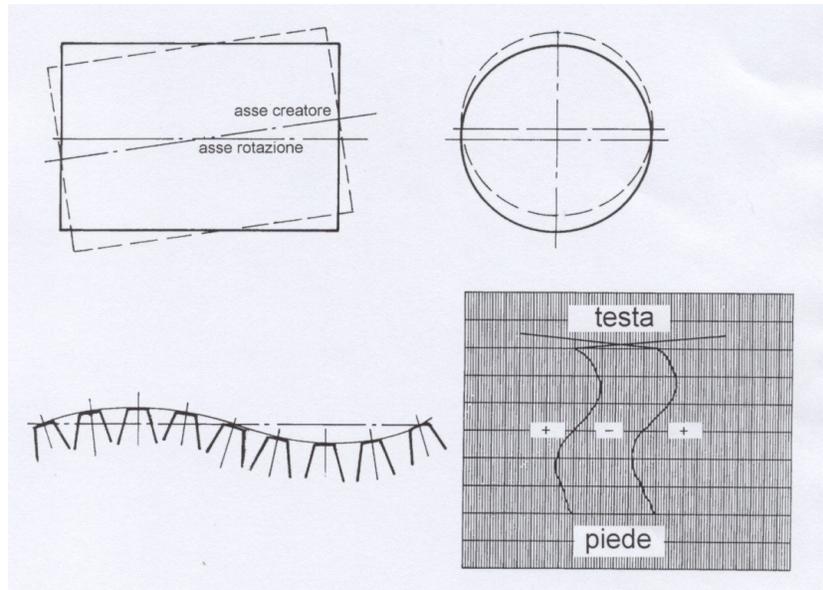


Fig. N°5