

La finitura meccanica dei denti

La costruzione di un ingranaggio passa attraverso varie fasi che affinano sempre più le caratteristiche meccaniche, geometriche e topologiche della superficie dei denti, con lo scopo finale di ottenere la massima resistenza e la minima rumorosità dell'accoppiamento. Dopo la fase di esecuzione dei denti, con il creatore o con il coltello stozzatore (sgrossatura della dentatura), si ha una fase di finitura che può precedere o seguire il trattamento termico.

Esistono moltissimi tipi di ingranaggi, che si differenziano per dimensione, qualità, sede di impiego ecc. e qui, per fissare le idee si farà riferimento alla categoria di ingranaggi impiegati nel settore dell'*automotive*.

I metodi di finitura sono molteplici ed ognuno è caratterizzato da aspetti più o meno vantaggiosi in relazione al tipo di ruote che si vuole produrre.

I metodi di finitura più usati sono:

- ❖ Rasatura, che si esegue prima del trattamento termico, e questo è il suo grande limite in quanto le deformazioni geometriche provocate dal trattamento termico compromettono, a volte in maniera molto grave, la buona precisione ottenibile con questa operazione.
- ❖ Rettifica che si esegue dopo il trattamento termico e quindi garantisce un'ottima precisione geometrica su prodotto finito. Si possono distinguere almeno due sistemi fondamentali di rettifica delle ruote dentate: quello di generazione con mole a vite e quello di forma con la mola a disco profilata come il fianco del dente. I due metodi forniscono superfici dei denti con caratteristiche diverse.

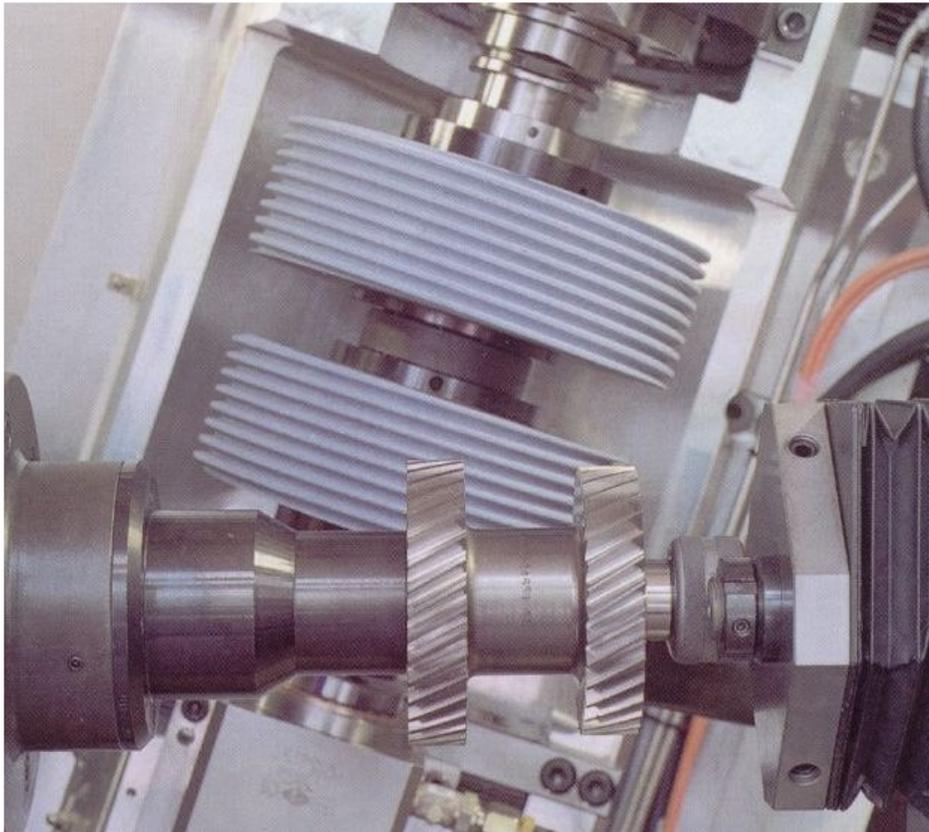


Fig:N°1 - Rettifica di un ingranaggio per generazione continua con mola a vite

- ❖ Honing, o levigatura superficiale eseguita dopo il trattamento termico. Anche in questo caso si può distinguere l'honing puro e semplice che consiste in una levigatura superficiale eseguita dopo precedenti operazioni di finitura e che ha lo scopo di migliorare lo stato della superficie del dente (minore Ra), dal power honing, oggi il più usato, cioè un'operazione di finitura eseguita dopo la dentatura, che migliora contemporaneamente la geometria e lo stato delle superfici.

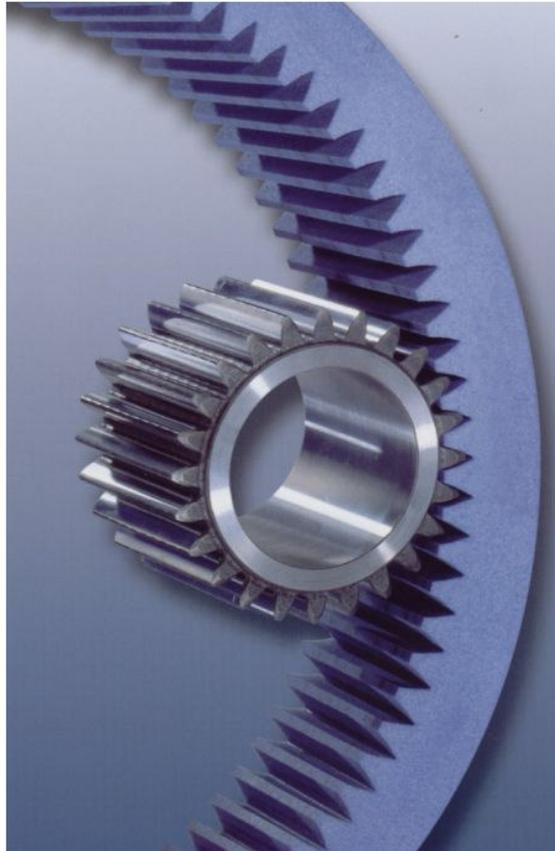


Fig. N° 2 – Honing o levigatura interna di un ingranaggio satellite.

Ogni metodo di finitura lascia sulle superfici lavorate delle tracce di lavorazioni caratteristiche.

Uno dei parametri per giudicare lo stato delle superfici è la rugosità Ra, misurata in micrometri. Con la rasatura si possono ottenere superfici con Ra = 0,8 micrometri, mentre con i vari tipi di rettifica e di honing si può arrivare anche a 0,1 micrometri e questo dipende sia dalle condizioni di lavoro ma anche, ed in maniera importante, dalla granulometria delle mole.

Ma oltre alla profondità delle tracce di lavorazione bisogna considerare la loro direzione e distribuzione sulla superficie interessata.

Si parla in questo caso di *“tessitura superficiale”* (o *Texture*). Poiché il tipo di texture influisce sulla rumorosità dell'accoppiamento, risulta evidente che attualmente si stanno facendo molti sforzi per migliorare lo stato della superficie e per capire la relazione tra texture e rumore nei vari accoppiamenti.

Nella figura N°3 sono schematizzate le tessiture superficiali tipiche delle tre operazioni principali di finitura. In a) si hanno le tracce della rasatura e successivo trattamento termico; in b) sono indicate le tracce lasciate dalla rettifica di forma ed in c) quelle tipiche dell'honing.

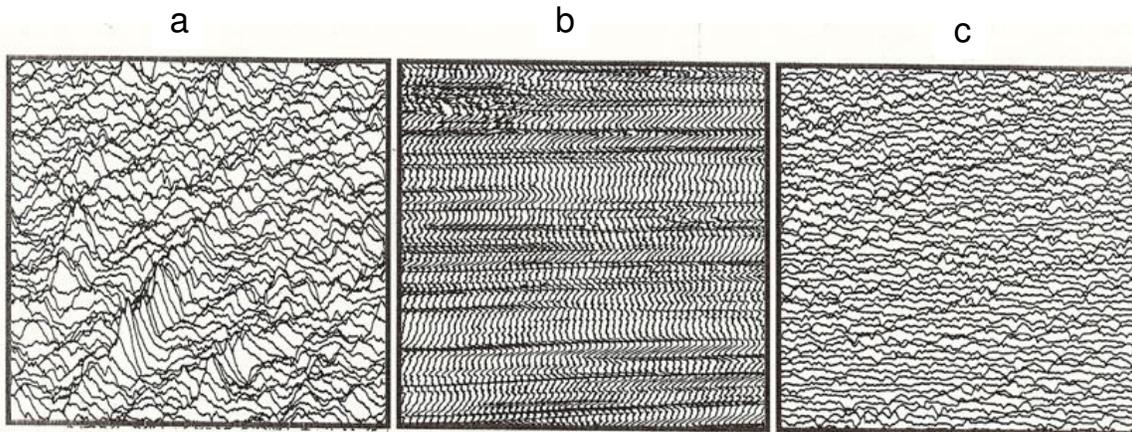


Figura N°3— *Texture nei vari trattamenti di finitura*

Si può osservare subito che con la rettifica di forma le tracce hanno un andamento longitudinale. Accoppiando due ingranaggi finiti con questo sistema, si ha una specie di ingranamento supplementare tra le tracce che vengono in contatto, con in più uno sfregamento in senso radiale tanto più accentuato quanto più la zona di contatto è lontana dal primitivo: tutto ciò provoca una rumorosità caratteristica detta “*fischio del cambio*”.

E' questa una delle ragioni che consigliano, dove possibile, di accoppiare gli ingranaggi finiti con metodi diversi.

La rasatura lascia delle righe diagonali che recano vantaggi sotto l'aspetto della rumorosità, ma la tessitura superficiale è migliore nel caso di finitura con l'honing e questo giustifica l'attuale espansione di questo metodo di finitura nella produzione di ingranaggi in grande serie.

Tuttavia, essendo l'operazione di Power Honing abbastanza costosa, si stanno mettendo a punto dei processi di rettifica che producano una texture più favorevole.

Uno di questi è il cosiddetto LNS (Low Noise System) in cui la mola, oltre ai movimenti di rotazione e di avanzamento, ha una particolare vibrazione in senso radiale che consente di modificare sostanzialmente la texture della superficie, senza per questo influire sulla precisione geometrica e sui tempi di lavorazione.

Un altro sistema, messo a punto dalla Gleason è il VRM (metodo di velocità variabile) che, nel corso dell'operazione, va a modificare gli avanzamenti e la velocità di rotazione ottenendo una variazione della distribuzione delle tracce di lavorazione.