

## CONTROLLI INGRANOMETRICI

Gli ingranaggi vengono sottoposti a numerosi controlli durante il processo di fabbricazione. Praticamente ogni fase del ciclo di lavorazione richiede uno specifico controllo.

I controlli sulla dentatura, però, si dividono in due grandi categorie: i controlli di laboratorio ed i controlli funzionali (di linea).

Per i primi vengono impiegati apparecchi altamente sofisticati, a controllo numerico, di grande precisione e controllano in particolare i tre parametri fondamentali: il profilo, l'elica ed il passo.

Gli apparecchi elettronici dell'ultima generazione sono dotati di softwares molto elaborati che permettono anche il controllo totale automatico della ruota.

Per esempio, sull'apparecchio si può montare una ruota qualsiasi, di caratteristiche ignote. Nella prima fase del controllo l'apparecchio tasterà i diametri, misurerà il passo ed il numero di denti, misurerà l'elica ed in base a questi dati fondamentali calcolerà le caratteristiche degli ingranaggi.

Si imposterà automaticamente per la misura voluta e quindi controllerà il profilo, l'elica ed il passo facendo i diagrammi relativi.

Volendo, può fare anche un esame topologico della superficie del dente fornendo sullo schermo o stampando, una rappresentazione tridimensionale del dente con i relativi errori. E' evidente che tutto ciò richiede del tempo e non è pensabile di eseguire questi controlli dettagliati su tutti gli ingranaggi prodotti: tra parentesi essi non sarebbero neanche di grande utilità.

Per le produzioni di serie, si può controllare il 100% della produzione con gli ingranometri che permettono un controllo funzionale, chiamato così perché, in certa misura, riproduce le condizioni di impiego delle ruote.

L'ingranometro è un apparecchio di controllo che attraverso la rotazione dell'ingranaggio da controllare accoppiato ad un ingranaggio master, permette di rilevare certi tipi di errore presenti sull'ingranaggio stesso.

Poiché esistono molti tipi di ingranaggi che si possono controllare ed esistono differenti motivi per cui si usano gli ingranometri e poiché ci sono anche molti modi di impiegare l'ingranometro, risulta evidente che la tipologia di apparecchi sarà alquanto vasta e le caratteristiche tecniche potranno essere anche completamente diverse da un apparecchio ad un altro.

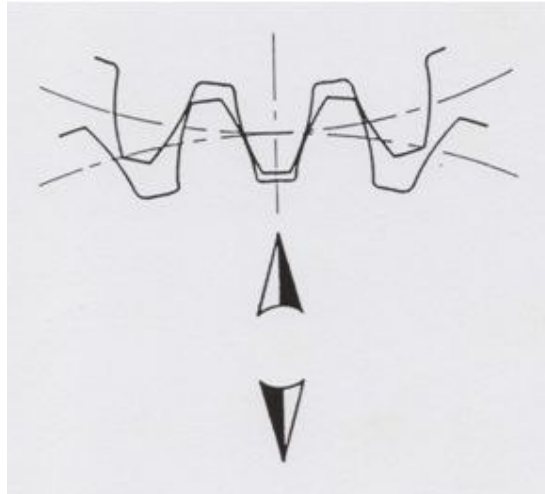
In questa breve rubrica si diranno alcune cose del classico apparecchio ingranometrico a gioco zero, tralasciando da descrizione degli "ingranometri monofianco" che sono dedicati a misure più fini e generalmente usati in laboratorio, anche se esistono alcuni casi di impiego in linea di questi apparecchi che comunque sono molto più complessi e costosi dei tradizionali ingranometri a gioco zero.

Gli ingranometri a gioco zero costituiscono il sistema più usato per il controllo del rotolamento degli ingranaggi in quanto offre tutta una serie di possibilità che lo rendono un sistema universale.

Gli ingranometri di cui si parla qui funzionano con il principio indicato in fig. N°1.

Il master è tenuto premuto contro l'ingranaggio portando i due fianchi del dente a contatto e quindi non lasciando gioco nell'accoppiamento. La pressione normalmente è data da una o più molle applicate al carrello su cui è montato il master.

Ruotando l'ingranaggio il master ruota a sua volta e se l'accoppiamento è privo di errori non c'è nessun movimento radiale del master, invece se ci sono errori o anomalie nell'ingranaggio il master le evidenzia spostandosi radialmente secondo la direzione delle frecce di fig. N°1.



**Figura N°1**

Questo tipo di controllo può mettere in evidenza i seguenti errori.

a) Errori sull'interasse, cioè in pratica errori sullo spessore del dente. Poiché, conoscendo le caratteristiche della dentatura del master, l'interasse, cioè la distanza tra i due assi di rotazione, resta univocamente definito dalle dimensioni del dente dell'ingranaggio, in teoria si potrebbe conoscere l'esatto spessore cordale del dente dell'ingranaggio e giudicare se esso è o non è in tolleranza. Questa sarebbe una misura assoluta dell'interasse.

In pratica si preferisce fare un controllo dell'interasse per comparazione, cioè si azzera l'apparecchio su un interasse noto, dato per esempio da un ingranaggio campione e si misurano gli scostamenti da questo valore.

b) Errori di eccentricità. Vengono messi in evidenza gli spostamenti del carrello porta master durante un giro dell'ingranaggio. Il limite massimo e minimo di questi spostamenti sono appunto l'eccentricità dell'ingranaggio.

c) Rilevazione dei colpi. Per "colpo" si intende una deformazione del dente, normalmente presente o sul suo diametro esterno o sugli spigoli laterali, generata da un urto accidentale. Questa deformazione, anche se di modesta entità provoca una non tollerabile rumorosità dell'ingranaggio durante il funzionamento. Una brusca variazione di interasse, cioè un rapido spostamento del master in senso radiale denota appunto la presenza di un colpo.

Queste sono le tre classiche risposte che si vuole ottenere da un ingranometro ma questo controllo, che può essere definito standard, può essere integrato molto facilmente con il controllo del diametro e della cilindricità del foro, della posizione e della perpendicolarità delle superfici d'appoggio, delle dimensioni del cono del sincronizzatore se si parla di un ingranaggio classico con il foro di centraggio oppure, se siamo in presenza di un albero si possono controllare oltre a più dentature contemporaneamente anche alcuni diametri esterni sede di cuscinetti e i rasamenti importanti.

In definitiva l'ingranometro può trasformarsi in un apparecchio che fa un esame anche di altre parti diverse da quelle della vera e propria dentatura.

Una ulteriore distinzione generale va fatta in base al sistema di rilievo ed elaborazione dei segnali generati dagli errori.

Si può partire dal semplice comparatore meccanico centesimale che segnala in maniera un po' grossolana gli spostamenti del master ma che comunque in certi casi può essere sufficiente, ed arrivare agli apparecchi dotati di una sofisticata apparecchiatura elettronica che oltre a indicare l'entità dei vari errori può eseguire tutta una serie di elaborazioni

statistiche fornendo anche la documentazione grafica di quanto succede su un lotto di pezzi sotto forma di una stampa degli errori o sotto forma di grafici statistici.

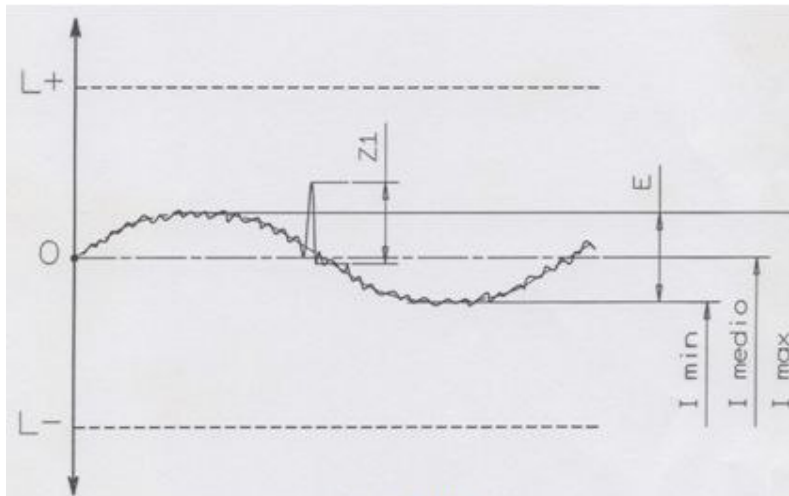
Uno dei problemi che l'officina deve affrontare è anche quello dell'eventuale recupero dei pezzi riscontrati di scarto.

Per esempio, se un ingranaggio è stato scartato perché su uno o su più denti sono stati riscontrati dei colpi, esso è perfettamente recuperabile asportando l'ammaccatura con una fresetta a lima ad alta velocità.

Il problema però è quello di individuare in modo veloce il dente ammaccato.

A questo scopo si applicano in certi casi i cosiddetti marcatori, che sono dei dispositivi che segnano il dente ammaccato con un punto di vernice.

La figura N°2 mostra un tipico diagramma ottenibile con un ingranometro dotato di registratore grafico.



**Figura N°2**

La variazione di interasse in più o in meno,  $I_1$  o  $I_2$ , rispetto all'interasse teorico  $O$ , permette di definire anche l'eccentricità  $E$  che è la variazione assoluta dell'interasse in un giro dell'ingranaggio.

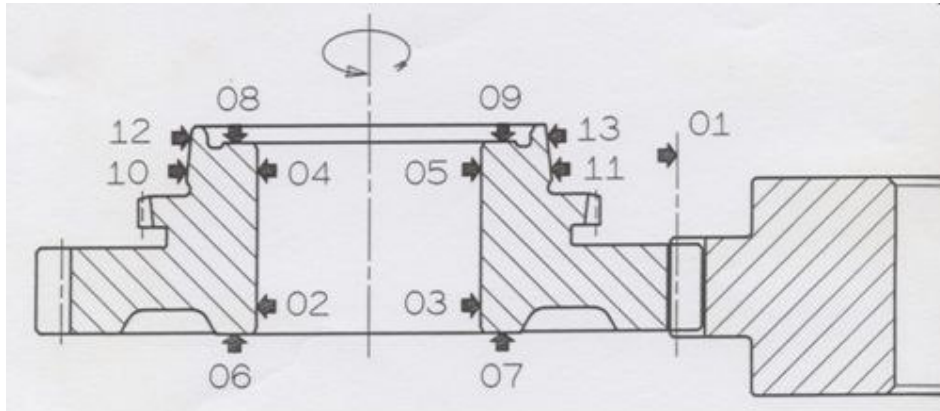
Lo scostamento istantaneo  $Z_1$  della sinusoide media indica la presenza di una ammaccatura. Le linee  $L-$  ed  $L+$  rappresentano i limiti inferiore e superiore dell'interasse, cioè la tolleranza sull'interasse.

Gli ingranometri in generale possono eseguire altri controlli oltre a quelli della vera e propria dentatura.

L'ingranometro può ospitare tutta una serie di trasduttori che rendono via via l'apparecchio più complesso sia sotto il punto di vista della costruzione che della gestione elettronica dei segnali. E' evidente che maggiore sarà il numero di parametri che si vogliono tenere sotto controllo più sofisticata sarà la meccanica e l'elettronica.

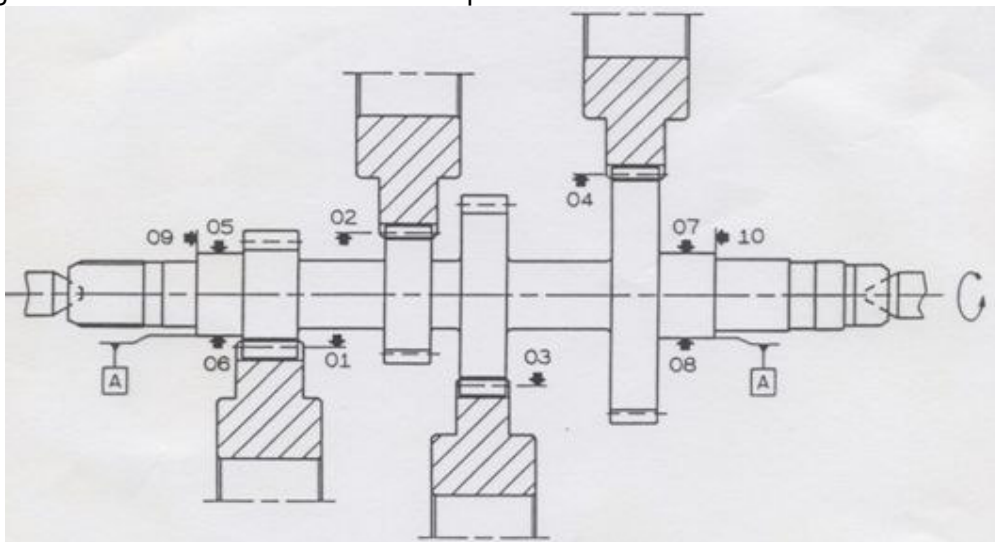
Nella figura N°3 è indicato un esempio di controllo generale di un ingranaggio finito.

Oltre al controllo della dentatura si eseguono i controlli del diametro, cilindricità ed conicità del foro, la posizione e planarità dei rasamenti e le condizioni del cono del sincronizzatore.



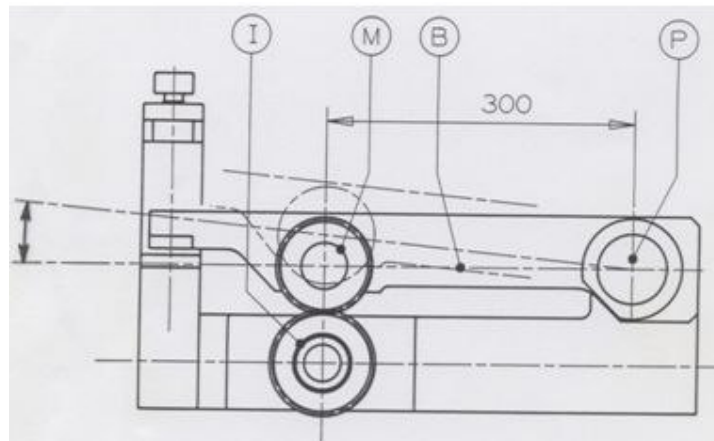
**Figura N°3**

Nella figura N°4 è invece indicato un esempio di un controllo di un albero.



**Figura N°4**

Anche qui oltre alle varie dentature, controllate contemporaneamente, si possono controllare anche i diametri ed i rasamenti di maggior di maggior interesse. Nella figura N°5 è indicato schematicamente l'ingranometro costruito dalla METREL di Cornate D'Adda (Milano).



**Figura N°5**

Sul braccio mobile B è montato il master M che ingrana con l'ingranaggio I.

La forza con cui il master preme sull'ingranaggio è data da una molla che può essere regolata per aumentare o ridurre la pressione secondo la necessità.

E' necessaria comunque una forza molto limitata in quanto il braccio B ha un'inerzia molto minore ed una sensibilità molto maggiore rispetto al carrello porta master tradizionale a scorrimento orizzontale.

Il movimento del braccio B è molto più preciso di quello di un carrello rettilineo. Il perno di rotazione P è montato su cuscinetti precaricati che escludono ogni possibilità di gioco sia in senso radiale che in senso assiale.

Quindi il centro del master percorrerà sempre una traiettoria posta su un arco di cerchio di 300 mm, senza possibilità di uscire da questa traiettoria.