

PREVEDERE L'ERRORE DI TRASMISSIONE

L'errore di trasmissione è una delle cause principali delle vibrazioni e del rumore nei riduttori. Anche se il pignone ruota a velocità costante, a causa dell'errore di trasmissione la ruota gira con una velocità leggermente variabile durante il ciclo d'ingranamento, creando accelerazioni e decelerazioni nel proseguimento della catena cinematica di una macchina.

La causa di questo fenomeno è la variazione della rigidità d'ingranamento durante il ciclo di contatto tra due denti. Dato che durante una parte di questo ciclo due, poi solo un paio di denti sono in contatto, ed in più che il punto di contatto si sposta dal piede del pignone alla testa, è chiaro che la rigidità cambia.

La determinazione analitica di questo fenomeno è assai difficile. Per avere risultati realistici è importante calcolare prima la linea di contatto sotto carico. Per effetto della forza normale, i denti in contatto si flettono. Di conseguenza la linea d'ingranamento non è più quella teorica, la durata di contatto nella fase iniziale e finale si prolungano, il ricoprimento di profilo ϵ_a effettivo aumenta.

È un calcolo complesso, che normalmente richiede l'appoggio di un programma FEM (elementi finiti). Però con il FEM diventa lungo, perché bisogna - per avere risultati buoni - calcolare almeno 50 posizioni di contatto durante il ciclo d'ingranamento. Richiede talmente tanto tempo che per un progetto normale non si può utilizzarlo.

Nel nostro software già da anni è integrato un calcolo della rigidità d'ingranamento, basato su un procedimento analitico, però in fondo identico ad un modello FEM. Fino a poco fa era basato sulla linea d'ingranamento teorica. Abbiamo adesso implementato il calcolo della linea di contatto effettiva, tenendo conto della flessione dei denti.

I risultati sono molto interessanti e più differenti - paragonati con i risultati precedenti - di quanto mi aspettavo. L'effetto di una correzione di profilo viene evidenziato benissimo. E visto che il calcolo è molto rapido, in mezzo minuto viene effettuato questa analisi complessa, è possibile di studiare in breve tempo l'effetto di piccole modificazioni al profilo del dente o alla correzione di profilo.

Una correzione di profilo, così detta "normale", che si fa dalla testa del dente fino a metà distanza dal punto di contatto singolo è ottima per ridurre il rischio di grippaggio, però non ha quasi nessun effetto sull'errore di trasmissione. Invece la correzione "lunga", che si fa fino al punto di contatto singolo, riduce l'errore di molto, in modo dipendente dalla geometria reale, fino a 90%!

Se però si tratta di una dentatura dritta con un ricoprimento ϵ_a di circa 1.8, è meglio non fare nessuna correzione di profilo. Perché? Sotto carico il ricoprimento sale quasi a 2, riducendo così la variazione della rigidità (sempre due paia di denti sono in contatto), in modo che l'errore di trasmissione è quasi annullato. Un paragone con un calcolo FEM confermava la precisione dei nostri risultati.

Questi effetti sono in parte anche descritti nella letteratura. Però poter valutare l'effetto nel caso concreto cambia molto e dà sicurezza per fare la scelta definitiva della geometria ottima del dente.