

## **Novità nel calcolo degli ingranaggi cilindrici**

Da poco è uscita una versione revisionata della norma ISO6336 per il calcolo della resistenza degli ingranaggi cilindrici.

La nuova edizione (2006) si presenta con alcuni cambiamenti molto positivi. Nella parte tre della norma, che tratta il calcolo della resistenza del piede dente, un grosso problema è stato risolto: il calcolo della tensione al piede di dentature interne. Sia nella DIN3990, sia nella vecchia versione della ISO6336, le tensioni al piede venivano calcolati basato sulla cremagliera di riferimento; e perciò per esempio l'effetto di uno spostamento del profilo semplicemente non veniva considerato. Paragonato con lo sforzo effettivo, calcolato con un metodo più esatto, le differenze erano notevoli, fino al 30%!

La nuova edizione propone un metodo simile a quello già usato per il calcolo degli ingranaggi esterni, però basato su un utensile stozzatore utilizzato per il taglio di dentature interne. La sezione critica, dove si calcola la larghezza del piede e il raggio di curvatura, è fissata dalla norma nel punto del fianco di tangenza della retta inclinata di  $60^\circ$  rispetto all'asse. Questo corrisponde al punto della tangente di  $30^\circ$  usato nel calcolo della dentatura esterna. I risultati con questo nuovo procedimento di calcolo sono ben diversi dai risultati usciti dal metodo precedente e corrispondono molto meglio ai risultati ottenuti con metodi più esatti.

Tante volte, il piede dente di una dentatura interna non è critico alla rottura, perché il dente interno è più largo di un dente simile esterno. Però visto che oggi il numero di riduttori planetari di alta potenza è in crescita a causa del 'boom' degli impianti eolici nel mondo, è un bene, che finalmente si abbia a disposizione un metodo esatto per la verifica di dentature interne. In Italia per la verifica degli ingranaggi anche la DIN3990 è molto usata, perché la DIN3990 è uscita ben prima della ISO6336, e perciò era la prima norma affidabile a disposizione. Il comitato tedesco della DIN dovrà adesso o introdurre questo metodo migliorato in una nuova versione della DIN3990 o ritirare la DIN3990 e aderire alla ISO6336. Secondo quello che si sente, la decisione sarà molto probabilmente di rimpiazzare la DIN3990 con la ISO6336. Se è così, sarà una cosa ben gradita, perché sostituire norme nazionali con norme internazionali aiuta la comunicazione e facilita molto i procedimenti di collaudo dei riduttori.

È da sperare che anche gli USA in un prossimo futuro ritirino la AGMA2001; però sono meno ottimistico, perché il procedimento di calcolo secondo AGMA contiene delle formule che sono molto differenti dalle ISO6336. L'effetto è che un calcolo secondo AGMA2001 dà un fattore di sicurezza al piede molto più basso (quasi la metà) dello stesso fattore calcolato secondo ISO6336.

Ho collaborato qualche anno fa con una ditta italiana, che aveva fornito dei riduttori ad un cliente francese. Occorrevano delle rotture di piede sull'ingranaggio d'uscita. La discussione era se gli ingranaggi erano sotto-dimensionati o se c'era un problema di fabbricazione o se il riduttore era soggetto a carichi maggiori di quelli previsti. Il calcolo secondo ISO6336 mostrava un fattore di sicurezza accettabile (SF era circa 1,6). Il controllo del materiale e del trattamento termico non dimostrava errori: si concludeva che il difetto era causato da un sovraccarico. A questo punto, poiché nella AGMA si trovano informazioni maggiori sull'effetto del trattamento termico a induzione, il cliente francese chiedeva una verifica secondo la AGMA2001. Il risultato mostrava una sicurezza al piede poco sotto il 1,0. Non è

stato sorprendente, conoscendo bene le differenze tra i due metodi di calcolo. Però era una situazione spiacevole per il fornitore italiano: come spiegare cose simili ad un giudice?