

NOTE SULL'APPLICAZIONE DEL SOFTWARE RHF PER DIN 3990/1987 (INGRANAGGI CILINDRICI)

IMPLEMENTI DELLA VERSIONE STANDARD RHF

Alcune funzioni non descritte nel manuale, o negli articoli su Organi di Trasmissione, sono attivabili nell'ambito di RHF vers. 3, ma richiedono consulenza (spessore cementato, velocità critica, fattore K_vB , dettagli dei fattori di distribuzione del carico).

CARICHI

La norma DIN considera un carico tangenziale F_t calcolato sul cilindro primitivo di riferimento, mentre in RHF è indicato il carico tangenziale di funzionamento F_t' . I fattori geometrici RHF compensano la differenza in modo che i fattori di sicurezza calcolati corrispondono alla norma.

SOVRACCARICHI

Fattore K_{sh} : appartiene al software RHF, non essendo previsto dalla norma DIN. Interviene per planetari o per azionamenti multipli. Solitamente $K_{sh} = 1$.

Fattore K_a : è il noto fattore di applicazione, comune a tutti i metodi, da non confondere col fattore di servizio.

Fattore K_v . In RHF, versione standard, è adottato il "metodo C". La norma DIN lo ammette sempre se quel fattore, che nel programma è indicato "A", è inferiore a 3. Per valori maggiori leggere i chiarimenti a programma. Prudenza particolare per planetari.

Fattore K_m . Congloba il prodotto dei due fattori $K_H\beta$ e $K_H\alpha$ della norma per il pitting (rispettivamente per il disallineamento e per gli errori di passo e profilo). Per la rottura, K_m sostituisce il prodotto $K_F\beta$ $K_F\alpha$ con un po' di margine in più di sicurezza, in quanto secondo la norma $K_F\beta$ è alquanto minore di $K_H\beta$. (E' invece di solito $K_F\alpha = K_H\alpha$, salvo casi eccezionali, e ambedue = 1 per dentature precise.) Il fattore K_m viene assunto in base a quesiti o anche direttamente (cosa, del resto, che fanno non di rado anche i tedeschi per $K_H\beta$, da cui dipende pure $K_F\beta$). La norma dà vari metodi. In pratica sono applicabili i metodi "B" (usato in IRID) e "C". Il metodo B richiede però la conoscenza del disallineamento combinato (da elasticità, errori e montaggio). Sarebbe possibile calcolare il disallineamento col programma DISL, e $K_H\beta$ da IRID, quindi per dentature precise introdurre, in RHF, $K_m = K_H\beta$. (Oppure v. implementi della versione standard RHF.)

Nella norma DIN c'è anche un met. "C", un po' più affidabile del metodo C originale ISO (riportato da UNI 8862), ma pur sempre dubbio in vari casi.

In RHF il fattore "V" è uguale al prodotto dei fattori citati. Il suffisso "I" vale per ISO e DIN.

RESISTENZA AL PITTING (RHI-D, dove "D" sta per "DIN" - non "metodo")

Il fattore GH appartiene a RHF e congloba vari dati geometrici in modo da corrispondere alla norma DIN.

I fattori di superficie possono essere introdotti direttamente o calcolati in modo equivalente alla norma. (Possono a volte differire di una minima percentuale.) I fattori DIN o ISO intervengono sulla pressione. Il fattore AH di RHF li congloba elevati al quadrato in modo da intervenire sul carico o sul fattore K.

La pressione limite σ_{Hlim} secondo norma potrebbe essere assunta = 1600 o 1650 N/mm² soltanto per acciai cementati supercontrollati, ad es. per ingranaggi da aerei o elicotteri, in maniera non adottabile industrialmente. Anche per assumere $\sigma_{Hlim} = 1500$ occorrerebbero controlli dettagliatamente prescritti. Tuttavia la norma DIN ammette esplicitamente che una ditta adotti valori secondo la propria esperienza industriale.

Il fattore K non è conosciuto dai tedeschi. La norma prevede il calcolo di una pressione σ_{HP} che, confrontata con σ_H , conduce comunque al fattore di sicurezza SH. Bisogna tener presente che il valore di SH calcolato da RHF in prima istanza vale, come specificato, in riferimento al limite di fatica. Con ciò coincide col concetto del valore DIN quando (caso comune) il numero di cicli di sollecitazione di un fianco del dente supera il numero di cicli del vertice della curva. Quando invece il numero di cicli sia inferiore, il valore previsto dalla norma DIN è quello che esce al termine del calcolo di durata RHF. (Se non esce, si tratta di casi di più livelli di carico che la norma DIN originale non è in grado di affrontare.) Quando invece il numero di cicli è maggiore di quello di vertice, ed esce SH dal calcolo di durata, si tratta di una implementazione del calcolo non prevista dalla norma DIN, usata già in IRID e poi chiarita nel Gear Handbook cap. 11 e su Organi di Trasmissione 1993.

Il calcolo di durata secondo RHF, per il primo tratto della curva (numero di cicli inferiore a quello del vertice), si basa su una curva corretta in maniera equivalente alle indicazioni originali DIN (molto più complicate nella forma). La norma DIN non offre il calcolo del danneggiamento e con ciò non è in grado di affrontare il caso di più livelli di carico.

RESISTENZA A ROTTURA (RFI-D, dove "D" sta per "DIN" - non "metodo")

Il procedimento RHF, sia per le applicazioni ISO che DIN, considera in dettaglio anche il caso del taglio con utensile pignone, non contemplato nei metodi originali. In mancanza dei dati dell'utensile, assumere valori prudenti (v. chiarimenti a programma). Per le dentature interne ugualmente si considera l'utensile pignone: qui ci si scosta dalla norma DIN, che considera per approssimazione una dentiera ma ottiene risultati inaffidabili specialmente perché manca di considerare l'effettiva curvatura al piede.

Il fattore di forma YF e il fattore di correzione della tensione YS seguono il metodo B, che la norma considera prevalente rispetto al met. C. Per dentature interne il calcolo viene riferito al punto del fillet toccato dalla tangente a 45° anziché a 30°, perché dà maggior margine in base a riscontri con analisi FEM.

(Si può citare, anche per il procedimento di calcolo dei fattori geometrici per denti tagliati con i diversi utensili: G. Castellani & V. Parenti Castelli, "Rating Gear Strength", Transactions of the ASME Vol.103, April 1981, p.516.)

Accade non di rado (ad esempio per utensile pignone molto usato, con forte coefficiente di spostamento negativo, ma a volte anche con taglio di creatore) che il calcolo del fattore d'intaglio, o "correzione della tensione", Y_S , esca dal campo di validità ISO/DIN: in tal caso ne viene assunto automaticamente un valore elevato, e con ciò prudente.

La norma DIN definisce un fattore Y_{Sg} per tener conto del gradino da rettifica o sbarbatura al piede. Il calcolo è praticamente impossibile perché si basa su dati sempre incogniti e nemmeno controllabili sulla dentatura finita (sovrammetallo asportato e curvatura del profilo nella zona del gradino). Tuttavia il problema esiste, e il procedimento RHF permette d'introdurre un rapporto riduttivo della resistenza, $Y_S/Y_{Sg} < 1$ (di cui in output viene indicato l'inverso >1 , per chiarezza, per chi sia abituato ai fattori DIN che sono >1).

I fattori "relT", ossia relativi ai Test, per la sensibilità all'intaglio $Y_{\delta relT}$ e per la rugosità al piede $Y_{R relT}$ si assumono spesso uguali ad 1, nell'ipotesi che, se non lo sono, si compensino tra loro, almeno in parte, per denti di progetto usuale. E' però possibile introdurli separatamente: in tal caso i valori si leggeranno sugli appositi diagrammi della norma.

Attenzione al significato delle tensioni: gli estensori dei procedimenti ISO e DIN hanno creato una singolare confusione di simboli, perché in origine σ_F era la tensione nominale al piede, con limite σ_{Flim} , mentre in seguito σ_F ha acquisito il significato un po' ibrido di una tensione che sarebbe effettiva in caso di piena sensibilità all'intaglio - ma σ_{Flim} ha conservato il significato nominale di prima, mentre il limite di σ_F è ora σ_{FE} (con valore esattamente doppio della σ_{Flim}). Poiché nel frattempo in varie unificazioni nazionali (UNI compresa) è entrata in uso σ_{Flim} , ho conservato tale tensione in RHF, mentre ho indicato σ_b la tensione nominale al piede per evitare equivoci. In caso di richiesta di chiarimenti, ricordare dunque che è:

$$s_{FE} = 2 s_{Flim}.$$

Il carico unitario UL ha simbolo AGMA, comunque è solo un passo intermedio per arrivare al fattore di sicurezza SF sul quale si basa la concordanza con la norma.

Per i fattori di sicurezza e per i calcoli di durata valgono osservazioni analoghe a quelle fatte per i calcoli di resistenza al pitting.

Nota. La norma DIN 3990/1987 è stata la base per il metodo ISO 6336/1996, che tuttavia si differenzia per alcuni assunti, in particolare per il secondo ramo della curva di durata. Successivamente è uscita la DIN 3990 ediz. 1997.