



# ANALISI DELL'IMPRONTA DI CONTATTO PER RIDUTTORI DI SISTEMI AEREI A PILOTAGGIO REMOTO

IL RICORSO ALL'UTILIZZO DEL SOFTWARE KISSOFT CONSENTE L'ANALISI DELL'IMPRONTA DI CONTATTO PER RIDUTTORI DI SISTEMI AEREI A PILOTAGGIO REMOTO (UAV), DURANTE LA PROVA DI PROTOTIPI.

CAMCOPTER® S-100 in volo.

**N**ell'ambito di un progetto di ricerca del Politecnico di Vienna è stato testato un nuovo disegno di riduttore per un UAV (Unmanned Aerial Vehicle) ed è stata dimensionata la micro-geometria della ruota conica, grazie al supporto del software KISSsoft, al fine di ottimizzare l'impronta di contatto. Questa dentatura è stata poi testata sul banco di prova in un riduttore prototipo e sono state eseguite prove dell'impronta di contatto per la validazione del dimensionamento.

Nella prima prova le impronte di contatto a banco e nella simulazione non erano però coerenti. Dopo un'analisi dei disallineamenti nell'ambito della simulazione e la correzione delle distanze di montaggio sul set di ruote coniche nel banco di prova, è stato possibile dimostrare la corrispondenza dell'impronta di contatto.

Il Dipartimento di Ricerca dei componenti di macchine del Politecnico di Vienna, sotto la direzione del Professor Dr. Ing. Weigand, ha focalizzato la propria ricerca sui sistemi di azionamento di veicoli aerei. La ricerca comprende gli organi di

trasmissione di piattaforme ad ala rotante di ogni dimensione, ma anche i riduttori di aeromobili e turbine.

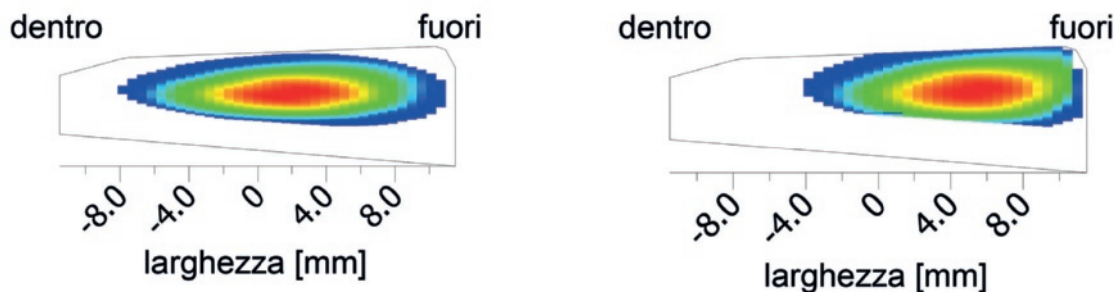
Le attività vanno dal dimensionamento del progetto agli aspetti relativi alla certificazione e ai test su banco di prova, passando per l'analisi dettagliata dei riduttori. I nuovi concetti di trasmissione nel campo degli UAV rappresentano un segmento in forte crescita nel campo dell'aeronautica. Essi comprendono ad esempio gli elicotteri a pilotaggio remoto con una massa al decollo nell'ordine di centinaia di chilogrammi. Il CAMCOPTER® S-100 dell'azienda austriaca Schiebel Elektronische Geräte GmbH è un elicottero a pilotaggio remoto con una massa complessiva al decollo (MTOW) di 200 kg e un carico di 50 kg, che viene azionato da un motore Wankel. La velocità massima è pari a 240 km/h, l'altezza di volo massima è di 5.500 m e la durata di volo può raggiungere di minimo 6 ore (figura 1).

Nell'ambito del progetto di ricerca OHA (riduttori per elicotteri ottimizzati made in Austria), nato dalla collaborazione tra il Politec-

Fig. 2  
Set di ruote coniche della coppia in uscita del nuovo riduttore.



Fig. 3 - Variazione della distanza di montaggio dalla corona conica e influo sull'impronta di contatto (a sinistra, senza gioco sui fianchi; a destra, con spostamento della corona conica).



nico di Vienna e la società Schiebel, è stato testato un nuovo disegno di riduttore su un banco di prova costruito appositamente per il CAMCOPTER® S-100, presso l'Istituto di Tecnica delle costruzioni del Politecnico di Vienna. La coppia conica testata è la coppia in uscita del rotore principale con un rapporto di trasmissione di circa 1,9 e un angolo tra gli assi diverso da 90°. Il set di ruote coniche è stato realizzato con il metodo di produzione convenzionale "face milling".

La micro-geometria è stata dimensionata espressamente per questo set di ruote, poiché in considerazione della costruzione estremamente leggera, in aeronautica le deformazioni dei singoli ingranaggi sono maggiori rispetto, ad esempio, agli ingranaggi per riduttori nel settore industriale. Il set di ruote, unitamente alle nuove specifiche per l'impronta di contatto del Politecnico di Vienna, è stato consegnato al produttore di ruote coniche con l'incarico procedere alla fabbricazione e di determinare le modifiche dei fianchi (figura 2). Sul banco di prova, la posizione dell'impronta di contatto del set di ruote coniche non si è rivelata soddisfacente. L'impronta di contatto era nettamente spostata verso i bordi di testa e di piede della corona conica. È stata così evidenziata la problematica e la sfida consistente nella determinazione con il KISSsys – sistema integrativo di KISSsoft – della causa dell'errore e nella definizione dei parametri fondamentali per l'eliminazione della causa. La coppia conica è stata dimensionata con il software per riduttori KISSsys della società KISSsoft AG e l'impronta di contatto comprensiva delle relative bombature longitudinali e del profilo e delle correzioni dell'angolo di spirale/di pressione è stata modellata e calcolata con livelli di carico differenti.

**Analisi del contatto della coppia conica con KISSsys**

Con il software KISSsys è stata eseguita un'analisi del contatto a pieno carico e l'impronta di contatto è stata valutata sulla corona conica. L'analisi del contatto utilizza, per il calcolo della posizione dell'impronta di contatto, un modello di ruota conica basato coppia cilindrica equivalente e la definizione di modifiche matematiche dei fianchi. La fabbricazione tradizionale, invece, è basata sull'ingranamento teorico nella corona piana e sulle modifiche dei fianchi basate sulle impostazioni della macchina. Dato che le ruote coniche presentano generalmente grandi bombature, la differenza sulla posizione dell'impronta di contatto è contenuta ed è quindi possibile una simulazio-

ne nel KISSsoft per una valutazione di massima della capacità di carico dei fianchi.

L'analisi del contatto fornisce inoltre una valutazione del set di ruote secondo diversi criteri, come la tensione del piede del dente, la rottura del fianco o il grippaggio. L'esperienza ha dimostrato invece che criteri sofisticati, quali la valutazione della rumorosità derivata dall'errore di trasmissione, richiedono una topologia reale, basata sulla simulazione della fabbricazione.

**Spostamenti dell'impronta di contatto in KISSsoft**

Al fine di identificare la causa dell'incoerenza dell'impronta di contatto fra banco di prova e simulazione, si è provveduto inizialmente a confrontare i dati della dentatura con i dati di fabbricazione e a ricercare eventuali errori di fabbricazione evidenti sul set di ruote. Tra i criteri di calcolo e il risultato di fabbricazione non è stata rilevata alcuna differenza. Anche le supposizioni di carico nell'ambito della simulazione erano corrette e corrispondevano ai valori di misura sul banco di prova. Come ulteriore causa dell'impronta di contatto errata è stato poi controllato il gioco primitivo, che era stato regolato durante il montaggio della corona conica. Si è quindi provveduto a variare nel KISSsoft i parametri per le discrepanze di montaggio, al fine di riprodurre l'impronta di contatto derivante dal test (figura 3).

**Test dell'impronta di contatto sul banco di prova**

Successivamente è stato eseguito in KISSsoft uno studio dei parametri con distanze di montaggio della corona conica diverse in direzione J+. (figura 4). È stato così dimostrato che nella simulazione si poteva raggiungere molto bene l'impronta di contatto errata del banco di prova.

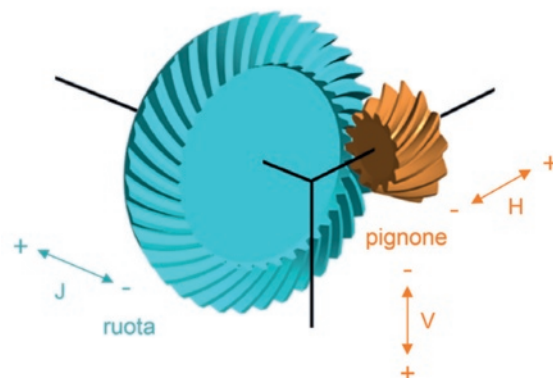


Fig. 4 - Definizione degli spostamenti sulla ruota conica.

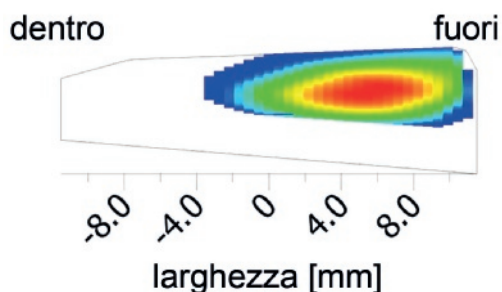


Fig. 5 - Posizione dell'impronta di contatto sul bancoPo di prova (sopra) identica alla simulazione (sotto) dopo la correzione della distanza di montaggio.

Questo risultato comprovava a sua volta la supposizione che sul banco di prova il montaggio della ruota dentata era errato in termini di distanza di montaggio e quindi di gioco primitivo. Un controllo del montaggio ha dimostrato poi che il gioco primitivo non era stato regolato correttamente e questo aveva portato a un risultato inaspettato. Dopo aver corretto la distanza di montaggio della corona conica, è stato quindi possibile ottenere sul banco di prova un'impronta di contatto identica a quella della simulazione in KISSsoft (figura 5).

La posizione svantaggiosa dell'impronta di contatto comporta, in presenza di carichi elevati, una distribuzione del carico non omogenea sopra i fianchi e quindi un aumento eccessivo della tensione che, a sua volta, si ripercuote negativamente sulla capacità di carico. Con l'impronta di contatto corretta è stato possibile ottenere una distribuzione omogenea del carico.

### Sintesi e prospettive future

Il nuovo design della dentatura di una ruota conica e la determinazione delle modifiche dei fianchi venivano spesso eseguiti in passato dal produttore secondo valori basati sulla propria esperienza. In aeronautica questo metodo non porta sempre ad ottenere i risultati desiderati, perché questi riduttori, per effetto della costruzione estremamente leggera e di altri concetti di cuscinetti, sono soggetti anche ad altre deformazioni. Pertanto, soprattutto nell'aeronautica, è indispensabile utilizzare un software per il controllo della qualità al fine di prevedere la posizione dell'impronta di contatto da verificare poi sul banco di prova.

Nel presente esempio applicativo è stato possibile utilizzare KISSsoft per il dimensionamento dell'impronta di contatto e per la ricerca di errori dopo il processo di fabbricazione. Grazie ai software per riduttori moderni è quindi possibile determinare gli spostamenti dell'impronta di contatto in analisi esaustive e proporre le modifiche dei fianchi adeguate, ottenendo così risultati realistici e contribuendo in larga misura alla realizzazione di sviluppi high-end con costi sostenibili. ■

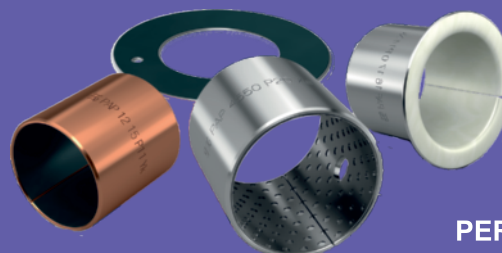
© RIPRODUZIONE RISERVATA

**Getecno**  
INDUSTRIAL PRODUCTS

*competenza  
ampiezza di gamma  
qualità e prestazioni  
servizio internazionale*



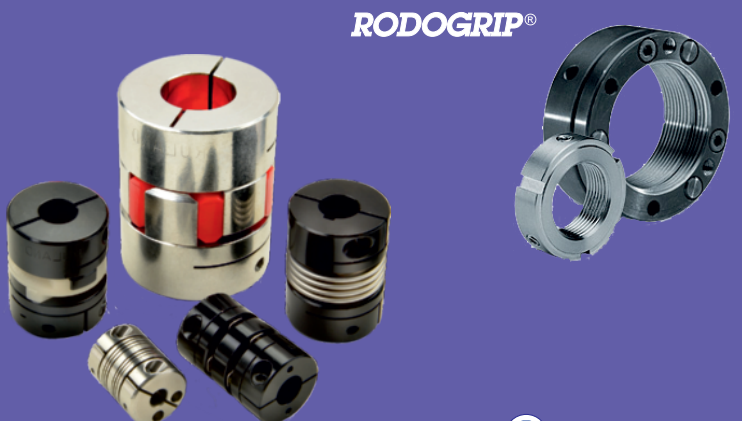
**AURORA  
RODOBAL®**



**ORIGINAL  
PERMAGLIDE®**



**RODOFLEX®**



**RODOGRIP®**



**RULAND®**

[info@getecno.com](mailto:info@getecno.com)