



Ingranaggi: i più recenti sviluppi

LInternational Gears Conference della VDI, che si svolge con cadenza biennale negli anni dispari, è un appuntamento al quale gli addetti ai lavori degli ingranaggi e della trasmissione di potenza non possono mancare. Anche l'edizione 2019 del convegno si è tenuta a Garching, presso la TUM (Technische Universität München), sede dell'FZG, il prestigioso centro di ricerca su ingranaggi e trasmissioni, ed ha avuto luogo dal 18 al 20 di settembre. I numeri della conferenza ricalcano quelli delle edizioni pre-

cedenti, con più di 500 delegati, provenienti da 32 diverse nazioni, 60% dei quali di estrazione accademica e 40% dalle aziende. Il convegno VDI si conferma quindi un evento scientifico che però è in grado al tempo stesso di attrarre anche l'industria.

La prima mattina è stata dedicata alla sessione plenaria e successivamente i lavori si sono svolti in sessioni parallele, nel pomeriggio del primo giorno, nell'intero secondo e nella mattina dell'ultimo, prima della breve conclusione che come da tradizione ha avu-

to luogo nell'atrio di fronte all'FZG.

Dal punto di vista organizzativo, il convegno VDI è costituito da un evento principale, cioè l'International Conference on Gears, che si è svolto su tre sessioni tecniche parallele, al quale si affiancano due convegni tematici, "Gear Production" e "High Performance Plastic Gear", che di fatto, dal punto di vista dei partecipanti, danno luogo a un maxiconvegno su cinque sessioni. Le sessioni sono state 26 per il convegno generale, con 98 presentazioni, 8 per quello sulla produ-

zione, con 30 presentazioni, e 4 per gli ingranaggi in plastica, con 21 presentazioni, per un totale complessivo di 38 sessioni e 149 relazioni orali, alle quali si aggiungono i 14 lavori della sessione poster. I lavori della sessione plenaria sono stati aperti con il benvenuto del presidente del comitato organizzatore, professor Karsten Stahl, al quale hanno fatto seguito quelli del presidente dell'AGMA, Matthew Croson e dell'associazione tedesca per la ricerca pre-competitiva sulle trasmissioni FVA, rappresentata dal dottor Grunau di Schaeffler. In questa prima parte sono state poste delle domande, a partire dalla più generale "Why we are here?", finalizzate a capire quale sarà l'impatto nei prossimi anni delle tecnologie emergenti, dell'IoT, dell'elettrificazione. Difficile dare risposte precise, ma in ogni caso dobbiamo essere consapevoli che nei prossimi 5-10 anni dovremo cambiare ed adattarci, per capire e soddisfare le richieste del mercato e della società. La ricerca avrà un ruolo rilevante e in Germania si sta concentrando sull'elettrificazione delle trasmissioni, con gli obiettivi di migliorare la sostenibilità, aumentare l'efficienza, ridurre gli attriti e i consumi. L'FVA ha un ruolo determinante nel supportare queste ricerche e le aziende ne sono consapevoli: i numeri dell'associazione sono cresciuti dagli 8 fondatori iniziali del 1967, a 46 nel 1978, fino agli attuali 203. Sono numeri che consentono di destinare importanti budget alle ricerche, che si traducono in un vantaggio competitivo per l'industria tedesca. Successivamente, nella sessione plenaria è stato approfondito il tema tecnico della digitalizzazione nella progettazione, con il fine di stabilirne il ruolo, anche sulla base di sondaggi tra i presenti, effettuati per mezzo della app del convegno. In particolare, è stato approfondito come con i "digital twins" si possano simulare i sistemi di trasmissione con diverse scale di modellazione ed è emersa l'importanza crescente della scala microscopica, come spiegato nell'intervento del

professor Kahraman, della Ohio State University, sulla modellazione fisica multi-scala dei problemi di contatto negli ingranaggi e del dottor Moras, del Fraunhofer Institut per la meccanica dei materiali, sull'approccio atomistico nelle simulazioni tribologiche.

Sessioni tecniche

Storicamente, la resistenza degli ingranaggi è uno dei temi che occupano più spazio nel convegno di Garching e anche quest'anno è stato al centro di numerose sessioni. Si è iniziato dalla resistenza del fianco del dente, parlando dell'effetto della rugosità sul micropitting e dell'effetto del volume interessato sulla fatica superficiale. Interessante il lavoro presentato da WZL sul tema della Flank Fracture, con l'obiettivo di indentificare una modalità di prova, alternativa al banco a ricircolo, che comporta costi elevati ed è poco adatto ai grandi moduli, che consenta di riprodurre il fenomeno anche senza avere l'ingranamento: la proposta è di utilizzare un pulsatore con due attuatori che, applicando il carico in due posizioni diverse, possano generare un ciclo di sollecitazione analogo a quello in esercizio. La sperimentazione è sempre fondamentale per analizzare i singoli fenomeni di dettaglio, e molte delle presentazioni hanno portato i risultati ottenuti mediante campagne di prove finalizzate a investigare svariati aspetti della resistenza degli ingranaggi. Tra questi, ad esempio, l'influenza dell'accoppiamento di materiali con durezze significativamente diverse nella fatica da contatto, quella delle inclusioni non metalliche, quella dell'ingranamento interno sulla resistenza a pitting, o della qualità del materiale e dei parametri tecnologici e dimensionali sulla resistenza a flessione.

Lubrificazione

La lubrificazione ha un impatto importante sulla resistenza superficiale, sulle perdite e sulla dinamica del sistema e deve essere studiata con modelli complessi, tenendo conto dei diver-



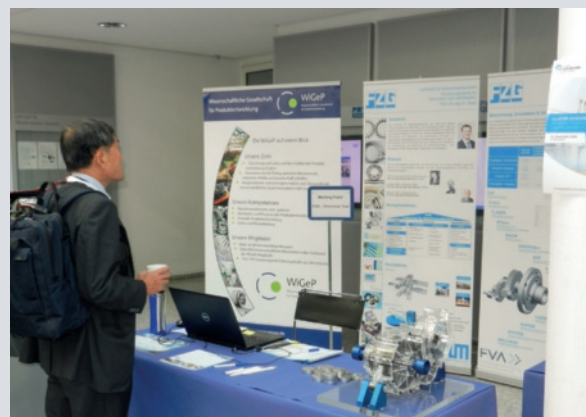
L'International Conference on Gears si è svolto su tre sessioni tecniche parallele, alle quali si sono affiancati due convegni tematici, "Gear Production" e "High Performance Plastic Gear".



I lavori della sessione plenaria sono stati aperti con il benvenuto del presidente del comitato organizzatore, professor Karsten Stahl.

Oltre il convegno

Il convegno VDI prevede anche un piccolo spazio espositivo, nel quale i partecipanti possono visitare gli stand nei trasferimenti da una sessione all'altra o durante le pause. Si tratta di espositori molto specializzati, tra i quali rientrano quelli che presentano i software per la progettazione, il calcolo e la simulazione degli ingranaggi e dei sistemi di trasmissioni, i fornitori di servizi, o di sistemi di misura, o di monitoraggio o di specifici prodotti. Apprezzato come sempre il programma sociale del convegno. La cena di gala è anche l'occasione per l'intervento di un personaggio importante dell'industria: quest'anno il Dinner Speech è stato tenuto dal Dottor Manfred Wittenstein, fondatore dell'omonima azienda, ben conosciuta anche in Italia per i suoi prodotti. L'appuntamento con la prossima edizione dell'International Conference on Gears della VDI è già stato annunciato per il 2021.



Relativamente agli ingranaggi in plastica, KISSsoft ha presentato un confronto tra i metodi della VDI 2736 e della JIS-B 1759, proprio in vista della necessità di iniziare a costruire una norma internazionale.

si parametri che la influenzano, come ad esempio la struttura della superficie. La simulazione CFD è un approccio che sempre più viene utilizzato per calcolare le perdite e i flussi di olio nelle trasmissioni. Sul fronte del lubrificante, le aziende stanno studiando soluzioni innovative e sostenibili, come i lubrificanti a base di acqua, dei quali si parla sempre più spesso anche alle conferenze.



Numerosi gli interventi sulla simulazione, che può essere condotta con modelli e approcci diversi, quali elementi finiti, parametri concentrati o modelli ibridi.

Condition monitoring

Il monitoraggio e la manutenzione predittiva sono temi di interesse crescente e hanno diverse implicazioni, come quella degli specifici sensori o approcci da utilizzare per le trasmissioni meccaniche, ma anche della disponibilità di modelli fisici dinamici, relativi a sistemi talvolta anche piuttosto complessi, che costituiscono un supporto indispensabile per interpretare i segnali rilevati. Interessante il caso di studio riguardante la rilevazione di cricche su corone dentate di grandi dimensioni, basata sull'analisi della velocità angolare istantanea che, per essere messa in atto richiede la corre-

zione degli effetti degli errori geometrici. Anche la corretta definizione degli intervalli di cambio olio di una trasmissione è un aspetto importante per il cliente e, anche in questo caso, la possibilità di prevederli sulla base delle effettive condizioni di utilizzo, tra le quali la temperatura che ha un effetto rilevante sul degradamento dell'olio, rappresenta un approccio vantaggioso.

Materiali a bassa difettosità

Anche sul fronte dei materiali vi è sempre qualche novità. Interessante la possibilità, presentata dall'Università di Lione, di riempire le cavità del corpo ruota di ingranaggi navali di grande dimensione con materiale smorzante, creando così una struttura ibrida con proprietà dinamiche ottimizzate.

Lo studio si è concentrato sulla messa a punto dei modelli di simulazione, a loro volta ibridi, basati sulla combinazione della modellazione a elementi finiti con quella a parametri concentrati. Si tratta di un'applicazione interessante non solo per il contesto nella quale è stata presentata ma anche per la possibile estensione alle ruote dentate ottenute per tecnologia additiva, che ben si prestano alla realizzazione di cavità utilizzabili per il riempimento con materiali smorzanti e in grado di ottimizzare i parametri dinamici del componente.

I materiali a bassa difettosità sono diventati un tema ricorrente nei convegni sugli ingranaggi e, anche se non vi sono particolari novità, è sempre importante ricordare alle aziende, le quali spesso invece sono più attente alla ricerca di materiali più economici, che i materiali ad alte prestazioni sono una delle soluzioni chiave per incrementare la densità di potenza, requisito sempre più importante per le trasmissioni del futuro. In molte sessioni, anche se caratterizzate da titoli diversi, si è in realtà parlato di dinamica degli ingranaggi, vuoi in relazione al NVH, al rumore, all'errore di trasmissione o alla simulazione multibody.

Produzione

La sottoconferenza sulla produzione non poteva non aprirsi con una sessione dedicata a Industria 4.0, che continua ad essere un tema di grande richiamo: tra gli aspetti trattati quelli della virtualizzazione del controllo della produzione e dei digital twin. Anche le tecniche di misura rappresentano un argomento attuale e tra queste le misure senza contatto rappresentano un approccio interessante per il controllo in linea. Sul fronte delle lavorazioni, anche il convegno di Garching ha confermato l'attualità dello skiving, riguardo al quale sono stati presentati svariati lavori. Tuttavia, anche le lavorazioni di finitura per honing e rettifica continuano a essere al centro dell'attenzione e degli studi finalizzati alla loro ottimizzazione, così come sul fronte delle lavorazioni specifiche degli ingranaggi conici il mondo della ricerca continua ad essere attivo.

Alcuni tra gli studi sul rumore hanno riguardato il rumore prodotto dalla presenza del micropitting, il whine nei riduttori ferroviari o il rattle delle PTO delle macchine agricole, solo per citare alcuni esempi. Lo studio del rumore o dell'errore di trasmissione deve essere personalizzato sull'applicazione in oggetto ed è per questo motivo che alcune sessioni si sono concentrate specificamente sui riduttori planetari piuttosto che sugli ingranaggi conici e ipoidi.

Ingranaggi in plastica

Gli ingranaggi in plastica sono sempre più utilizzati, ma non si è ancora pervenuti ad un metodo di calcolo uniformemente accettato e standardizzato a livello internazionale. KISSsoft ha presentato un confronto tra i metodi della VDI 2736 e della JIS-B 1759, proprio in vista della necessità di iniziare a costruire una norma internazionale. Tuttavia, i lavori presentati sui cedimenti degli ingranaggi in plastica mettono in luce che molte conoscenze sono ancora da approfondire, perché la resistenza degli ingranaggi in plastica è influenzata da molti fattori, come quelli ambientali ad esempio, tra i quali la temperatura, molto più di quanto non avvenga per i materiali metallici. Anche gli specifici fenomeni di avaria, quali la resistenza del fianco o l'usura, sono ancora in fase di studio e infine nella famiglia degli "ingranaggi in plastica" rientrano in realtà materiali molto diversi tra di loro per proprietà e livelli di prestazione.