

Dongting Lake Bridge in Cina utilizza la tecnologia MR per ammortizzare le vibrazioni dei cavi.



I fluidi magnetoreologici: **Un liquido «controllabile»**

È possibile immaginare che un liquido contenuto in un comune recipiente cambi improvvisamente e istantaneamente stato diventando solido? Sì, se il «liquido» si chiama «fluido magnetoreologico». I fluidi magnetoreologici (MR) sono materiali che manifestano una variazione del comportamento reologico a seguito dell'applicazione di un campo magnetico. L'interesse crescente che sta avendo negli ultimi tempi il mercato per i fluidi magnetoreologici deriva principalmente dalla loro capacità di costituire un rapido e semplice interfaccia tra il sistema di controllo elettronico e quello meccanico. Potenzialmente questi materiali hanno la capacità di cambiare radicalmente la progettazione elettromeccanica delle macchine per cui è previsto il loro utilizzo. La scoperta degli MR risale agli anni 1940 da parte del loro inventore Jacob Rabinow, che, con una simpatica quanto curiosa dimostrazione pratica in cui il peso di una giovane ragazza sospesa veniva facilmente da lui sostenuto grazie a un semplice dispositivo, dimostrò l'efficacia e la validità dei fluidi ideati. Curiosamente il lavoro di Rabinow di quegli anni era in concorrenza con quello sviluppato da Winslow per i fluidi elettroreologici comunemente noti come ER. Entrambi i tipi di fluido non sono altro che una sospensione

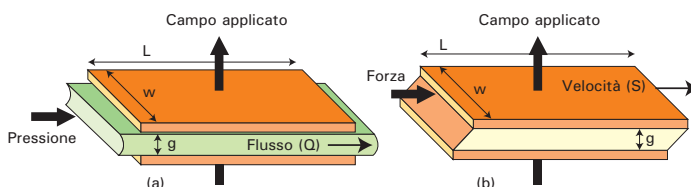
non colloidale di particelle polarizzabili aventi dimensioni dell'ordine di pochi microns. La forte eco iniziale che ebbe la scoperta degli MR sembrava rimanere più una curiosità da laboratorio che una rivelazione dal punto di vista tecnologico in previsione di un possibile effettivo sviluppo pratico. Solo negli anni 80-90 i ricercatori cominciarono a guardare con occhio più critico ai fluidi magnetoreologici nella prospettiva di avviare una reale apertura al mercato, spinta in tal senso realisticamente perseguibile in quegli anni grazie alla messa a punto di tecnologie provenienti da altri settori: microprocessori, sensori e un crescente sviluppo sia nei contenuti che nella rapidità di processo dell'elettronica avevano maturato possibilità di controllo della tecnologia MR che ai tempi di Rabinow non erano immaginabili. Solo recentemente tuttavia si assiste a un effettivo successo commerciale degli MR tanto che attualmente si stanno dimostrando competitivi rispetto agli ER che per anni hanno mantenuto il monopolio del mercato.

Caratteristiche e tecnologia

Se sottoposti a un campo magnetico i fluidi MR presentano la proprietà di cambiare istantaneamente e reversibilmente la viscosità interna in modo proporzionale



Esempio di fluido magnetoreologico: in assenza di campo i pistoncini delle siringhe scorrono liberamente spingendoli alternativamente da destra a sinistra. Avvicinando un magnete il fluido, aumentando la viscosità, blocca il movimento.





Cadillac SRX: ammortizzatori a fluido magnetoreologico.

al campo magnetico applicato. I fluidi MR, infatti, sono una sospensione costituita da circa un 20-40 per cento in volume da particelle di ferro di dimensioni di 3-10 micron sospese in un liquido che può essere a base acqua, a base olii minerali, olii sintetici, olii siliconici, o glicoli, progettati secondo opportune formulazioni ed eventualmente additivati per evitare l'aggregazione dei colloidali e favorirne la dispersione oltre che migliorarne la lubrificazione, modificarne la viscosità o inibirne il danneggiamento nel tempo. Essendo magnetizzabili, in assenza di un campo applicato presentano un comportamento reologico assimilabile a quello dei liquidi Newtoniani, mentre, a seguito dell'applicazione di un campo magnetico sviluppano al loro interno una resistenza viscosa che dipende dall'intensità del campo stesso, effetto della polarizzazione indotta nelle particelle sospese, manifestando un comportamento non-newtoniano. Come nelle normali polarizzazioni il fenomeno si può spiegare supponendo che le particelle sospese assumano la struttura a dipolo (indotto) e conseguentemente si orientino parallelamente alle linee di forza del campo magnetico applicato disponendosi in modo da formare una struttura colonnare. L'aumento quindi a livello macroscopico della viscosità della sospensione corrisponde a livello microscopico a una diminuzione della sezione utile per il libero movimento del liquido di sospensione dovuta alla «catena» di dipoli venutasi a creare. L'aumento della resistenza viscosa proporzionale all'incremento del campo magnetico, corrisponde all'altrettanto proporzionale bisogno di energia meccanica necessario per rompere le forze di interazione tra i dipoli. Conseguentemente è deducibile che la resistenza del

materiale è strettamente dipendente dall'entità del campo magnetico applicato, ovvero campo applicato e carico di snervamento (Yield stress) sono direttamente correlati. Esistono due categorie principali di dispositivi che fanno uso di fluidi magnetoreologici: i dispositivi a poli fissi (valve mode) e i dispositivi aventi poli in movimento relativo (direct-shear mode), il cui principio di funzionamento è mostrato in figura 2. I primi, applicati soprattutto in servo-valvole, ammortizzatori e assorbitori d'urto, prevedono il movimento del fluido in funzione di una caduta di pressione, i secondi in cui il movimento del fluido risulta funzione della forza impressa al fluido dal movimento relativo dei due poli, viene per esempio utilizzato nella progettazione di frizioni, freni, dispositivi di centraggio e bloccaggio.

Fluidi ER e fluidi MR

Assieme agli ER, gli MR sono noti nella letteratura anglosassone come «Controllable Fluids» (CF) per le opportunità di progettazione che permettono di sviluppare dovute alla loro caratteristica di essere «controllabili» appunto nella risposta reologica. Rispetto alle soluzioni elettro-meccaniche tradizionali l'impiego della tecnologia MR offre alcuni importanti vantaggi riguardanti principalmente (vedi tabella): yield stress o «resistance to flow», ossia resistenza allo scorrimento del fluido; potenza; stabilità. I fluidi MR manifestano resistenza massima allo scorrimento, misurabile come sforzo di snervamento tangenziale γ , di 50-100KPa corrispondente all'applicazione di un campo magnetico pari a 150-250 KA/m, contro i 2-5 KPa degli ER. Questo significa che nei dispositivi con fluidi ER a parità di performance meccanica la quantità di fluido necessaria per il corretto funzionamento è di due ordini di grandezza superiore. Per quanto riguarda la potenza necessaria i fluidi ER per correnti variabili tra 1-10 mAmps richiedono voltaggi tra i 2000 e i 5000 Volts, gli MR per correnti di 1-2 Amps utilizzano 12-24 Volts di voltaggio: i dispositivi MR richiedono quindi per un corretto funzionamento erogatori di potenza a comuni bassi voltaggi. Infine si osserva che i fluidi ER sono significativamente più sensibili a contaminanti e alle temperature estreme, mentre i fluidi MR rimangono efficaci fino a 130-140°C. Attualmente la principale problematica è legata all'usura dei componenti dovuta all'alta abrasività dei fluidi magnetoreologici. Questo problema, oggetto di studio in particolare nel settore automobilistico, attualmente è in fase di soluzione non solo grazie allo sviluppo di fluidi con particelle di dimensioni sferiche di diametro inferiore, ma anche grazie allo studio di componenti magnetoreologici che lavorano in assenza di tenute interne. La capacità di rispondere in maniera semplice, silenziosa e rapida ai comandi esterni ha maturato un interesse crescente da parte dei progettisti

verso i fluidi CF. Di solito i dispositivi meccanici asserviti all'elettronica assolvono alla loro funzione servendosi, oltre di un apparecchio di controllo anche di un attuatore, meccanico o elettrico, e di fluidi tradizionali, le cui proprietà nell'utilizzo si mantengono costanti o quasi. Attraverso una adeguata riprogettazione questi dispositivi possono essere notevolmente semplificati permettendo di eliminare la parte attuativa del dispositivo essendo lo stesso fluido «attivo». Un classico esempio è quello di un ammortizzatore automobilistico tradizionale al quale è richiesto il compito di smorzare le oscillazioni indotte dalla parte elastica, tipicamente una molla, del sistema di sospensioni: nelle applicazioni tradizionali questo compito è assolto da un olio che viene fatto trafilare attraverso luci di sezione variabile, le quali, nelle applicazioni più

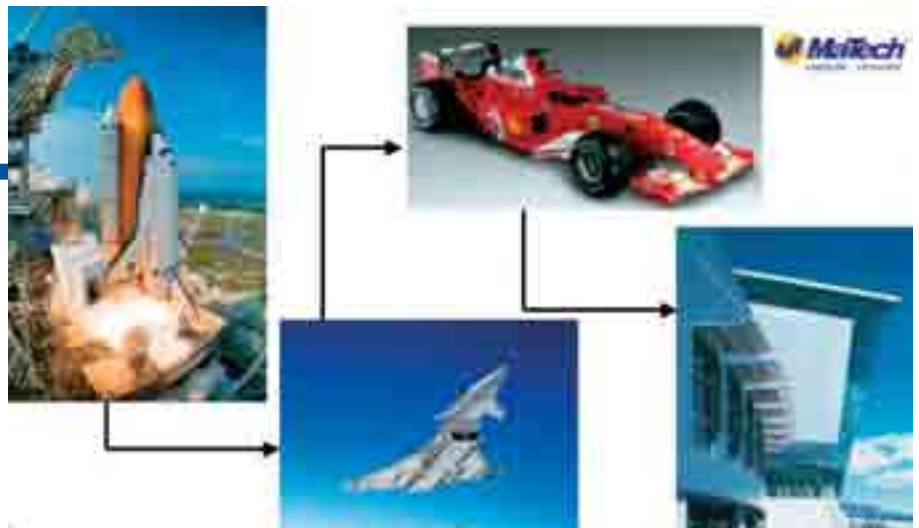
sofisticate, possono essere comandate da particolari attuatori gestiti elettronicamente. Attraverso l'impiego di fluidi magnetoreologici in sostituzione di quelli tradizionali lo smorzamento viene ottenuto senza variare la sezione, dato che è il fluido che controlla gli smorzamenti attraverso il cambiamento della sua viscosità. Si può comprendere dunque come la possibilità di realizzare componenti adattativi con tecnologia MR porti a significativi vantaggi in termini di compattezza, semplicità meccanica, ed elevata affidabilità rispetto alle soluzioni con attuatori tradizionali, oltre che a un controllo «real-time» delle valvole attraverso la variazione del campo magnetico.

Le soluzioni MR infine agendo direttamente sulle caratteristiche fisiche del fluido, non presentando

TRASFERIMENTO TECNOLOGICO DIRETTO

Il Trasferimento Tecnologico Diretto avviene quando materiali e tecnologie sviluppati in settori strategici e tecnologicamente avanzati trovano efficaci applicazioni in prodotti di uso comune e nei mercati di massa. E' il caso ad esempio delle ricerche in ambito aerospaziale, dove il raggiungimento delle prestazioni più elevate predomina sia sui volumi produttivi, si tratta spesso infatti di alcune unità prototipali, sia sui costi della produzione stessa. Le tecnologie sviluppate per applicazioni aerospaziali sono spesso coperte da brevetti e segregate fintanto che l'utilizzo nel militare riveste un ruolo strategico. Percorriamo ad esempio il caso dei compositi in fibra di carbonio, nati negli anni '60 per

la costruzione di particolari strutturali leggeri nei primi satelliti militari, trasferiti alla produzione aeronautica militare e approdati nel mercato civile nei primi anni '80. Le prime applicazioni avvennero in prodotti simili per economia di scala a quello di origine: le vetture di Formula 1, laddove la prestazione assoluta, assieme all'affidabilità e alla sicurezza del pilota, è ancora elemento fondamentale nella scelta dei materiali. I volumi sono ancora non significativi e l'impatto dei costi relativamente trascurabile. Finalmente negli anni '90 i compositi in fibra di carbonio sono entrati nei prodotti di largo consumo, in primis nell'attrezzo sportivo: racchette da tennis, canne da pesca, mazze da golf, sci. E



con il crescere delle tipologie di applicazione e dei volumi produttivi sono evolute anche le tecnologie produttive, con l'obiettivo di ridurre l'impiego di manodopera e automatizzare quanto possibile i processi. Oggi i compositi in fibra sono un mondo estremamente vasto e ricco di materiali, con grandi opportunità di trasferimento tra settori diversi, come sta avvenendo in maniera consistente per il settore dell'edilizia e dell'arredamento, ad esempio. Chi oggi sceglie di utilizzare i materiali compositi beneficia di oltre trent'anni di investimenti

in ricerca e sviluppo a livello mondiale, con tutti i vantaggi di economia di scala che ne conseguono. Il limite evidente del Trasferimento Diretto sta proprio nel vincolo di segretezza tenuto dai settori strategici e che si mantiene di norma per circa vent'anni. Esistono centri specializzati per il trasferimento tecnologico sia in Europa (ESA Transfer Technology Program) che negli Stati Uniti (NASA Transfer Technology Centers) che hanno il compito di monitorare le tecnologie disponibili nel settore aerospaziale e trasferirle ai mercati civili.

Ing. Nicola Belli - Motech

problemi di inerzia e attrito, permettono di operare a una bassa potenza di controllo.

Settori applicativi

I fluidi magnetoreologici hanno trovato applicazione in svariati settori. Nel settore automotive vengono impiegati per esempio per la realizzazione di valvole, frizioni, ammortizzatori, sospensioni, freni. Al riguardo una applicazione che merita di essere discussa è quella relativa ai freni. Tipicamente un freno è costituito da un elemento mobile, il rotore, e da un elemento fisso, lo statore. Quest'ultimo nella tecnologia che adotta fluidi MR funge sia da telaio per il freno sia da alloggiamento per il fluido MR. La particolarità di questi dispositivi è che se da una parte si possono considerare freni perché costituiti da due parti meccaniche, lo statore per l'ingresso del movimento, e il rotore, per l'uscita, è pure vero che essi, essendo interposto un particolare fluido che consente l'accoppiamento con vari gradi di intensità, consentono di modulare la coppia frenante similmente all'azione svolta da una frizione.

Di fatto, potendosi definire la frizione come un modulatore

di coppia, si capisce come con la tecnologia MR il limite tra i due elementi meccanici, freno-frizione, sia poco significativo. Nell'ambito dell'ingegneria civile, i fluidi magnetoreologici vengono impiegati per esempio in edifici in dispositivi progettati per lo smorzamento delle vibrazioni sismiche e in ponti per permettere il controllo delle oscillazioni delle funi di tiro. Le soluzioni adottate uniscono semplicità meccanica, stabilità e immediatezza di risposta a un miglior controllo dell'energia di dissipazione, e alla possibilità di lavorare anche in condizioni di temperatura estreme (fino 130 °C) spesso associate a fenomeni catastrofici. I fluidi MR possono trovare applicazione anche per lo smorzamento delle vibrazioni e la riduzione del rumore in ambito industriale. Un altro importante settore applicativo è quello medico con l'impiego di dispositivi protesici utili a migliorare il movimento delle ginocchia in arti amputati a cui è stata applicata una protesi. I fluidi magnetoreologici permettono di ottenere una alta precisione e velocità di controllo (tempo di risposta inferiore a 10 millisecondi) con sorprendenti risultati per quel che riguarda la fluidità e la spontaneità del movimento articolare. ■

Produciamo freni, frizioni, innesti, giunti limitatori, gruppi monoblocco, a comando elettromagnetico, pneumatico, oleodinamico e meccanico.



In ogni prodotto ci sono infatti 30 anni di esperienza e l'apporto delle più moderne tecnologie per la progettazione, la produzione e il controllo.

MWM

MWM - FRENI FRIZIONI s.r.l.
I-20148 MILANO (ITALY) - VIA CACCIALEPORI, 18
TEL. 02.40.07.08.45 - 02.40.70.60.44 - FAX 02.40.78.041
www.mwmfrenifrizioni.it - e-mail: info@mwmfrenifrizioni.it