

## **Attività scientifica.**

*Andrea Manuello Bertetto ha svolto attività di ricerca in vari campi della Meccanica Applicata.*

*I temi di ricerca sviluppati riguardano la Meccanica Applicata, la Dinamica dei Sistemi Meccanici, la Tribologia, la Fluidica, l'Automazione a Fluido, l'Automazione Industriale, i Dispositivi ed i Sistemi Biomeccanici. L'attività svolta è attestata da più di 100 pubblicazioni di cui 70 internazionali.*

*Andrea Manuello Bertetto ha partecipato ad attività di ricerca finanziata da enti pubblici (Ministero della Ricerca, Regione Piemonte, Regione Sardegna) sia nell'ambito di contratti di ricerca industriali.*

***L'attività di ricerca di Andrea Manuello Bertetto presso il Politecnico di Torino è proseguita anche dopo la presa di servizio presso l'Università degli Studi di Cagliari collaborando su temi relativi allo Spazio, alla Tribologia, al risparmio energetico in sistemi e componenti meccanici. In particolare Andrea Manuello Bertetto ha contribuito nell'ambito di Progetti Europei (programma Kristall – responsabile: prof. Guido Belforte) e di Progetti Regionali (Bando 2004 n. E51, responsabile scientifico prof. P. Maggiore).***

*Si riportano, con una breve descrizione, i principali temi di ricerca dell'attività scientifica di Andrea Manuello Bertetto.*

- **Componenti e sistemi meccanici**

***Studio di dispositivi meccanici per la distribuzione di gas naturale***

Per modellizzare il comportamento dinamico di cabine industriali di trasformazione del gas naturale, ai fini della valutazione dell'errore commesso nella misura della portata, sono stati studiati componenti sia di regolazione della pressione sia di misura della portata. Lo studio ha richiesto la modellazione dinamica dei componenti e dell'intera linea di distribuzione e, inoltre, lo sviluppo di metodologie sperimentali mirate all'identificazione dei parametri di modello ed alla validazione delle prestazioni dinamiche dei vari componenti e dell'intera cabina nel suo insieme.

Si è inoltre implementato il modello del comportamento dell'intera cabina di distribuzione realizzando un codice numerico per la simulazione della dinamica del sistema mirato, in particolare, alla valutazione dell'errore di misura di portata regime e durante i transitori.

Particolare attenzione è stata posta alla caratterizzazione sperimentale dei regolatori di pressione e dei misuratori industriali a turbina.

Il codice di simulazione è stato quindi validato sperimentalmente, anche in condizioni di transitori veloci.

***Modellazione di impianti pneumatici***

Si è condotto lo studio del comportamento di impianti pneumatici di grande sviluppo lineare, tale da non consentire di trascurare i fenomeni di propagazione all'interno dei condotti, in particolare in condizioni di transitori veloci. Lo studio ha condotto alla definizione di un codice che si configura in un'ottica "user friendly" poiché, dei quattro moduli di cui è costituito, quelli relativi all'interfaccia utente prevedono la possibilità di un'interazione completamente affidata al "mouse".

Le validazioni condotte dimostrano come i risultati delle simulazioni siano attendibili, poiché in buon accordo con i risultati sperimentali ricavati da prove appositamente realizzate.

- **Componenti pneumatici innovativi**

***Cilindro pneumatico ad accoppiamento elettromagnetico reversibile***

Si è studiato, realizzato e caratterizzato un cilindro pneumatico senza stelo con accoppiamento elettromagnetico tra stantuffo e slitta collegata al carico. Tale cilindro, adatto a linee di trasporto lineare, è in grado di movimentare diversi carichi, sulla stessa linea, con un solo stantuffo, poiché l'accoppiamento tra lo stantuffo ed i diversi carichi è di tipo elettromagnetico e quindi di tipo reversibile.

Compatibilmente con gli alesaggi commerciali considerati, si è massimizzata la forza trasmissibile dall'accoppiamento elettromagnetico, che presenta le linee di forza del campo ortogonali alla direzione della forza che tende a disaccoppiare stantuffo e slitta caricata. Del comportamento di tale cilindro si è messa a punto una formula sperimentale in grado di prevedere, per cilindri geometricamente simili, la forza di accoppiamento. Il cilindro realizzato è stato provato in diverse condizioni di lavoro.

***Interfacce***

Si è sviluppata un'interfaccia elettropneumatica basata sulla transizione da laminare a turbolento di un flusso pneumatico in amplificatori controllati da segnali acustici individuando campi di variazione di frequenze acustiche favorevoli in funzione di geometrie particolari degli elementi.

- **Robotica**

### ***Mani di presa autoadattative sensorizzate in forza***

Per la realizzazione di componenti mirati all'utilizzazione di robot in campo agricolo e, in particolare, per la raccolta di prodotti dell'agricoltura, si è progettata, realizzata e caratterizzata una mano autoadattativa, sensorizzata in forza, per la presa di oggetti di forma anche allungata, che si trovino in posizione anche non centrata e comunque generica nello spazio di lavoro della mano stessa. Al fine di ottenere una presa sicura e tale da non danneggiare l'oggetto delicato, la mano è dotata di sensori di forza robusti ed a costo contenuto, adatti ad operare in ambiente agricolo non strutturato, dove siano possibili urti, e presenti asperità, terra, acqua, sbalzi termici.

Per la realizzazione del controllo della forza esercitata dalle dita di elementi azionati da attuatori pneumatici e per la presa di oggetti anche delicati, è stato condotto uno studio teorico su un sistema attuatore - valvole - sensore di forza - controllo. Successivamente si è condotta una campagna di prove per verificare le prestazioni statiche e dinamiche del sistema. Infine è stata studiata l'applicazione del controllo studiato ad una mano per l'afferraggio di oggetti delicati. Sono inoltre state ideate e realizzate mani per il distacco di fiori sul campo allo scopo di rendere remunerativa la coltura dello zafferano gravata di costi pesanti derivanti dalla lunga e complessa fase di raccolta. Queste mani sono state realizzate e provate con successo presso le aziende del settore agroalimentare operanti nel Medio Campidano in Sardegna

### ***Attuatori rotativi per robotica***

Per la conoscenza dettagliata del comportamento di motori pneumatici a palette, in previsione di una loro modellazione utile all'attuazione di telemanipolatori, si è applicata una tecnica di sensorizzazione telemetrica delle camere di motori a palette per la valutazione dell'andamento della pressione istantanea nei vani, in funzione della posizione e della velocità angolare del rotore, anche per velocità angolari elevate.

Gli andamenti rilevati sono stati interpretati sia nel caso di motori commerciali che di motori derivati da questi, dove siano state apportate modifiche al fine di individuare le cause degli andamenti complessi della pressione istantanea nei vani. In questo modo sono stati isolati i fattori influenti, geometrici e di funzionamento, conducendo analisi parametriche mirate.

### ***Attuatori Pneumatici Flessibili a più gradi di libertà***

Per applicazioni in ambiente non strutturato e che non richiedono elevata precisione di posizionamento, può essere conveniente l'utilizzo di speciali attuatori quali gli attuatori pneumatici flessibili.

E' stata sviluppata una ricerca che ha condotto alla realizzazione di diversi prototipi di attuatori flessibili, con corpo in elastomero a più camere, da utilizzare come posizionatori a vari gradi di libertà. L'attuatore è stato caratterizzato sperimentalmente. Le prove condotte hanno permesso di valutare lo spazio di lavoro e di verificare la bontà della costruzione del modello realizzato con particolare attenzione alla simmetria dell'elemento flessibile e al comportamento viscoelastico.

E' stato proposto un modello matematico diretto dell'attuatore che, in funzione della pressione nelle camere, consente di determinare la posizione dell'*end-effector*; le prove sperimentali condotte hanno consentito di validare il modello.

Gli attuatori flessibili studiati e realizzati hanno consentito di realizzare un robot mobile di tipo biomorfo che utilizza due attuatori flessibili a due camere.

### ***Attuatori muscolari a fluido***

Si è sviluppata una nuova tipologia di attuatore muscolare, denominato muscolo a fibre diritte, con prestazioni in forza ottimizzate in rapporto alla massa dell'attuatore. Illustrando la struttura del prototipo realizzato, ne sono riportate le prestazioni misurate sperimentalmente. Della tipologia di attuatore studiata si è quindi definito un modello matematico capace di prevederne le prestazioni in funzione della geometria, e delle proprietà dei materiali. Il modello matematico è stato validato sulla base di prove sperimentali.

### ***Ideazione, progetto e realizzazione di rover in ambiente Spazio***

Si è sviluppata una nuova tipologia di rover lunare per la movimentazione di carichi in ambiente lunare in previsione di un utilizzo per la realizzazione di basi lunari in programma per il prossimo lustro. Tale studio e realizzazione è stata condotta come collaborazione con il Dip. di Ingegneria Aeronautica e Spaziale del Politecnico di Torino (responsabile prof. Paolo Maggiore).

## **• Fluidica**

### ***Valvole a vortice***

Per lo studio di applicazioni industriali a sicurezza intrinseca, per lo sviluppo di valvole a vortice da utilizzare come valvole di sicurezza, capaci di permettere il passaggio istantaneo di un flusso in condizioni di emergenza, si è condotto uno studio articolato sia sperimentale sia analitico di elementi fluidici a vortice.

In queste applicazioni è di fondamentale importanza lo studio della riduzione del rapporto tra la portata di controllo e la portata di alimentazione in condizioni di alimentazione bloccata.

Un banco prova è stato appositamente progettato; l'analisi è stata condotta partendo da geometrie di valvole tradizionali per passare a modelli più sofisticati, al fine di minimizzare il rapporto tra portata di controllo e di alimentazione. A tale

scopo, particolare attenzione è stata dedicata all'influenza della geometria della camera di vorticità, del numero e della geometria dei condotti di ingresso e di uscita. L'analisi sperimentale è stata accompagnata da un'indagine parametrico-adimensionale dei risultati che consente di dare validità generale alla metodologia sperimentale adottata ed ai risultati da essa conseguiti.

Lo studio effettuato permette una buona ottimizzazione della geometria della valvola e consente, in base alla conoscenza dei parametri geometrici adimensionali individuati come ottimi, di dimensionare la valvola per specifiche applicazioni.

### ***Sensori fluidici***

Per applicazioni industriali in cui sia necessario individuare la presenza di oggetti e misurarne la distanza senza contatto, si sono studiate le prestazioni di sensori fluidici capaci di operare in ambiente ostile e sono state condotte indagini sperimentali e valutazioni numeriche dei tempi di risposta di sistemi di sensorizzazione equipaggiati con tali sensori. Si è giunti alla proposta ed alla realizzazione di modifiche a sensori fluidici tradizionali così da renderli adatti all'utilizzo in microclima ostile, in particolare in presenza, oltre che di polveri, di rumori e vibrazioni, di elevate temperature e forti sbalzi termici.

Per applicazioni in cui sia necessaria una misura con alta precisione di relativamente elevate distanze, si è progettato e realizzato e caratterizzato un sensore fluidico a contropressione di costo contenuto ed alta precisione massimizzando il campo di distanza che risulta molto elevato per sensori con tale principio di funzionamento.

Di tale sensore si è anche realizzato ed implementato un modello matematico.

### ***Amplificatori fluidici***

E' stato condotto uno studio su amplificatori fluidici proporzionali ad elevato guadagno per applicazioni che impongono un elevato grado di sicurezza pensando ad applicazioni come interfaccia elettro ed optofluidica.

### ***Separatori fluidici a vortice***

Uno studio di separatori a vortice, dedicati ad applicazioni speciali, per prodotti del settore agroalimentare ad alto valore aggiunto, si colloca a pieno titolo nell'attuale ricerca condotta per la automazione e meccanizzazione di processi di raccolta e lavorazione di prodotti ad alto valore aggiunto della filiera Slow Food.

Questa attività, corroborata da finanziamenti di enti regionali e nazionali, ha l'obiettivo di rendere competitiva la fase della mondatura della spezia dello zafferano, sollevando il comparto da costi proibitivi e tempi incompatibili con le esigenze di mercato.

### ***Tenute pneumatiche***

Per rispondere all'esigenza di poter disporre di guarnizioni al tempo stesso efficaci dal punto di vista della tenuta ed a basso attrito, per ridurre le forze resistenti e contenere le perdite energetiche, si è condotta una serie di studi, sia sperimentali sia analitici, su guarnizioni di diversa geometria ed operanti in condizioni di lavoro diverse.

Al fine di aumentare sia la sicurezza sia l'affidabilità dei sistemi di tenuta è stata sviluppata un'attività sperimentale e numerica, mirata allo studio dei problemi di usura e di forze di attrito in guarnizioni per cilindri pneumatici.

A tale scopo, sono stati progettati e realizzati appositi banchi di prova che consentono di valutare la durata di guarnizioni e di seguirne nel tempo lo stato di efficienza, al variare delle condizioni operative di funzionamento.

Al fine di minimizzare le forze di attrito per contenere le perdite energetiche, si è condotta una serie di studi relativi al contatto delle superfici striscianti di guarnizioni operanti in diverse condizioni di lavoro. Mediante lo sviluppo di modelli numerici agli elementi finiti e di prove sperimentali è stato possibile determinare la pressione di contatto e la forza di attrito tra l'elemento di tenuta e la superficie strisciante; inoltre è stata valutata geometria ed estensione dell'area della superficie di contatto al variare delle condizioni operative e di funzionamento della guarnizione. Il confronto tra i risultati ottenuti con i modelli numerici e le misure sperimentali ha confermato la validità della metodologia impiegata conferendo affidabilità ai risultati numerici nelle diverse condizioni operative e di lavoro delle guarnizioni studiate.

E' stato progettato e realizzato un banco per un'analisi sperimentale fotoelastica a riflessione, in modo da determinare il campo di tensione e di deformazione sulla reale guarnizione in elastomero. Le prove sono state condotte su diverse tipologie di guarnizioni, alloggiare all'interno della camera di prova, riproducendo le reali condizioni di funzionamento delle guarnizioni in esame. I risultati della sperimentazione hanno consentito di validare modelli agli elementi finiti mediante i quali è possibile procedere all'ottimizzazione della sezione delle guarnizioni in esame, al fine di ridurre le forze di attrito.

## **• Dispositivi e sistemi biomeccanici**

### ***Meccanica di apertura di valvole aortiche***

Al fine di analizzare la meccanica di apertura di valvole aortiche e di valutare l'efficienza meccanica di bioprotesi anche innovative, si sono condotte analisi numeriche del comportamento di tali componenti. Nello studio si sono considerate le particolari caratteristiche meccaniche dei tessuti che risultano essere anisotropi, non omogenei e non lineari. A tal fine si è condotta una campagna di prove sperimentali atte a caratterizzare meccanicamente il materiale biologico. Si

sono realizzate apposite attrezzature sperimentali per la caratterizzazione dei materiali e la validazione sperimentale dei modelli numerici della biostruttura considerata.

### ***Dispositivi di ausilio a disabili***

Sono stati studiati dispositivi meccanici in grado di fornire aiuto alla mobilità di disabili. Tali sistemi fanno uso di azionamenti di tipo sia elettrico sia pneumatico.

Si è progettato e realizzato un'attrezzatura di ausilio a disabili totalmente inerti, in grado di consentirne la movimentazione in condizioni di sicurezza e per realizzare l'assistenza nel cambio della postura da coricati ad eretti od in posizione seduta. Tali attrezzature sono utili anche per ginnastica passiva.

Al fine di realizzare la movimentazione di disabili inerti agli arti inferiori e di realizzare ginnastica passiva e riabilitativa si è progettato e realizzato un tutore attivo con esoscheletro, per una esecuzione corretta del passo.

- **L'attività scientifica è testimoniata da circa duecento pubblicazioni internazionali e nazionali.**