

Riduzione dei consumi energetici, aumento della produttività, accelerazioni e velocità doppie rispetto alle soluzioni tradizionali: tutto questo è possibile grazie all'applicazione delle tecnologie ridondanti a macchine e robot.

RIDONDANZA, UNA TECNOLOGIA DAI RITORNI TANGIBILI

Con le tecnologie e le soluzioni oggi disponibili è possibile applicare con successo le cinematiche ridondanti a un numero sempre più elevato di macchine e robot per lavorazione e assemblaggio. L'applicazione di una sofisticata soluzione cinematica e di controllo ridondante ha permesso di ottenere una macchina dalle prestazioni straordinarie, premiata con il *Best Metal Forming/Fabrication Machine Tool 2006*.

Antonella Lacasella*

Ernesto Mininno*

* Sintesi SCpA

L'industria manifatturiera chiede ai produttori di beni strumentali il costante aumento della produttività di macchine e robot mantenendone inalterati i costi. Tale richiesta si scontra però con la necessità di conservare l'accuratezza e la stabilità necessarie nelle lavorazioni che anzi devono continuare ad aumentare.

Utilizzando le soluzioni tecnologiche tradizionali l'esigenza di aumentare velocità e accelerazioni è in contrasto con l'esigenza di garantire una sufficiente accuratezza. Questa è ottenuta attraverso l'utilizzo di strutture rigide e di masse elevate che però limitano le accelerazioni raggiungibili a discapito dei tempi ciclo e quindi della produttività della macchina.

L'inserimento di strutture e di sistemi di attuazione ridondanti può permettere invece, sia in macchine per la lavorazione che in quelle per l'assemblaggio, di garantire la necessaria rigidità assicurando nel contempo dinamiche ed accuratezza estremamente più elevate delle soluzioni tradizionali.

Cos'è la ridondanza?

Una macchina operatrice si definisce ridondante quando il numero dei suoi assi è maggiore del numero minimo necessario all'esecuzione delle lavorazioni o delle operazioni di assemblaggio.

Per comprendere meglio il significato di ciò, si immagini il braccio umano: questo possiede sette gradi di libertà e tale caratteristica permette di muovere, ad esempio, il gomito mantenendo ferma la posizione della mano e della spalla. Tutto ciò a vantaggio della mobilità e della velocità.

Un esempio meccanico utile a capire i vantaggi che si possono ottenere da questo tipo di architetture è riportato in figura 1. In questa, il carrello blu si sposta lungo la direzione orizzontale e trasporta un secondo carrello. Questo a sua volta si muove orizzontalmente in maniera relativa rispetto al carrello grande. In questo modo, a parità di posizione della punta utensile lungo la direzione orizzontale, esistono molte possibili posizioni relative dei due carrelli: il sistema disegnato è quindi meccanicamente ridondante lungo la direzione orizzontale.

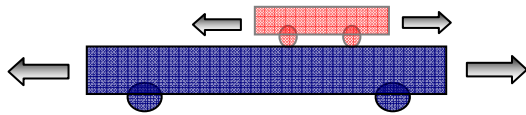


Fig.1 Esempio di macchina ridondante ad un singolo asse

La ridondanza permette di avere le stesse funzionalità, o funzionalità addizionali, con prestazioni non raggiungibili dai sistemi tradizionali e, in molti casi, con un rapporto costi-benefici significativamente più elevato.

La ridondanza applicata ai sistemi di produzione

Se si fa riferimento al caso riportato in figura, è possibile aumentare le performance complessive della macchina distribuendo il movimento tra le due parti mobili: i movimenti ampi e lenti possono essere dirottati verso il carrello grande mentre il carrello piccolo, trasportato, si occupa dei movimenti "di rifinitura" ad alta velocità ed accelerazione. Per comprendere questo funzionamento si può immaginare il movimento comunemente compiuto dalla mano e dal braccio nella scrittura: mentre il braccio lentamente si muove da sinistra verso destra per seguire il rigo, la mano rapidamente effettua piccoli movimenti per disegnare le lettere e le parole.

In questo modo si riescono ad ottenere performance, in termini dinamici, più elevate che nel caso della singola parte mobile. Ciò si traduce chiaramente in una riduzione del tempo ciclo di lavorazione e quindi in un aumento della produttività. Inoltre, essendo le parti in movimento di massa via via decrescente all'aumentare dell'accelerazione, attraverso una distribuzione opportuna delle movimentazioni è possibile ottenere anche vantaggi in termini energetici.

Questi aspetti risultano particolarmente vantaggiosi per le macchine che devono eseguire compiti complessi quali **operazioni di taglio o finitura**.

In questi casi con le soluzioni tradizionali si deve necessariamente scegliere tra una elevata produttività, a discapito della qualità della lavorazione, o una elevata qualità con tempi ciclo superiori.

Un altro utilizzo dei sistemi ridondanti riguarda l'incremento di mobilità e destrezza, caratteristica fondamentale per i manipolatori.

Un tipico impiego dei **manipolatori antropomorfi** è quello del posizionamento ed orientamento di un organo terminale, solitamente un utensile, per l'esecuzione di una lavorazione come la verniciatura o la saldatura.

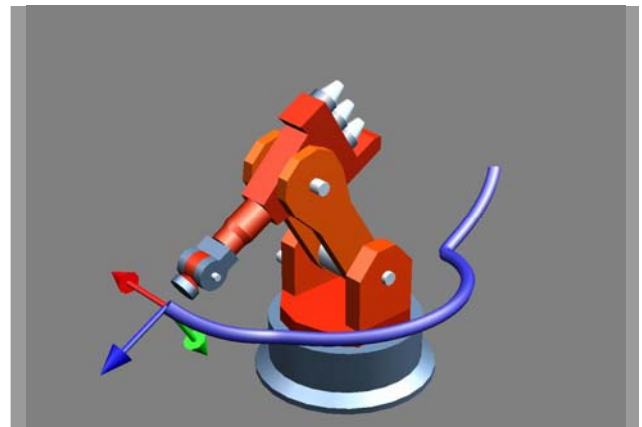


Fig. 2 Manipolatore Antropomorfo

Uno dei principali problemi che si incontrano in tali applicazioni è la presenza di particolari configurazioni dei giunti (singolarità) in cui un cambio di orientamento verso determinate direzioni non può essere realizzato, impedendo così l'esecuzione del compito assegnato.

Nei dintorni di tali configurazioni, piccole velocità angolari dell'organo terminale in una data direzione richiedono velocità non fisicamente realizzabili per i giunti, causando quindi una significativa perdita di accuratezza nel movimento risultante.

La presenza di questi punti di singolarità si traduce quindi in una notevole riduzione dello spazio di lavoro.

Nella pianificazione di traiettoria per manipolatori non ridondanti, infatti, l'unico modo di evitare le singolarità è ridurre lo spazio di lavoro proibendo l'orientamento vicino i punti di singolarità. Questo si traduce in una difficoltà in più per il progettista che deve riprogettare la cella di lavorazione in modo che non siano richieste lavorazioni nei punti di singolarità.

Negli ultimi anni si è mostrato un notevole interesse nell'utilizzo di manipolatori ridondanti, perchè in grado di ridurre la velocità dei giunti e migliorare la capacità di evitare eventuali ostacoli presenti nello spazio di lavoro.

A differenza dei manipolatori non ridondanti, un manipolatore con m gradi di libertà ridondanti ha m famiglie di soluzioni che permettono di eseguire il compito assegnato. Per cui, sebbene i punti di singolarità continuino ad esistere, si generano configurazioni alternative non singolari che assegnano all' end effector la posizione e l'orientamento desiderato.

Per meglio comprendere come la ridondanza permetta di migliorare la destrezza e la versatilità nei movimenti, si consideri nuovamente l'esempio del braccio umano che possiede sette gradi di libertà: tre alla spalla, uno al gomito e tre al polso, senza considerare i gradi di mobilità delle dita. Il braccio umano è intrinsecamente ridondante: se si vincola la mano in posizione e in orientamento fissi, il che richiede sei gradi di libertà, è possibile muovere il gomito, mantenendo il tronco fisso, in virtù del grado di libertà addizionale a disposizione.

Per cui, se in un manipolatore ridondante un giunto raggiunge il suo fine corsa meccanico, vi possono essere altri giunti che consentono l'esecuzione del moto programmato per l'organo terminale.

Il caso Sincrono

Prima Industrie, società leader nel settore delle macchine per il taglio e la saldatura laser, otteneva già ottime prestazioni dalle sue macchine con architetture tradizionali.

Per aumentare ulteriormente la produttività, in particolare relazione alle macchine punzonatrici, più veloci ma con problematiche aggiuntive come l'usura utensili e la scarsa flessibilità, **Prima Industrie** ha scelto di utilizzare un' architettura ridondante.

L'obiettivo era realizzare una innovazione radicale, sviluppando una macchina con prestazioni notevolmente superiori al benchmark di mercato.

Le macchine laser sono tradizionalmente costruite con cinematiche cartesiane: a causa delle elevate inerzie, le caratteristiche dinamiche di una macchina cartesiana di grandi dimensioni rimangono necessariamente limitate.

La ridondanza, se opportunamente sfruttata, può invece risolvere queste problematiche coniugando dinamiche elevate ed accuratezza.

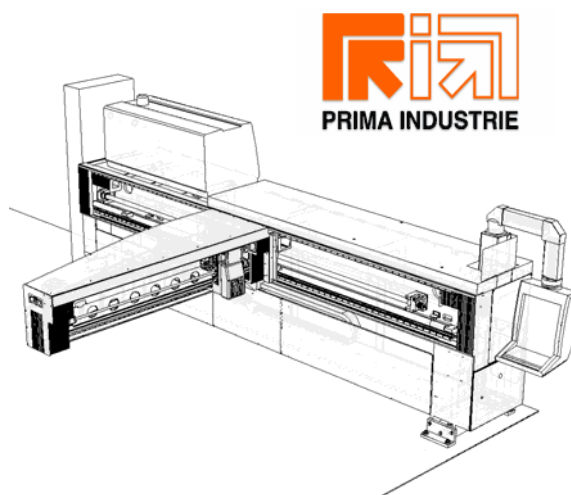


Fig.3 Macchina Cartesiana Tradizionale

Nel 2005, **Prima Industrie** ha presentato al mercato una nuova macchina a cinematica parallela ridondante: **Syncrono**, risultato dell'integrazione di due macchine in una, perfettamente sincronizzate fra loro: una piccola e leggera con altissima dinamica e minime masse in movimento e una grande con un'ampia area di lavoro (3000 x 1500 mm).

Oltre alla difficoltà di sviluppo meccanico, risolta da **Prima Industrie** con una innovativa architettura meccanica, rimaneva la necessità di controllare la struttura in modo da utilizzare la ridondanza per superare le performance dinamiche di una macchina tradizionale in termini di velocità ed accelerazione.

Dalla necessità di sviluppare una soluzione di controllo innovativo, capace di realizzare le performance dinamiche desiderate, è nata la collaborazione fra Sintesi e Prima Industrie. Il risultato del co-sviluppo è stato la realizzazione di una soluzione di controllo (patent pending) che coordina le due macchine distribuendo in maniera ottimale i movimenti tra gli assi.

La soluzione sviluppata ha permesso il completo raggiungimento dei target prestazionali prefissati, sfruttando interamente le caratteristiche dinamiche messe a disposizione dell'architettura ridondante e consentendo di ridurre al minimo i consumi elettrici. Si è riusciti inoltre a generare la traiettoria di taglio in maniera automatica da un programma G-Code per macchine standard, senza la necessità di operazioni aggiuntive.

La macchina Syncrono ha raddoppiato i benchmark di mercato, raggiungendo una accelerazione di taglio di 6G per ogni singolo asse e incrementando la produttività del 50%, con un consumo energetico fino a tre volte inferiore alle macchine benchmark.

Queste straordinarie caratteristiche sono valse il premio "*Best Metal Forming/Fabrication Machine Tool 2006*".

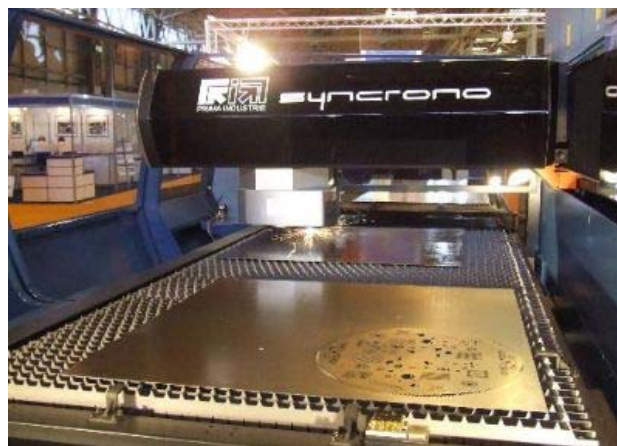


Fig. 4 Macchina Syncrono

La necessità di Controlli Performanti

Sviluppare macchine che raggiungano altissime prestazioni con tali soluzioni comporta la necessità di integrare un'architettura cinematica specifica con un'opportuna gestione e sincronizzazione degli assi.

La gestione ottimale del movimento coordinato delle parti ridondanti richiede opportuni algoritmi numerici di gestione delle traiettorie delle parti in movimento.

Questi, sviluppati ad hoc da **Sintesi** con riferimento a diverse applicazioni industriali, richiedono generalmente l'implementazione in sistemi di controllo numerico in grado di ospitare procedure definite dall'utente per la specifica applicazione. Per la sua implementazione industriale è necessario poter modificare ad-hoc ciascun sistema di controllo numerico.

Tuttavia le soluzioni di controllo tradizionali presentano forti limiti nell'implementazione di algoritmiche avanzate. Da un lato, infatti, controlli embedded realizzati per specifiche piattaforme hardware presentano vincoli di obsolescenza tecnologica che rendono impossibile l'introduzione di algoritmi ad alto carico computazionale. Dall'altro, le soluzioni commerciali basate su piattaforme pc standard si presentano come soluzioni chiuse in cui è molto complesso, se non impossibile, integrare nuove funzionalità.

Il costruttore di macchine potrebbe a volte non poter implementare soluzioni ad alte prestazioni. Molto più efficace in termini di costo e tempi di sviluppo è invece l'utilizzo di sistemi di controllo nativamente aperti, ovvero predisposti alla configurazione e all'implementazione di codice di controllo da parte dell'utilizzatore.

Tali framework di controllo, indipendenti dalla piattaforma hardware su cui risiedono, consentono un up grade delle funzionalità del controllo in maniera agevole e veloce, consentendo quindi una notevole riduzione del time to market nella realizzazione di macchine con cinematiche a maggiori performance. Per questo motivo si stanno affermando come una tecnologia abilitante per rimanere competitivi sul mercato.

I fornitori di controllo e i produttori di macchine si stanno orientando verso soluzioni di controllo aperte per incrementare la loro abilità di espandere le soluzioni offerte e di fornire prodotti dalle performance elevate.

Conclusioni

L'utilizzo della ridondanza su macchine industriali non solo è oggi una realtà possibile ma è anche dimostrato che può realizzare grandi successi industriali ed economici: i costi di sviluppo e di produzione sono infatti ampiamente compensati dai ritorni economici che le macchine ridondanti possono generare.

Lo sviluppo di cinematiche ridondanti su macchine utensili è un processo che richiede un buon know-how di progettazione e una buona conoscenza delle cinematiche non convenzionali. Uno sforzo importante di sviluppo riguarda il software di controllo che richiede l'utilizzo di algoritmica sofisticata e di un framework capace di integrarla: molti sono i limiti legati alla mancanza sul mercato di soluzioni commerciali open capaci di integrare algoritmica e cinematiche non tradizionali.

Esistono però recenti framework software capaci di integrare algoritmica ridondante, così come altre algoritmiche e cinematiche non tradizionali, permettendo di raggiungere performance maggiori rispetto ai benchmark di mercato.

Per quanto lo sviluppo di tali soluzioni comporti un impegno maggiore in fase di progettazione, i vantaggi in termini di prestazioni e capacità competitiva sul mercato sono di gran lunga prevalenti. ▀

Per avere maggiori informazioni su questa tecnologia e sulla possibilità di applicarla a macchine e robot, potete contattare Antonella Lacasella e Ernesto Mininno all'indirizzo: techrequest@sintesi-scpa.com o visitare il sito www.sintesi-scpa.com