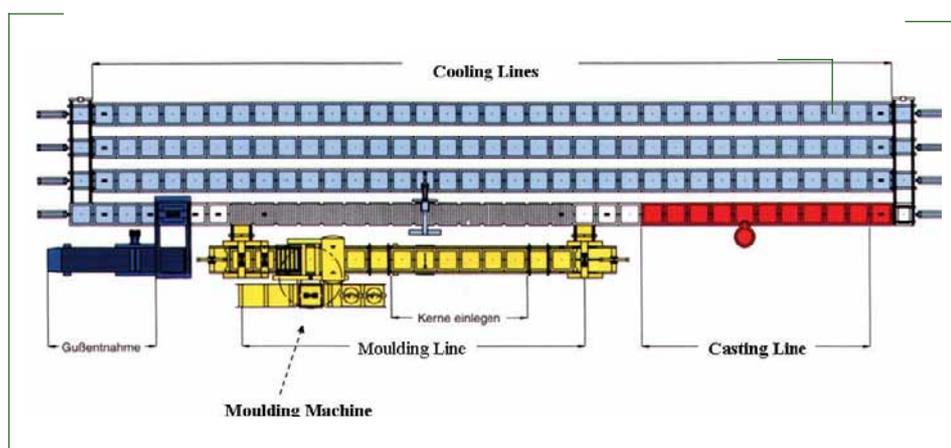


Macchine moderne con la servoidraulica



I. Schema del sistema
di colata in sabbia.

Le fusioni in ghisa grigia sono utilizzate in numerose applicazioni industriali. Nell'industria automobilistica si usa una grande quantità di parti che vengono costruite in ghisa grigia. Per esempio, blocchi motore per auto e veicoli pesanti, componenti di freni, scatole di cambi e differenziali, ecc. Nel mondo dell'idraulica si usa una gran quantità di parti in fusione di ghisa grigia, per esempio blocchi valvole e carcasse di pompe e valvole; i componenti di fusione sono prodotti secondo il sistema della colata in forma di sabbia. Un impianto di colata in sabbia consiste in numerose sottostazioni. Le forme richieste per il processo di produzione così come i prodotti finiti sono trasportati da stazione in stazione in appositi contenitori. Il sistema qui presentato comprende cinque stazioni. Nella macchina di formatura, le forme sono prodotte riempiendo e compattando la

sabbia nelle scatole vuote. È possibile produrre solo mezza forme. Nella macchina di formatura si producono alternativamente la metà superiore ed inferiore. Le casse con le mezza forme inferiori sono ora trasportate lungo la linea inferiore, conosciuta anche come linea di trascinamento. Così le casse possono essere mantenute vuote e nella fase successiva si mettono in posizione le anime in modo da evitare che la forma si riempia completamente. Le forme superiori sono trasportate lungo la linea. Alla fine della linea di trascinamento le mezza forme superiori e inferiori sono accoppiate, ciò avviene ruotando le forme superiori di 180° e posizionandole sopra le mezza forme inferiori. Entrambe le forme sono bloccate insieme e quindi trasportate alla linea di colata. Nella linea di colata la ghisa fusa è versata nelle forme.

Gli azionamenti servoidraulici in anello chiuso stanno rimpiazzando sempre di più le applicazioni in anello aperto in tutte le branche della costruzione di macchine. Due applicazioni industriali dimostrano come l'efficienza di processo possa essere visibilmente migliorata con l'uso di sistemi servoidraulici in anello chiuso

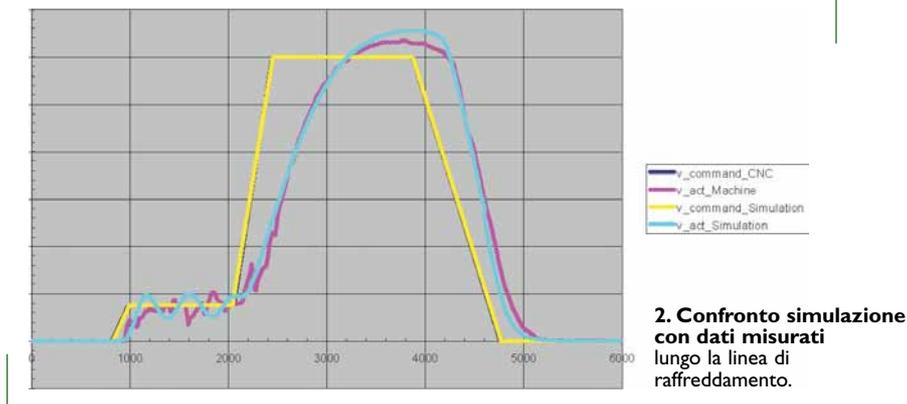
Compiuto questo processo le scatole piene vengono trasportate alla linea di raffreddamento dove si muovono fin che i prodotti finiti si siano sufficientemente raffreddati e possano essere estratti dalle casse. La terra è quindi trattata e riutilizzata nel processo di produzione.

Uno schema del sistema di colata in sabbia è visibile in figura 1. Le casse sono trasportate lungo le singole linee tramite un meccanismo di indirizzamento. Tale meccanismo comprende un cilindro all'inizio della linea, cosiddetto cilindro di trasporto e un cilindro di frenatura conosciuto come pistone ammortizzatore, alla fine della linea. Il cilindro di trasporto è responsabile dell'accelerazione del sistema e il cilindro di frenatura è utilizzato per arrestare il meccanismo al punto esatto. Le scatole non sono interconnesse né esiste una connessione fissa tra il cilindro di trasporto e di frenatura.

Come esempio si riportano i dati tecnici della linea di raffreddamento. La lunghezza complessiva della linea è di circa 70 m. 42 forme di fusione aventi una massa totale di 130 t sono spostate con una corsa di 1.350 mm in circa 4 s, la massima velocità di estensione è di circa 600 mm/s.

Una moderna fonderia

In precedenza, nel sistema di indicizzazione individuale, la prassi era di posizionare le scatole usando entrambi i cilindri controllati in anello aperto. Il cilindro di trasporto era controllato da una semplice valvola proporzionale senza retroazione. Il cilindro di frenatura veniva decelerato da una valvola limitatrice di pressione a due stadi. Lo stadio a bassa pressione veniva selezionato durante il normale processo di indirizzamento. Lo stadio ad alta pressione veniva quindi usato per frenare l'intero meccanismo. L'istante di frenatura era determinato da una camma ad azionamento meccanico. La capacità della fonderia Rexroth Guss, utilizzando il normale controllo in anello aperto, era di circa 80 forme all'ora. Dopo l'ammmodernamento del sistema si pensava di raggiungere le 120 forme all'ora. Oltre ad aumentare la capacità, il requisito principale era che i parametri di processo, specialmente la ripetibilità e l'accuratezza, fossero di gran lunga migliorati e che la calibrazione dei parametri operativi fosse user-friendly. Durante la fase di ingegnerizzazione fu subito evidente che queste specifiche non potevano essere sod-



2. Confronto simulazione con dati misurati lungo la linea di raffreddamento.

disfatte usando il normale concetto dell'anello aperto.

Di conseguenza in collaborazione con l'ufficio tecnico dell'utilizzatore e con gli addetti alla simulazione sono stati sviluppati nuovi concetti per verificarne la fattibilità, in modo da trovare una soluzione ottimale durante la fase di ingegnerizzazione.

I principali concetti analizzati sono: l'uso di una valvola proporzionale ad elevate prestazioni e di un controllo di posizione sincronizzato in anello chiuso; frenare il cilindro ammortizzatore con l'utilizzo di una valvola ad alte prestazioni in controllo di forza in anello chiuso; controllare entrambi i cilindri ciascuno con una valvola ad alte prestazioni e frenatura dipendente dalla posizione; controllo in anello chiuso del cilindro di trasporto e settaggio dipendente dalla posizione della pressione di frenatura tramite una valvola limitatrice di pressione a comando elettrico.



3. La prima colata.

Soluzioni in anello chiuso

Durante le simulazioni fu chiaro che in linea di principio tutte queste soluzioni potevano funzionare, anche se alcuni moduli non avevano le necessarie prestazioni dinamiche o reagivano molto sensibilmente ai cambiamenti dei parametri di processo. La soluzione del controllo in anello chiuso del cilindro di trasporto e settaggio dipendente dalla posizione della pressione di frenatura tramite una valvola limitatrice di pressione a comando elettrico si è rivelata, tenute in considerazione la funzione e la solidità, la più adatta a soddisfare le specifiche stabilite. Questo metodo ha il vantaggio di funzionare in maniera simile al principio dell'anello aperto in modo che, qualora si presenti un problema ai sensori, sia possibile commutare immediatamente al sistema precedente in anello aperto per ripristinare il più presto possibile il processo di produzione. Per il controllo del cilindro di trasporto si può utilizzare un semplice circuito di controllo posizione in anello chiuso con caratteristica PT1. Per compensare la caratteristica di flusso non lineare della valvola ad alte prestazioni si utilizza una compensazione elettrica. La pressione del cilindro di arresto cambia, in funzione della posizione, controllata da una valvola limitatrice di pressione a comando elettrico. Dalle simulazioni si è capito che la pressione relativamente bassa fornita dall'impianto idraulico centralizzato non era sufficiente per accelerare adeguatamente alcune linee. Per accelerare le linee di colata e di raffreddamento sono stati installati sistemi decentralizzati addizionali lavoranti a pressione maggiore in modo da garantire il controllo in anello chiuso della linea. Dal momento che la pressione maggiore è richiesta solo durante l'accelerazione, gli accumulatori addizionali sono configurati in modo che la pressione, dopo la fase di accelerazione,

scenda al valore della linea principale. Le conoscenze acquisite dalla simulazione sono state direttamente trasferite alla fase di ingegnerizzazione e alla costruzione del sistema; in tal modo è stato possibile iniziare la produzione rapidamente e senza problemi. Invece delle previste 120 forme all'ora si è raggiunto un risultato di 130.

Un confronto tra la simulazione e i dati misurati lungo la linea di raffreddamento è presentato in figura 2. I vantaggi di un controllo in anello chiuso sulla linea di indirizzamento sono: elevata ripetibilità indipendentemente dalla viscosità dell'olio, dall'usura delle forme e dalla dilatazione delle stesse; tempi di ciclo più corti grazie a velocità più alte; riduzione degli urti tra le forme; facile adattabilità alle variazioni dei parametri macchina; spostamenti dolci per applicazioni speciali.

La nuova strategia di controllo è stata applicata con successo a numerosi altri sistemi da fonderia; un'immagine della prima colata è riportata in figura 3.

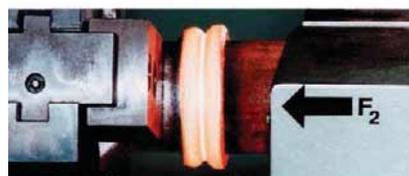
Applicazione nella saldatura per attrito

La saldatura per attrito è il processo di giunzione con il quale si può unire il maggior numero di materiali o combinazioni di materiali rispetto a qualsiasi altro sistema di saldatura. Oltre alle normali combinazioni di materiali del processo acciaio/acciaio, si possono unire in modo eccellente materiali critici come acciai ad elevato contenuto di carbonio e leghe di alluminio o magnesio.

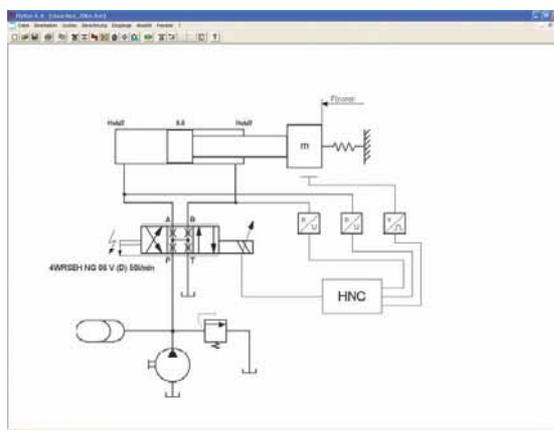
Inoltre, è possibile saldare anche una vasta serie di combinazioni di materiali come rame/acciaio, alluminio/acciaio o alluminio/magnesio. La saldatura a frizione rende inoltre possibile non solo la giunzione tra corpi solidi o cavi ma anche la giunzione di un corpo solido con un cavo. I vantaggi della saldatura a frizione sono: eccellente qualità di saldatura ottenuta saldando in campo plastico;



4. Fasi del processo di saldatura per attrito.



5. Programma di simulazione per piccole macchine da saldatura.



resistenza pari o superiore a quella del materiale base; elevata accuratezza dimensionale, riduzione dei tempi ciclo; elevata riproducibilità dei risultati, nella fattispecie dimensioni ed eccentricità; nessuna esigenza di utilizzare materiale

6. Macchina di saldatura per attrito con forza di pressione di 80 tonnellate.

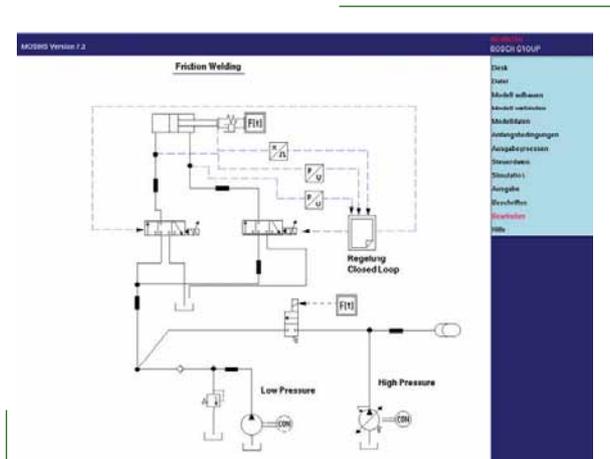


o gas protettivo; nessun fumo o scoria di saldatura; i sovrappessori di saldatura possono essere rimossi direttamente dalla macchina.

Un tipico particolare prodotto utilizzando la tecnica della saldatura a frizione sono i cerchi in lega per uso automobilistico. La saldatura a frizione ha requisiti molto elevati per quanto riguarda la tecnologia degli azionamenti. In primo luogo i pezzi, senza rotazione relativa, devono essere avvicinati, controllando la posizione in anello chiuso, fino al contatto.

A questo punto il sistema prende il riferimento sul pezzo. Dopo che la parte rotante ha accelerato fino alla velocità di lavoro il cilindro si estende controllato in posizione in anello chiuso, quindi, una volta che è stato raggiunto un valore definito di forza (soglia), commuta su controllo di pressione in anello chiuso. Per il processo è particolarmente importante che il valore di pressione operativa sia raggiunto rapidamente e senza overshoot. A causa della rotazione e del controllo di forza in anello chiuso le superfici da saldare si scaldano e il materiale inizia a fondere.

Dopo la decelerazione del pezzo si aumenta la forza in modo da ottenere una saldatura ottimale. Poiché durante il processo la forza del cilindro può cambiare rapidamente e in maniera consistente le valvole ad elevate prestazioni e la relativa elettronica di controllo devono essere in grado di soddisfare le elevate specifiche dinamiche. Le varie fasi del processo di saldatura per attrito sono di seguito descritte come rappresentate in figura 4. Fase 1, situazione iniziale: afferraggio dei pezzi; rotazione di un pezzo. Fase 2, riscaldamento: forzamento dei pezzi con forza F_1 (forza di attrito); la rotazione e la forza F_1 producono un riscaldamento per attrito delle superfici da saldare. Fase 3, processo di saldatura: decelerazione del pezzo rotante (punto di decelerazione selezionabile); saldatura con forza di contatto F_2 (forza di giunzione).



7. Programma di simulazione per grandi macchine da saldatura.

Caratteristiche dinamiche del sistema

Una simulazione effettuata all'inizio della fase di ingegnerizzazione è stata utile per ottenere importanti informazioni riguardo le caratteristiche dinamiche del sistema. L'analisi su macchine piccole è stata svolta con l'ausilio di sistemi 'hardware in the loop' e del programma Hyvos e, in seguito, tramite il controllo Hnc-100 usato sulla macchina. In figura 5 il programma di simulazione per piccole macchine da saldatura. In queste piccole macchine il cilindro può essere controllato con una valvola 4/3 ad elevata risposta, per contro, per le macchine più grandi una normale valvola non ha la dinamica adeguata e/o le caratteristiche di flusso non sono sufficienti a garantire le velocità di processo richieste o ad aumentare la pressione con velocità sufficiente. In figura 6 si vede una macchina di saldatura per attrito con forza di pressione di 80 t. Per queste macchine potenti si è deciso di usare, al posto delle valvole 4/3, due valvole ad elevata risposta dinamica per controllare il cilindro. La simulazione per queste macchine è

stata effettuata utilizzando il programma Mosihs, di cui in figura 7. Disaccoppiando le due logiche di controllo si può in alternativa controllare il cilindro in modalità rapida utilizzando l'olio di ritorno con le configurazioni P->A e A->P invece dei sistemi convenzionali P->A e A->T. In figura 8 una vista del blocco valvole montato sul cilindro dal lato dello stelo. Un requisito indispensabile per le corrette operazioni della macchina è che il controllore Cnc deve essere in grado di azionare correttamente le valvole, quindi bisogna amplificare i segnali provenienti dalla logica di controllo. Alcuni risultati della simulazione, quali apertura della valvola, segnale di comando in anello chiuso e valore attuale della pressione sono diagrammati in figura 9.

Cosa dire

I sistemi presentati evidenziano che non solo la qualità dei componenti è importante, anche il

8. Blocco valvole del cilindro lato stelo.



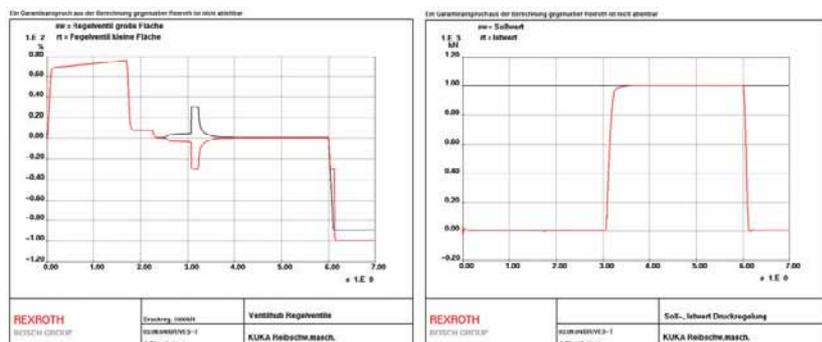
passaggio tra anello aperto e chiuso non garantisce che la macchina possa raggiungere i tempi ciclo specificati con l'accuratezza richiesta. Uno studio dettagliato con ottimizzazione di tutti i componenti è di grande importanza per arrivare ad una soluzione definitiva del sistema, e da

qui rendere possibile un miglioramento della macchina. La moderna tecnologia di simulazione è diventata un valido strumento che aiuta nella scelta dei componenti e delle architetture di controllo. Le conoscenze acquisite aiutano ad evitare errori di progettazione e riducono i tempi di commessa, di conseguenza i costi associati.

*Jürgen Sternheimer, Gerald Kirsch, Jürgen Harm - Bosch Rexroth, Lohr am Main, Germany.
Thomas Hauck - KuKa welding system, Augsburg.*

Si ringrazia la 'Society of Advancement for Fluid Power Technology', Aachen, Germania www.ifas.rwth-aachen.de/Verein/verein_e.html per la gentile concessione dell'autorizzazione alla pubblicazione dell'articolo.

9. Risultati della simulazione.



Bibliografia

- [1] Murrenhoff H.: Grundlagen der Fluidtechnik, Umdruck zur Vorlesung, 1. Auflage 1997.
- [2] Piechnick M.: Feuser A., Antriebsdimensionierung unter Berücksichtigung von Zylinderflächen und Steuerkantenverhältnissen Sonderdruck aus O*P Nr. 37, 1993.
- [3] Piechnick M.: Mosihs Programm-system zur Simulation komplexer hydraulischer Systeme, 11. Aachener Fluidtechnisches Kolloquium 03/1994.