

La servotesta di saldatura - Dinamica nel processo di saldatura, regolabilità del servomotore

1. Introduzione

Nelle teste e pinze di saldatura a resistenza, per produrre movimenti sono normalmente utilizzati sistemi pneumatici. La necessità del mercato di disporre di processi più sicuri e di un'elevata dinamica in fase d'accostamento e compenetrazione aumenta però sempre più, in particolare nel campo della microsaldatura. La tecnica convenzionale non è più in grado di far fronte a tali richieste, nonostante l'impiego di molle, alberi a camme, camme a disco ecc. per creare la forza di saldatura e realizzare movimenti rapidi.

Una risposta decisiva alle esigenze sopraesposte è data dall'introduzione delle teste elettriche con servomotore. Il servomotore elettrico regolabile offre infatti una serie di vantaggi per il processo di saldatura a resistenza, come:

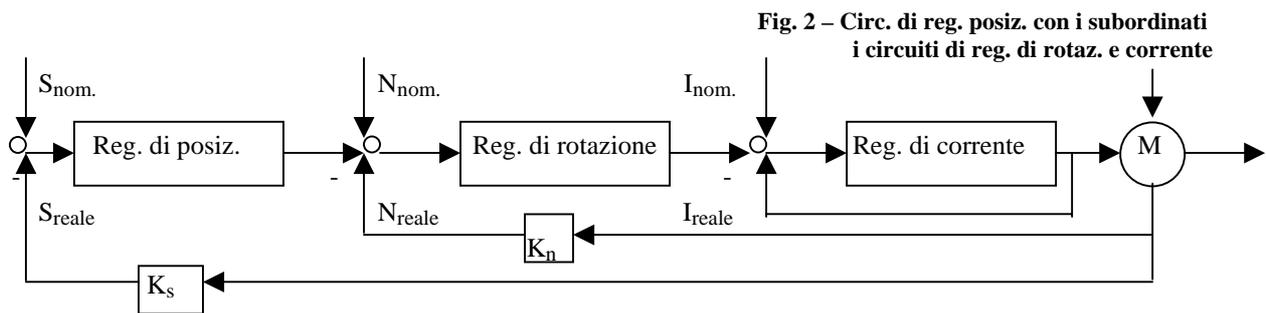
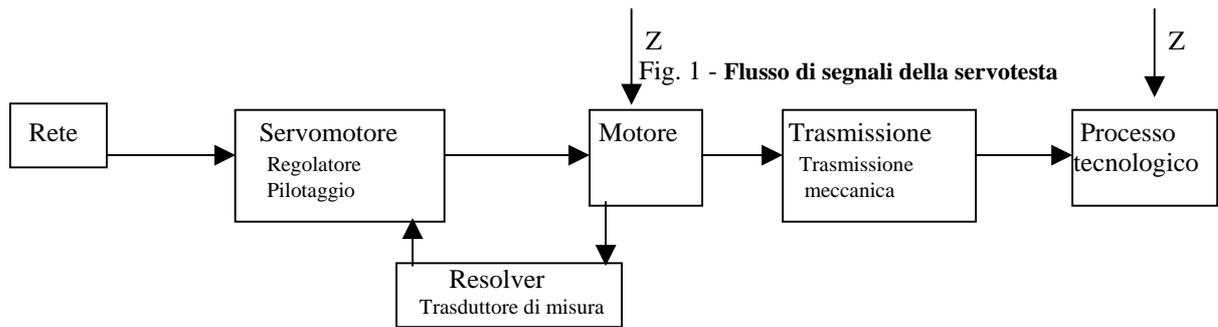
- ◆ Elevata dinamica,
- ◆ Regolabilità,
- ◆ Precisione,
- ◆ Controllo del processo, sicurezza del processo.

L'uso nelle teste e nelle pinze di saldatura a resistenza di servomotori per generare movimenti permette di sfruttare nuove possibilità, che vanno dall'aumento della sicurezza del processo alla drastica diminuzione del tempo ciclo negli impianti automatici di saldatura. La servotesta di saldatura è un sistema attivo e crea quindi, in combinazione con l'impiego di una sorgente rapida di corrente di saldatura, la premessa per un'ampia regolabilità del processo.

2. Il servomotore

In fase di ricerca sono stati impiegati motori a magnete permanente senza spazzole. La loro configurazione costruttiva ricorda i motori a regolazione sincrona, mentre le loro caratteristiche corrispondono a quelle di una macchina parallela a corrente continua. Le caratteristiche statiche riportate nei relativi fogli dati mostrano come in questo caso la corrente sia proporzionale al momento torcente. I servomotori sono assai affidabili e necessitano di scarsa manutenzione. In linea di principio il rotore non dissipa potenza. La loro geometria slanciata permette ridotti momenti d'inerzia ed elevati coppie di spunto. Con la regolazione della posizione mediante servomotori vi è la possibilità di utilizzare un unico trasduttore di misura per angolo polare, numero di giri e posizione. Su questa base con l'aiuto di servoamplificatori sono realizzabili azionamenti regolati digitali. La figura 1 illustra il flusso del segnale nella servotesta di saldatura. Con l'impiego di moderni servoamplificatori le regolazioni e quindi i controlli di processo diventano sempre più agevoli. Il servoamplificatore

contiene oltre al regolatore anche il trasduttore di misura e il convertitore di frequenza completo, come organi di regolazione. Anomalie del flusso dei segnali sono causate da fattori d'influenza meccanici del motore e del riduttore o dal processo di saldatura. Il circuito di regolazione della posizione e il circuito di regolazione della corrente e del numero di giri (fig. 2) consentono la realizzazione di complessi algoritmi che compensano in buona parte le grandezze perturbatrici. E' possibile in via opzionale impostare valori nominali della corsa, del numero di giri o della corrente.



Per valutare approfonditamente il complesso andamento della regolazione della testa di saldatura, il comportamento dinamico del circuito di regolazione viene considerato empiricamente. In tal modo il numero di giri, la corrente o la corsa dovranno essere valutate in relazione all'effetto dell'una sull'altra e all'incremento dei disturbi.

3. Struttura di una servotesta

Tra i diversi sviluppi a disposizione, riguardo al tipo di servomotore e alla modalità di trasmissione della forza, si è individuata la variante più adatta. I criteri principali di scelta sono stati il tipo di costruzione compatta, un'elevata resistenza alle sollecitazioni ed un'elevata dinamica, caratteristiche imprescindibili per l'impiego in impianti automatici.

La figura 3 mostra una testa di forma compatta.



Fig. 3 - Testa motorizzata

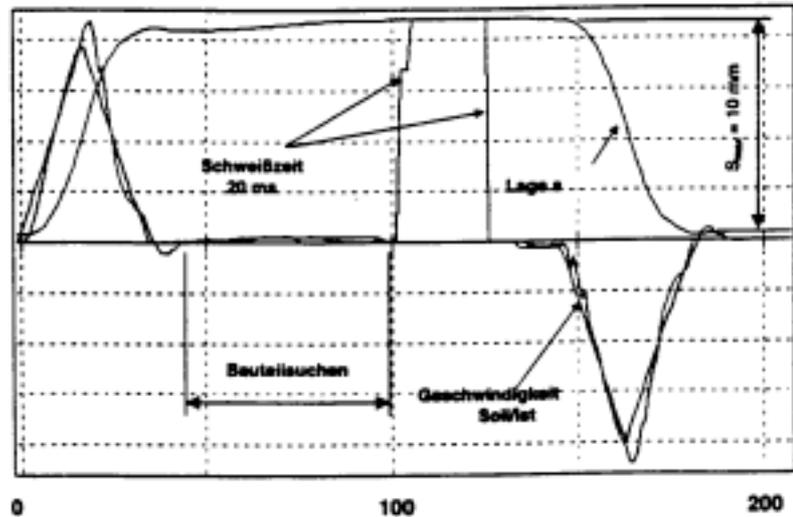


Fig. 4 – Diagramma di un ciclo di saldatura completo
Corsa dell'elettrodo 10 mm; tempo di saldatura 20 ms

Il diagramma di ciclo Fig. 4 evidenzia l'elevata dinamica della servotesta di saldatura. La curva è rilevata dal sistema di misura integrato nella testa stessa. Il tempo di saldatura scelto è stato di 20 ms. E' rimarchevole il fatto che con una regolazione che garantisce un appoggio senza oscillazioni dell'elettrodo ed una corsa di ca. 10 mm, il tempo ciclo per ogni saldatura (corsa di accostaggio - saldatura - corsa di ritorno) sia sotto i **200 ms**. Ulteriori misurazioni hanno documentato che il tempo ciclo con una corsa raddoppiata (20 mm) aumenta solo del 10%. In caso di un eventuale allungamento del tempo di saldatura, lo stesso deve essere aggiunto al tempo ciclo.

Con ciò è dimostrato che mediante la regolazione attiva del servoasse, può essere raggiunto un movimento di accostaggio più rapido e più sicuro rispetto a ciò che si ottiene con i sistemi convenzionali.

4. Caratteristiche dinamiche della servotesta di saldatura in confronto ad altri sistemi

Per dare un giudizio qualitativo sulle caratteristiche dinamiche delle servoteste in condizioni reali d'utilizzo, è stato fatto un confronto con i sistemi convenzionali:

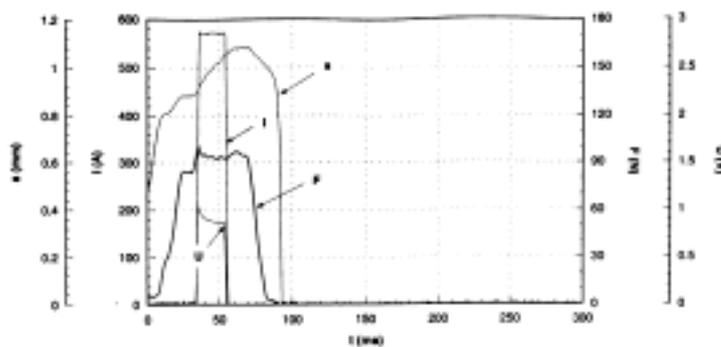
- Testa di saldatura meccanica con molla,
- Testa di saldatura pneumatica.

La dinamica dei parametri di processo si può analizzare in modo ottimale se si lavora su giunzioni con una corsa d'assestamento (o *corsa di compenetrazione*: tratto percorso dall'elettrodo di lavoro, già appoggiato al pezzo in lavorazione, durante il flusso della corrente di saldatura) relativamente lunga e con la produzione di una risposta immediata. Per questo motivo è stata scelta per le prove di saldatura la giunzione di due fili d'acciaio incrociati, ciascuno di $\Phi = 1,0$ mm. La funzione

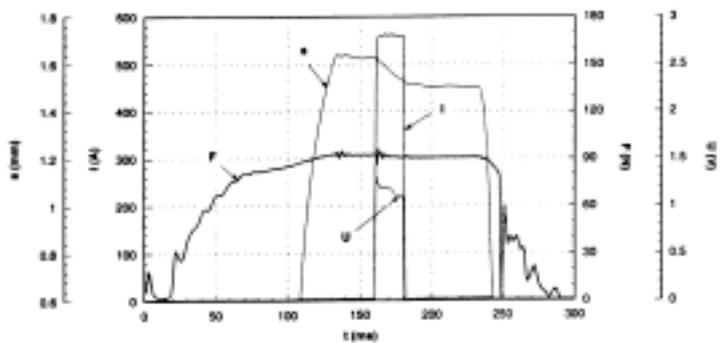
impulsiva unitaria è stata realizzata mediante la corrente di saldatura. Una sorgente a corrente continua regolata a transistori ha generato una corrente di saldatura costante $I_s = 580$ A. Il tempo di saldatura è stato programmato per tutte le prove su 20 ms. La forza di saldatura statica si muove in un campo da 90 a 95 N.

Tramite un sistema di rilevamento dei valori sono state documentate corrente di saldatura, tensione agli elettrodi, forza degli elettrodi e corsa degli elettrodi. Le misure della corsa degli elettrodi sono state ottenute tramite un sensore senza contatto. La misurazione invertita della corsa degli elettrodi della testa di saldatura azionata meccanicamente è un presupposto tecnico legato alla configurazione di quella testa.

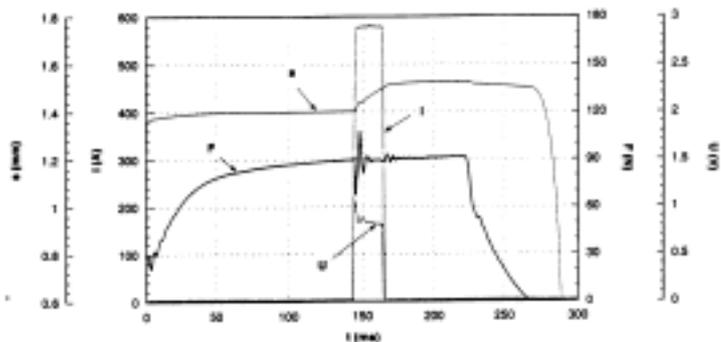
Le curve dei parametri di processo sono rappresentate nelle figure 5, 6 e 7. Si osservi come i sistemi studiati si differenzino chiaramente nelle loro oscillazioni.



**Fig. 5 – Testa motorizzata
Andamento dinamico dei parametri di processo**



**Fig. 6 – Testa azionata meccanicamente con sistema di regolazione della forza degli elettrodi a molla
Andamento dinamico dei parametri di processo**



**Fig. 7 – Testa tradizionale a movimentazione pneumatica dell'elettrodo
Andamento dinamico dei parametri di processo**

Ciò comporta intensità di saldatura diverse. Ne consegue inoltre una differente corsa di assestamento degli elettrodi. Con i sistemi passivi (fig. 6 e 7) si rilevano marcate oscillazioni della forza agli elettrodi, com'è noto per prove simili. Con la servotesta di saldatura attiva (fig. 5), al contrario, mediante la regolazione della forza e l'elevata rigidità, le oscillazioni della forza vengono significativamente smorzate.

Quest'omogeneità è il risultato dell'ottimizzazione del software di regolazione del servomotore. E' probabile e verosimile che l'oscillazione della forza all'inizio della saldatura influisca fortemente sulla resistenza di contatto dei componenti e sia perciò determinante per la produzione di calore nel punto di giunzione e per i gradienti termici che si sviluppano.

5. Il comportamento nel processo di saldatura - esperienze pratiche

Con la servotesta sono state affrontate giunzioni molto critiche. Specialmente nel campo della microsaldatura di metalli non ferrosi si sono potuti ottenere ottimi risultati. Giunzioni che finora tendevano all'incollaggio degli elettrodi o agli spruzzi (in particolar modo nel campo inferiore della forza agli elettrodi), sono state migliorate qualitativamente. Grazie alla minore tendenza dei pezzi all'incollaggio agli elettrodi è aumentata la durata degli elettrodi stessi.

6. Campi di impiego e confronto economico

Grazie alle caratteristiche sotto indicate:

- Dinamica estremamente elevata nel campo dell'accostaggio e nel processo di deformazione del pezzo,
- Costruzione robusta, compatta,
- Regolazione della forza, accelerazione, velocità e posizione,
- Elevata precisione di posizionamento al 100% di ripetibilità,
- Sistema di misurazione integrato per analisi on-line dei parametri dinamici di processo,

la servotesta trova impiego per compiti delicati in diversi settori, sicché i costi di investimento iniziali più elevati rispetto a teste e pinze di saldatura convenzionali sono pienamente giustificati.

Tempi ciclo più rapidi con lunghe corse degli elettrodi, maggiore durata degli elettrodi, risparmio di un sistema di misurazione esterno (per es. corsa), raggiungimento di una più elevata qualità e controllo quasi totale del processo di saldatura sono solo alcuni fattori che possono ridurre il tempo di ammortamento, dando al contempo un vantaggio tecnico all'utilizzatore.

7. Riassunto e previsioni

Il sistema realizzato è l'inizio di una nuova generazione di teste e pinze di saldatura. I risultati delle ricerche in questione confermano la possibilità di fruire dei vantaggi di un moderno servomotore per il processo di saldatura a resistenza.

Per il futuro si è progettato di integrare il regolatore della corrente di saldatura (comando di corrente di saldatura) e l'hardware di comando della testa di saldatura (servoregolatore). Lo scopo di ciò è l'interfaccia funzionale dei parametri di processo dinamici, elettrici e meccanici. Mediante questo comando completo e la regolazione del processo di saldatura a resistenza, viene raggiunta una preventiva sicurezza di qualità reagendo alle grandezze perturbatrici già durante il processo. Allo stesso modo sarà possibile regolare con elevata precisione l'andamento delle grandezze meccaniche di processo, come già oggi possibile per le grandezze elettriche.