

CONTROLLO ELETTROMAGNETICO DELLA FORMA DEL MENISCO NELLA COLATA CONTINUA DELL'ACCIAIO

M. Fabbri, F. Negrini, A. Cristofolini, P.L. Ribani, M. Zuccarini

Dipartimento di Ingegneria Elettrica - Università di Bologna

La crescente richiesta di materiali ad alte prestazioni ha portato, negli ultimi anni, all'utilizzo di forze e campi elettromagnetici per la lavorazione ed il trattamento dei materiali. Il cosiddetto "Electromagnetic Processing of Materials (EMP)", che è basato sia sulla Magnetofluidodinamica sia sulla metallurgia tradizionale, sta diventando una pratica sempre più diffusa nell'industria dei metalli ed in particolare in quella dell'acciaio e dei materiali avanzati. L'utilizzo della forza elettromagnetica si è rivelato essenziale per migliorare la tecnologia metallurgica tradizionale e per creare nuovi processi ad elevata efficienza. Gli Stirrers Elettromagnetici, disponibili commercialmente per le leghe di alluminio, zinco, magnesio, rame, ecc., sono un esempio della validità dell'EPM.

Il miglioramento della qualità superficiale degli acciai prodotti per colata continua (Continuously Cast Steel) è importante perché permette di passare direttamente il prodotto della fusione in colata continua (piastre di acciaio) alla linea di laminazione a caldo ottenendo un notevole risparmio energetico. Poiché i difetti superficiali sono prodotti all'interfaccia tra il metallo liquido e la lingottiera, una possibile soluzione è la sostituzione della lingottiera, del tutto o in parte, con una "bottiglia magnetica". Tale processo, detto Electromagnetic Casting (EMC), permette una fusione in colata continua senza stampo (Moldless).

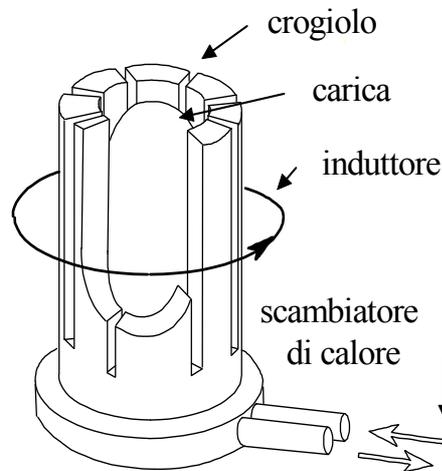


Figura 1.

Nell'ambito delle collaborazioni esistenti con il Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Tokyo e con la Nippon Steel Corporation, la ricerca si è proposta di studiare la riduzione della pressione ferrostatica dovuta alla pressione magnetica e la stabilizzazione della forma del menisco (Electro-magnetic Shaping) che sono i fattori cruciali per ottenere una buona qualità superficiale degli acciai prodotti per colata continua [1, 2]. Per la sperimentazione, che si è svolta nei laboratori NSC di Futsu (J), si è utilizzato un crogiolo freddo (Cold Crucible). Tale dispositivo è composto di tre parti: una carica da fondere, un crogiolo di rame a segmenti raffreddati ed un induttore esterno (vedi figura 1). La carica può essere

fatta levitare utilizzando la pressione magnetica, il che permette di evitarne la contaminazione.

La frequenza è stata variata nel range 5 - 20 kHz. Le oscillazioni del menisco sull'asse del dispositivo sono state misurate con un sensore laser. La loro deviazione standard, utilizzata per valutare la stabilità del menisco è riportata in figura 2, al variare della tensione di alimentazione dell'induttore. Come si può vedere il menisco è decisamente più stabile ad alta frequenza (20 kHz). Inoltre si è osservata una forte instabilità che è stata chiamata *Dancing Motion*. La causa di questo fenomeno, che si osserva solo a bassa frequenza (5 kHz) e per valori ridotti di corrente, è probabilmente connessa ad un effetto di risonanza. Infatti l'analisi FFT delle oscillazioni del menisco sull'asse mostra un picco isolato ad una frequenza di circa 3 Hz.

La forma del menisco è stata calcolata numericamente risolvendo l'equazione per l'equilibrio del menisco. L'errore tra le forme calcolate e quelle ottenute sperimentalmente è minore del 10%. La forma del menisco varia notevolmente e non linearmente al variare della frequenza e della corrente nell'induttore. Nella figura 3 sono mostrate due delle forme calcolate al variare della frequenza.

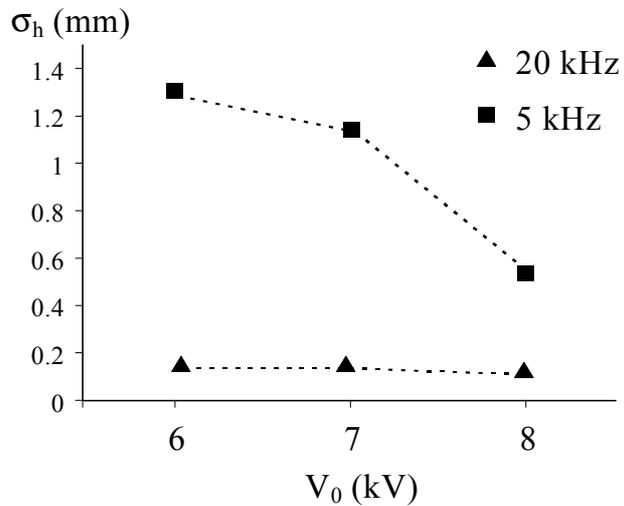


Figura 2.

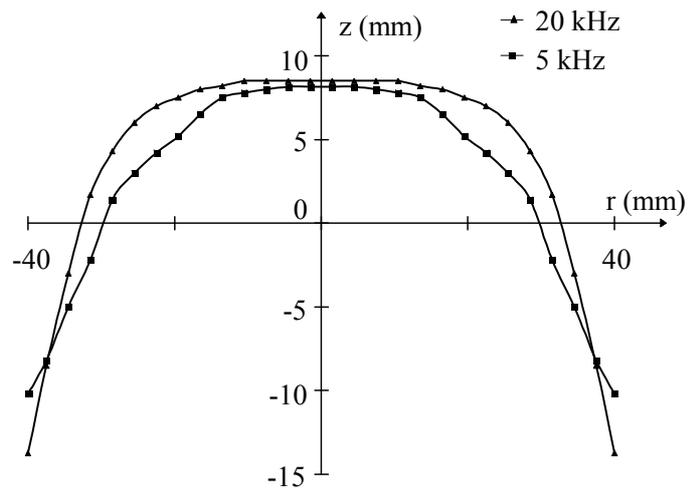


Figura 3.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] E. Takeuchi, "Application of a DC Magnetic Field for the Control of Flow in the Continuous Casting Strand", *Ironmaking & Steelmaking*, 1993
- [2] E. Takeuchi, "Applying MHD Technology to the Continuous Casting of Steel slab", *Journal of Metals*, pp. 42-45, Maggio 1995.