

TECNOLOGIE MHD PER IL MATERIAL PROCESSING

M. Fabbri, F. Colli, F. Galante, M. Zanetti, F. Negrini

Dipartimento di Ingegneria Elettrica - Università di Bologna
Viale Risorgimento, 2 - 40 136 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. L' "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 [1-4]. Le tecniche EPM hanno già evidenziato le loro potenzialità nella realizzazione di nuovi processi e nuovi materiali. Gli sviluppi tecnologici più promettenti riguardano la rimozione delle inclusioni dai metalli liquidi (per il miglioramento della qualità del materiale) ed il controllo della curvatura del menisco dell'acciaio liquido (per il miglioramento della qualità superficiale del prodotto e della produttività).

Simulazione Numerica del flusso dell'acciaio nella lingottiera

Utilizzando il codice FLUENT™ si è simulato numericamente il flusso dell'acciaio liquido nella lingottiera della linea di colata continua N°3 dei laboratori della Kawasaki Steel Corporation presso Chiba (Giappone). In particolare si è studiata l'influenza del campo magnetico statico sul flusso dell'acciaio in presenza di argon iniettato dal tuffante (necessario a prevenirne l'ostruzione). Per calcolare il campo di velocità nell'acciaio sono state accoppiate le equazioni di Maxwell in forma quasi-stazionaria, la Legge di Ohm, l'equazione di Navier-Stokes ed il modello k-ε standard per la turbolenza. Per calcolare le traiettorie delle bolle (sferiche) di Argo si è utilizzato il modello a fase dispersa (PDM). In Fig. 1 sono riportate le mappe del campo di velocità e le traiettorie delle bolle di Argo (diametro 0.5 mm) in presenza ed in assenza di un campo magnetico orizzontale, uniforme, di intensità 0.31T, posizionato sotto il tuffante. I risultati hanno mostrato una riduzione del 22% della velocità sul menisco, simile a quanto rilevato sperimentalmente dai ricercatori della Kawasaki.

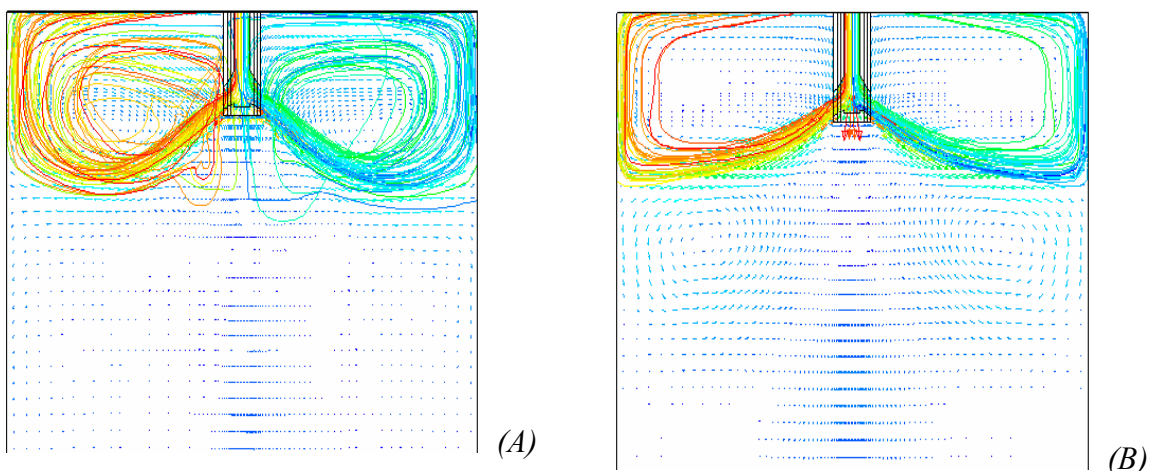
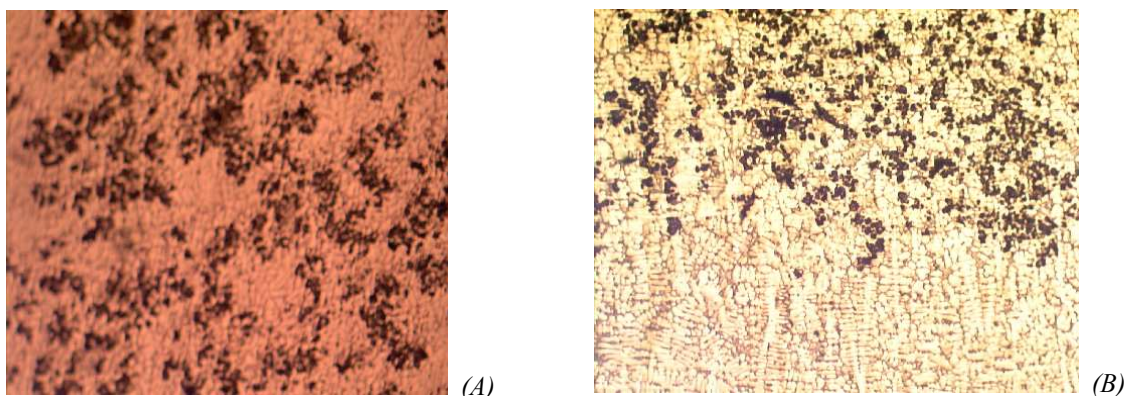


Fig. 1 – Flusso dell'acciaio e traiettorie delle bolle di Argo in assenza (A) ed in presenza (B) del campo di induzione.

Rimozione delle inclusioni di SiC da una matrice di cupralluminio

La rimozione delle inclusioni non metalliche da una matrice di metallo liquido (in particolare cupralluminio) costituisce un importante requisito per il soddisfacimento di caratteristiche di elevata finitura superficiale e lavorabilità per il prodotto di colata. I processi elettromagnetici rappresentano un'alternativa innovativa ai processi di purificazione con metodi elettrochimici. Infatti, lo studio sperimentale condotto ha mostrato come sia possibile rimuovere inclusioni di SiC da una matrice di cupralluminio liquido, in condizioni conservative sia dal punto di vista delle dimensioni delle inclusioni (volutamente inferiori a quelle dell' Al_2O_3), sia per quanto riguarda l'azione del campo gravitazionale (esclusa in virtù della scelta di un'uguale densità per la matrice e le inclusioni). Il metodo di separazione utilizza la forza di magnetizzazione, (dovuta alla contemporanea presenza di un campo di induzione magnetica e del suo gradiente) che si basa sulla diverse suscettività magnetiche della matrice fluida e delle inclusioni in essa immerse. L'azione di separazione avviene per un effetto del "galleggiamento" delle particelle entro il metallo liquido, che, in analogia alla forza di Archimede relativa al campo gravitazionale terrestre, viene definito "forza di Archimede elettromagnetica".

Il metodo è caratterizzato da un'efficienza molto elevata, qualora si disponga di un campo di induzione magnetica avente intensità di almeno 10 T (e quindi di un magnete superconduttore) sia in termini di numero di inclusioni separate, sia di distribuzione geometrica delle stesse. Gli effetti osservati sono correlati, con un errore dell'1%, all'effetto del campo magnetico e le inclusioni si dispongono al di sopra di una netta linea di segregazione, il che consente una semplice separazione del metallo puro (vedi Fig. 2).



*Fig. 2 – (A) Distribuzione omogenea delle inclusioni nel provino non trattato (base 4.6 mm);
(B) Linea di segregazione nel provino trattato (base 4.6 mm).*

- [1] E. Takeuchi, F. Negrini, M. Fabbri, M. Tani, M. Zuccarini, "Electromagnetic Control of the Meniscus Shape during Casting in a High-frequency Magnetic Field", *J. Energy Conversion and Management*, vol. 41(15), pp. 1678-1701, 2000.
- [2] S. Takeuchi, "Application of D.C. Magnetic field to Iron and Steel Making Technologies", *Proc. 3rd Int. Symp. on Electromagnetic Processing of Materials (EPM2000)*, Nagoya (Japan), pp. 171-175, Aprile 2000.
- [3] K. Sassa, N. Waki, S. Asai, "Magnetic separation of inclusions in a molten metal by using a high magnetic field", *Proc. 3rd Int. Symp. on Electromagnetic Processing of Materials (EPM2000)*, Nagoya (Japan), pp. 653-658, Aprile 2000.
- [4] P.G. Albano, C.A. Borghi, A. Cristofolini, M. Fabbri, F. Negrini, M. Zanetti, H. Shibata, Y. Kishimoto, "Applied MHD at the University of Bologna", *Proc. PAMIR'2000*, pp. 161-166, Giens (France), Settembre 2000.