

## TECNOLOGIE ELETTROMAGNETICHE E SUPERCONDUTTIVE

F. Negrini, A. Cristofolini, M. Fabbri, P. La Cascia, P.L. Ribani  
Dipartimento di Ingegneria Elettrica - Università di Bologna

### Dispositivi che utilizzano superconduttori ad alta temperatura critica

Un cuscinetto elettromagnetico costituito da magneti permanenti e pastiglie di superconduttori ad alta temperatura critica può essere utilizzato per fare levitare un volano destinato all'accumulo della energia per il livellamento del carico elettrico o per la realizzazione di gruppi di continuità. Esistono diversi studi sia teorici che sperimentali di tale sistema, soprattutto in Giappone, che ne mettono in evidenza gli aspetti vantaggiosi con riferimento al rendimento ed all'impatto ambientale. La ricerca si propone di sviluppare la simulazione numerica del sistema. A tale fine è stato dapprima considerato un sistema assialsimmetrico costituito da un magnete permanente cilindrico libero e da un cilindro di YBCO, coassiali. Le caratteristiche della levitazione del magnete permanente sul superconduttore, sono state studiate mediante l'utilizzo del metodo T e del modello "flux flow and flux creep" [1]. La figura 1 mostra l'andamento della forza di levitazione (1A) e della densità di corrente nel superconduttore (1B), quando il magnete permanente si avvicina al superconduttore con una velocità costante (dopo i primi 2 s della simulazione il magnete viene mantenuto fermo).

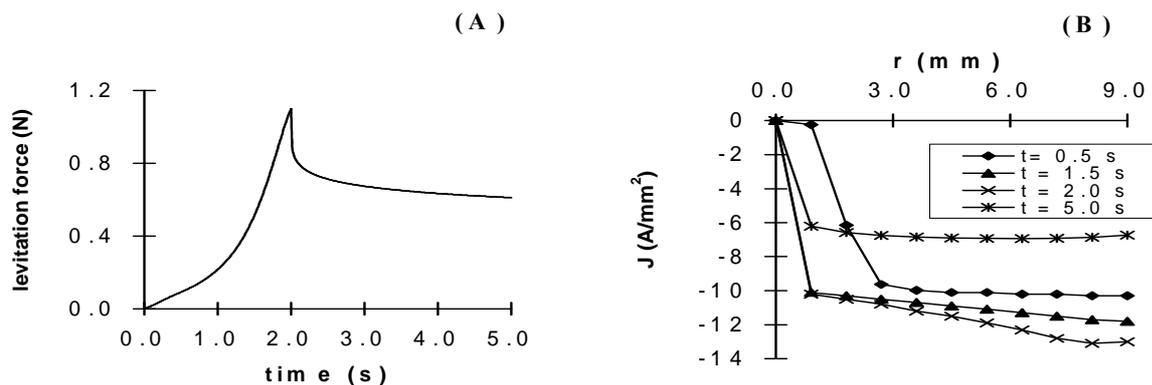


Figura 1

E' attualmente in corso la validazione del modello con i dati sperimentali ottenuti presso il CISE a Milano. Lo stesso metodo utilizzato per lo studio del cuscinetto con superconduttore è stato utilizzato per lo studio delle perdite nel superconduttore in presenza di un campo magnetico esterno variabile col tempo. La ricerca si propone ora di estendere il metodo al calcolo delle perdite in corrente alternata nei cavi multifilamentari. Anche su tale argomento, per le necessarie verifiche sperimentali, la ricerca si avvale di una collaborazione con il CISE.

### Tecnologie elettromagnetiche per la produzione di materiali innovativi

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)" sta diventando una pratica sempre più diffusa nell'industria dei metalli ed in particolare in quella dell'acciaio e dei materiali avanzati.

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 essenzialmente 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" (vedi figura 2). Tale processo, detto Electromagnetic Casting (EMC) permette una fusione in colata continua senza stampo (Moldless).

Nell'ambito delle collaborazioni esistenti con il Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Tokyo e con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica del Tokyo Institute of Technology, la ricerca si propone di simulare numericamente la riduzione della pressione ferrostatica dovuta alla pressione magnetica prodotta e la stabilizzazione della forma del menisco (Electromagnetic Shaping) che sono i fattori cruciali per ottenere una buona qualità superficiale degli acciai prodotti per colata continua [2, 3].

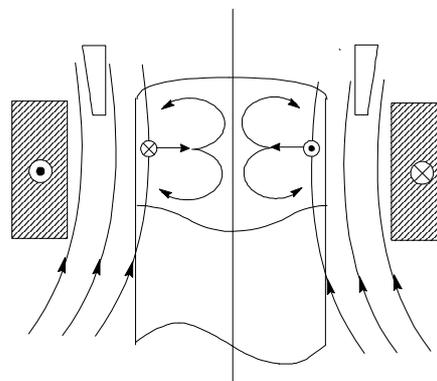


Figura 2

### Separatori Magnetici ad Alto Gradiente (HGMS)

Una delle applicazioni della superconduttività che destano maggiore interesse industriale è la separazione magnetica. La possibilità di generare elevati campi di induzione magnetica (intorno ai 5 T) in regioni sufficientemente estese (qualche metro) ha reso possibile la separazione di particelle di materiale debolmente paramagnetico e diamagnetico di dimensioni intorno al micron. Le tecniche di separazione mediante alti campi ed alti gradienti offrono la soluzione a molti complessi problemi incontrati nell'industria. Le applicazioni di tali metodologie non si fermano al processamento di minerali grezzi, ma si estendono al trattamento di acque reflue e gas di scarico.

Nella presente ricerca ci si propone di studiare un separatore magnetico superconduttore ad alto gradiente, per la rimozione di particolato solido fine dai fumi provenienti dal processo di gassificazione del carbone. La separazione magnetica presenta, rispetto alla filtrazione mediante candele ceramiche, il vantaggio di operare a temperatura più elevata. In un tale dispositivo il campo magnetico viene generato da un magnete superconduttore, mentre il gradiente di campo è provocato dalla presenza di una griglia di materiale ferromagnetico. Al fine di progettare e ottimizzare la griglia di cattura, particolare rilievo viene posto sulla valutazione delle forze agenti su una particella para- o dia-magnetica in sospensione gassosa, immersa in un campo magnetico disuniforme [4].

### Riferimenti bibliografici

- [1] P.L. Ribani, A. Cristofolini, M. Fabbri, P. La Cascia, F. Negrini, "Modelling of high temperature superconducting bearings", *Proc. SATT8*, Como, Ottobre 1996.
- [2] A. Idogawa, "Control of Molten Steel Flow in Continuous-Casting Mold by 2 Static Magnetic Fields Imposed on Whole Width", *Materials Science and Engineering A - Structural Materials Properties Microstructure and Processing*, 1993
- [3] E. Takeuchi, "Application of a DC Magnetic Field for the Control of Flow in the Continuous Casting Strand", *Ironmaking & Steelmaking*, 1993
- [4] J. Svoboda, "Magnetic Methods for the Treatment of Minerals", Elsevier Science Publisher B. V., 1987