

PROCESSI DI CATTURA IN SEPARATORI MAGNETICI AD ALTO GRADIENTE

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

¹ DIE, Università degli studi di Bologna, Via.le Risorgimento, 2, 40136, Bologna,

Lo sviluppo di tecniche di separazione magnetica mediante alti campi (HGMS) costituisce uno dei più rilevanti progressi nel trattamento di particelle di piccola taglia. I recenti sviluppi nelle tecnologie superconduttive danno la possibilità di generare elevati campi di induzione magnetica (oltre i 5 T) in regioni sufficientemente estese; ciò rende possibile la separazione di particelle di materiale debolmente paramagnetico e diamagnetico di dimensioni intorno al micron. Le applicazioni industriali di processi di separazione magnetica HGMS sono numerose: essa viene utilizzata per la purificazione del caolino nell'industria della carta, l'arricchimento di minerali di ferro debolmente magnetici ed il trattamento di minerali di vari elementi chimici, come stagno, tungsteno, uranio, oro, manganese, zirconio, torio e titanio nell'industria mineraria. Nelle centrali termoelettriche e nelle acciaierie si utilizzano separatori magnetici per filtrare l'acqua di scarico eliminando particelle inquinanti. Sono anche studiate a livello di ricerca scientifica applicazioni di questa tecnologia alla eliminazione di particelle altamente radioattive dai liquidi di trattamento del combustibile esausto di centrali nucleari, alla rimozione di alghe e batteri da acque dei fiumi e alla riduzione del fosforo di acque reflue per ridurre l'eutrofizzazione. In campo medico è stata individuata la possibilità di separare cellule del sangue umano sane da altre affette da patologie, o di catturare cellule del midollo osseo per la creazione di colture di anticorpi necessarie per terapie che prevedono periodi di immuno-depressione. I filtri magnetici possono essere inoltre utilizzati per la purificazione del carbone utilizzato nelle centrali termoelettriche da impurità contenenti zolfo che, scaricate nell'atmosfera, contribuiscono alla formazione delle piogge acide.

I separatori magnetici sfruttano la forza che si genera quando una particella viene immersa in un campo magnetico non uniforme. L'espressione di tale forza è:

$$F_m = \frac{\chi V_p}{\mu_0} B \text{ grad } (B), \quad (1)$$

dove χ e V_p sono rispettivamente la suscettività magnetica e il volume della particella. La separazione magnetica è ottenuta passando le sospensioni o le miscele di particelle da separare attraverso un campo magnetico disuniforme, che determina una ritenzione preferenziale o una deflessione del particolato magnetizzabile. Nei separatori magnetici HGMS a matrice la disuniformità del campo viene generata da una griglia di materiale ferromagnetico, sui cui fili le linee del campo generato da un magnete tendono a confluire.

Sono stati sviluppati gli strumenti analitici e numerici necessari per l'analisi di fattibilità e per il progetto di separatori magnetici a matrice ad alto gradiente. Per determinare quante delle particelle della sospensione che attraversa il separatore

vengono catturate dalla matrice nell'unità di tempo, è stata calcolata la sezione d'urto di un filo della griglia, risolvendo l'equazione del moto per una particella nell'ipotesi in cui ogni particella interagisca con un solo filo di matrice per volta. È stata quindi analizzata la dipendenza della sezione d'urto dai parametri del problema per esaminare in particolare la possibilità di aumentare molto la velocità del fluido e l'utilità di accrescere al di sopra di 2 T l'induzione magnetica di fondo con il magnete superconduttore.

Per determinare il massimo numero di particelle che possono essere catturate da un filo per unità di lunghezza, è stata utilizzata la teoria relativa alla formazione del sedimento delle particelle paramagnetiche. Anche in questo caso è stata studiata la dipendenza delle aree dei sedimenti (ovvero del massimo numero di particelle che possono essere catturate) dalla velocità del fluido e dall'induzione magnetica di fondo. I risultati relativi alle sezioni d'urto dei fili ed alle aree dei sedimenti sono stati utilizzati per risolvere le equazioni del caricamento della matrice della teoria dei filtri con molti fili, che estende la teoria dell'approssimazione del filo singolo alla griglia completa. La soluzione di tali equazioni consente di determinare il tempo di saturazione della griglia, il cui valore è molto indicativo per comprendere la possibilità di una applicazione pratica.

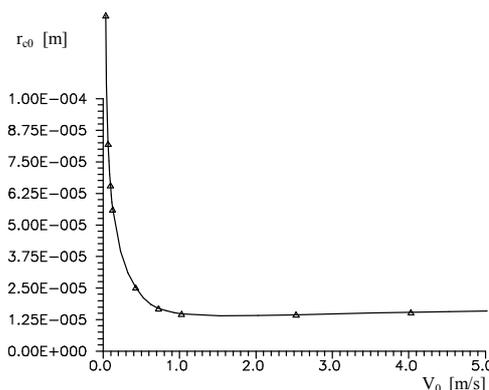
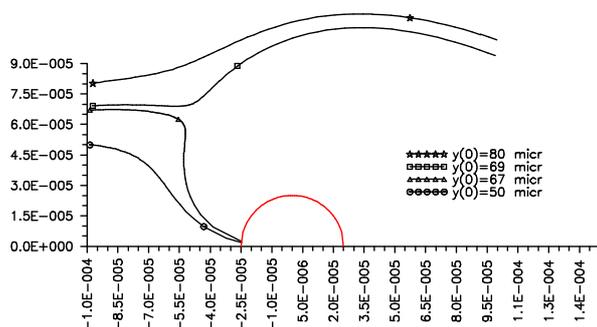


Fig. 1. Traiettorie di particelle paramagnetiche Fig. 2. Raggio di collisione delle particelle in funzione della velocità del fluido

[1] J. Svoboda, "Magnetic methods for the treatment of minerals", Elsevier (1987)
 [2] F. Negrini "Advances of Superconducting Technology in electric Power Applications", 12 Int. Conf. On MHD, Plenary Session, Vol. 3, pp. 1049-1060
 [3] J.H.P. Watson, "Magnetic filtration", J.Appl. Phys., 44 (1973), p.4209.
 [4] J.E. Nasset, J.A. Finch, "The static (buildup) model of particle accumulation on single wires in high gradient magnetic separation: experimental confirmation", IEEE Trans. Mag., MAG-17 (1981), p.1506.
 [5] A. Cristofolini, M. Breschi, F. Negrini, "Capture Processes in Superconducting HGMS", The 1998 Int. Symp. On Advanced Energy Conversion, Sapporo, 1998