



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

*Dipartimento di Ingegneria Industriale
Dottorato di Ricerca in Ingegneria Chimica
(X ciclo – Nuova serie)*

Abstract

L'EFFETTO DELLA TEMPERATURA SULLE PROPRIETÀ DI FLUSSO DELLE POLVERI

Relatori

*Prof. Massimo Poletto
Dr. Diego Barletta*

Studente di dottorato

Igino Tomasetta

Comitato scientifico

Prof. Roberto Pantani

Coordinatore del Dottorato di Ricerca

Prof. Paolo Ciambelli

La variazione delle proprietà coesive delle polveri ad alta temperatura è stato osservato in diverse unità industriali, come reattori a letto fluidizzato, granulatori ed essiccatori. In letteratura, diversi autori hanno studiato il comportamento delle polveri ad alta temperatura attraverso esperimenti di fluidizzazione (Formisani *et al.*, 1998 and 2002; Lettieri *et al.*, 2000 a d 2001), la misura delle forze interparticellari (Pagliai *et al.*, 2004 and 2007) a la misura diretta su polveri some solidi di *bulk* (Kamiya *et al.*, 2002) ma una interpretazione chiara sull'effetto della temperatura sulle interazioni interparticellari e sulle proprietà di flusso non è ancora chiara.

Un comune approccio ingegneristico consiste nella caratterizzazione diretta della reologia delle polveri come solido di *bulk* per mezzo delle celle di *shear*. Nel corso di questo lavoro è stata messa a punto una cella anulare di *shear* (*High Temperature Annular Shear Cell*), già modificata precedentemente all'Università di Salerno, per effettuare misure di *yield loci* fino a 500°C e, in questo modo, osservare sperimentalmente in maniera diretta l'effetto della temperature sulle proprietà di flusso macroscopiche di campioni di polvere di FCC (*Fluid Cracking Catalyst*), ceneri volanti, corindone, α -allumina porosa sintetica e sfere di vetro (ballotini).

Diverse evidenze sperimentali sono state riscontrate per questi materiali. Le proprietà di flusso della polvere di FCC, delle ceneri volanti e del corindone non hanno mostrato una variazione all'aumento della temperatura a differenza dei ballotini e, in misura minore, della allumina porosa per i quali è stato osservato un aumento comportamento coesivo.

Al fine di dare una interpretazione dell'effetto della temperatura sulle interazioni interparticellari, è stato sviluppato un quadro teorico in accordo con l'approccio a livello particellare di Rumpf (1974) e Molerus (1985 and 1993). Inoltre, la disponibilità di un modello microscopico in grado di stimare quantitativamente le interazioni interparticellari potrebbe permettere di estendere le evidenze sperimentali anche a differenti condizioni di compattazione, in particolare minori della cella di *shear*.

A questo scopo, la resistenza a trazione del solido di *bulk*, valutata sperimentalmente, è stata correlata alle forze di contatto fra le particelle. In accordo alle misure calorimetriche di DSC effettuate sui materiali, che hanno mostrato l'assenza di punti di fusione e, quindi, la non formazione di ponti liquidi fra le particelle nell'intervallo di temperatura della campagna sperimentale, si è assunto che esse sono dovute solo a interazioni interparticellari di tipo van der Waals.

Con questi presupposti sono state considerate alternativamente le due ipotesi di deformazione elastica e plastica delle particelle ai punti di contatto. Entrambe le ipotesi hanno portato ad una corretta stima dell'ordine di grandezza della resistenza a trazione nel caso in cui viene assunto un valore plausibile del raggio medio di curvatura al punto di contatto, tenendo nella giusta considerazione l'effetto della rugosità superficiale e delle asperità, in accordo con gli ingrandimenti al microscopio SEM di tutti i materiali.

E' stata successivamente svolta una analisi di sensitività sui principali parametri del quadro teorico. Sia l'aumento della coesione al crescere del consolidamento così come l'incremento del comportamento coesivo con la temperatura sembra essere spiegato con l'instaurarsi di deformazioni plastiche ai punti di contatto. L'ipotesi della deformazione plastica ai punti di contatto delle particelle dovrebbe essere adottata per spiegare l'effetto della temperatura sulle interazioni interparticellari. Inoltre, l'effetto del consolidamento può essere spiegato anche dalla diminuzione del grado di vuoto e, quindi, dal crescere delle condizioni di compattamento del materiale.

Un aumento significativo delle proprietà coesive a livello macroscopico è stato, infine, misurato all'instaurarsi di forze capillari fra le particelle dovute alla formazione di una fase liquida che promuove l'aggregazione fra le particelle, come verificato da misure di *shear* e osservazioni al microscopio SEM per un campione di ballotini mescolato al basso-fondente polietilene ad alta densità (HDPE).

Bibliografia

- Formisani, B., Girimonte, R., Mancuso, L., 1998, Analysis of the fluidization process of particle beds at high temperature, *Chemical Engineering Science*, **53**, 951-961.
- Formisani, B., Girimonte, R., Pataro, G., 2002, The influence of operating temperature on the dense phase properties of bubbling fluidized beds of solids, *Powder Technology*, **125**, 28-38.
- Kamiya, H., Kimura, A., Yokoyama, T., Naito, M., Jimbo, G., 2002, Development of a split-type tensile strength and analysis of mechanism of increase of adhesion behaviour of inorganic fine powder bed at high-temperature conditions, *Powder Technology*, **127**, 239-245.
- Lettieri, P., Yates, J. G., Newton, D., 2000, The influence of interparticle forces on the fluidization behaviour of some industrial materials at high temperature, *Powder Technology*, **110**, 117-127.
- Lettieri, P., Newton, D., Yates, J. G., 2001, High temperature effects on the dense phase properties of gas fluidized beds, *Powder Technology*, **120**, 34-40.
- Molerus, O., 1985, Theory of yield of cohesive powders, *Powder Technology*, **12**, 259-275.
- Molerus, O., 1993, *Principles of Flow in Disperse Systems*, Chapman and Hall.
- Pagliai, P., Simons, S. J. R., Rhodes, D., 2004, Towards a fundamental understanding of defluidisation at high temperatures: a micro-mechanistic approach, *Powder Technology*, **148**, 106-112.
- Pagliai, P., Simons S. J. R., Rhodes, D., 2007, A novel experimental study of temperature enhanced cohesive interparticle forces, *Powder Technology*, **174**, 71-74.
- Rumpf, H., 1974, Die Wissenschaft des Agglomerierens, *Chemie Ingenieur Technik*, **46**, 1-11.