

Esame di stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di ingegnere

II Sessione 2004, 23 Novembre 2004

Ramo: Ingegneria Chimica

Tema n. 2

Il reattore fluidizzato schematizzato in figura viene utilizzato per riscaldare in maniera graduale dei chip di materiale plastico dalla temperatura ambiente (20°C) fino a 220°C. I chip possono essere considerati come sferette con diametro pari a 2.9 mm. La densità di bulk dei chip è pari a 800 kg/m³, mentre la densità effettiva della plastica è 1400 kg/m³. L'impianto deve trattare 1250 kg/h di solido e utilizza come gas azoto puro. La pressione dell'azoto in uscita al reattore deve essere pari a 1.035 bar assoluti. Il gas in ingresso al letto 1 ha una temperatura di 212 °C, mentre quello fornito al letto 3 ha una temperatura di 227 °C. Si richiede che il solido in uscita al letto 1 abbia una temperatura media di 145°C; si richiede inoltre che in ciascun letto il solido permanga per un tempo sufficiente a fare in modo che la differenza di temperatura fra solido e gas uscenti sia inferiore a 2°C. Il calore specifico a pressione costante del solido è 0.41 kcal/kg. I distributori di gas dei tre letti sono costituiti da una lamiera piana forata con fori di diametro pari a 2.2 mm.

- a) valutare le portate di gas da inviare in ciascun letto per ottenere il riscaldamento richiesto;
- b) determinare la velocità minima di fluidizzazione nelle tre zone del reattore;
- c) stabilire una velocità opportuna per il gas nei tre letti;
- d) stimare le sezioni di passaggio S₁, S₂ e S₃ dei tre letti e le altezze dei setti f₁, f₂ e h_i necessarie per consentire al solido per raggiungere le temperature richieste;
- e) stimare le perdite di carico del gas nei letti e nei distributori e valutare la pressione del gas in ingresso ai letti 1 e 3;
- f) valutare il numero dei fori richiesti per i tre distributori;
- g) valutare la potenza termica da fornire al gas uscente per riportarlo nelle condizioni opportune per l'ingresso nei letti 1 e 3.

Per valutare l'espansione in altezza del letto rispetto alle condizioni di minima fluidizzazione si può utilizzare la relazione seguente:

$$\frac{H}{H_{mf}} = 1 + 10.978 \frac{(U - U_{mf})^{0.738} d_p^{1.006} \rho_s^{0.376}}{(U_{mf})^{0.937} P_g^{0.126}}$$

dove U (ft/s) è la velocità superficiale del gas nelle condizioni di lavoro e U_{mf} (ft/s) quella in condizioni di minima fluidizzazione, d_p (ft) è il diametro delle particelle e ρ_s e ρ_g (lb/ft³) le densità del solido e del gas.

La perdita di carico in un distributore a piastra forata può invece essere valutata dalla relazione:

$$\Delta P = \frac{u^2}{0.72}$$

dove u è la velocità del gas nei fori del distributore.

Schema del riscaldatore a letti fluidizzati

