

## ESAMI DI STATO 2005 I° Sessione

### Ingegneria Ambiente/Territorio V.O.

#### Tema n. 2

Un forno continuo di essiccamento è alimentato con 50.000 Nm<sup>3</sup>/h di aria nella quale confluiscono, per evaporazione da un supporto solido, 80 kg/ora di metanolo.

L'aria in ingresso nel forno è alimentata a 30 °C, mentre il flusso in uscita è alla temperatura di 40 °C.

L'impianto lavora per 16 ore/giorno e 260 giorni/anno.

I gas in uscita dal forno devono subire un trattamento di depurazione prima di potere essere rilasciati in atmosfera, in quanto il limite di accettabilità in emissione è pari a 150 mg/Nm<sup>3</sup>

Detto trattamento può farsi secondo una delle seguenti alternative:

- A) adsorbimento su carbone attivo, con rigenerazione del carbone esaurito presso terzi, con ipotesi di scarico alla concentrazione limite e di raggiungimento delle condizioni di equilibrio
- B) combustione in impianto con recupero termico, con resa di depurazione pari al 99 %
- C) assorbimento in acqua, con successiva depurazione dei reflui in impianto di trattamento, con ipotesi di scarico del flusso gassoso alla concentrazione limite

Per ciascuna delle alternative sono riportate nelle schede allegate i parametri, e le caratteristiche tecniche e di costo.

Per ciascuna delle alternative si richiede:

- 1) bilancio di materia (e di calore per la soluzione di combustione)
- 2) dimensionamento di massima dell'apparecchiatura
- 3) costo orario di esercizio, nell'ipotesi di ammortizzare l'apparecchiatura in 10 anni

#### Soluzione A: Adsorbimento su carbone attivo

- isoterma lineare, con  $k = 1,5 \text{ (mg/g) (Nm}^3\text{/mg)}$
- costo carbone attivo 1,8 Euro/kg
- densità in mucchio 500 kg/m<sup>3</sup>
- costo acquisto ed installazione adsorbitore completo della carica di carbone: 1,5 volte il costo del carbone contenuto
- parametri di dimensionamento dell'adsorbitore:
  - . velocità superficiale 0,3 m/s
  - . tempo di contatto 10 secondi
  - . perdita di carico 220 mm colonna d'acqua/m di letto
- costo energia elettrica per il pompaggio 0,1 Euro/kWh
- rendimento del ventilatore 60 %

#### Soluzione B: Combustione con recupero termico

Si ipotizza di adottare uno schema consistente nell'invio del flusso da trattare ad uno scambiatore - recuperatore ove vengono inviati i gas in uscita dal combustore; dopo tale preriscaldamento l'aria è inviata al forno di combustione, ove è pure alimentato combustibile ausiliario; in uscita si ha il passaggio nel recuperatore, e di qui al camino.

Caratteristiche.

- temperatura nel combustore 700 °C
- tempo di contatto 1 s
- temperatura massima di preriscaldamento 350 °C
- potere calorifico metanolo 19,94 MJ/kg
- potere calorifico del combustibile ausiliario (metano) 38,5 MJ/Nm<sup>3</sup>
- calore specifico gas da trattare 1,29 kJ/°C Nm<sup>3</sup>
- costo combustibile 0,012 Euro/MJ
- costo acquisto ed installazione impianto, riferito all'unità di volume del combustore 20.000 Euro/m<sup>3</sup>

Soluzione C: assorbimento in acqua

- isoterma di equilibrio metanolo - acqua  $y = 0,58 x$  ove  $y$  è la frazione molare nel gas,  $x$  nel liquido

-rapporto L/G pari ad 1,2 volte il minimo

- per il dimensionamento dell'unità di lavaggio assumere:

- tempo di contatto 5 s
- velocità specifica del gas 1,2 Nm<sup>3</sup>/ s m<sup>2</sup>
- perdita di carico 1250 mm colonna d'acqua
- costo energia elettrica 0,1 Euro/kwh
- rendimento ventilatore 60 %
- costo acquisto ed installazione unità 5000 Euro/m<sup>3</sup>
- costo trattamento acqua 1,35 Euro/kg