

APPENDICE 1

Determinazione del numero dei “cassettone estraibili”

Massa totale della soluzione (da essiccare completamente) = 150 Kg

Tempo di processo = 2 h

Dimensione di un singolo cassetto = (63x63x3) cm

Livello della soluzione sulla membrana = 3 mm

Volume di soluzione su un singolo cassetto = $(0.63 \cdot 0.63 \cdot 3 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^3 = 1.19 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Massa soluzione su un singolo cassetto = $(530 \text{ Kg/m}^3 \cdot 1.19 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3) = 0.631 \text{ Kg}$

Area di membrana singolo cassetto = 0.3969 m^2

Numero cassette = $150/0.631=240$

Area di membrana totale = $0.3969 \text{ m}^2 \cdot 240 = 95.3 \text{ m}^2$

I 240 cassette possono essere sistemati su 4 colonne da 60 cassette ciascuna.

Ingombro totale delle 4 colonne = $(2.52 \times 0.63 \times 1.80) \text{ m}$

Volume occupato dalle 4 colonne = 2.86 m^3

Ingombro box termostato = $2.86 \text{ m}^3 \times 1.20 = 3.432 \text{ m}^3$

Ingombro pompa alto vuoto e condensatore = 1.5 m^3

Volume totale dell'unità a membrana = $(3.432 + 1.5) \text{ m}^3 \sim 5 \text{ m}^3$

APPENDICE 2

Scheda tecnica del box termostato Nabertherm (Germania)[1]

Forni a suola mobile, funzionamento a convezione, riscaldamento elettrico o a gas.

W 1000/65A - W 10000/85A

Temperature da 30 °C fino a 650 °C oppure 850°C;

Carrello a suola mobile su rotaie;

Porta orientabile con battuta a destra;

Elettrico riscaldamento da due lati e dal carrello;

Uniformità ottimale della temperatura in conformità a DIN 17052-1 fino a ΔT 14 K;

Potente ventola di ricircolazione con convezione verticale dell'aria;

Deflettori dell'aria nelle fiancate del forno per una conduzione ottimale dell'aria;

Selettore-limitatore della temperatura con temperatura di spegnimento regolabile per classe di protezione termica 2 secondo EN 60519-2 in funzione di protezione sovratemperatura per il forno ed i prodotti.

Modello W 3300 /65A

Temp. Max = 650 °C

Dimensioni interne in mm (largh. prof. h) = 1000 x 2200 x 1000

Volume in l = 3300

Dimensioni esterne in mm (largh. prof. h) = 1650 x 4000 x 2500

Potenza valore/kW = 90

Allacciamento elettrico trifase

APPENDICE 3

Calcolo del consumo energetico relativo al raffreddamento del distillato

In riferimento alla seguente formula:

$$Q_{\text{raff}} = \lambda_{\text{c,H}_2\text{O}} \cdot Q_{\text{dist}}$$

dove:

Q_{raff} = potenza necessaria al raffreddamento del distillato (kw);

$\lambda_{\text{c,H}_2\text{O}}$ = calore latente di condensazione dell'acqua (KJ/Kg);

Q_{dist} = portata di distillato (Kg/h);

$$T = 30^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{dist}} = 45 \text{ Kg/h}$$

$$\lambda_{\text{c,H}_2\text{O}} (T=30^\circ\text{C}) = 2430.7 \text{ KJ/Kg}$$

La Potenza necessaria al raffreddamento del distillato è pari a:

$$Q_{\text{raff}} = 30.4 \text{ Kw}$$

Assumo:

Consumo energetico relativo al raffreddamento della corrente di distillato = 30 Kw

APPENDICE 4

Scheda tecnica dell'evaporatore sotto vuoto a pompa di calore (La Care) [2]

Il modello a cui ci si riferisce è **HEV 75**

Temperatura operativa = 20-35°C

Pressione operativa (vuoto)= 50 mbar

Concentrazione finale del prodotto = 80-95%

Capacità = 75 Kg/h

Consumo energetico = 95 (Watt/Litri)

Dimensioni = (250 x 100 x 220) cm

Peso dell'apparecchiatura (a vuoto) = 800 Kg

Assumo:

Consumo energetico dell'evaporatore=171 Kw

APPENDICE 5

Calcolo degli indicatori (process intensification) [3]

$$\text{❖ PS} = \frac{\text{Produttività/Dimensioni} = \frac{P/\text{Dimensioni (membrane)}}{P/\text{Dimensioni (tradizionale)}}$$

$$P = 75 \text{ Kg/h}$$

$$\text{Dimensioni unità a membrana} = 5 \text{ m}^3$$

$$\text{Dimensioni unità tradizionale} = (2.50 \cdot 1.00 \cdot 2.20) \text{ m}^3 = 5.5 \text{ m}^3$$

$$\text{PS} = (75/5)/(75/5.50) = 1.1 > 1$$

Dunque: **PS > 1**

$$\text{❖ Flessibilità} = \frac{\text{Variazioni}_{\text{possibili}} (\text{membrane})}{\text{Variazioni}_{\text{possibili}} (\text{tradizionale})}$$

$$\Delta T (\text{unità a membrana}) = (70-20) \text{ }^\circ\text{C} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T (\text{unità tradizionale}) = (35-20) \text{ }^\circ\text{C} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Flessibilità} = 50/15 = 3.33 > 1$$

Dunque: **Flessibilità > 1**

$$\text{❖ MI (indice di modularità)} = \frac{\text{Produttività}_2}{\text{Produttività}_1}$$

$$\text{❖ M (modularità)} = \frac{|\text{Area}_2/\text{Area}_1 (\text{membrane}) - \text{MI}|}{|\text{Volume}_2/\text{Volume}_1 (\text{tradizionale}) - \text{MI}|}$$

Produttività 1 = 75 Kg/h

Produttività 2 = 150 Kg/h

Volume 1 (unità tradizionale) = 5.5 m³

Volume 2 (unità tradizionale) = 8.25 m³

Area 1 (unità a membrana) = 95.3 m²

Area 2 (unità a membrana) = 190.6 m²

MI = 150/75 = 2

Dunque: **M < 1**

❖ **Intensità di energia** = $\frac{\text{Consumi energetici/Produttività (membrane)}}{\text{Consumi energetici/Produttività (tradizionale)}}$

Produttività = 75 Kg/h

Consumo energetico unità a membrana = 140 Kw

Consumo energetico unità tradizionale = 171 Kw

Intensità di energia = (140/75)/(171/75) = 0.819 < 1

Dunque: **Intensità di energia < 1**

Riferimenti bibliografici

1. www.nabertherm.com
2. <http://www.concentratori.com/>
3. Criscuoli A. Drioli E, New metrics for evaluating the performance of membrane operations in the logic of process intensification, *Ind. Eng. Chem. Res.* 46 (2007) 2268-2271.