

02- ESTRAZIONE LIQUIDO-LIQUIDO

Un composto di pregio contenuto in soluzione con solvente organico viene recuperato con un processo di estrazione L-L multistadio in controcorrente utilizzando come liquido estrattore un altro solvente organico completamente immiscibile con quello in cui si trova solubilizzato il composto. All'equilibrio le condizioni di ripartizione possono essere rappresentate dalla retta di equazione $Y = X \cdot 3.5$ (**rapporti di massa**)

Si conoscono:

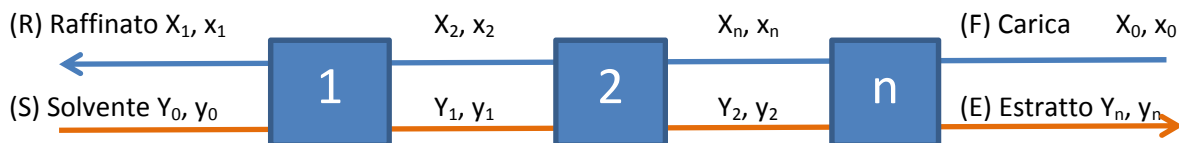
- portata do soluzione da trattare 6000 kg/h
- concentrazione del soluto nella carica di alimentazione 5 % in massa
- si deve recuperare almeno il 90 % del soluto
- la portata del solvente estrattore, che è praticamente puro, deve essere maggiore del 50% rispetto a quello minimo accettabile.

Calcolare:

1. Il numero di stadi teorici richiesti dal problema
2. La portata del solvente da inviare
3. La composizione dell'estratto.

PROCEDIMENTO

Nello svolgimento del problema si utilizzerà la seguente simbologia:



Dove:

- X_i e Y_i sono i rapporti in massa del composto nella carica e nell'estratto
- x_i e y_i sono le frazioni in massa del composto nella solvente e nell'raffinato
- l° (kg/h) portata del solvente diluente presente nella carica (assunto costante durante i vari stadi)
- S° (kg/h) portata del solvente estrattore (assunto costante durante i vari stadi)

Per calcolare il numero di stadi in un processo multistadio di estrazione Liquido-Liquido che avviene in controcorrente si utilizza il metodo grafico analogo a quello ideato da Mc Cabe e Thiele. Questo metodo ha la necessità di esprimere tutte le concentrazioni come RAPPORTI IN MASSA (X e Y), perché lungo la batteria di estrattori le portate di solvente(diluente) e di solvente estrattore rimangono costanti, mentre c'è un trasferimento del soluto dal diluente al solvente estrattore. In questo modo generiamo due fasi: il raffinato e l'estratto.

Calcolo della quantità di soluto nella carica:

$$F \cdot x_0 = 6000 \text{ kg/h} \cdot 0.05 = 300 \text{ kg/h (1)}^1$$

Calcolo della quantità di soluto recuperato:

$$300 \text{ kg/h} \cdot 0.90 = 270 \text{ kg/h (2)} \text{ (questo soluto dovrà essere contenuto nell'estratto finale)}$$

¹ La numerazione in rosso si riferisce al riferimento applicato ai numeri presenti nella tabella 1 di riepilogo. In questo modo si può evidenziare la successione delle operazioni di calcolo che portano al risultato finale.

Calcolo della quantità di soluto NON recuperato:

$$300 \text{ kg/h} \cdot 0.10 = 30.0 \text{ kg/h (3)} \quad (\text{questo soluto rimane nel raffinato})$$

Calcolo della solvente diluente presente nella carica:

$$I^\circ = 6000 \text{ kg/h} - 300 \text{ kg/h} = 5700 \text{ kg/h (4)} \quad (\text{questo portata rimane costante nei vari stadi})$$

Calcolo della portata ponderale del raffinato:

$$30 \text{ kg/h (soluto nel raffinato)} + 5700 \text{ kg/h (solvente diluente)} = 5730 \text{ kg/h (5)}$$

Calcolo della frazione di massa del soluto nel raffinato:

$$x_R = 30.0 \text{ kg/h} / 5730 \text{ kg/h} = 0.00524 \quad (6)$$

Calcolo della frazione di massa del solvente diluente nel raffinato:

$$1.0000 - 0.00524 = 0.99476 \text{ kg/h} \quad (7)$$

Conversione delle frazioni in massa in rapporti in massa (necessarie per la costruzione del grafico):

$$X = x / (1 - x) \quad e \quad Y = y / (1 - y)$$

$$X_F = x_F / (1 - x_F) = 0.05 / (1 - 0.05) = 0.0526 \quad (8) \text{ rapporto molare del soluto nella carica}$$

$$X_R = x_R / (1 - x_R) = 0.00524 / (1 - 0.00524) = 0.00526 \quad (9) \text{ rapporto molare del soluto nel raffinato}$$

Costruzione del grafico di lavoro (metodo Mc Cabe Thiele)

Questo metodo prevede che si riportino sul grafico i rapporti Y/X dove Y e X sono i rapporti di massa del soluto rispettivamente nel solvente veicolante o diluente e nel solvente estrattore. In pratica deve essere rappresentata la retta/curva di equilibrio e la retta di lavoro con pendenza massima e quella con pendenza ottimale.

- Determinazione della curva di equilibrio $Y=f(X)$.
Nel nostro caso viene data dal problema ($Y = X \cdot 3.5$, retta passante per l'origine) si tratta quindi di trovare le coordinate di due punti caratteristici, questi sono rappresentati dall'origine e dal punto corrispondente alla estensione massima che potrà avere il grafico (sceglieremo per opportunità il punto della retta corrispondente al rapporto molare più alto che è quello della carica X_F)
Punti della retta di equilibrio: $P_1 (X=0 \text{ e } Y=3.5 \cdot 0)$ e $P_2 (X_F=0.0526 \text{ e } Y_F=3.5 \cdot 0.0526= 0.1841)$
Nel grafico retta di colore AZZURRA;
- Determinazione grafica della retta di lavoro massima
dal bilancio di materia dell'estrattore otterremo $Y = (I^\circ/S^\circ)_{MAX} \cdot X - (I^\circ/S^\circ)_{MAX} \cdot X_R$
Il valore di solvente minimo da impiegare è quello per cui la retta di lavoro avrà la pendenza massima e quindi dovrà passare per il punto P_2 e per il punto di coordinate $(X_R;0)$. Il valore del coefficiente angolare della retta potrà essere così calcolato: $m_{MAX} = (Y_F - 0) / (X_F - X_R)$.
Nel nostro caso avremo $m_{MAX} = (0.1841 - 0) / (0.0526 - 0.00526) = 3.89$
Nel grafico retta di lavoro massima con la linea di colore ROSSO TRATTEGGIATA
- Calcolo della quantità di solvente minimo S°_{MIN}
 $(I^\circ/S^\circ_{MIN})_{MAX} = 3.89$ sappiamo che la quantità di solvente diluente I° corrisponde a 5700 kg/h

$$S^{\circ}_{\text{MIN}} = I^{\circ} / 0.389 = 5700 / 3.89 = 1465 \text{ kg/h}$$

- Calcolo della quantità di solvente ottimale S°_{OTT}

Si deve usare una quantità maggiore del 50 % del solvente minimo accettabile perciò:

$$S^{\circ}_{\text{OTT}} = S^{\circ} + (S^{\circ} \cdot 0.5) = S^{\circ} \cdot 1.5 = 1465 \cdot 1.5 = 2197 \text{ kg/h (10)}$$

- Calcolo della pendenza ottimale della retta di lavoro

$$(I^{\circ}/S^{\circ})_{\text{OTT}} = (I^{\circ}/S^{\circ}_{\text{OTT}}) = 5700/2197 = 2.59$$

La retta avrà quindi la seguente equazione: $Y = (I^{\circ}/S^{\circ})_{\text{OTT}} \cdot X - (I^{\circ}/S^{\circ})_{\text{OTT}} \cdot X_R$

$$Y = 2.59 \cdot X - 2.59 \cdot X_R = 2.59 \cdot (X - X_R)$$

$$Y_F = 2.59 (0.0526 - 0.00526) = 0.123$$

La retta di lavoro ottimale dovrà quindi passare per il punto P_3 di coordinate (0.0526; 0.123) ed il punto del raffinato di coordinate (0.00526; 0) indicato nel grafico dalla linea di colore ROSSA

- Determinazione del numero di stadi teorici

Eseguire sul grafico le solite regole di segmentazione, valutando anche il numero di stadi frazionari.

Si ottengono circa 4 stadi teorici

Calcolo della concentrazione del soluto nell'estratto:

Portata dell'estratto $E = 270 \text{ kg/h} + 2197 \text{ kg/h} = 2467 \text{ kg/h (11)}$

Espresso in Rapporto di massa $Y_E = 270 \text{ kg/h} / 2197 \text{ kg/h} = 0.123 (12)$

Espresso in Frazione di massa $y_E = 270 \text{ kg/h} / (2197 + 270) \text{ kg/h} = 0.109 (13)$

Tabella 1: Dati di riepilogo

| | | | F | S | M | R | E |
|------------------------|-------------|---------------|-------------|-------------|---|-----------------|------------------|
| Frazioni di massa | x o y | soluto | 0,050 | 0,000 | | 0,00524 (6) | 0.109 (13) |
| | | solvente | 0,000 | 1,000 | | 0,000 | |
| | | diluyente | 0,05 | 0,000 | | 0.99476 (7) | 0,000 |
| Rapporti in massa | X o Y | soluto | 0.0526 (8) | 0.000 | | 0.00526 (9) | 0.123 (12) |
| | | solvente | | | | | |
| | | diluyente | | | | | |
| Portate Ponderali kg/h | | soluto | 300 (1) | 0 | | 30.0 (3) | 270 (2) |
| | | solvente | 0 | 2197 (10) | | 0 | 2197 (10) |
| | I° | diluyente | 5700 (4) | 0 | | 5700 (4) | 0 |
| | | TOTALI | 6000 | 2197 | | 5730 (5) | 2467 (11) |

