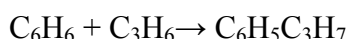


Esame di stato - II sessione anno 2005 – Classe 27/S – Ingegneria Chimica

Prova pratica del 14/03/2006

Il cumene (CUM) è prodotto dalla reazione del benzene (BENZ) con il propilene (PP) in un reattore catalitico a letto fisso:



La figura 1 riporta uno schema semplificato dove sono indicate tutte le apparecchiature coinvolte, i componenti presenti in ciascuna corrente e le principali condizioni operative di temperatura. Sia il reattore sia lo scambiatore H lavorano sotto pressione in modo da mantenere tutti i componenti in fase liquida.

Una corrente liquida (corrente A) pari a 500 kg/h che contiene il 75% molare di PP e il 25% molare di n-butano (BUT) a temperatura ambiente viene miscelata con la corrente C risultante dalla miscelazione della corrente di ricircolo (corrente I), proveniente dalla testa della seconda colonna di distillazione, e di una corrente di benzene puro (corrente B), la cui portata è pari a 600 kg/h. La corrente D risultante viene alimentata al reattore previo riscaldamento a 200 °C. Il reattore realizza una conversione del benzene pari al 25% e lavora in condizioni isoterme. La corrente E uscente dal reattore viene inviata a una serie di due colonne di distillazione, dopo aver ceduto parte del suo calore sensibile alla corrente C mediante lo scambiatore-recuperatore H. La prima colonna di distillazione provvede a separare completamente il BUT e il PP residuo (corrente F) mentre il prodotto di coda, costituito da BENZ e CUM, viene inviato alla seconda colonna di distillazione. Il prodotto di coda (corrente H) della seconda colonna costituisce il prodotto finito dell'impianto mentre il prodotto di testa (corrente I) viene ricircolato al reattore previa miscelazione con la corrente B di benzene puro. La composizione della corrente I è pari al 90% molare di BENZ e al 10% molare di CUM e la sua portata massica complessiva è pari a tre volte quella alimentata con la corrente B.

1. Dai dati forniti nella descrizione del processo e mediante gli opportuni bilanci di materia, calcolare per ciascuna corrente (A-I) indicata in figura 1 la portata massica (espressa in kg/h) di ciascun componente. Si calcoli, inoltre, la conversione globale di benzene del processo.
2. Calcolare la temperatura della corrente C a seguito del riscaldamento operato dallo scambiatore H. Il candidato provveda, inoltre, a stimare l'area di scambio (ipotizzando un coefficiente di

scambio) e proponga il tipo di scambiatore di calore più adatto. Sono a disposizione i seguenti valori del calore specifico medio per i componenti allo stato liquido:

	C_{Pliq} kJ/(kmol °C)
PP	111
BENZ	145
CUM	246
BUT	142

3. Calcolare il calore che occorre sottrarre al reattore per fare avvenire la reazione in condizioni isoterme. Si assuma una entalpia di reazione alle condizioni operative del reattore pari a $\Delta\hat{H}_r = -91.9$ kJ/mol.
4. Calcolare il volume del reattore ipotizzando un modello fluidodinamico a pistone ed una cinetica apparente del prim'ordine rispetto a ciascun reagente. Si assuma un valore della costante cinetica apparente pari a 0.0257 m³·kmol⁻¹·s⁻¹ e quello della densità del liquido pari a 674 kg/m³.
5. Calcolare il numero di piatti della seconda colonna di distillazione utilizzando il metodo grafico semplificato di McCabe e Thiele. Si assuma una volatilità relativa pari a 2.5 , un rapporto di riflusso di testa pari al doppio di quello minimo e una efficienza di stadio riferita alla fase vapore (Ev) pari a 0.7 . Calcolare, inoltre, il calore da fornire al bollitore (totale) e da sottrarre al condensatore (totale). Il candidato consideri che l'alimentazione (corrente G) viene vaporizzata del 30% (molare) prima di essere inviata in colonna e assuma un calore latente di vaporizzazione del liquido pari a $3.4 \cdot 10^4$ kJ/kmol.

