

Rektifikace

Rektifikace je opakovaná destilace, kdy pára se oddělí od kapaliny, s níž byla v rovnováze a z kondenzuje. Pak se znovu uvede do varu a vytvoří nad sebou pární fázi, která je obohacena o těkavější složku. Tento postup se opakuje vícekrát na patrech kolony, kde vzniká ustálený stav daný jednak rovnováhou mezi kapalinou a parou a bilančním vztahem mezi parou patro opouštějící a kapalinou na patro přicházející.

Úplná rektifikační kolona sestává z části zesilovací (horní) a části ochuzovací (dolní), které jsou spojeny (Obr. 1.)

Surovina k rozdělení rektifikací (nástřík) F vstupuje do kolony na nástříkovém patře, které tvoří rozhraní mezi zesilovací a ochuzovací kolonou. Jako produkty odchází z kolony destilát D a kapalný zbytek W . Celková bilance kolony bude tedy:

$$F = D + W, \quad (1)$$

kde

F je molový tok nástříku, (např. kmol / h),

D je molový tok destilátu

W je molový tok destilačního zbytku.

Pokud je nutno analogické veličiny v zesilovací a ochuzovací části odlišit, použijeme k tomu index n , resp. m . (Viz obr.)

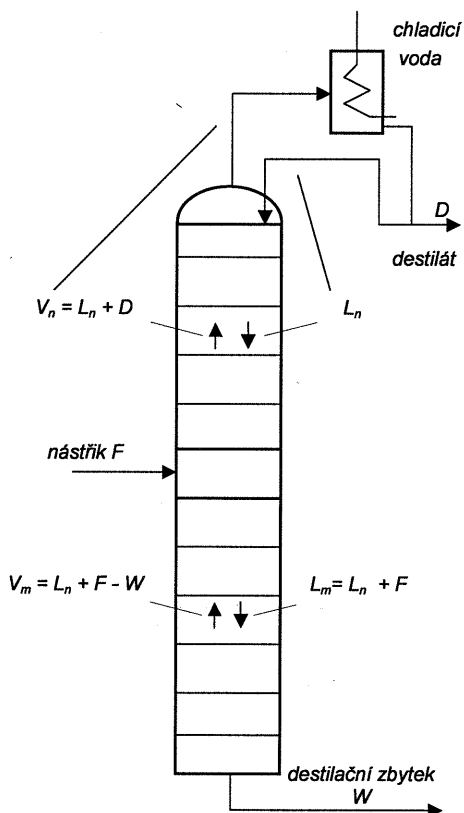
V zásadě platí, že molový tok par V_n je v celé zesilovací koloně konstantní, rovněž tak molový tok kapaliny L_n (zpětný tok).

Totéž platí pro ochuzovací kolonu: Molový tok V_m , resp. L_m je v celé ochuzovací koloně konstantní. Mají však obecně jiné hodnoty než odpovídající veličiny v zesilovací koloně.

Zatím budeme studovat případ, kdy nástřík je do kolony přiváděn jako kapalina

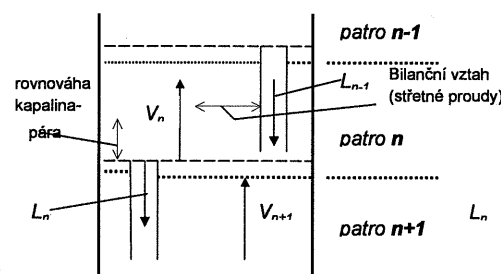
o teplotě nástříkového patra. Za těchto podmínek nástřík F přechází do kapaliny dolní kolony a platí vztahy uvedené v obr. 1 ($L_m = L_n + F$, $V_m = L_n + F - W = V_n$). (Případy kdy nástřík přichází ve stavu odlišném od stavu nástříkového patra budeme studovat a propočítávat později.)

Abyste zesilovací kolona mohla vůbec pracovat, je nutno, aby část z kondenzovaného produktu se vracela na horní patro kolony a vytvářela tak zpětný tok L , nazývaný též reflux. Jeho velikost je dána poměrem $R = L_n/D$. Čím je množství zpětného toku větší, tím je vyšší čistota produktu (obsah těkavější složky) avšak množství produktu bude menší.



Obr.1. Úplná kontinuální rektifikační kolona

Materiálová bilance patra zesilovací části kolony (Obr. 2).



Obr.2. Bilance patra zesilovací kolony

$$V_{n+1} \cdot y_{n+1} = L_n \cdot x_n + D \cdot x_D. \quad (3)$$

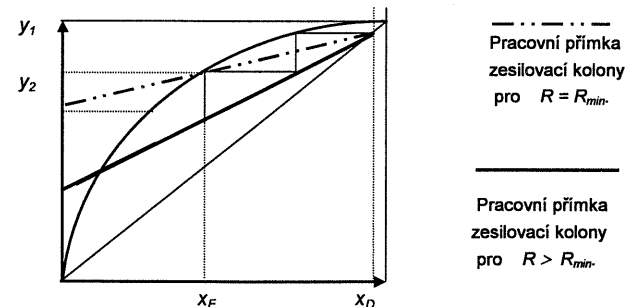
$$\text{Spojením rovnic (2) a (3) dostaneme vztah: } y_{n+1} = \frac{L_n}{V_{n+1}} \cdot x_n + \frac{D}{V_{n+1}} \cdot x_D \quad (4)$$

což je rovnice pracovní přímky zesilovací části (obr.3).

Pracovní přímka zesilovací části má směrnici L_n/V_{n+1} a protíná diagonálu v bodě $y = x = x_D$.

Poměr $L_n/D = R$ se nazývá **refluxní poměr** nebo krátce **reflux**. Rovnice pracovní přímky zesilovací

$$\text{část se může napsat pomocí veličiny } R: \quad y = \frac{R}{(R+1)} \cdot x + \frac{1}{(R+1)} \cdot x_D \quad (5)$$



Obr. 3. Pracovní přímka zesilovací části rektifikační kolony

Jestliže pracovní přímka protíná rovnovážnou křivku v bodě, který odpovídá složení par rovnovážných k nástřiku, pak refluxní poměr je minimální. (Na obr. 3 čerchovaná čára.)

Maximální možná hodnota refluxního poměru je $R = L_r/D = 1$. Je to případ tzv. **totálního refluxu**, tj. případ, kdy z kolony neodtéká žádný destilát, nýbrž všechno se vrací jako zpětný tok do kolony. Pracovní přímka je pak shodná s diagonálou $y = x$.

Materiálová bilance ochuzovací části:

V kterémkoliv místě ochuzovací kolony platí:

$$L_m = V_{m+1} + W. \quad (6)$$

Pro tékavější složku platí:

$$L_m \cdot x_m = V_{m+1} \cdot y_{m+1} + W \cdot x_w. \quad (7)$$

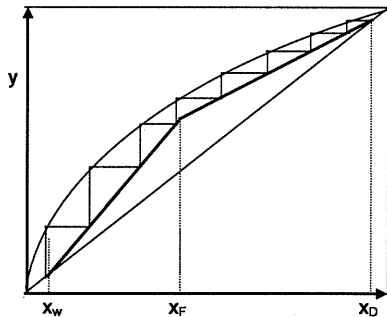
Rovnice pracovní přímky:

$$y_{m+1} = \frac{L_m}{L_m - W} \cdot x_m - \frac{W}{L_m - W} \cdot x_w. \quad (8)$$

Pracovní přímka ochuzovací části protíná diagonálu v bodě $y = x_w$. Dále se protíná s pracovní přímkou zesilovací části v bodě odpovídajícím $x = x_F$.

Počet teoretických pater úplné rektifikační kolony zjišťujeme kreslením pravoúhlých stupňů (naznačeno na obr. 3). Začínáme na horním patře a postupujeme dolů. Patra počítáme shora. Stanovíme nástřikové patro (při překročení x_F), počet pater horní (zesilovací) části kolony, počet pater dolní (ochuzovací) části kolony (až po překročení x_w).

Kolona dle obr. 4 má 8 teoretických pater, nástřikové patro je páté shora.



Obr.4. Stanovení počtu pater rektifikační kolony

Příklad . Směs 4,0 kmol/h acetonu a 6,0 kmol/h toluenu je podrobena kontinuální rektifikaci. Koncentrace acetonu v destilátu je požadována min. 97 mol %, maximální přípustná koncentrace acetonu v destilačním zbytku je 5 mol.%. Refluxní poměr volte 2,0 krát větší než R_{min} .

Určete počet teoretických pater a nástřikové patro kolony.

