In Name of God

Unit Operation I

Lecture 3

مثال هاي درس عمليات واحد يک

مثال1 : یک مخلوط در T و P قرار دارد ،حالت آن را تعیین کنید؟

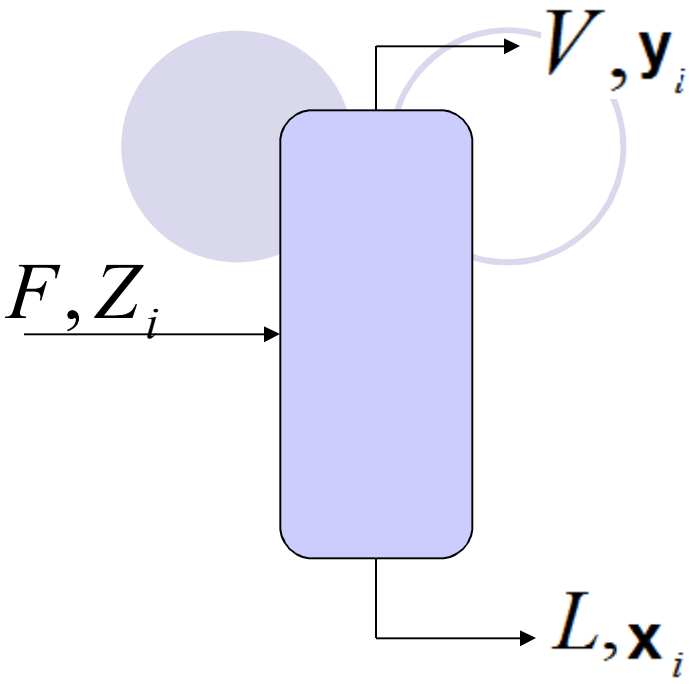
برای تعیین نمودن حالت مخلوط ابتدا از T و P، K را تعیین می کنیم و سپس آن را در رابطه $\sum y_i = \sum k_i x_i$ قرار می دهیم اگر حاصل بزرگتراز یک باشد معنی آن این است که از نقطه حباب (جوش) بالاتر است یعنی اینکه سیستم به حالت بخار است و یا به حالت دو فازی. مجددا رابطه $\sum x_i = \sum \frac{y_i}{k_i}$ را تشکیل می دهیم، اگر بزرگتر از یک شد دو فازی و اگر مساوی یک شد شبنم است.

$$\sum k_i x_i \begin{cases} 1 & \text{نقطه حباب} \\ \succ 1 & \\ \prec 1 & \end{cases} \qquad \sum \frac{y_i}{x_i} = \begin{cases} 1 & \text{نقطه شبنم} \\ \succ 1 & \text{دو فازی} \end{cases}$$

مثال : مخلوطی از هیدرو کربنهای زیر در یک ستون تبخیر تحت شرایط 50Kpa و 250 F تحت عمل flash distillation قرار می گیرد. ترکیب بخار و مایع خروجی را بدست آورید.

COMP	Kg/hr	k	Mw
C3	7505	12	44
C4	16505	8.6	58
C6	4890	1.42	86
C8	34150	.68	100
C9	32400	.39	114

COMP	Kg/hr	k	Mw	kgmol/hr	Zi(کسر مولی)
C3	7505	12	44	170.57	.15
C4	16505	8.6	58	284.57	.25
C6	4890	1.42	86	56.86	.05
C8	34150	.68	100	341.5	.3
C9	32400	.39	114	284.21	.25
				1147.71	1.00



$$F = V + L$$

$$F.Z_i = V.\mathbf{y}_i + L.\mathbf{x}_i$$

$$\mathbf{y}_i = k_i.\mathbf{x}_i$$

$$(V - L).Z_i = \mathbf{x}_i\,(V.k_i + L)$$

$$\mathbf{x}_i = \frac{(V+L)Z_i}{V k_i + L} = \frac{(1 + L/V)Z_i}{k_i + L/V}$$

L/V=1

$$x_1 = .023$$
$$x_2 = .052$$
$$x_3 = .041$$
$$x_4 = .357$$
$$x_5 = .36$$

$$\sum x_i = .833 \prec 1$$

L/V=.5

$$x_1 = .018$$
$$x_2 = .04$$
$$x_3 = .034$$
$$x_4 = .381$$
$$x_5 = .421$$

$$\sum x_i = .901 \prec 1$$

L/V=.25

$x_1 = .015$

$x_2 = .035$

$x_3 = .037$

$x_4 = .403$

$x_5 = .488$

$\sum x_i = .979 \prec 1$

L/V=.2

$x_1 = .015$

$x_2 = .034$

$x_3 = .037$

$x_4 = .4$

$x_5 = .505$

$\sum x_i = 1.0003$

$$F = 1 \Rightarrow L + V = 1$$

$$L/V = .2 \Rightarrow L = .2V \Rightarrow \begin{pmatrix} V = .83 lbmol \\ l = .17 lbmol \end{pmatrix}$$

$$L/V = .2 \Rightarrow \begin{pmatrix} \mathbf{y}_1 = .18 \\ \mathbf{y}_2 = .292 \\ \mathbf{y}_3 = .053 \\ \mathbf{y}_4 = .272 \\ \mathbf{y}_5 = .198 \end{pmatrix}$$

$$\sum \mathbf{y}_i = 1.001$$

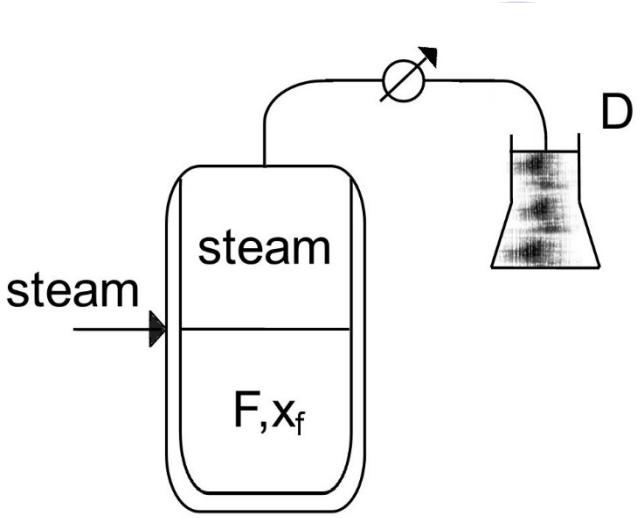
تقطیرناپیوسته

در سیستم هایBatch ممکن است از حرارت مستقیم یا غیرمستقیم استفاده شود. منتها به لحاظ این که درفرآیندهای صنعتی وغیرصنعتی مواد هیدروکربنی سر وکارداریم بهتراست که ازحرارت مستقیم استفاده نشود و به جای آن از ژاکت های گرم کننده استفاده شود.

به این خاطر سیستم های تقطیرBatch، دو جداره طراحی می شوند. بطوری که ازجدار بیرونی بتوان برای تزریق بخاراستفاده نمود . یکی ازمزایای استفاده ازبخار، داشتن گرمای نهان تبخیربالامی باشد. ناگفته نیست که درسیستم هایی که بخاردردسترس ندارند می توان ازکویل های الکتریکی (المنت) برای ایجاد حرارت ویا از روغن داغ استفاده نمود.

درسیستم های تقطیرBatch غلظت محصول مرتباً با زمان تغییر کرده لذا برای بیان غلظت محصول ازمقدارمتوسط آن استفاده می شود.

تقطیر ناپیوسته



- F: کل خوراک اولیه
- درزمان dt به اندازه dD محصول تولید می شود.
- dl: مقداری که درفاصله زمانی dt ازخوراک کم شده است.

$$d\ell = -dD$$

$$d(lx) = xd\ell + \ell dx$$

$$-ydD = Ldx + xd\ell$$

$$(*)\&(**) \rightarrow yd\ell = \ell dx + xd\ell$$

$$y d\ell - x d\ell = \ell dx \rightarrow d\ell(y-x) = \ell dx \Rightarrow \frac{d\ell}{\ell} = \frac{dx}{y-x}$$

$$\Rightarrow \int_F^w \frac{d\ell}{\ell} = \int_{xF}^{xw} \frac{dx}{y-x} \Rightarrow \quad \text{Ln}\,\ell\,]_F^W = \int_{Xf}^{xw} \frac{dx}{y-x}$$

رابطه ریلی

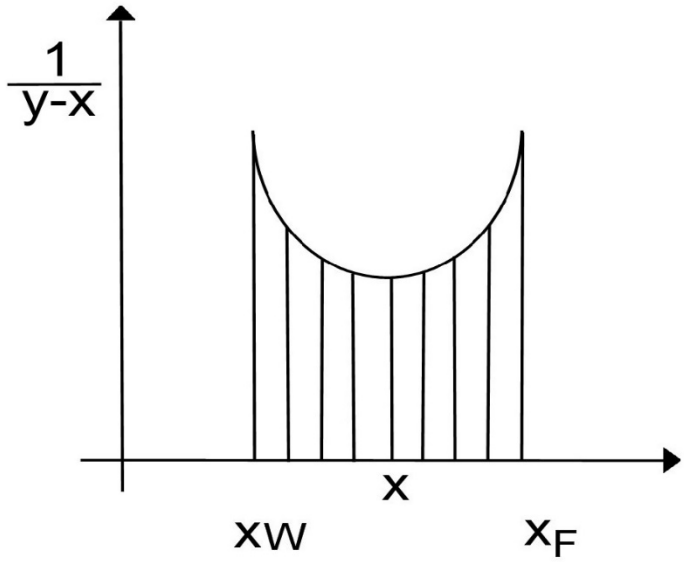
$$\text{Ln}\frac{F}{W} = \int_{xW}^{xF} \frac{dx}{y-x}$$

$$\alpha = cte \rightarrow y = f(x)$$

حال اگر رانداشته باشیم چون نمی توان رابطه ای برای y و x پیداکرده ازطریق مساحت زیر نمودار عمل کرده و مقدارانتگرال رابدست می آوریم.

برای پیدا کردن x_W (اگرمجهول باشد) ابتدا حدسی زده سپس مساحت زیرانتگرال رابدست آورده و با قسمت معلوم معادله ریلی برابرقرارداده وتا وقتی آن را تغییر می دهیم تا x_W واقعی بدست آید.

X	Y	y-x	
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.



مثال3:

مخلوطی ازهپتان نرمال واکتان نرمال باحجم های مساوی تحت عمل تقطیر ناپیوسته قرار می گیرند بطوریکه 60% خوراک ورودی به عنوان محصول بالای برج جمع آوری می شود. عمل درفشاراتمسفریک ومقدارخوراک 100mol می باشد مطلوبست مقدارمایع باقی مانده در مخزن وخلوص متوسط محصول بالای برج؟ اطلاعات تعادلی به شرح زیر می باشد؟

X	Y	y-x
0.5	0.684	5.29
0.46	0.648	5.32
0.42	0.608	5.32
0.38	0.567	5.35
0.34	0.523	5.5
0.32	0.497	5.65

$$y_i = \frac{n_i}{\sum n_i} = \frac{v_i}{\sum v_i} = \frac{p_i}{\sum p_i}$$

موازنه کلی :F=100lb mol

$$F = D + W \rightarrow 100 = D + W$$

$$D = 0.6F = 0.6 \times 100 = 60 \rightarrow W = 40$$

$$\text{Ln}\frac{F}{W}=\int_{X_W}^{0.5}\frac{dx}{y-x}\Rightarrow\quad \text{Ln}\frac{100}{40}=0.916=\int_{X_W}^{0.5}\frac{dx}{y-x}$$

با چند حدس برای x_w بدست می آید $x_w=0.33$ که در رابطه بالا صدق کند $y_D=?$ $X_w=0.33$.

معادل جزئی برای جزء شیب

$$\Rightarrow F.x_F=W.x_W+Dx_D\Rightarrow 100\times 0.5=40\times 0.33+60\times x_D\Rightarrow x_D=0.614$$

مثال4:

مخلوطی شامل ۵۰٪ A و۵۰٪ B و با فراریت نسبی ۳ (α) می باشد. که تحت عمل تقطیر ساده قرار می گیرد، بطوریکه ۸۰٪ از مقدار ماده A در خوراک از محصول بالایی در خاتمه عمل بدست می آید. مقدار خوراک اولیه ۱۰۰ پوند مول می باشد. مطلوب ا ست .

الف) مقدار محصول بالایی ب) محصول پسماند

ج) ترکیب درصد محصول بالایی و پسماند

$$y = \frac{\alpha_{AB} \cdot x_A}{1 + (\alpha_{AB} - 1)\, x_A} \Rightarrow \alpha_{AB} = 3 \Rightarrow y = \frac{3.x}{1 + 2x}$$

موازنه کلی : $F = D + w$ $\quad 100 = D + W$

موازنه جزئی : $F.Z_F = D.x_D + W.x_w$

مقدار جزء A در خوراک اولیه $F.Z_F$=100×0.5=50 lbmole

مقدار جزء A در محصول بالایی $D.x_D = 50 \times 0.8 = 40 \quad lbmole$

مقدار جزء A در محصول پسماند $W.x_W = 50 \times 0.2 = 10 \quad lbmole$

$$\text{Log}\frac{F.Z_F}{W.x_W} = \alpha\text{Log}\frac{F(1-Z_F)}{W(1-x_W)} = \alpha\text{Log}\frac{F-F.Z_F}{W-W.x_W}$$

$$\text{Log}\frac{50}{10} = 3\text{Log}\frac{100-50}{W-10}$$

$$\text{Log}\frac{50}{10} = 3\text{Log}\frac{100-50}{W-10}$$

$$\text{Log}\frac{50}{10} = 3\text{Log}\frac{50}{W-10}$$

$$\text{Log}\,5 = 3\text{Log}\frac{50}{W-10} \qquad W = 39.24 \;\; lbmole$$

$$F = D + w \qquad 100 = D + 39.24 \qquad D = 60.76 \;\; lbmole$$

کسرمولی محصول بالایی $\qquad D.x_D = 40 \;\; lbmole$

$$x_D = \frac{40}{D} = \frac{40}{60.76} = \mathbf{0.66}$$

کسرمولی A در محصول پسماند $\qquad W.x_W = 10 \;\; lbmole$

$$x_W = \frac{10}{W} = \frac{10}{39.2} = \mathbf{0.255}$$

مثال5: مخلوطی از دو ماده A و B که کسرمولی A در آن ۴۰٪ می باشد جهت تقطیر دیفرانسیلی به مخزن تقطیر فرستاده می شود. بطوریکه در خاتمه عمل مقدار کسر مولی ماده A در مخزن ۵٪ است. با فرض اینکه مقدار خوراک اولیه ۱۰۰ پوند مول باشد، با توجه اطلاعات زیر، مطلوب ا ست:

T °C	70	80	90	100	110	120
P_A (mmHg)	760	850	996	1260	1750	2280
P_B (mmHg)	250	283	332	420	583	760

الف) مقدار محصول بالایی ب) محصول پسماند

ج) ترکیب درصد محصول بالایی و پسماند

$$p_A = y_A p$$

$$p_A = x_A p_{vA}$$

$$p_A = p_A \Rightarrow y_A p = x_A p_{vA} \Rightarrow \frac{y_A}{x_A} = \frac{p_{vA}}{p} = k_A$$

$$, \frac{y_B}{x_B} = \frac{p_{vB}}{p} = k_B$$

$$\alpha = \frac{k_A}{k_B} = \frac{p_{vA}/p}{p_{vB}/p} = \frac{p_{vA}}{p_{vB}}$$

$$\overline{\alpha} = \frac{\sum \alpha}{n}$$

$$\frac{\alpha_{max} - \overline{\alpha}}{\alpha_{max}} \times 100$$

$$\frac{\overline{\alpha} - \alpha_{min}}{\alpha_{min}} \times 100$$

T °C	70	80	90	100	110	120
P_A (mmHg)	760	850	996	1260	1750	2280
P_B (mmHg)	250	283	332	420	583	760
α_{AB}	3.04	3.004	3	3	3.002	3

$$\overline{\alpha} = \frac{\sum \alpha}{n} = 3.007$$

$$\frac{\alpha_{max} - \overline{\alpha}}{\alpha_{max}} \times 100 = \frac{3.04 - 3.007}{3.04} \times 100 = 1.07\% \qquad < 10\%$$

$$\frac{\overline{\alpha} - \alpha_{min}}{\alpha_{min}} \times 100 = \frac{3.007 - 3}{3} \times 100 = 0.25\ \% \qquad < 10\%$$

$$\text{Log}\frac{F.Z_F}{W.x_W} = \alpha\text{Log}\frac{F(1-Z_F)}{W(1-x_W)} = \alpha\text{Log}\frac{F-F.Z_F}{W-W.x_W}$$

$$\text{Log}\frac{100*0.4}{W*0.05} = 3.007\ \text{Log}\frac{100(1-0.4)}{W(1-0.05)}$$

حل از طریق حدس و خطا

W= 17.83 lbmole

$F = D + w$ $\qquad 100 = D + 17.83$

$\mathrm{D} = 82.17 \quad lbmole$

$F.Z_F = D.x_D + W.x_w$

$100 * 0.4 = 82.17.x_D + 17.83 * 0.05$

کسرمولی محصول بالایی $\quad x_D = 0.476$

تمرین: هزار کیلوگرم مول خوراک با ترکیب مولی مساوی از A و B ابتدا تحت عمل تقطیر جزئی قرار می گیرد و بعد بطور ناگهانی تبخیر می شود که در تبخیر ناگهانی درصد جزء فرارتر در گاز خروجی 0.8 مولی ازA و مقدار آن 70 % خوراک ورودی می باشد. مطلوبست :

الف) ترکیب گاز خروجی در حالت بخاردر تقطیر جزیی و ترکیب مایع باقیمانده در تقطیر آنی

ب) اگر تنها از تقطیر آنی استفاده شود مقدار مایع باقیمانده چقدر خواهد بود.

رابطه تعادلی برای مخلوط به صورت $y=1.2x+0.3$ می باشد