

BÀI THÍ NGHIỆM SỐ 6

CHUNG LUYỆN HỖN HỢP HAI CẤU TỬ

1. MỞ ĐẦU

Chung luyện là phương pháp tách hỗn hợp lỏng thành cấu tử riêng biệt dựa trên cơ sở độ bay hơi khác nhau của các hỗn hợp lỏng do tác dụng của nhiệt. Chung luyện được coi là một trong các phương pháp tách quan trọng trong công nghiệp hóa chất.

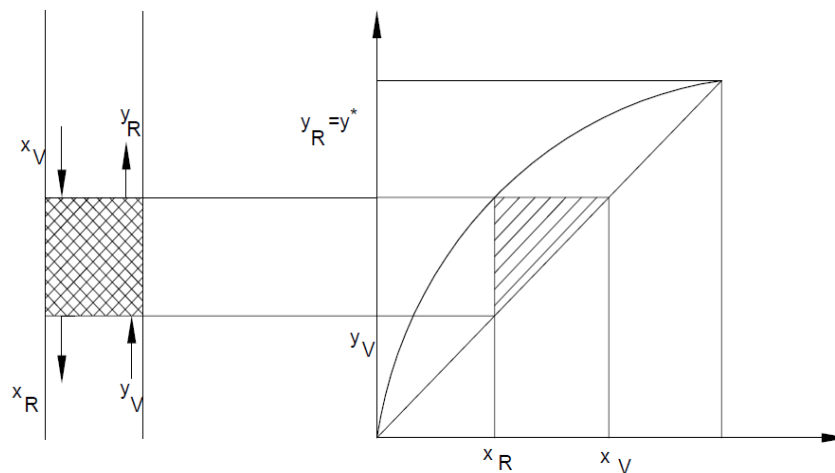
Quá trình chung luyện được tiến hành trong các tháp loại đệm hoặc loại đĩa. Khi làm việc, hơi đi từ dưới lên tiếp xúc với lỏng chảy từ trên xuống. Trên trong đĩa cho các tháp đĩa hoặc ở tại trong tiết diện của tháp đệm, do nhiệt độ của pha hơi đi từ dưới lên cao hơn nhiệt độ của pha lỏng đi từ trên xuống nên sẽ diễn ra quá trình trao đổi nhiệt: một lượng nhiệt được truyền từ pha hơi sang sẽ làm bay hơi một phần pha lỏng (chủ yếu là cấu tử dễ bay hơi) còn bản thân pha hơi khi mất nhiệt sẽ ngưng tụ một phần (chủ yếu là cấu tử khó bay hơi). Quá trình ngưng tụ và bốc hơi trên được lặp đi lặp lại nhiều lần sẽ làm giàu cấu tử khó bay hơi trong lỏng chảy về đáy tháp và làm giàu cấu tử dễ bay hơi ở trong hơi đi lên đỉnh tháp.

Quá trình chung luyện có thể tiến hành liên tục hoặc gián đoạn. Do đó hệ thống chung luyện được phân thành hệ thống chung luyện liên tục và hệ thống chung luyện gián đoạn.

Để đánh giá hiệu suất của tháp chung luyện có thể dùng khái niệm đĩa lý thuyết (bậc thay đổi nồng độ đĩa lý thuyết).

1.1. Đĩa lý thuyết (bậc thay đổi nồng độ lý thuyết)

Khái niệm về đĩa lý thuyết để chỉ điều kiện làm việc lý tưởng của một đoạn thiết bị khi các dòng pha đi ra khỏi đoạn thiết bị này sẽ ở trạng thái cân bằng pha với nhau (Hình 1).



Hình 1: Biểu diễn đĩa lý thuyết trên đồ thị x-y
x- nồng độ (phần mol) của cấu tử dễ bay hơi trong pha lỏng
y- nồng độ (phần mol) của cấu tử dễ bay hơi trong pha hơi

1.2. Phương pháp đồ thị dùng để xác định số đĩa lý thuyết NLT (phương pháp McCabe - Thiele) của tháp chưng luyện liên tục

Để xác định được số đĩa lý thuyết NLT của tháp chưng luyện liên tục hỗn hợp hai cấu tử bằng phương pháp đồ thị cần phải tiến hành xây dựng đường cân bằng pha lỏng - hơi (theo số liệu thực nghiệm) và đường nồng độ làm việc của đoạn chưng và đường nồng độ làm việc của đoạn luyện của tháp trên đồ thị x-y.

Khi xây dựng đường nồng độ làm việc của đoạn luyện và của đoạn chưng của tháp chưng luyện (Hình 2) thường chấp nhận các giả thiết sau:

- Thiết bị ngưng tụ trên đỉnh tháp không làm nhiệm vụ tách hỗn hợp (ngưng tụ toàn phần). Khi đó $y_p = x_p$;
- Thiết bị đun bay hơi đáy tháp không làm nhiệm vụ tách hỗn hợp. Khi đó $y_w = x_w$;
- Lưu lượng các dòng mol của pha lỏng và pha hơi dọc theo chiều cao của từng đoạn tháp là không đổi (điều kiện này chỉ đúng khi 1 mol cấu tử A ngưng tụ sẽ làm bay hơi 1mol cấu tử B hay nói cách khác là ẩn nhiệt hóa hơi mol của cấu tử A và B bằng nhau $r_A = r_B$).

Các giả thiết trên dẫn đến đường nồng độ làm việc của đoạn chưng và đoạn luyện của tháp là đường thẳng và hai đường này cắt đường chéo của hình vuông trên đồ thị x-y tại các điểm A (x_p, y_p) và C (x_w, y_w) (Hình 3).

Phương trình đường nồng độ làm việc của đoạn luyện:

$$y_L = \frac{R}{R+1}x + \frac{x_p}{R+1}$$

Phương trình đường nồng độ làm việc của đoạn chưng:

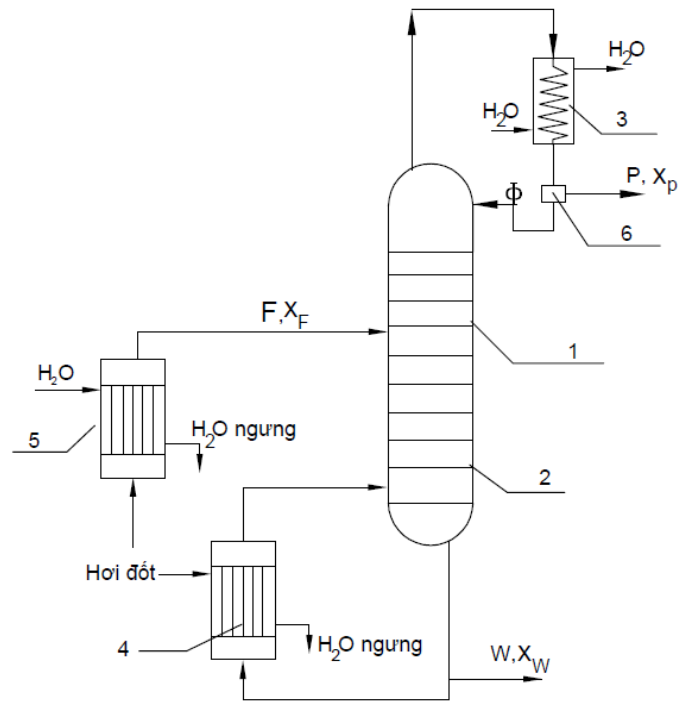
$$y_C = \frac{R+F/P}{R+1}x + \frac{1-F/P}{R+1}x_w$$

ở đây: F - Năng suất của tháp theo hỗn hợp đầu, Kmol/s

P - Lượng sản phẩm đỉnh, Kmol/s

$R = \frac{\Phi}{P}$ - Chi số hồi lưu

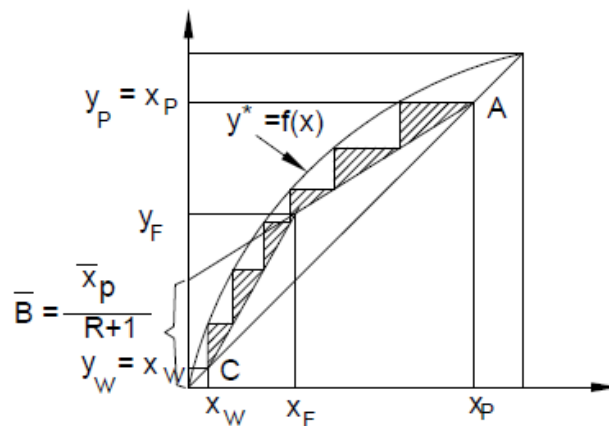
x_p, x_w - Nồng độ sản phẩm đỉnh và sản phẩm đáy (phần mol) (tính theo cấu tử dễ bay hơi)



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý của tháp chưng luyện liên tục hỗn hợp hai cấu tử

- 1 - Đoạn luyện
- 2- Đoạn chưng
- 3 - Thiết bị ngưng tụ trên đỉnh tháp
- 4 - Thiết bị đun bay hơi đáy tháp
- 5 - Thiết bị gia nhiệt hỗn hợp đầu
- 6 - Bộ không chế hồi lưu

Khi hỗn hợp đầu F vào tháp ở trạng thái lỏng và tại nhiệt độ sôi t_{SF} của hỗn hợp này thì hai đường nồng độ làm việc của đoạn chưng và đoạn luyện cắt nhau tại điểm B (x_F, y_F).



Hình 3. Xác định số đĩa lý thuyết N_{LT} của tháp chưng luyện bằng phương pháp McCabe – Thiele

Trên hình 3: đường AB là đường nồng độ làm việc của đoạn luyện

đường BC là đường nồng độ làm việc của đoạn chung

Để xác định số đĩa lý thuyết N_{LT} giữa đường nồng độ làm việc và đường cân bằng pha tiến hành vẽ các tam giác trong khoảng nồng độ x_w và x_p . Số tam giác dựng được đó chính là số N_{LT} cần tìm.

1.3. Xác định số đĩa lý thuyết nhỏ nhất N_{LTMin} ở chế độ hồi lưu hoàn toàn bằng phương pháp đồ thị (phương pháp McCabe-Thiele)

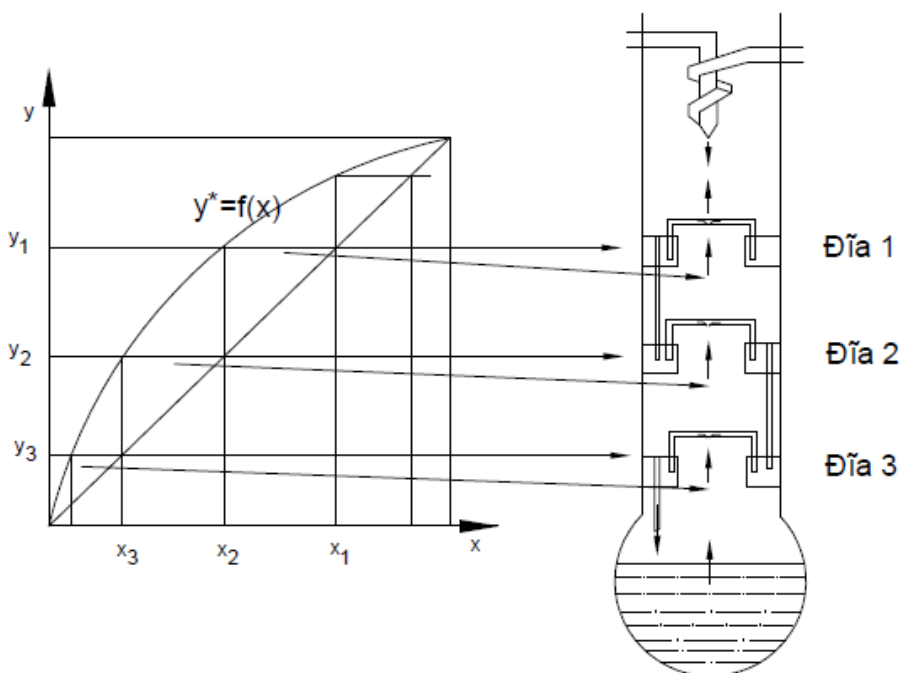
Khi cho tháp làm việc ở chế độ hồi lưu hoàn toàn (lượng sản phẩm đỉnh $P = 0$) thì chỉ số hồi lưu $R = \frac{\Phi}{P} = \infty$. Khi đó $\lim_{R \rightarrow \infty} \frac{R}{R+1} = 1$ và đường làm việc của toàn bộ tháp chưng luyện sẽ trùng với đường chéo của hình vuông trên đồ thị $x - y$ (Hình 4).

Dễ dàng nhận thấy khi $R = \infty$ số đĩa lý thuyết của tháp sẽ nhỏ nhất (N_{LTMin}).

Nếu biết số đĩa thực tế NTT của tháp và sau khi xác định được số đĩa lý thuyết N_{LTMin} có thể xác định được hiệu suất chung của tháp ở chế độ hồi lưu hoàn toàn.

$$\eta = \frac{N_{LTMin}}{N_{TT}}$$

Đại lượng η tìm được cho phép so sánh và đánh giá hiệu quả của các tháp chuyển khối.

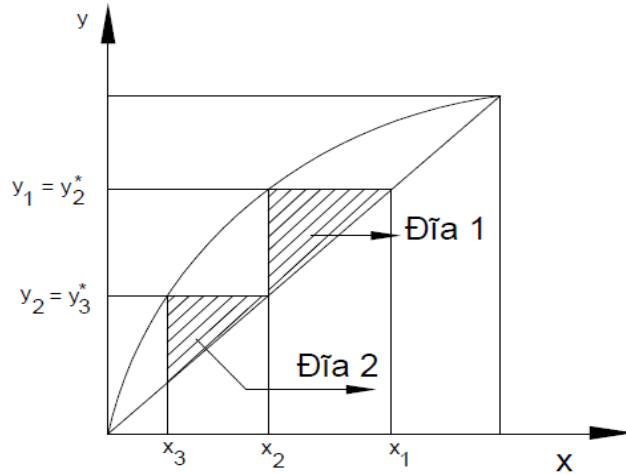


Hình 4. Xác định số đĩa lý thuyết nhỏ nhất N_{LTMin} bằng phương pháp McCabe-Thiele

1.4. Xác định số đĩa lý thuyết nhỏ nhất N_{LTMin} dựa vào phương trình Fenske - Underwood

Trong trường hợp nếu cân bằng pha lỏng hơi tuân theo định luật Raoult (dung dịch gần với dung dịch lý tưởng và hệ số bay hơi tương đối $\alpha = \frac{y^*/(1-y^*)}{x/(1-x)} \approx Const$)

thì số đĩa lý thuyết nhỏ nhất $N_{LTM\min}$ có thể xác định được theo phương trình Fenske – Underwood.



Hình 5. Đồ thị dung để thiết lập phương trình Fenske – Underwood

Theo định nghĩa của hệ số bay hơi tương đối cho đĩa thứ nhất ta có (Hình 5):

$$\frac{y_1}{1-y_1} = \frac{y_2^*}{1-y_2^*} = \alpha \frac{x_2}{1-x_2} \quad (a)$$

Mặt khác khi chỉ số hồi lưu $R = \infty$ đường nồng độ làm việc trùng với đường chéo hình vuông nên:

$$y_1 = x_1 \quad (b)$$

Kết hợp hai phương trình (a) và (b) sẽ được:

$$\frac{x_1}{1-x_1} = \alpha \frac{x_2}{1-x_2} \quad (c)$$

Tương tự cho đĩa thứ hai:

$$\frac{y_2}{1-y_2} = \frac{y_3^*}{1-y_3^*} = \alpha \frac{x_3}{1-x_3} \quad (d)$$

Vì $y_2 = x_2$ nên từ (d) ta có:

$$\frac{x_2}{1-x_2} = \alpha \frac{x_3}{1-x_3} \quad (e)$$

Kết hợp phương trình (c) và (e) sẽ được:

$$\frac{x_1}{1-x_1} = \alpha^2 \frac{x_3}{1-x_3} \quad (f)$$

Trong trường hợp tổng quát, khi số đĩa lý thuyết của tháp là $N_{LTM\min}$, nồng độ của cấu tử dễ bay hơi trên đỉnh tháp $x_1 = x_p$ và nồng độ của cấu tử dễ bay hơi ở đĩa cuối cùng của tháp là x_w ta có:

$$\frac{x_p}{1-x_p} = \alpha^{N_{LTM\min}} \frac{x_w}{1-x_w}$$

Từ phương trình trên sẽ nhận được phương trình Fenske - Underwood dùng để xác định số đĩa lý thuyết ở chế độ hồi lưu hoàn toàn của tháp chưng luyện:

$$N_{LTMin} = \frac{\ln \frac{x_p(1-x_w)}{(1-x_p)x_w}}{\ln \alpha}$$

Phương trình Fenske – Underwood thường dùng để xác định hiệu suất của tháp chưng luyện loại đĩa. Khi dùng phương trình trên để xác định N_{LTMin} của tháp thường chọn hỗn hợp hai cấu tử gần với dung dịch lý tưởng và cho tháp làm việc ở chế độ hồi lưu hoàn toàn ($R = \infty$). Khi tháp đã làm việc ổn định, tiến hành xác định nồng độ x_p và x_w của cấu tử dễ bay hơi trên đỉnh và ở phía đáy tháp. Sau đó áp dụng công thức Fenske – Underwood để tìm số đĩa lý thuyết nhỏ nhất N_{LTMin} . Biết số đĩa thực tế N_{TT} sẽ tính được hiệu suất η của tháp ở chế độ hồi lưu hoàn toàn.

Hệ số bay hơi tương đối α có thể xác định gần đúng theo công thức:

$$\log \alpha \approx 9 \frac{T_B - T_A}{T_B + T_A}$$

Hệ số bay hơi tương đối α tìm được theo công thức trên sẽ càng chính xác khi sự khác nhau về nhiệt độ sôi T_B và T_A của hai cấu tử A và B càng nhỏ. Công thức trên có thể dùng để xác định hệ số bay hơi tương đối α khi thiếu các số liệu về cân bằng pha lỏng – hơi của hệ đang xét.

2. THÍ NGHIỆM

2.1. Mục đích thí nghiệm

- Làm quen với hệ thống chưng luyện, cấu tạo tháp chóp và cách vận hành hệ thống thiết bị chưng luyện.
- Nắm được phương pháp tiến hành thí nghiệm, biết phương pháp lấy số liệu thực nghiệm và xử lý số liệu thực nghiệm.
- Xác định số đĩa lý thuyết N_{LTMin} , hiệu suất chung của tháp chưng luyện loại đĩa ở chế độ hồi lưu toàn phần.

2.2. Sơ đồ hệ thống thí nghiệm

(Sinh viên tự vẽ sơ đồ hệ thống thí nghiệm)

2.3. Vẽ cấu tạo một đĩa của tháp chưng luyện loại chóp

2.4. Vẽ sơ đồ đường đi của pha hơi và lỏng trong tháp chưng luyện loại đĩa chóp (vẽ hai đĩa liền kề sau đó biểu diễn đường đi và sự tiếp xúc pha của pha lỏng và pha hơi)

2.5. Bảng số liệu cân bằng pha lỏng- hơi của hệ rượu methylic - nước tại áp suất p = 760 mmHg

x (phần mol)	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
y* (phần mol)	0	26,8	41,8	57,9	66,5	72,9	77,9	82,5	87	91,5	95,8	100
t_{sôi}	100	92,3	87,7	81,7	78	75,3	73,1	71,2	69,3	67,6	66	64,5

KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Chung luyện hỗn hợp:.....

Tại áp suất $p =$

Nồng độ hỗn hợp trong bình chung trước khi tiến hành thí nghiệm (phần mol) $x_F =$

Chế độ làm việc $R =$

Thời gian	Nhiệt độ tại đĩa 1, TA2	Nhiệt độ tại đĩa 3, TB1	Nhiệt độ tại đĩa 5, TB2	Nhiệt độ tại đĩa 7, TE1	Nhiệt độ tại đĩa 9, TE2	Nhiệt độ tại đĩa 11, TF1	Nhiệt độ trên đỉnh tháp, TF2

Bảng nồng độ tương ứng trên các đĩa:

Đĩa	Đĩa 1	Đĩa 3	Đĩa 5	Đĩa 7	Đĩa 9	Đĩa 11	Trên đỉnh tháp
Nhiệt độ							
Nồng độ (phần mol)							

2.6. Xử lý các số liệu thực nghiệm

a. Xác định số đĩa lý thuyết N_{LTM} bằng phương pháp đồ thị.

b. Xác định số đĩa lý thuyết N_{LTM} bằng phương trình Fenske – Underwood

c. Hiệu suất chung của tháp

$$\eta = \frac{N_{LTMin}}{N_{TT}}$$

2.7. Nhận xét kết quả

- Cho nhận xét về phương pháp đồ thị và phương pháp Fenske – Underwood dùng để xác định N_{LTMin} .
- Cho nhận xét về hiệu suất chung của tháp chưng luyện loại đĩa chóp.