

BÀI GIẢNG

KỸ THUẬT SẤY (Tiết 17-18)

Giáo viên: ThS. Hoàng Văn Viết

Lớp: 18C1

Khoá: 18

Năm học: 2019-2020

Bài tập về nhà:

Một HTS đôi lưu có năng suất sấy $G_1 = 250\text{kg/h}$, độ ẩm VLS trước và sau quá trình sấy $\omega_1 = 80\%$, $\omega_2 = 25\%$. Không khí trước khi vào calorifer có các thông số $(t_o, \varphi_o) = (30^\circ\text{C}, 81\%)$ và $p = 1 \text{ at}$. Nhiệt độ TNS trước TBS $t_1 = 85^\circ\text{C}$, sau TBS $t_2 = 40^\circ\text{C}$. Xác định:

- Các thông số TNS ($d_{20}, l_{20}, \varphi_{20}$), lưu lượng thể tích KKA V_o (m^3/h) và Nhiệt lượng Q_o (kW) trong quá trình sấy lý thuyết.
- Các thông số TNS (d_2, l_2, φ_2), lưu lượng thể tích KKA V (m^3/h) và Nhiệt lượng Q (kW) trong quá trình sấy thực khi $\Delta = -400 \text{ kJ/kg}$ ẩm.

a)

Độ chứa hơi của không khí ngoài trời:

$$P_{b0} = \exp \left[12 - \frac{4026,42}{235,5 + t_0} \right] = \exp \left[12 - \frac{4026,42}{235,5 + 30} \right] = 0,0422 \text{ (bar)}$$

$$d_0 = 0,621 \frac{\varphi_0 \cdot P_{b0}}{P - \varphi_0 \cdot P_{b0}} = 0,621 \frac{0,81 \cdot 0,0422}{0,981 - 0,81 \cdot 0,0422} = 0,0224 \text{ (kgh/ kgkkk)}$$

Entanpi của không khí ngoài trời:

$$I_0 = C_{pk} \cdot t_0 + d_0 (r + C_{ph} \cdot t_0) = 87,46 \text{ (kJ / kgkk)}$$

- Độ chứa hơi d_{20}

$$d_{20} = d_1 + \frac{(C_{pk} + d_1 C_{ph})(t_1 - t_2)}{r + C_{ph} t_2} = 0,04072 \text{ (kgh/ kgkkk)}$$

Entanpi của TNS sau khi ra khỏi buồng sấy

$$I_{20} = I_1 = C_{pk} \cdot t_2 + d_{20}(r + C_{ph} \cdot t_2) = 144,96 (kJ / kgkk)$$

Độ ẩm của TNS sau khi ra khỏi buồng sấy

$$P_{b2} = \exp \left[12 - \frac{4026,42}{235,5 + t_2} \right] = 0,07317 \text{ (bar)}$$

$$\varphi_{20} = \frac{P \cdot d_{20}}{P_{b2} \cdot (0,621 + d_{20})} \approx 82,41 (\%)$$

Lượng nước bay hơi trong 1 giờ

$$W = G_1 \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2} = 250 \frac{80 - 25}{100 - 25} = 183,33 (kg / h)$$

Lượng không khí khô lý thuyết đi qua HTS trong 1 giờ

$$L_0 = \frac{W}{d_{20} - d_0} = 10030,61 \text{ (kgkk / h)}$$

Nhiệt lượng tiêu hao trong quá trình sấy lý thuyết

$$Q_o = L_0 \cdot (I_1 - I_0) = 576695 \text{ (kJ/ h)} = 160,2 \text{ (kW)}$$

Độ ẩm tương đối của TNS trước khi vào buồng sấy:

$$P_{b1} = \exp \left[12 - \frac{4026,42}{235,5 + t_1} \right] = 0,56954 \text{ (bar)}$$

$$\varphi_1 = \frac{P \cdot d_1}{P_{b1} \cdot (0,621 + d_1)} \approx 6 \text{ (\%)}$$

Tra bảng phụ lục 5 với nhiệt độ $t_1 = 85^\circ\text{C}$ và độ ẩm $\varphi_1 = 6\%$

Phụ lục 5. Thể tích không khí ẩm của 1kg không khí khô v (m^3/kg_{kk})
theo nhiệt độ và độ ẩm tương đối khi $p = 745 \text{ mmHg}$

$t (^{\circ}C)$	$\varphi (\%)$						
	100	90	70	50	30	10	0
-10	0,762	0,762	0,762	0,761	0,761	0,761	0,760
0	0,794	0,794	0,793	0,792	0,791	0,790	0,789
5	0,811	0,810	0,809	0,807	0,806	0,804	0,804
10	0,828	0,827	0,825	0,823	0,821	0,819	0,818
20	0,867	0,865	0,861	0,857	0,853	0,849	0,847
30	0,915	0,911	0,903	0,895	0,887	0,880	0,876
40	0,977	0,970	0,954	0,940	0,925	0,912	0,905
50	1,07	1,05	1,02	0,996	0,970	0,945	0,934
60	1,44	1,17	1,12	1,07	1,02	0,982	0,963
70	1,20	1,38	1,27	1,17	1,09	1,02	0,992
80	1,95	1,79	1,53	1,34	1,19	0,07	1,02
90	3,57	2,88	2,08	1,63	1,33	1,13	1,05

	$\varphi = 10 \%$	$\varphi = 0 \%$
t (oC)	v_o (m ³ /kg)	v_o (m ³ /kg)
80	0,07	1,02
85	0,6	1,035
90	1,13	1,05

$\varphi (\%)$	v_o (m ³ /kg)
10	0.6
6	0.774
0	1.035

Nội suy ta có $v_o = 0,774 \text{ m}^3/\text{kg}$

Lưu lượng thể tích KKA trong quá trình sấy lý thuyết:

$$V_o = L_o \cdot v_o = 7763,69 \left(\text{m}^3 / \text{h} \right)$$

b)

- Độ chứa hơi d_2 :

$$d_2 = d_1 + \frac{(C_{pk} + d_1 C_{ph})(t_1 - t_2)}{(r + C_{ph} t_2) - \Delta} = 0,0383 \text{ (kgh/ kgkkk)}$$

- Độ ẩm tương đối φ_2

$$\varphi_2 = \frac{P \cdot d_2}{P_{b2} \cdot (0,621 + d_2)} \approx 77,73 \text{ (\%)}$$

- Entanpi I_2

$$I_2 = C_{pk} \cdot t_2 + d_2 (r + C_{ph} \cdot t_2) = 138,63 \text{ (kJ / kgkk)}$$

- Lượng không khí khô lý thuyết đi qua HTS trong 1 giờ

$$L = \frac{W}{d_2 - d_0} = 11589,57 \text{ (kgkk / h)}$$

- Nhiệt lượng tiêu hao trong quá trình sấy thực

$$Q = L.(I_1 - I_0) / 3600 = 185,09 \text{ (kW)}$$

- Lưu lượng thể tích KKA trong quá trình sấy thực:

$$V = L.v_o = 8970,32 \text{ (m}^3 \text{ / h)}$$

CHƯƠNG III: TÍNH TOÁN NHIỆT THIẾT BỊ SẤY

3.2 TÍNH TOÁN NHIỆT THIẾT BỊ SẤY ĐỐI LƯU HỒI LƯU MỘT PHẦN TNS

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

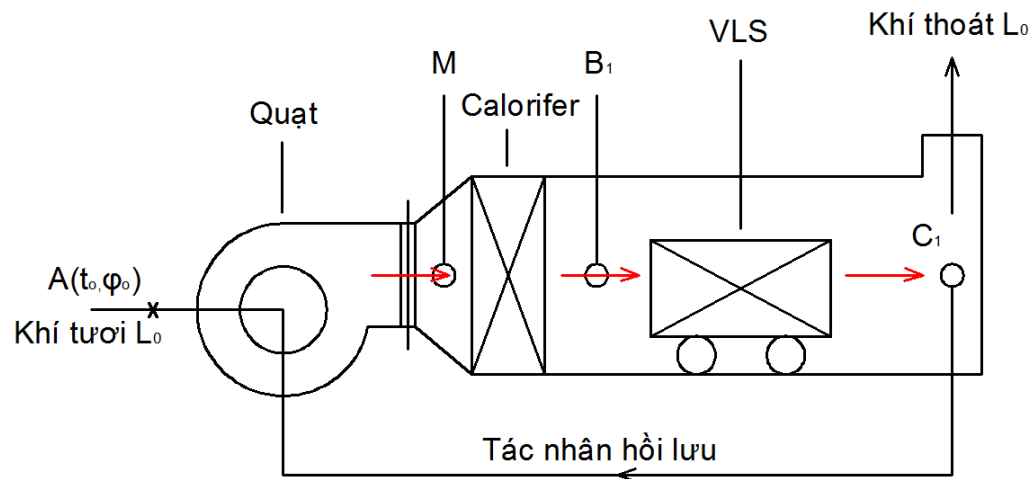
3.2.1 Sơ đồ và nguyên lý hoạt động

Ưu điểm:

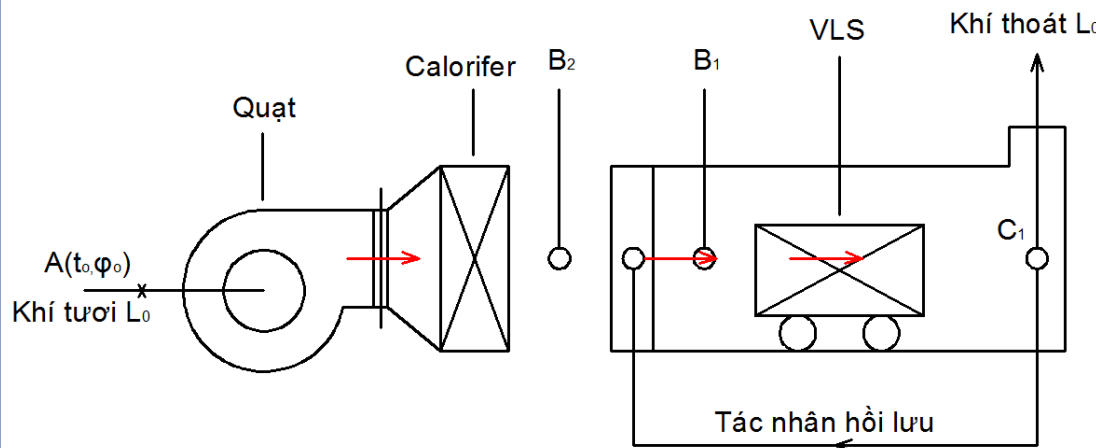
- Nhiệt độ TNS vẫn giữ nguyên so với chế độ sấy không hồi lưu nhưng độ ẩm cao hơn nên chế độ sấy dịu hơn, VLS giảm độ rạn nứt, cong vênh.
- Do hồi lưu một phần TNS nên tiết kiệm được một phần năng lượng.

Nhược điểm:

- Tăng chi phí vật tư, vận hành do lưu lượng qua quạt lớn (hồi lưu trước calorifer) và chi phí kênh dẫn TNS hồi lưu.



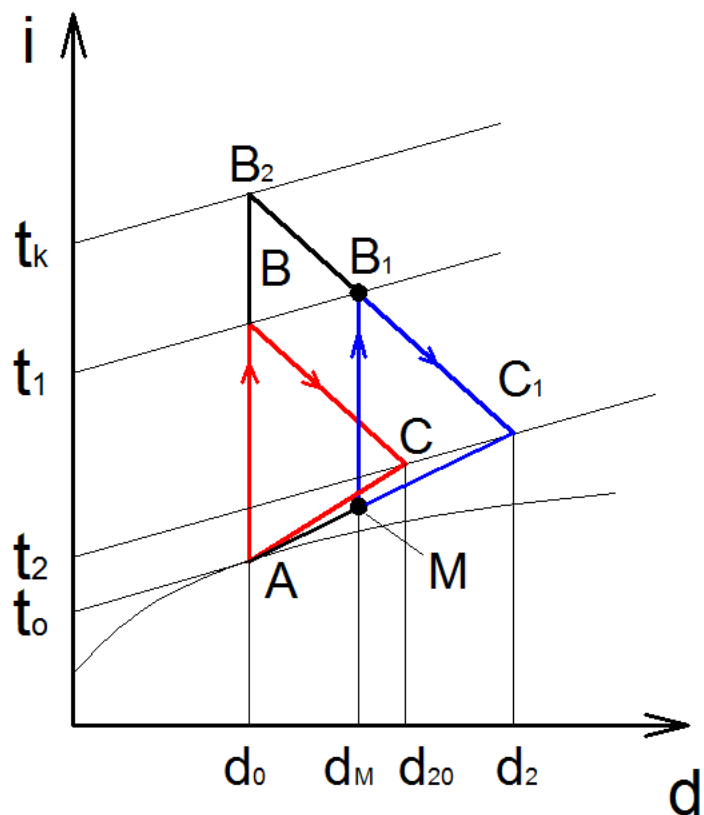
Hồi lưu trước calorifer



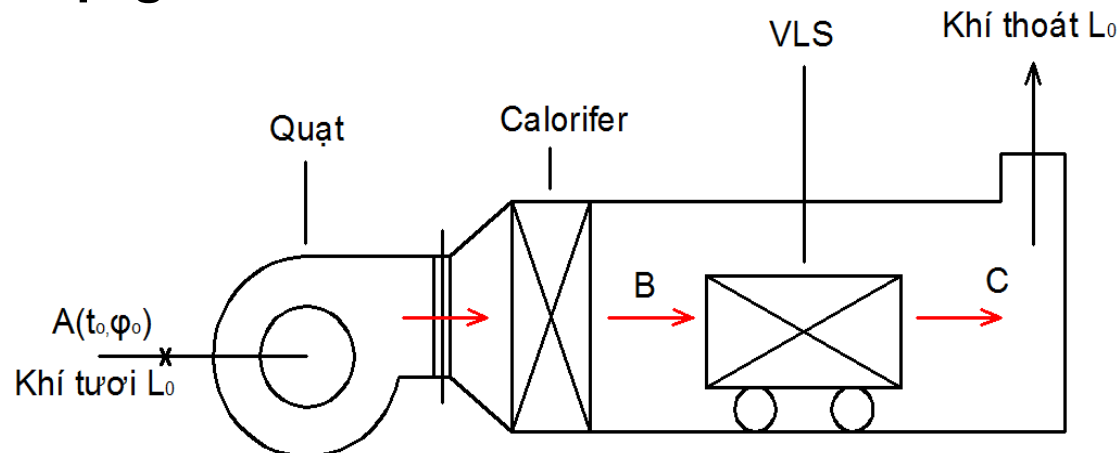
Hồi lưu sau calorifer

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

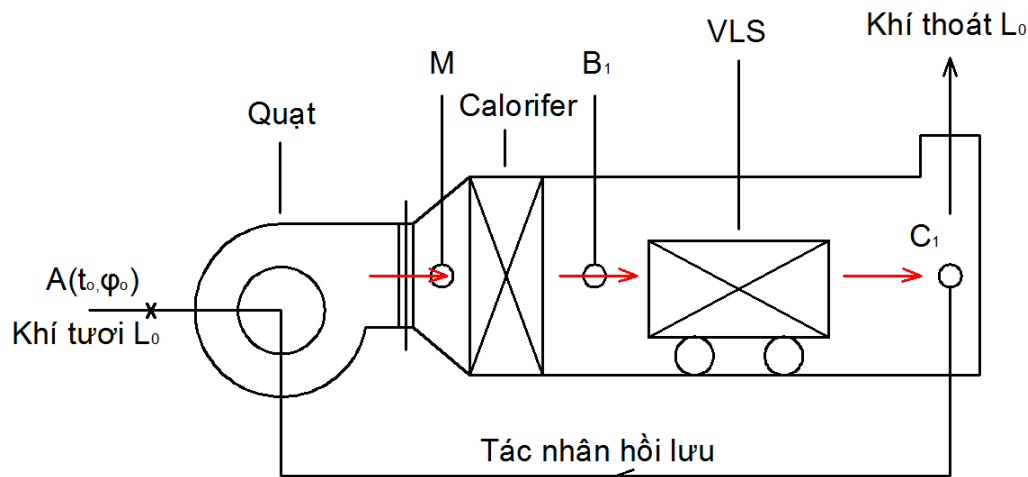
3.2.1 Sơ đồ và nguyên lý hoạt động



Biểu đồ QTS của **TBS không hồi lưu TNS** và **TBS hồi lưu một phần TNS**



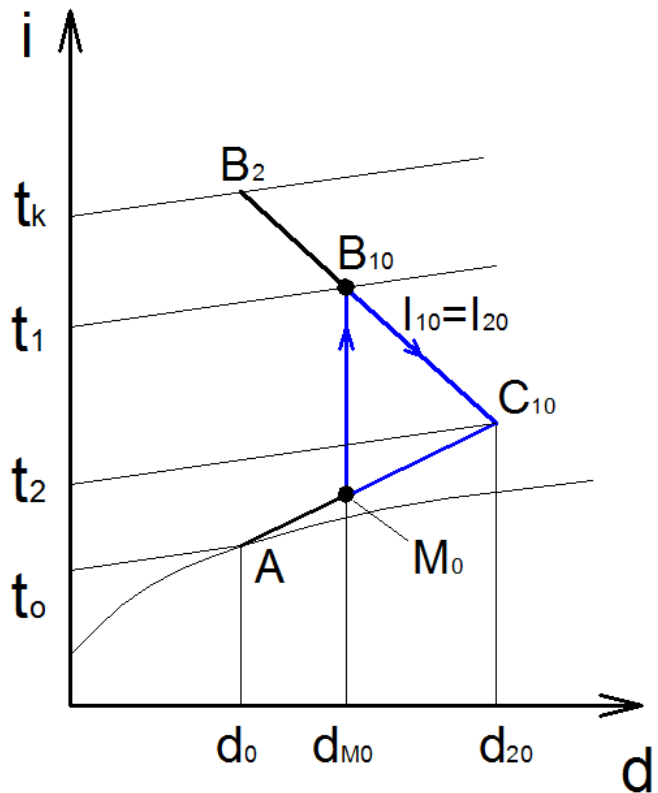
Sơ đồ nguyên lý TBS không hồi lưu TNS



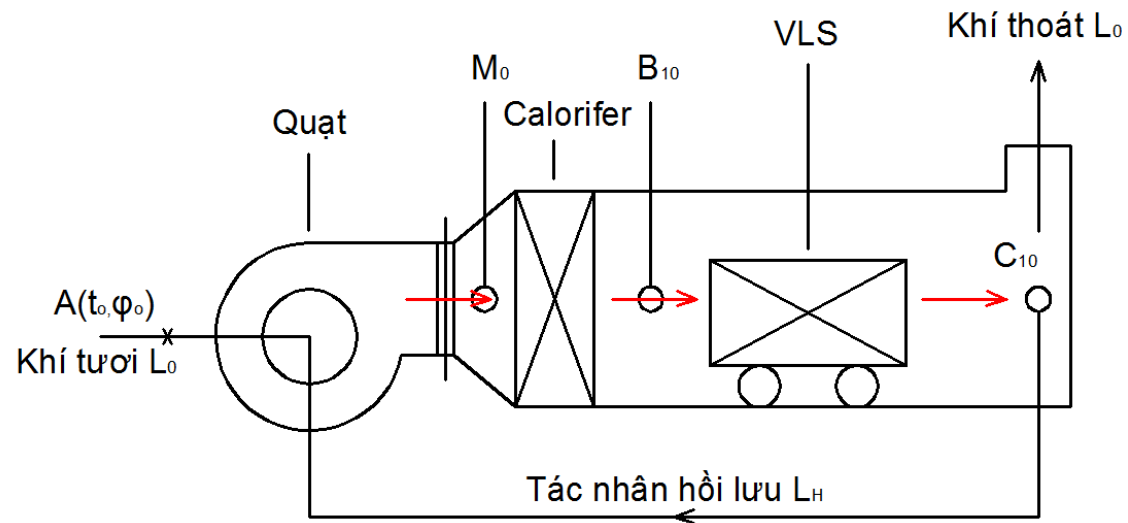
Sơ đồ nguyên lý TBS hồi lưu một phần TNS

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

3.2.2 Quá trình sấy lý thuyết



Biểu đồ QTS lý thuyết của TBS hồi lưu một phần TNS



Sơ đồ nguyên lý TBS hồi lưu một phần TNS

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

3.2.2 Quá trình sấy lý thuyết

- Hệ số hồi lưu n

$$n = \frac{L_h}{L_0} = \frac{l_h}{l_0} = \frac{\text{Lượng kk hồi lưu}}{\text{Lượng kk ngoài trời vào (khí tươi)}}$$

- Lượng kk mới đi vào HTS L_0

$$L_0 = \frac{W}{d_{20} - d_0} \left(\frac{kgkk}{h} \right)$$

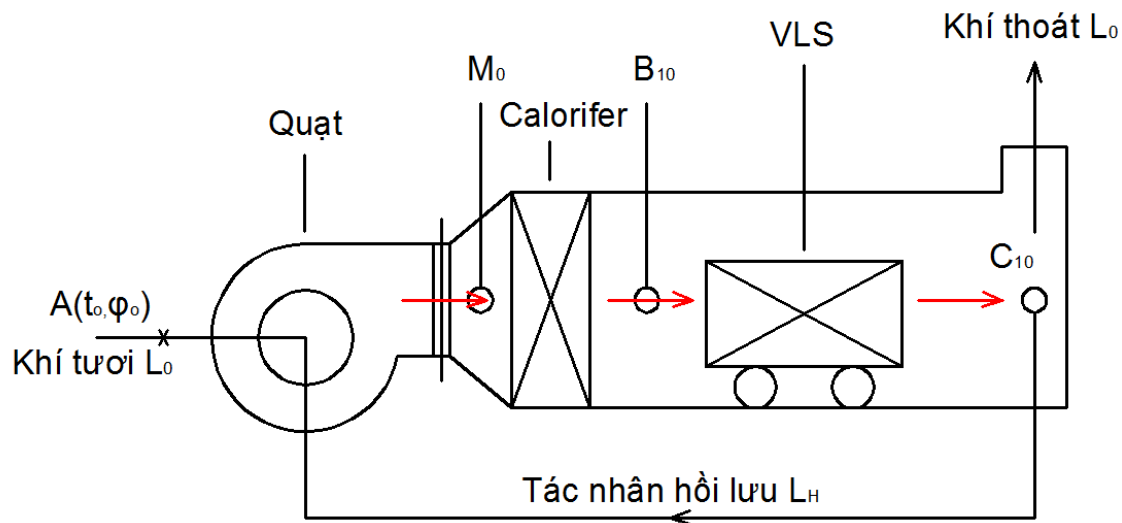
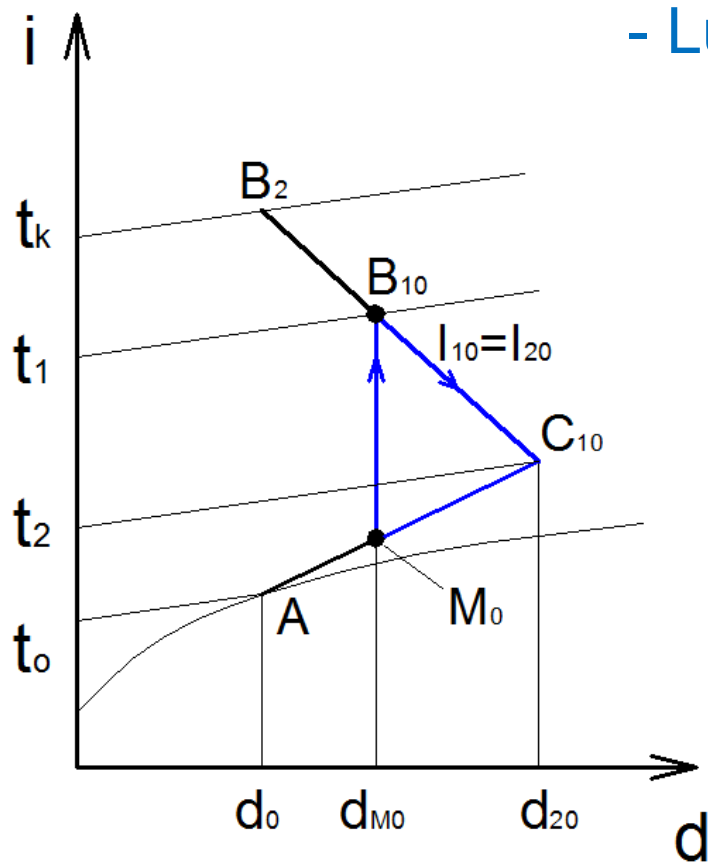
$$l_0 = \frac{L_0}{W} = \frac{1}{d_{20} - d_0} \left(\frac{kgkk}{kgh} \right)$$

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

3.2.2 Quá trình sấy lý thuyết

- Lưu lượng TNS dịch chuyển trong TBS:

$$L = L_H + L_0 \quad \text{hay} \quad l = l_H + l_0$$



PT cân bằng ẩm cho TBS: $Ld_{M0} + G_1\omega_1 = Ld_{20} + G_2\omega_2$

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

3.2.2 Quá trình sấy lý thuyết

Suy ra:

-Lưu lượng TNS dịch chuyển trong TBS

$$L = \frac{W}{d_{20} - d_{M0}} \left(\frac{kgkk}{h} \right)$$

- Tính cho 1 kg ẩm

$$l = \frac{L}{W} = \frac{1}{d_{20} - d_{M0}} \left(\frac{kgkk}{kgh} \right)$$

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

3.2.2 Quá trình sấy lý thuyết

- Độ chứa hơi sau quá trình sấy lý thuyết d_{20}

$$d_{20} = \frac{\frac{C_{pk}(t_1 - t_2)}{i_2 - \Delta} + \frac{d_o \cdot i_1}{(1+n)i_2}}{1 - \frac{n \cdot i_1}{(1+n)i_2}} \left(\frac{kgH}{kgkkk} \right)$$

Trong đó: $i_1 = r + C_{ph}t_1$ và $i_2 = r + C_{ph}t_2$ (kJ/kgH)

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

3.2.2 Quá trình sấy lý thuyết

- Thông số TNS tại điểm hỗn hợp M_0

$$l_H = l - l_0 = \left[\frac{1}{d_{20} - d_{M0}} \right] - \left[\frac{1}{d_{20} - d_0} \right] \left(\frac{kgkk}{kgh} \right)$$

$$d_{M0} = \frac{d_0 + nd_{20}}{1 + n} \left(\frac{kgh}{kgkkk} \right)$$

$$I_{M0} = \frac{I_0 + nI_{20}}{1 + n} = \frac{I_0 + nI_{10}}{1 + n} \left(\frac{kJ}{kgkk} \right)$$

$$t_{M0} = \frac{(C_{pk} + d_0 C_{ph})t_0 + (C_{pk} + d_{20} C_{ph})t_2}{(1 + n)(C_{pk} + d_{M0} C_{ph})} (^{\circ}C)$$

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

- Nhiệt lượng tiêu hao để bốc hơi 1 kg ẩm trong quá trình sấy lý thuyết q_o

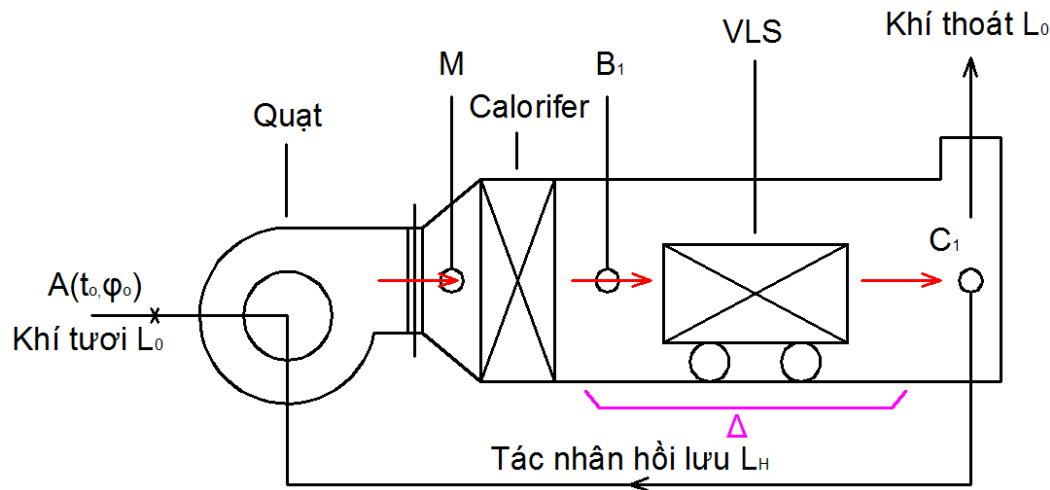
$$q_o = l \cdot (I_{10} - I_{M0}) = \frac{I_{20} - I_{M0}}{d_{20} - d_{M0}} = \frac{I_{20} - I_0}{(1+n)(d_{20} - d_{M0})} \quad (\text{kJ/ kgh})$$

- Nhiệt lượng tiêu hao trong quá trình sấy lý thuyết

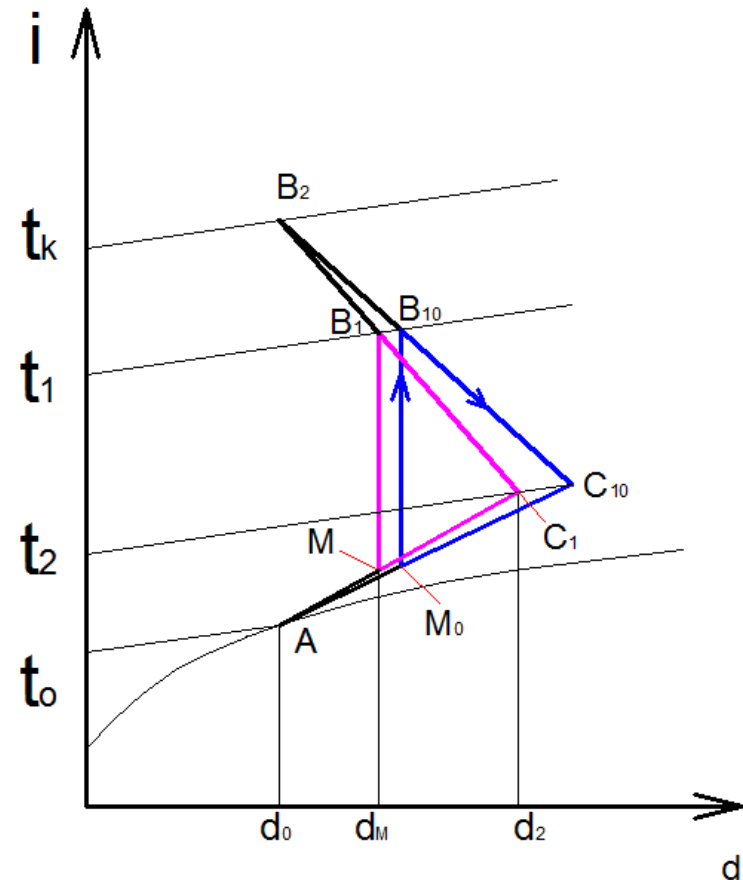
$$Q_o = L \cdot (I_{10} - I_{M0}) / 3600 \quad (\text{kW})$$

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

3.2.3 Quá trình sấy thực



Sơ đồ nguyên lý TBS đối lưu hồi lưu một phần TNS



Biểu đồ QTS thực của TBS đối lưu hồi lưu một phần TNS

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

3.2.3 Quá trình sấy thực

Độ chứa hơi sau quá trình sấy thực d_2

$$d_2 = \frac{\frac{C_{pk}(t_1 - t_2)}{i_2 - \Delta} + \frac{d_o(i_1 - \Delta)}{(1+n)(i_2 - \Delta)}}{1 - \frac{n(i_1 - \Delta)}{(1+n)(i_2 - \Delta)}} \left(\frac{kg}{kg} \right)$$

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

3.2.3 Quá trình sấy thực

- Thông số TNS tại điểm hỗn hợp M

$$l_H = l - l_0 = \left[\frac{1}{d_2 - d_M} \right] - \left[\frac{1}{d_2 - d_0} \right] \left(\frac{kgkk}{kgh} \right)$$

$$d_M = \frac{d_0 + nd_2}{1 + n} \left(\frac{kgh}{kgkkk} \right)$$

$$I_M = \frac{I_0 + nI_2}{1 + n} \left(\frac{kJ}{kgkk} \right)$$

$$t_M = \frac{(C_{pk} + d_0 C_{ph}) t_0 + (C_{pk} + d_2 C_{ph}) t_2}{(1 + n)(C_{pk} + d_M C_{ph})} (^{\circ}C)$$

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

- Lưu lượng TNS dịch chuyển trong TBS

$$L = \frac{W}{d_2 - d_M} \left(\frac{kgkk}{h} \right)$$

- Tính cho 1 kg ẩm

$$l = \frac{L}{W} = \frac{1}{d_2 - d_M} \left(\frac{kgkk}{kgh} \right)$$

- Nhiệt lượng tiêu hao để bốc hơi 1 kg ẩm trong quá trình sấy thực q

$$q = l \cdot (I_1 - I_M) = \frac{I_1 - I_M}{d_2 - d_M} \left(\frac{kJ}{kgh} \right)$$

- Nhiệt lượng tiêu hao trong quá trình sấy thực

$$Q = L \cdot (I_1 - I_M) / 3600 \quad (\text{kW})$$

3.2. Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có hồi lưu một phần tác nhân sấy

VD: Cho một HTS dùng không khí nóng làm TNS thực hiện chế độ sấy hồi lưu một phần với $n = 1,5$. Cho biết thông số không khí ngoài trời $A(t_0, \varphi_0) = A(26^\circ\text{C}, 84\%)$, nhiệt độ TNS trước và sau QTS $t_1 = 60^\circ\text{C}$, $t_2 = 40^\circ\text{C}$, tổn thất nhiệt $\Delta = -450\text{kJ/kg}$ ẩm. Xác định:

- Thông số TNS ra khỏi TBS trong quá trình sấy lý thuyết, thực tế.
- Thông số trạng thái hỗn hợp và nhiệt lượng cần thiết trong quá trình sấy lý thuyết và sấy thực

Hướng dẫn giải

a) Từ $t_0 \Rightarrow p_{b0} \Rightarrow (d_0, I_0) \Rightarrow (d_{20}, d_2) \Rightarrow (I_{20}, I_2)$

b) Từ $(d_0, d_{20}) \Rightarrow (d_{M0}, t_{M0})$; Từ $(I_{20}, I_0) \Rightarrow I_{M0}$

Từ $(d_0, d_2) \Rightarrow (d_M, t_M)$; Từ $(I_2, I_0) \Rightarrow I_M$

Có d_{20}, d_{M0} ta có nhiệt lượng theo lý thuyết q_0

Có d_M ta tính được I_1 sau đó tính được nhiệt lượng theo thực tế q

Độ chứa hơi của không khí ngoài trời:

$$P_{b0} = \exp \left[12 - \frac{4026,42}{235,5 + t_0} \right] = \exp \left[12 - \frac{4026,42}{235,5 + 26} \right] = 0,0335 \text{ (bar)}$$

$$d_0 = 0,621 \frac{\varphi_0 \cdot P_{b0}}{P - \varphi_0 \cdot P_{b0}} = 0,621 \frac{0,84 \cdot 0,0335}{0,981 - 0,84 \cdot 0,0335} = 0,0183 \text{ (kg / kgkk)}$$

Entanpi của không khí ngoài trời:

$$I_0 = C_{pk} \cdot t_0 + d_0 (r + C_{ph} \cdot t_0) = 72,82 \text{ (kJ / kgkk)}$$

Độ chứa hơi sau quá trình sấy lý thuyết d_{20}

$$d_{20} = \frac{\frac{C_{pk}(t_1 - t_2)}{i_2 - \Delta} + \frac{d_o \cdot i_1}{(1+n)i_2}}{1 - \frac{n \cdot i_1}{(1+n)i_2}} = 0,03894 \left(\frac{\text{kg}}{\text{kgkk}} \right)$$

Độ chứa hơi sau quá trình sấy thực d_2

$$d_2 = \frac{\frac{C_{pk}(t_1 - t_2)}{i_2 - \Delta} + \frac{d_o(i_1 - \Delta)}{(1+n)(i_2 - \Delta)}}{1 - \frac{n(i_1 - \Delta)}{(1+n)(i_2 - \Delta)}} = 0,03582 \left(\frac{kg}{kg} \right)$$

- Entanpi của TNS sau QTS lý thuyết

$$I_{20} = C_{pk} \cdot t_2 + d_{20}(r + C_{ph} \cdot t_2) = 140,38 (kJ / kg)$$

- Entanpi của TNS sau QTS thực

$$I_2 = C_{pk} \cdot t_2 + d_2(r + C_{ph} \cdot t_2) = 132,34 (kJ / kg)$$

- Thông số TNS tại điểm hỗn hợp M_0

$$d_{M0} = \frac{d_0 + nd_{20}}{1+n} = 0,0307 \left(\frac{kg h}{kg kkk} \right)$$

$$l_H = l - l_0 = \left[\frac{1}{d_{20} - d_{M0}} \right] - \left[\frac{1}{d_{20} - d_0} \right] = 72,8 \left(\frac{kg kk}{kg h} \right)$$

$$I_{M0} = \frac{I_0 + nI_{20}}{1+n} = \frac{I_0 + nI_{10}}{1+n} = 113,36 \left(\frac{kJ}{kg kk} \right)$$

$$t_{M0} = \frac{(C_{pk} + d_0 C_{ph})t_0 + (C_{pk} + d_{20} C_{ph})t_2}{(1+n)(C_{pk} + d_{M0} C_{ph})} = 26,41(^{\circ}C)$$

- Thông số TNS tại điểm hỗn hợp M

$$d_M = \frac{d_0 + nd_2}{1 + n} = 0,0288 \left(\frac{kg h}{kg k k k} \right)$$

$$l_H = l - l_0 = \left[\frac{1}{d_2 - d_M} \right] - \left[\frac{1}{d_2 - d_0} \right] = 85,81 \left(\frac{kg k k}{kg h} \right)$$

$$I_M = \frac{I_0 + nI_2}{1 + n} = 108,53 \left(\frac{kJ}{kg k k} \right)$$

$$t_M = \frac{(C_{pk} + d_0 C_{ph})t_0 + (C_{pk} + d_2 C_{ph})t_2}{(1 + n)(C_{pk} + d_M C_{ph})} = 26,40(^{\circ}C)$$

- Nhiệt lượng tiêu hao để bốc hơi 1 kg ẩm trong quá trình sấy lý thuyết q_o

$$q_o = l \cdot (I_{10} - I_{M0}) = \frac{I_{20} - I_{M0}}{d_{20} - d_{M0}} = 3278,8 \text{ (kJ/ kgh)}$$

- Nhiệt lượng tiêu hao để bốc hơi 1 kg ẩm trong quá trình sấy thực q

$$q = l \cdot (I_1 - I_M) = \frac{I_1 - I_M}{d_2 - d_M} = 3854,84 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kgh}} \right)$$

Bài tập về nhà:

Cho một HTS dùng không khí nóng làm TNS thực hiện chế độ sấy hồi lưu một phần với $n = 1,2$. Cho biết thông số không khí ngoài trời $A(t_0, \varphi_0) = A(30^\circ\text{C}, 84\%)$, nhiệt độ TNS trước và sau QTS $t_1 = 62^\circ\text{C}$, $t_2 = 41^\circ\text{C}$, tổn thất nhiệt $\Delta = -400\text{kJ/kg}$ ẩm. Xác định:

- Thông số TNS ra khỏi TBS trong quá trình sấy lý thuyết, thực tế.
- Thông số trạng thái hỗn hợp và nhiệt lượng cần thiết trong lý thuyết và sấy thực
- Thẻ tích KKA trong QTS lý thuyết và QTS thực

Yêu cầu đọc trước:

Tính toán nhiệt thiết bị sấy đối lưu có đốt nóng trung gian TNS [1] và [2]