

NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM SẤY GỖ BẰNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI KẾT HỢP NỒI DẦU

Hoàng Xuân Niên¹, Nguyễn Minh Hùng²

¹PGS.TS. Trường Đại học Thủ Dầu Một

²TS. Trường Đại học Lâm nghiệp

TÓM TẮT

Bài viết trình bày kết quả nghiên cứu tính toán, lựa chọn một số bộ phận chính của hệ thống sấy kết hợp cấp nhiệt cho 1 lò sấy với khối lượng gỗ 25 m³/mẻ sấy với các thông số cụ thể là: Một hệ thống thu NLMT dung tích 320 lít; Hệ thống calorife là hệ thống ống tản nhiệt có cánh gồm 26 ống đường kính d = 0,027 m dài 2,5 m bố trí thành hai nhánh; Nồi dầu gồm hệ thống ống dẫn đường kính d = 0,042 m dài 60 m quấn tròn với đường kính D = 0,9 m, chiều cao nồi dầu h = 1,1 m. Kết quả tính toán thiết kế hệ thống thiết bị thí nghiệm sấy gỗ bằng năng lượng mặt trời kết hợp nồi dầu với chất tải nhiệt là *Apig Seriola 6100* đã được thiết kế, chế tạo và vận hành, nghiệm thu tại tỉnh Lâm Đồng trong khuôn khổ đề tài khoa học công nghệ “Nghiên cứu giải pháp công nghệ rút ngắn thời gian sấy và tiết kiệm năng lượng trong sấy gỗ”.

Từ khóa: Calorifer, năng lượng mặt trời, nồi dầu, sấy kết hợp, tải nhiệt.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Năng lượng mặt trời là loại năng lượng đang được sử dụng tự do và là một trong những loại năng lượng không bị ô nhiễm. Ứng dụng hiệu quả nhất của năng lượng mặt trời là sử dụng ánh sáng mặt trời để làm nóng nước. Tính đến năm 2007, tổng công suất lắp đặt của các hệ thống nước nóng năng lượng mặt trời của toàn thế giới là khoảng 154 GW, tại Hoa Kỳ, Canada và Úc làm nóng bể bơi là ứng dụng ưu thế của nước nóng năng lượng mặt trời với công suất lắp đặt 18 GW vào năm 2005. Ở vị trí địa lý thấp (vĩ độ dưới 40°) có thể sử dụng hệ thống NLMT để làm nóng 60 – 70% lượng nước để dùng cho sưởi ấm.

Miền Đông Nam Bộ là vùng có nhiệt độ trung bình hằng năm là 26,5°C, tính theo tháng thì nhiệt độ trung bình cao nhất 29°C (tháng 4), tháng thấp nhất 24°C (tháng 1). Tổng nhiệt độ hoạt động hàng năm khoảng 9.500 - 10.000°C, số giờ nắng trung bình 2.400 giờ, có năm lên tới 2.700 giờ. Với điều kiện thời tiết như vậy là điều kiện tốt để sử dụng năng lượng mặt trời vào việc làm nóng chất tải nhiệt cho công nghệ sấy gỗ.

Tuy nhiên, nếu chỉ sử dụng 1 nguồn làm

nóng duy nhất là năng lượng mặt trời thì chúng ta chỉ có thể áp dụng chế độ sấy có nhiệt độ thấp và gặp nhiều khó khăn không thể tránh khỏi phụ thuộc hoàn toàn vào thời tiết và sự khác biệt giữa 2 thời điểm ngày và đêm dẫn tới tình trạng không thể chủ động điều khiển được chế độ sấy. Do vậy, việc nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống cấp nhiệt cho thiết bị thí nghiệm sử dụng năng lượng mặt trời kết hợp sử dụng nồi dầu trong sấy gỗ là việc làm cần thiết và có ý nghĩa thiết thực.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

- Tính toán hệ thống nồi dầu.
- Tính toán hệ thống thiết bị năng lượng mặt trời.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp sử dụng trong nghiên cứu này là tính toán lý thuyết để xác định thông số đặc tính kỹ thuật chính của hệ thống calorifer để truyền tải nhiệt dầu để sấy gỗ.

Trong quá trình tính toán có kết quả nghiên cứu của đề tài: Nghiên cứu khoa học công nghệ của tỉnh Lâm Đồng (năm 2015) là thông tin đầu vào để có cơ sở tính toán thiết kế hệ thống thiết bị sấy như sau:

2.2.1. Cường độ bức xạ mặt trời chiếu vuông góc với 1 m² bề mặt trái đất

- Cường độ bức xạ của mặt trời trong khí quyển là: $Q_{1m^2} = 1353 \text{ W/m}^2$;

- Cường độ bức xạ trung bình của mặt trời đến trái đất bằng khoảng 70 - 80% bức xạ ngoài bầu khí quyển; khi đó $Q_{1m^2-TB} = 1.082 \text{ W/m}^2$.

2.2.2. Công suất nhiệt của hệ thống sấy

- Nhiệt lượng tiêu hao để sấy một mẻ (25 m³ gỗ) bằng tổng nhiệt lượng tiêu hao của cả 3 giai đoạn: giai đoạn (1) 35,6 giờ, giai đoạn (2) 63,8 giờ và giai đoạn (3) là 137,6 giờ (tổng cộng 237,04 giờ). Do đó:

$$Q_{\text{tiêu hao}} = 1039.502,777 \text{ kJ}$$

- Công suất nhiệt trung bình mà bộ đốt nóng không khí (calorifer) cần dùng:

$$Q_{tb} = Q_{\text{tiêu hao}}/t = 1039.502,777 \text{ kJ}/237,04 \times 3.600 = 1,218 \text{ kw}$$

- Công suất nhiệt lớn nhất là công suất nhiệt tiêu hao của giai đoạn 2:

$$Q_{\text{cực đại}} = Q_{th2}/t = 475.940,08 \text{ kJ}/3600$$
$$Q_{\text{cực đại}} = 132.206 \text{ W}$$

2.2.3. Thông số nguyên liệu gỗ sấy

Gỗ sấy có khối lượng thể tích $\gamma = 577 \text{ kg/m}^3$; Quy cách gỗ sấy: 30 x 120 x 3000 mm; Năng suất lò sấy: $E_{lò} = 25 \text{ m}^3/\text{mẻ}$ sấy; Chiều cao đóng gỗ $H' = 2,8 \text{ m}$; Chiều rộng đóng gỗ: $B' = 2,8 \text{ m}$; Chiều dài đóng gỗ: $L' = 3 \text{ m}$.

2.2.4. Chất lỏng tải nhiệt (heat transfer oil) Apig Seriola 6100

Chất Apig Seriola 6100 có thông số đặc tính cơ bản là: khối lượng riêng ở 15°C: 0,8683 kg/l; độ nhớt động học ở 25°C: 65,76 mm²/s; độ nhớt động học 100°C: 5,58 mm²/s; chỉ số độ nhớt: 96; điểm đông đặc: - 9°C; điểm chớp cháy: 260°C; điểm bắt lửa: 290°C.

2.2.5. Ống trao đổi nhiệt của Calorifier loại có cánh với các thông số sau

Đường kính ngoài và trong ống: $d_2/d_1 = 27/21 \text{ mm}$; đường kính cánh $d_c = 60 \text{ mm}$; hệ số

tăng diện tích do dập cánh gọn sóng $h_c = 1,15$; chiều dày cánh $\delta_c = 0,3 \text{ mm}$; bước cánh $t = 7,5 \text{ mm}$; bước ống $s = 110 \text{ mm}$; cánh bằng nhôm 92%Al, 8%Mg; chiều dài phần nằm ngang của ống $l = 2,5 \text{ m}$.

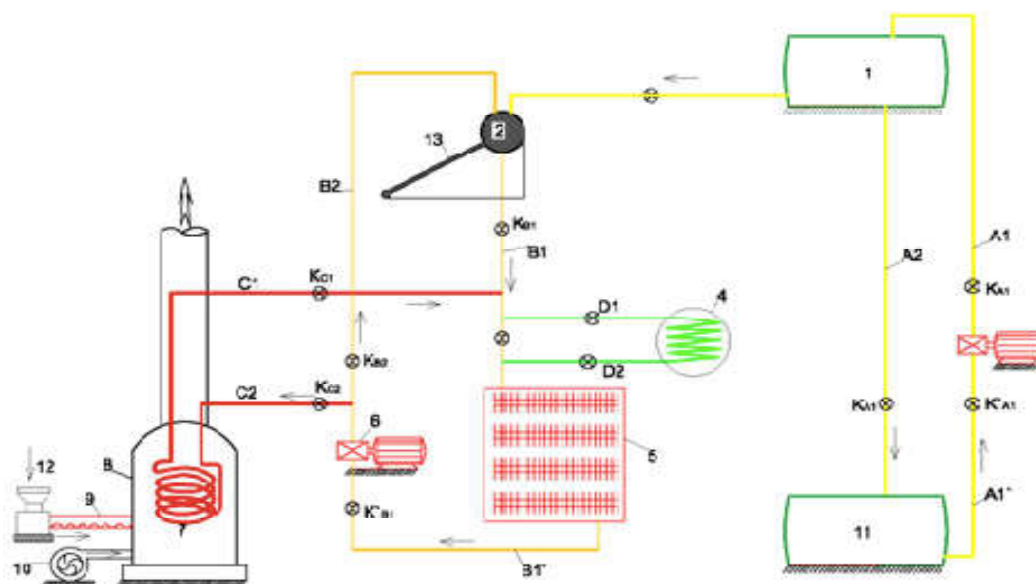
III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Cấu tạo của hệ thống thu NLMT kết hợp năng lượng cung cấp từ nồi dầu

3.1.1. Sơ đồ và nguyên lý hoạt động sấy kết hợp

Sơ đồ cấu tạo của hệ thống thiết bị sấy kết hợp năng lượng mặt trời và nồi dầu như trong hình 1.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống được mô tả như sau: Dầu tải nhiệt (hay còn gọi là chất lỏng tải nhiệt - CLTN) từ bồn chứa 11 được bơm lên bồn làm đầy 1 theo đường A1, đường A2 xả CLTN về bồn khi cần thiết. Các khóa K_{A1} ; $K_{A'1}$; K_{A2} làm nhiệm vụ đóng - mở mạch cung cấp làm đầy CLTN khi cần thiết. Từ bồn làm đầy 1 CLTN được dẫn sang cụm thiết bị thu năng lượng mặt trời. Bồn 2 chứa CLTN, từ bồn 2 CLTN theo đường B1 xuống calorifer 5. Bơm luân chuyển 6 đưa CLTN theo đường B2 về bồn 2. Ống thu năng lượng 13 nhận năng lượng mặt trời làm nóng CLTN và tiếp tục chuyển CLTN xuống calorifer 5 và truyền nhiệt cho calorifer 5 để cấp nhiệt cho lò sấy. Các khóa K_B trên các đường ống $B_{1,2}$ đóng mở hệ thống luân chuyển CLTN khi cần thiết. Khi thời tiết xấu hoặc ban đêm không thu được NLMT hệ thống đường ống $B_{1,2}$ được đóng lại, hệ thống các đường ống $C_{1,2}$ mở ra dẫn CLTN qua nồi dầu. Lò đốt sử dụng chất đốt là mặt cưa dăm bào, lá cây, vỏ cây... để duy trì và nâng nhiệt độ, cấp nhiệt cho calorifer đưa vào lò sấy. Khóa $K_{C1,2}$ đóng mở hệ thống ống dẫn khi cần thiết. Khi nhiệt độ lên cao quá mức cần thiết cần hạn chế lượng dầu vào calorifer và mở van trên hệ thống đường ống $D_{1,2}$ dẫn ra bể làm lạnh.



Hình 1. Sơ đồ luân chuyển chất lỏng tải nhiệt hoạt động của hệ thống thiết bị kết hợp

Chú thích : 1 - bồn làm đầy; 2 - hệ thống thu NLMT; 3 - đường ống dẫn CLTN từ bồn 1 sang bồn 2; 4 - bể làm lạnh; 5 - calorifer; 6 - bơm luân chuyển; 7 - nồi dầu; 8 - lò đốt ; 9 - cấp liệu cho lò đốt; 10 - quạt gió; 11- bồn chứa dầu về; 12 - phễu nạp nguyên liệu đốt; 13 - ống thu năng lượng mặt trời; A1 - đường dầu làm đầy bồn dầu; B 1 - đường dầu qua calorifer từ hệ thống thu năng lượng mặt trời; C1 - đường dầu đi - về từ nồi dầu; D1 - đường dầu đi - về qua bể làm lạnh để điều chỉnh nhiệt độ.

3.2. Tính thiết bị thu năng lượng mặt trời

3.2.1. Diện tích và khối lượng dầu trong ống thu năng lượng mặt trời

Diện tích xung quanh ống thu năng lượng mặt trời (với loại đường kính 47 mm):

$$F_{xq \text{ ống thu NLMT}} = \pi \times d_t \times L = 0,047 \times 3,14 \times 1,5 \text{ m}$$

$$F_{xq \text{ ống thu NLMT}} = 0,2213 \text{ m}^2$$

Diện tích thu năng lượng mặt trời của ống bằng 1/2 diện tích xung quanh ống thu năng lượng mặt trời:

$$F_{\text{thu NLMT}} = 1/2 F_{xq \text{ ống thu NLMT}} = 0,1106 \text{ m}^2$$

Thể tích bên trong ống thu năng lượng mặt trời:

$$V = 0,25 \pi \times d_t^2 \times L = 0,25 \times 3,14 \times 0,47 \times 0,47 \times 1,5$$

$$V = 0,0026 \text{ m}^3$$

Khối lượng dầu chứa trong một ống thu nhiệt:

$$m = V \times \rho = 0,0026 \times 829,94 = 2,16 \text{ kg}$$

3.2.2. Tính nhiệt lượng hữu dụng của NLMT

Phương trình cân bằng năng lượng đối với tấm thu năng lượng mặt trời như sau:

$$[(\text{Nhiệt bức xạ mặt trời}) + (\text{Nhiệt bức xạ bầu trời})] = [(\text{Tổn thất nhiệt đối lưu}) + (\text{Tổn$$

thất nhiệt bức xạ bề mặt) + (Năng lượng bức xạ mặt trời được sử dụng)].

Do đó:

$$\text{Năng lượng bức xạ mặt trời được sử dụng} = [(\text{Nhiệt bức xạ mặt trời}) + (\text{Nhiệt bức xạ bầu trời}) - (\text{Tổn thất nhiệt đối lưu}) + (\text{Tổn thất nhiệt bức xạ ngược từ bề mặt hấp thụ})].$$

Ta gọi: Năng lượng bức xạ mặt trời được sử dụng là Q_{hd} ; nhiệt bức xạ mặt trời là Q_{MT} ; nhiệt bức xạ bầu trời là Q_{bt} ; tổn thất nhiệt đối lưu là Q_{dl} ; tổn thất nhiệt bức xạ ngược từ bề mặt hấp thụ là Q_{bm} . Kết quả tính như sau:

Lượng nhiệt bức xạ mặt trời tính theo công thức:

$$Q_{MT} = F \times I \times f = 0,5 \times (0,047 \times 3,14 \times 1,5\text{m}) \times 0,92 \times 1000 = 77,1 \text{ W}$$

Trong đó:

F: diện tích thu năng lượng mặt trời, m^2 ;

I: cường độ bức xạ mặt trời, W/m^2 ;

f: độ hấp thụ năng lượng mặt trời.

Lượng nhiệt bức xạ bầu trời tính theo công thức Stefan - Boltzman:

$$Q_{bt} = F \times \sigma \times T^4 \times h_{bx}$$

Trong đó:

σ - hằng số Stefan - Boltzmann = $5,67.10^{-8}$

h_{bx} - hệ số bức xạ (= 0,15)

T - nhiệt độ bầu khí quyển (trong khoảng 230 - 285°C)

Khi đó:

$$Q_{bt} = 0,5 \times (0,047 \times 3,14 \times 1,5m) \times 5,67.10^{-8} \times (0 + 273)^4 \times 0,15 = 0,26 \text{ W}$$

Thông thường lượng nhiệt bức xạ bầu trời nhỏ hơn rất nhiều, chỉ khoảng dưới 10% so với lượng nhiệt bức xạ mặt trời ($77,1 \times 10\% = 7,7 \text{ W}$)

Khi tính toán cũng có thể lấy:

$$Q_{bt} = (5 - 10) \% Q_{MT}$$

Tổn thất nhiệt đối lưu tính theo công thức:

$$Q_{dl} = F \cdot \alpha \cdot (t_{bmF} - t_{mt}) = 0,5 \times (0,047 \times 3,14 \times 1,5m) \times (80 - 25) = 9,4 \text{ W}$$

Tổn thất nhiệt bức xạ ngược từ bề mặt hấp thụ (phản xạ) tính theo công thức:

$$Q_{bm} = F \times h_{bx} \times \sigma \times (t_{bmF} + T)^4$$

$$Q_{bm} = 0,5 \times (0,047 \times 3,14 \times 1,5m) \times 0,8 \times 5,67.10^{-8} \times (110 + 273)^4 = 1,93 \text{ W}$$

$$Q_{hd} = Q_{MT} + Q_{bt} - Q_{dl} - Q_{bm} = (77,1 + 0,26) - (9,4 + 1,93) = 66,03 \text{ W}$$

3.2.3. Tính số lượng ống thu

Căn cứ vào nhiệt lượng cần cung cấp lớn nhất là giai đoạn 2 của quá trình sấy và nhiệt lượng thu được của một ống thu năng lượng mặt trời, tính được số lượng ống thu cần thiết để đáp ứng đủ năng lượng của quá trình sấy:

$n = Q/Q_{hd} = 132205/66 = 2003,1$ ống thu, chọn $n = 2003$ ống.

Với số ống thu là 2003 ống, lượng dầu chứa trong các ống, không kể luân chuyển là:

$$m_{\text{đ thu}} = n \times m_{\text{đ ống}} = 2003 \times 2,16 \text{ kg} = 4327 \text{ kg}$$

Khối lượng dầu chứa trong các ống lớn gấp 6,27 lần lượng dầu cần thiết của hệ thống. Như vậy, không thể sử dụng một lượng ống thu NLMT như vậy cho một lò sấy đã tính. Mặt khác vào những ngày thời tiết xấu cũng không sử dụng được năng lượng mặt trời, nên luôn luôn cần thiết có một bộ phận cung cấp nhiệt

bổ sung và thay thế khi cần thiết. Từ đó cần tính toán kết hợp thu NLMT kết hợp với năng lượng khác. Thiết bị thu năng lượng mặt trời tính theo dung tích lượng dầu cần thiết cho toàn bộ hệ thống.

Từ kết quả tính toán lượng dầu $m = 690 \text{ kg}$, tính lượng dầu chứa trong các bộ phận của hệ thống.

* Dầu chứa trong nồi dầu:

$$m_{nd} = V_{nd} \times \rho \text{ (thể tích x tỷ trọng)}$$

$$V_{nd} = 0,25 \times \pi \times d_{nd} \times d_{nd} \times L_{nd} = 0,25 \times 0,042^2 \times 3,14 \times 60 = 0,061 \text{ m}^3$$

$$m_{nd} = 0,061 \times 880 = 53,72 \text{ kg}$$

* Dầu chứa trong calorifer:

$$m_{calo} = V_{calo} \times \rho \text{ (thể tích x tỷ trọng dầu)}$$

$$V_{nd} = 0,25 \times \pi \times d_{nd} \times d_{nd} \times L_{nd} = 0,25 \times 0,021^2 \times 3,14 \times 121 = 0,042 \text{ m}^3$$

$$m_{calo} = 0,042 \times 880 = 36,86 \text{ kg}$$

* Dầu chứa trong các đường ống (50m):

$$m_{đo} = V_{đo} \times \rho \text{ (thể tích x tỷ trọng dầu)}$$

$$V_{nd} = 0,25 \times \pi \times d_{đo} \times d_{đo} \times L_{đo} = 0,25 \times 0,028^2 \times 3,14 \times 50 = 0,031 \text{ m}^3$$

$$m_{đo} = 0,031 \times 880 = 27,1 \text{ kg}$$

$$m_{nd} + m_{calo} + m_{đo} = 117,66 \text{ kg}$$

* Lượng dầu chứa trong những bộ phận khác: Ngoài 3 bộ phận chứa dầu nói trên, dầu còn được chứa trong các bồn làm đầy, bồn cung cấp và dầu về, dầu chứa trong thiết bị thu năng lượng mặt trời. Lượng dầu trong bồn làm đầy khi ở nhiệt độ thường luôn đảm bảo ở mức 75% dung tích bồn chứa khoảng $m_{ld} = 165 \text{ kg}$. Không tính lượng dầu trong bồn cung cấp và dầu về vì đây là bồn chứa lượng dầu bổ xung, không tham gia vào quá trình cung cấp nhiệt.

$$m_{\text{thu NLMT}} = m - m_{nd} + m_{calo} + m_{đo} + m_{ld} = 690 - 117,66 - 165 = 407,34 \text{ kg}$$

Dung tích chứa của một thiết bị thu NLMT loại: Bồn bảo ôn chứa 180 lít tương đương $m_{b\text{ô}} = 158 \text{ lít}$, dung tích 16 ống thu chứa:

$$m_{\text{đ thu}} = 0,25 \times 3,14 \times 0,047^2 \times 1,5 \times 16 \times 880 = 36,62 \text{ kg}$$

$$m_{\text{đ thu}} + m_{\text{b\text{ô}}} = 158 + 36,62 = 194,6 \text{ kg}$$

Loại thiết bị thu NLMT dung tích chứa 320 lít tương đương $m_{b0} = 282$ kg và:

$$M_{b0n} = 0,25 \times 3,14 \times 0,047^2 \times 1,8 \times 20 \times 880$$

$$M_{b0n} = 59,94 \text{ kg}$$

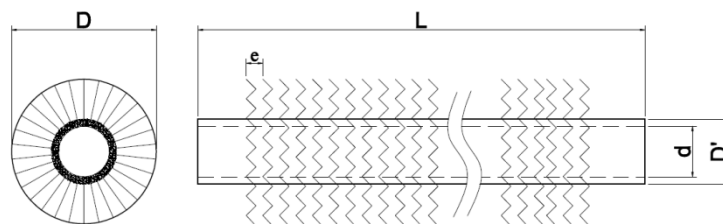
$$m_{0thu} + m_{b0n} = 282 + 59,94 = 337 \text{ kg.}$$

*Số thiết bị thu năng lượng mặt trời:

$$n_{180} = 407,34 / 216,62 = 2,64 = 1,88 = 2$$

$$n_{320} = 407,34 / 337 = 1,2 \approx 1$$

Ta chọn 01 thiết bị thu năng lượng mặt trời



Hình 2. Cánh tản nhiệt và đường ống

Giả sử calorifer được bố trí các dây ống chạy song song và so le nhau nhiều hơn 3 dây ống. Sau khi tính, tùy theo cách bố trí cụ thể phù hợp với phân bố nhiệt của lò sấy sẽ điều chỉnh theo hệ số cấp nhiệt.

$$\alpha = (Nu \cdot \lambda) / l = \lambda / l \cdot 0,35 \cdot Re^{0,65}$$

$$Re = (v \cdot l \cdot \rho) / \mu$$

Trong trường hợp tính toán đối với không khí khô ta có:

- Khối lượng riêng: $\rho = 1,1372 \text{ kg/m}^3$;

- Hệ số dẫn nhiệt: $\lambda = 2,598 \cdot 10^{-2} \text{ W/m độ}$;

- Vận tốc của không khí chọn để đảm bảo chế độ chảy rối (sao cho $Re > 1.10^4$), chọn $v = 5 \text{ m/s}$.

Khi đó:

$$Re = 1,1372 \times 5 \times (0,06 - 0,027) / 18,6 \times 10^{-6}$$

$$Re = 0,01014 \cdot 10^6 = 1,014 \cdot 10^4$$

$$Re = 1,014 \cdot 10^4 > 1.10^4; \text{trị số } Re \text{ đảm bảo}$$

chế độ chảy rối.

Mà:

$$Nu = 0,35 \cdot Re^{0,65} = 0,35 (1,014)^{0,65} \cdot (10^4)^{0,65} = 140,6$$

Thay vào ta có:

$$\alpha = Nu \cdot l / \lambda = 140,6 \times 0,033 / 2,598 \cdot 10^{-2}$$

$$\alpha = 178,6 \text{ W/m}^2 \text{ độ}$$

3.3.1.2. Tính diện tích tỏa nhiệt cần thiết

Để tính diện tích tỏa nhiệt của calorifer,

cho hệ thống thiết bị kết hợp

3.3. Tính hệ thống nồi dầu

3.3.1. Tính ống cấp nhiệt

3.3.1.1. Tính hệ số cấp nhiệt

Calorifer là dàn cấp nhiệt cho lò sấy gồm các dây ống có gắn các cánh tỏa nhiệt. Cánh tỏa nhiệt có đập sóng để tăng diện tích, chi tiết được mô tả như hình 2.

trước hết tính một đoạn bước ống nhỏ nhất của calorifer, từ đó tính ra diện tích tổng cộng. Một đoạn bước ống gồm một cánh và một đoạn ống trơn bằng chiều dài bước cánh.

* Tính diện tích tỏa nhiệt của một cánh và 1 đoạn ống không có cánh

+ Tính nhiệt lượng tỏa ra từ 1 cánh của calorifier:

$$Q = \alpha (t_{w2} - t_2) F_c$$

F_{1c} : diện tích của một mặt cánh tỏa nhiệt.

Để tính diện tích của mặt cánh có đập sóng cần tính diện tích của một cánh phẳng không đập sóng: $F_{1cp} = 0,25 \pi (d_c^2 - d_2^2) = 0,25 \cdot 3,14 \cdot (0,06^2 - 0,027^2) = 0,002254 \text{ m}^2$

Diện tích cánh có sóng được nhân thêm hệ số tăng diện tích, tùy theo loại sóng. Trong trường hợp chọn loại calorifer có cánh đập cụ thể này, hệ số bằng 1,36.

Trong một đoạn ống (một bước cánh), dòng không khí đi qua 2 mặt cánh nên diện tích cánh tỏa nhiệt thật sự bằng diện tích của 2 mặt cánh cộng thêm hai nửa diện tích trên đầu cánh (vì tính cho 1 mặt của 1cánh): $F_{1mc} = F_{1cp} \times 1,36 = 0,00225 \text{ m}^2 \times 1,36 = 0,00306 \text{ m}^2$

Diện tích 2 mặt cánh:

$$F_{2mc} = 0,00612 \text{ m}^2$$

Diện tích cánh tỏa nhiệt thật sự cần tính thêm diện tích trên đầu cánh:

$$F_{đc} = \pi d_c \times \delta_c = 3,14 \times 0,06 \times 0,0003$$

$$F_{đc} = 0,00005652$$

Diện tích một cánh bằng diện tích hai mặt cánh cộng với diện tích đỉnh cánh:

$$F_c = F_{2mc} + F_{đc} = 0,00612 + 0,00005652$$

$$F_c = 0,006177 \text{ m}^2$$

Diện tích đoạn ống tròn (bước cánh) không có cánh:

$$F_{1đ. ống} = \pi \cdot d_2 \cdot t = 3,14 \times 0,027 \times 0,009$$

$$F_{1đ. ống} = 0,000763 \text{ m}^2$$

Diện tích đoạn bước ống ($F_{đbó}$) bằng diện tích hai mặt cánh cộng với diện tích đỉnh cánh và diện tích đoạn ống tròn (bước cánh) không có cánh:

$$F_{đoạn bước ống} = F_c + F_{1đ. ống} = 0,006177$$

$$+ 0,000763 = 0,006253 \text{ m}^2$$

Nhiệt lượng tỏa ra từ một đoạn bước ống có cánh:

$$Q'_{đbó} = \alpha(t_{w2} - t_2) F_c$$

Nhiệt lượng thật sự tỏa ra cần tính đến hiệu suất tỏa nhiệt của calorifer:

$$Q_{đbó} = \eta_c \alpha (t_{w2} - t_2) F_c$$

Trong đó: η_c - hiệu suất tỏa nhiệt của cánh, $\eta_c = 0,8$.

Nhiệt lượng tỏa ra từ một đoạn bước ống (2 mặt cánh và diện tích của đỉnh cánh):

$$Q_{đbó} = \eta_c Q_{1mc} = 0,8 \times 39,09 = 31,27 \text{ W}$$

Nhiệt lượng tỏa ra của 1 ống chiều dài 2,5 m gồm 278 bước cánh:

$$Q_{1 ống} = \frac{\text{Chiều dài ống}}{\text{bước cánh}} \times Q_{đbó} = 278 \times 31,29 = 8693 \text{ W}$$

* Tính số ống tỏa nhiệt của calorifer:

Số ống cần thiết để cung cấp nhiệt lượng đạt mức cao nhất của giai đoạn 2 trong quá trình sấy đã chọn theo cách bố trí 3 dây ống so le là:

$$n = \frac{Q_{max}}{Q_{1 ống (3 dây)}} = \frac{132205,561 \text{ W}}{8693} = 15,2 \text{ ống};$$

chọn $n = 16$ ống

Với số lượng ống tính được là 16 ống, lắp đặt và bố trí bên trong lò sấy thành 3 dây so le sẽ không đảm bảo nhiệt đều khắp thể tích lò sấy đã tính toán nên bố trí 2 nhánh, mỗi nhánh một dây ống.

Nhiệt lượng tỏa ra từ một ống trong hệ thống cấp nhiệt một dây ống là:

$$Q_{1 ống (1 dây)} = \alpha_{1 dây ống} \times Q_{1 ống} = 8.693 \times 0,6$$

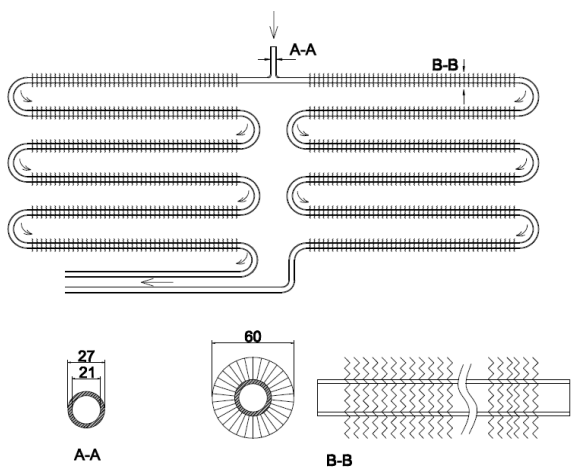
$$Q_{1 ống (1 dây)} = 5.215 \text{ W}$$

Số ống cần thiết để cung cấp nhiệt lượng đạt mức cao nhất của giai đoạn 2 trong quá trình sấy đã chọn là:

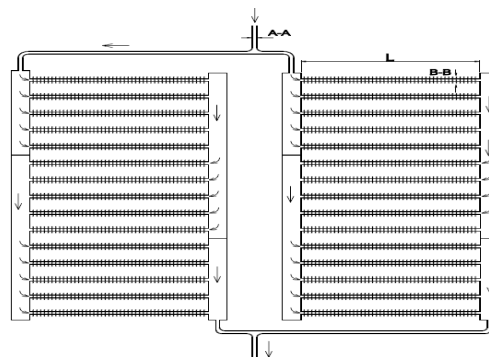
$$n = \frac{Q_{max}}{Q_{1 ống (1 dây)}} = \frac{132205,561 \text{ W}}{5215} = 25,35 \text{ ống};$$

chọn $n = 26$ ống dài 2,5 m.

- Bố trí các dây ống calorifer như hình 3.



a) Calorifer dầu



b) Calorifer hơi

Hình 3. Thông số kỹ thuật và bố trí các ống tỏa nhiệt của calorifer

3.3.1.3. *Tính nhiệt độ vách trong của ống khi tỏa nhiệt ở calorifer*

Nhiệt độ vách tính từ công thức:

$$Q = (\lambda/\delta) \cdot F_1 \cdot (t_{w1} - t_{w2})$$

Trong đó:

λ - hệ số dẫn nhiệt của vật liệu làm ống, thép 1% Carbon $\lambda = 46$ W/m độ;

δ - chiều dày của ống (0,003 mm);

F_1 - diện tích đoạn ống tròn có chiều dài bằng bước ống (0,0009 mm²).

Do vậy:

$$Q = 39,09 \times 0,003 = 46 \times 0,021 \times 3,14 \times 0,0009 (t_{w1} - 60)$$

Suy ra:

$$(t_{w1} - 60) = 42,96 \text{ làm tròn thành } 43$$

Từ đó ta có:

$$t_{w1} = 60 + 43 = 103 \text{ }^\circ\text{C}$$

3.3.1.4. *Tính nhiệt độ trong lòng chất lỏng chảy trong ống khi tỏa nhiệt ở calorifer*

Ta gọi hệ số tỏa nhiệt chất lỏng chảy trong ống tròn bằng thép α_1 thì nó được tính theo công thức:

$$\alpha_1 = (Nu \cdot \lambda) / l = \lambda / l \cdot 0,35 \cdot Re^{0,65}$$

Trong trường hợp tính toán đối với chất lỏng chảy rối ta có:

$$Re = (v \cdot l \cdot \rho) / \mu = 1,5 \times 0,021 \times 829,97 / 20,34 \cdot 10^{-6} = 1,2854 \cdot 10^6$$

$$Nu = 0,35 \times Re^{0,65} = 0,35 \times (1,2854 \cdot 10^6)^{0,65} = 3273$$

Khi đó:

$$\alpha_1 = 0,10356 \times 3273 / 0,021 = 16140,6$$

Tính nhiệt độ trong lòng chất lỏng chảy rối trong ống khi tỏa nhiệt theo công thức:

$$Q = \alpha_1 \cdot F_1 (t_1 - t_{w1}) = 16140,6 \times 0,021 \times 3,14 \times 0,009 \times (t_1 - t_{w1})$$

$$39,09 = 9,6 \times (t_1 - t_{w1}) = 9,6 \times (t_1 - 103)$$

Suy ra:

$$t_1 = 4,1 + 103 = 107 \text{ }^\circ\text{C}; \text{ làm tròn lấy } t_1 = 110 \text{ }^\circ\text{C}$$

3.3.2. *Nồi dầu*

3.3.2.1. *Tính khối lượng dầu tải nhiệt*

Từ công thức:

$$Q = C_p \cdot m \cdot (t_1 - t_2) = 2,202 \cdot m \cdot (107 - 20)$$

Ta có:

$$m = Q / (m \cdot (t_1 - t_2)) = 132.206 / (2,02 \times 87)$$

$$m = 690,73 \text{ kg}$$

Do vậy chúng ta chọn khối lượng dầu tải nhiệt là: 695 kg

3.3.2.2. *Tính diện tích thu nhiệt*

Khi bắt đầu cấp nhiệt cho nồi dầu, nhiệt độ của dầu ở trong nồi dầu bằng khoảng 20°C, do được làm lạnh trước khi dùng máy hoặc được bảo quản ở nơi thoáng mát, nhiệt độ thấp. Lửa trong lò sử dụng củi cành ngọn, mặt cửa dăm bào luôn luôn đảm bảo độ nóng trên 250°C. Chọn mức nhiệt độ trên mặt ngoài của ống dẫn dầu bằng 200°C để tính toán truyền nhiệt cho chất lỏng tải nhiệt chảy bên trong ống.

3.3.2.3. *Tính nhiệt độ trong lòng chất lỏng chảy trong ống khi thu nhiệt ở nồi dầu*

Trong trường hợp tính toán đối với chất lỏng chảy ống khi thu nhiệt ở nồi dầu ta có:

$$Re = (v \cdot l \cdot \rho) / \mu = 1,5 \times 0,021 \times 829,97 / 198,2 \cdot 10^{-6}$$

$$Re = 0,132 \cdot 10^6$$

$$Nu = 0,35 \times Re^{0,65} = 0,35 \times (0,132 \cdot 10^6)^{0,65}$$

$$Nu = 745,15$$

Khi đó:

$$\alpha_1 = 0,1106 \times 745,15 / 0,021 = 3924,45$$

$$Q = \alpha_1 \cdot F_1 (t_1 - t_{w1}) = 3924,45 \times 0,021 \times 3,14 \times 0,009 \times (t_1 - t_{w1})$$

$$39,09 = 2,33 \times (t_1 - t_{w1}) = 2,33 \times (157 - t_1)$$

Suy ra:

$$t_1 = 157 - 17 = 140 \text{ }^\circ\text{C}; \text{ lấy } t_1 = 140 \text{ }^\circ\text{C}$$

3.3.2.4. *Tính diện tích thu nhiệt*

Diện tích thu nhiệt được tính dựa trên nguyên tắc:

Tổng diện tích thu nhiệt = Tổng diện tích tỏa nhiệt

- Tổng diện tích tỏa nhiệt là toàn bộ diện tích calorifer. Ngoài ra nhiệt tỏa ra diện tích tỏa nhiệt có thể được cộng thêm phần hao tổn trên đường ống dẫn và một số bộ phận khác tùy theo kết cấu và thực nghiệm để bù thêm hoặc có thể bỏ qua.

$$F_{\text{calorifer}} = F_{\text{lồng}} \times n = F_{\text{đoạn bước ống}} \times n_1 \times n$$

Trong đó:

n - tổng số ống tỏa nhiệt có cánh của calorifer, $n = 26$;

n_1 - số đoạn ống trong 1 ống có chiều dài 2,5 m; $n_1 = 278$.

$$F_{\text{calorifer}} = 0,006253 \text{ m}^2 \times 278 \times 26 = 45,2 \text{ m}^2$$

Diện tích thu nhiệt được tính từ công thức:

$$\alpha_1 \times F_{1(\text{thu nhiệt})} (t_{w1}(\text{thu n}) - t_1(\text{thu n})) = \alpha_1 \times F_{1(\text{tỏa n})} \times (t_1(\text{tỏa nhiệt}) - t_{w1}(\text{tỏa nhiệt}))$$

Suy ra:

$$F_{1(\text{thu nhiệt})} = \frac{F_{1(\text{tỏa n})}(t_1(\text{tỏa nhiệt}) - t_{w1}(\text{tỏa nhiệt}))}{(t_{w1}(\text{thu n}) - t_1(\text{thu n}))}$$

Thay vào ta có:

$$F_{1(\text{thu nhiệt})} = 45 \times (3 / 17) = 7,98 \text{ m}^2$$

3.4. Bố trí kết cấu nồi dầu

3.4.1. Lựa chọn kết cấu

+ Nồi dầu: Có nhiều kiểu nồi dầu. Đơn giản nhất là thùng chứa có các hình dạng khác nhau (hình trụ tròn, hình hộp, hình cầu...) chứa toàn bộ lượng dầu cần thiết theo tính toán. Tuy nhiên, để chứa lượng dầu đã tính (690 kg) ta chọn nồi dầu có kết cấu dạng đường ống cuốn tròn có kết cấu gọn và thuận tiện xây dựng lò đốt.

Hai thông số cơ bản của nồi dầu kiểu đường ống là đường kính và chiều cao, chúng quyết định nhiệt lượng của lò tập trung vào diện tích thu nhiệt, gọn, không quá cao... dòng chảy của dầu được lưu thông dễ dàng.

+ Calorifer: Kết cấu của calorifer gồm hai nhánh, mỗi nhánh có 13 ống đặt theo chiều dài lò sấy để đảm bảo nhiệt được phân bố đều khắp lò sấy.

Diện tích tiết diện ngang của ống dẫn dầu vào của hai nhánh calorifer tại mặt cắt A-A bằng hoặc lớn hơn ống diện tích tiết diện ngang của đường ống nhánh có mặt cắt B-B.

Nguyên lý hoạt động: Dầu được luân chuyển liên tục trong ống và chảy theo một

dòng liên tục trong chế độ chảy rối. Dầu dẫn vào hai nhánh chung một đường ống, nhưng thoát ra theo hai nhánh riêng biệt. Kết cấu này khác với kết cấu dẫn hơi của calorifer sử dụng hơi nước.

Trong kết cấu của calorifer hơi nước, bố trí nhiều ống dẫn hơi song song có cùng đầu vào và cả hai nhánh có thể cùng một đầu thoát hơi.

Nếu kết cấu của calorifer dầu giống như của calorifer hơi dòng dầu sẽ không luân chuyển liên tục đều đặn qua tất cả các ống mà chỉ luân chuyển theo một đường đi ngắn nhất. Đường thoát dầu sẽ chỉ ưu tiên cho dòng chảy của nhánh mạnh hơn, dẫn đến dầu trong nhánh còn lại không luân chuyển và giảm dần nhiệt độ. Toàn bộ calorifer sẽ được gia nhiệt bởi dòng dầu luân chuyển có đường đi ngắn nhất nên không đồng đều và không đảm bảo nhiệt lượng cần cung cấp.

3.4.2. Tính đường ống chế tạo nồi dầu

Đường ống được tính trên cơ sở các số liệu tính toán và trên nguyên tắc đường kính ống dẫn của calorifer làm cơ sở, chiều dài đường ống được tính từ công thức:

$$F_{1(\text{thu nhiệt})} = d_1 \times \pi \times L$$

+ Chọn ống đường kính 0,042 m (có đường kính trong 0,036 mm) thì tổng chiều dài của ống tính theo diện tích thu nhiệt:

$$L = 7,98 \text{ m}^2 / (3,14 \times 0,042) = 60 \text{ m}$$

Cuốn ống thành vòng tròn đường kính 0,9 m, số vòng tròn cuốn là:

$$n = 60 / 3,14 \times 1,0 = 21,23 \text{ vòng, chọn } n = 22 \text{ vòng}$$

Chiều cao của nồi dầu (lấy 0,008 m là khe hở của mỗi vòng):

$$h = (0,042 + 0,008) \times n = 0,047 \times 22 = 1,1 \text{ m.}$$

Như vậy: Khi sử dụng ống có đường kính ngoài 0,042 m, đường kính trong 0,036 m (đường kính ống theo tiêu chuẩn chế tạo của ngành cơ khí) để chế tạo nồi dầu có thông số đường kính $D = 0,9 \text{ m}$, cao $h = 1,1 \text{ m}$.

3.5. Kết cấu hệ thống sấy thử nghiệm

Sau khi tính toán các bộ phận chính của hệ thống sấy kết hợp NLMT và nồi dầu như đã nêu ở mục 3.2, 3.3 và 3.4, nhóm tác giả đã tiến hành tính toán, thiết kế chi tiết, đồng bộ các bộ phận khác của hệ thống như: bộ phận bơm luân chuyển chất tải nhiệt, bộ phận làm mát, lò sấy quy mô 25 m³... để hoàn thiện một hệ thống thiết bị hoàn chỉnh.

Mô hình lắp đặt vận hành của hệ thống cấp nhiệt cho lò sấy được lắp đặt như hình 4.

Hệ thống thiết bị sấy bằng năng lượng mặt trời kết hợp nồi dầu với chất tải nhiệt Apig Seriola 6100 đã lắp đặt, vận hành sấy khảo nghiệm tại Công ty TNHH MTV Lâm nghiệp Di Linh (tỉnh Lâm Đồng) và được đánh giá cao bởi Hội đồng khoa học của Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Lâm Đồng.



Hình 4. Hệ thống cấp nhiệt cho lò sấy bằng năng lượng mặt trời kết hợp nồi dầu

IV. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán thiết kế hệ thống thiết bị thí nghiệm sấy gỗ đã đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật được áp dụng để thiết kế chế tạo, vận hành và đánh giá nghiệm thu quy mô đề tài khoa học công nghệ “Nghiên cứu giải pháp công nghệ rút ngắn thời gian sấy và tiết kiệm năng lượng trong sấy gỗ”, cụ thể là:

- Hệ thống thu năng lượng mặt trời kết hợp với hệ thống cấp nhiệt bằng nồi dầu với chất tải nhiệt Apig Seriola 6100 là thiết bị sấy gỗ đem lại hiệu quả kinh tế cao do sử dụng năng lượng tự nhiên sẵn có.

- Đối với 1 lò sấy với khối lượng gỗ 25 m³/mẻ sấy, các thông số chi tiết một số bộ phận chính của hệ thống sấy bằng năng lượng mặt trời kết hợp với nồi dầu cụ thể là:

+ Một hệ thống thu NLMT có dung tích 320 lit;

+ Hệ thống calorife ống tản nhiệt có cánh gồm 26 ống đường kính $d = 0,027$ m dài 2,5 m bố trí thành hai nhánh;

+ Nồi dầu gồm hệ thống ống dẫn đường kính $d = 0,042$ m dài 60 m quấn tròn với đường kính $D = 0,9$ m, chiều cao nồi dầu $h = 1,1$ m.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hồ Xuân Các, Nguyễn Hữu Quang (2005). *Công nghệ sấy gỗ*. NXB Nông nghiệp, Hà nội.
2. Trần Văn Phú (2001). *Tính toán và thiết kế hệ thống sấy*. NXB Giáo dục.
3. Hoàng Đình Tín (2001). *Truyền nhiệt và tính toán thiết bị trao đổi nhiệt*. Nhà xuất bản Khoa học & Kỹ thuật, Hà nội.
4. M.A. Sattar (1993). Solar drying of timber – a review. *Holz. Als Roh- und Werkstoff* 51 409-416.
5. И.В. Кречетов (1987). *Сушка и Защита древесины*. Издательство Лесная промышленность, Москва.

RESEARCH ON WOOD DRYING EXPERIMENT EQUIPMENT SYSTEM USING SOLAR ENERGY COMBINED WITH OIL TANK

Hoang Xuan Nien, Nguyen Minh Hung

SUMMARY

Solar energy is gradually being used widely, popular in numerous fields of life in Vietnam, including wood drying technology. Wood drying experiment equipment system using solar energy combined with oil tank consists of 5 major parts: liquid pumping using heat system, solar energy collecting system, oil tank, oven system, chilling equipment system. This paper introduces the results of calculating, selecting some major parts of drying system combined with providing heat for an oven with the $25\text{m}^3/\text{time}$ of timber volume with the specific parameters: 1 collecting solar energy system has a 320lit capacity collecting solar energy system. Calorife system is chilling system with wings consists of 26 tubes which have diameter $d = 0.027$ m, 2.5 m long arranged into 2 branches; Oil tank includes conduit system with diameter $d = 0.042$ m, 60 m long wrapped round with diameter $D = 0.9$ m, the oil tank's height $h = 1.1$ m. The calculation result of designing wood drying experiment equipment system using solar energy combined oil tank and heat-transfer material is Apig Seriola 6100 which was designed, manufactured, run and inspected in Lam Dong province within the framework of scientific and technological topic "Research on technological solutions to shorten the drying time and save energy in wood drying".

Keywords: *Calorifer, combined drying, heat-transfer, oil tank, solar energy.*

Người phản biện : **GS.TS. Trần Văn Chú**
Ngày nhận bài : **10/10/2015**
Ngày phản biện : **15/11/2015**
Ngày quyết định đăng : **28/11/2015**