

THIẾT KẾ CHẾ TẠO HỆ THỐNG THIẾT BỊ SẤY GỠ XÈ RỪNG TRỒNG BẰNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Bùi Duy Ngọc

Viện Nghiên cứu Công nghiệp rừng

TÓM TẮT

Hệ thống thiết bị sấy gỗ xẻ rừng trồng bằng năng lượng mặt trời (NLMT) có mái hình vòm lắp theo hướng Đông - Tây. Kết cấu mái gồm lớp polyme trong suốt. Lớp vật liệu hấp thụ NLMT và lớp dưới cùng là tôn lạnh để giữ các tấm hấp thụ nhiệt. Mái lò sấy có hệ số hấp thụ NLMT trên 90%; nhiệt độ không khí xung quanh lớp hấp thụ có thể đạt tới 70°C tùy thuộc vào thời tiết. Dung tích lò sấy được thiết kế đạt 120 m³. Công suất sấy: 40 m³ gỗ xẻ/1 mẻ sấy. Hệ thống tuần hoàn gồm 05 quạt gió có thiết kế đảo chiều quay được đặt ở giữa mái, để gió được thổi xuống hoặc hút lên. Hệ thống quạt hút âm ra môi trường bên ngoài gồm 04 chiếc đặt ở hai bên thành lò sấy. Thiết bị điều khiển lò sấy bán tự động LG-38 Helios ghi dữ liệu từ 02 đầu dò nhiệt độ (khô và ướt) của môi trường; 04 dây cảm biến đo độ ẩm gỗ và hẹn giờ đảo chiều quạt gió. Lò sấy gỗ bằng NLMT thích hợp với khu vực miền Trung và miền Nam.

Từ khóa: Năng lượng mặt trời, sấy gỗ xẻ

Construction and evaluation of a timber-drying solar kiln

The solar-assisted drying of timber at industrial scale has a dome-shaped roof and requires the installation of the dome to be East-West direction. The roof structure consists of 3 layers: The outer layer is transparent sheet while the middle layer is a solar absorbent material. The bottom layer is steel sheet to keep the absorbing heat panels. The roof can absorb sunlight with an absorption efficiency of over 90%, the air temperature around the absorber layer can reach 70°C depending on the weather condition. Drying volume: 120 m³, drying capacity: 40 m³ of sawn timber per time. Air circulation system: 05 fans with reverse rotation function. The fan system is located in the middle of the roof and blows the air down or up. The dehumidify system consists of 04 fans placed on both side of the drying oven. Control device is LG-38 Helios semi-automatic oven controller that records data from 02 temperature probes (dry and wet) of the environment; 04 sensors were used for measuring wood moisture and timer reversing the fan. The solar kiln plan is suitable for the Central and Southern regions.

Keywords: Solar energy, solar wood drying

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam nằm trong khu vực có khí hậu nhiệt đới và được đánh giá là quốc gia có tiềm năng năng lượng mặt trời (NLMT) dồi dào với số giờ nắng bình quân trong năm cao từ 1.700 - 2.500 giờ/năm, cường độ bức xạ mặt trời trung bình ngày trong năm là 4,6 kWh/m² (Bùi Duy Ngọc *et al.*, 2019) Với điều kiện thời tiết như vậy rất thuận lợi để ứng dụng nguồn NLMT vào việc sấy gỗ.

Sấy gỗ là khâu bắt buộc trong quy trình sản xuất sản phẩm gỗ, nó quyết định đến chất lượng và giá thành của sản phẩm. Hiện nay, hầu hết các cơ sở chế biến gỗ ở Việt Nam sấy gỗ theo phương pháp quy chuẩn và gia nhiệt cho lò sấy bằng hơi nước nóng áp suất cao. Phương pháp sấy quy chuẩn sử dụng nguồn nhiên liệu than đá, củi... để tạo năng lượng sấy hoặc năng lượng cung cấp cho nồi hơi. Chi phí cho nguồn nhiên liệu sấy này chiếm 60 đến 70% trong chi phí năng lượng sản xuất sản phẩm gỗ, nếu giảm thiểu chi phí năng lượng sấy sẽ tác động đáng kể làm giảm chi phí sản xuất. Hơn nữa nguồn nhiên liệu này khi cháy dễ phát sinh ra môi trường khói, bụi gây ô nhiễm không khí và để lại các hậu quả liên quan đến môi trường sống của con người như biến đổi khí hậu. Đây là vấn đề rất bức xúc và cần được giải quyết sớm trong bối cảnh trên thế giới đang đứng trước thử thách toàn cầu về khủng hoảng năng lượng và biến đổi khí hậu.

Ứng dụng NLMT trong sấy gỗ là hướng đi mới, nhằm tiết kiệm năng lượng sấy, giảm thiểu ô nhiễm môi trường cũng như tăng chất lượng gỗ sấy. Trong khuôn khổ bài báo này, chúng tôi cung cấp một số kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống thiết bị sấy gỗ xẻ rừng trồng bằng NLMT.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Dựa theo phương pháp tính toán thiết kế lò sấy gỗ và kết hợp với đặc thù thiết kế lò sấy gỗ bằng NLMT, thông qua các công thức tính toán cụ thể. Ở đây sử dụng phương pháp kế thừa, tham khảo tài liệu về nguyên lý thiết kế lò sấy NLMT trong và ngoài nước. Các phương pháp của cơ kỹ thuật, các chương trình thiết kế và mô phỏng 3D Solidwork, Autorcad.

Tính toán thiết kế tổng thể, thiết kế chi tiết, hoàn thiện bản vẽ thiết kế: Sử dụng các phần mềm ứng dụng trong thiết kế đồ họa để tính toán và thiết kế (AutoCad, Inventor,...) theo các tiêu chuẩn kỹ thuật (TCVN-8-24:2002; TCVN-8-34:2002; TCVN-8-30:2003; TCVN-8-40:2003; TCVN-8-44:2003).

Xây dựng, lắp đặt các kết cấu xây dựng: Mặt bằng, nền, tường, móng, đường. Gia công cơ khí chế tạo và lắp đặt hệ thống thiết bị lò sấy sơ bộ: Khung lò sấy, mái, cửa, vách ngăn, buồng sấy, lớp cách nhiệt.

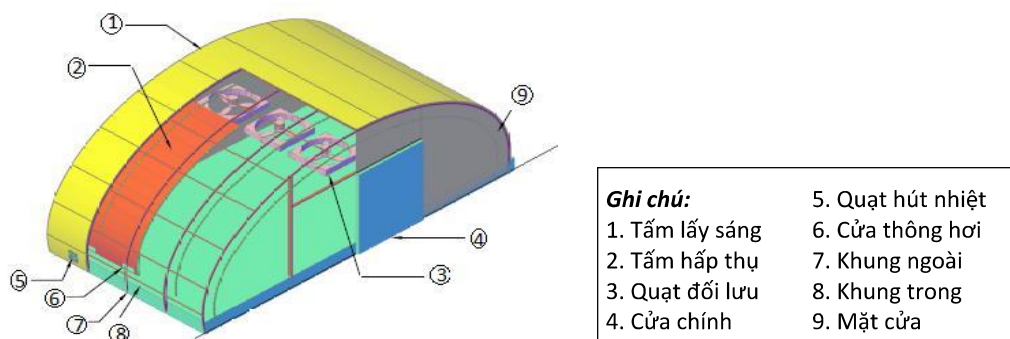
Lựa chọn nhà cung cấp một số dụng cụ thiết bị chuyên dụng sẵn có trên thị trường như hệ thống quạt, bộ tách ẩm tự động, tủ điện, hệ thống điều khiển,...

Chế tạo, lắp đặt các chi tiết, kết cấu theo bản vẽ phê duyệt.

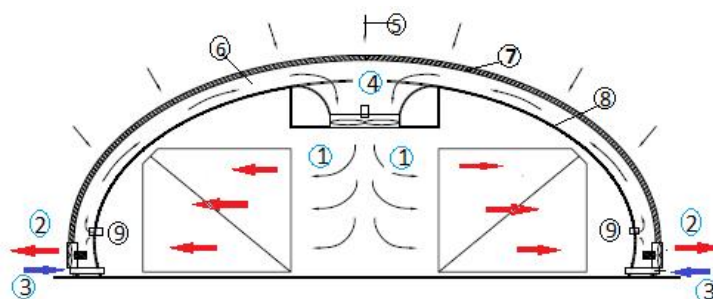
Tiến hành vận hành thử nghiệm, kiểm tra, đánh giá và hiệu chỉnh thiết bị trước khi đưa khảo nghiệm (chạy không tải và có tải).

2.2. Mô tả nguyên lý tuần hoàn gió trong buồng sấy của lò sấy NLMT

Hệ thống thiết bị sấy sơ bộ gỗ xẻ được cấu tạo đặc biệt bao gồm các phần chính sau đây:



Hình 1. Mô hình tổng thể hệ thống thiết bị sấy gỗ bằng NLMT



Hình 2. Sơ đồ luân chuyển gió trong lò sấy NLMT

(1) Dòng không khí nóng luân chuyển trong lò sấy NLMT; (2) Quạt hút không khí ẩm; (3) Cửa lấy không khí tươi; (4) Quạt thông gió chính; (5) Tia sáng mặt trời; (6) Khoang di chuyển nhiệt; (7) Tấm lấy sáng (Vòm lấy ánh nắng mặt trời); (8) Vật liệu hấp thụ nhiệt; (9) Cửa hút không khí nóng ẩm.

Vật liệu hấp thụ nhiệt (8) có các thông số kỹ thuật chính như bảng sau:

TT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị tính	Giá trị
1	Độ bền kéo đứt	KPa	238
2	Độ bền nén	KPa	121
3	Độ xốp	%	89,6
4	Tỷ lệ lỗ xốp đóng	%	5,4
5	Kích thước lỗ xốp	µm	171
6	Hiệu quả hấp thụ nhiệt từ ánh sáng mặt trời	%	~ 90
7	Tuổi thọ vật liệu	năm	≥ 5
8	Nhiệt độ không khí xung quanh lớp hấp thụ	°C	70

Quá trình luân chuyển gió trong lò sấy:

Phần lấy sáng 1: Khung vòm elip ngoài (7) là tấm nhựa Polycarbonate dày 10 mm trong suốt, tác dụng tiếp nhận ánh sáng nhiệt mặt trời.

Phần hấp thụ nhiệt: Khung vòm trong (8) là vòm hấp thụ nhiệt mặt trời gồm 3 lớp: Lớp

trên là tôn sóng sơn tĩnh điện màu đen, lớp giữa là bông khoáng rock wool (Bông thủy tinh) tác dụng giữ nhiệt và cách nhiệt, lớp dưới là tôn sóng màu.

Khoảng cách giữa vòm (7) và vòm (8) là 400 mm.

Phần trao đổi nhiệt (Nguyên lý trao đổi nhiệt): Lớp không khí giữa phần lấy sáng và

phần hấp thụ nhiệt là khoang không khí (6) được làm nóng lên nhờ vòm ngoài lấy ánh sáng và vòm trong màu đen hấp thụ nhiệt, không khí nóng được luân chuyển tuần hoàn trong gỗ nhờ quạt thông gió chính (4) hút không khí nóng và đẩy xuống dưới theo chiều mũi tên (1) được tách làm 2 di chuyển vào trong đồng gỗ. Tiếp tục cửa thoát khí số (9) hút không khí nóng ẩm và chia làm hai dòng, dòng chính tiếp tục tuần hoàn trở lại trong khoang (6) và lại được làm nóng tiếp nhờ vòm lấy sáng và vòm hấp thụ. Còn dòng phụ, không khí nóng ẩm trong lò sấy được quạt hút số (2) thổi ra ngoài. Trong quá trình không khí nóng tuần hoàn trong buồng sấy thực hiện quá trình làm nóng không khí liên tục đồng thời cũng tách ẩm liên tục. Quá trình làm nóng và tách ẩm nhờ các hệ thống quạt và cửa thoát được điều tiết bán tự động theo chế độ cài đặt tùy thuộc vào giờ nắng trong ngày.

2.3. Thông số yêu cầu thiết kế

- Công suất sấy gỗ: 40 m³ gỗ xẻ/1 mẻ sấy;
- Nguồn nhiệt: bằng năng lượng mặt trời (NLMT).
- Nhiệt độ môi trường sấy sơ bộ ≤ 70°C.
- Sấy gỗ xẻ rừng trồng có chiều dày 20 - 25 mm.
- Điều khiển chế độ xử lý gỗ bán tự động (T/EMC).

Tính toán thiết kế hệ thống sấy gỗ xẻ rừng trồng bằng NLMT gồm: (1) Tính toán nhiệt; (2) Tính toán khí động học; (3) Tính toán thiết bị hấp thụ nhiệt; (4) Thiết lập các bản vẽ thiết kế chế tạo.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả tính toán, thiết kế hệ thống thiết bị sấy gỗ xẻ rừng trồng bằng NLMT quy mô công suất 40 m³ gỗ xẻ/1 mẻ sấy

Tính toán công nghệ

- Xác định kích thước chõng gỗ cách xếp gỗ trong lò sấy:

$V = H \times B \times L = (2.600 \times 3.000 \times 6.000) \text{ mm}$,
Số lượng chõng gỗ trong lò $n = 2$.

- Thể tích 2 chõng gỗ sấy: $V_g = H \times B \times L = (2,5 \times 2,8 \times 5,8) \text{ m} \times 2 = 81,2 \text{ m}^3$

- Khối lượng gỗ sấy: $E = K \times V_g = 0,5 \times 81,2 = 40,6 \text{ m}^3$

- Thể tích lò sấy: $V_1 = [(H_1 + B_1) : 2] \times 3,14 \times L_1 = 146 \text{ m}^3$

- Hệ số lợi dụng lò sấy: $K = E/V_1 = 40,6/146 = 28\%$

Trong đó: V - Thể tích chõng gỗ sấy;

H - chiều cao chõng gỗ (H = 2,5 m);

B - chiều rộng chõng gỗ (B = 2,8 m);

L - Chiều dài chõng gỗ (L = 5,8 m);

H₁ - Chiều cao lò sấy (H₁ = 4,5m);

B₁ - Chiều rộng lò sấy (B₁ = 11,0 m);

L₁ - Chiều dài lò sấy (L₁ = 6,0 m);

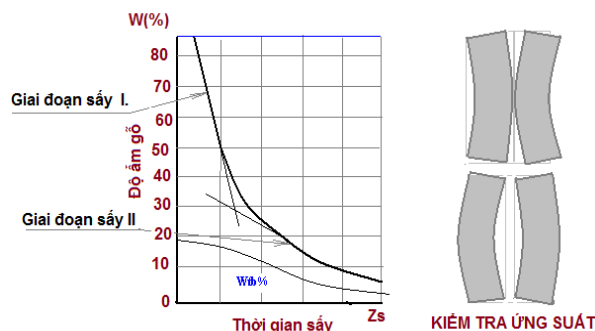
E - Khối lượng gỗ của 1 mẻ sấy;

K - Hệ số lợi dụng lò sấy.

Tính toán nhiệt

Loại gỗ sấy tính toán (gỗ rừng trồng gỗ xẻ gỗ keo lai). Gỗ keo lai độ ẩm ban đầu của gỗ bình quân $W_a = 60\%$, độ ẩm điểm bão hòa tương đối thấp $W_{bhtg} = 24 - 25\%$, Khối lượng riêng cơ bản $R = 600 \text{ kg/m}^3$. Tốc độ giảm ẩm của gỗ khi độ ẩm còn cao cho phép tối đa là 4%/ngày và khi độ ẩm của gỗ xuống dưới độ ẩm điểm bão hòa thứ gỗ, tốc độ giảm tối đa 2%/ngày, do đó thời gian sấy tương đối dài, thường khoảng 20 - 22 ngày đối với gỗ ván dày 25 mm (theo phương pháp sấy bằng hơi nước bão hòa). Nếu sấy bằng NLMT với chế độ sấy ở nhiệt độ thấp (T = 40 - 50°C) thì thời gian sấy có dài hơn, khoảng 25 - 30 ngày mới đạt được độ ẩm cuối cùng $W_e = 10\%$.

Theo lý thuyết về sấy, quá trình khô của gỗ được xem xét theo hai giai đoạn sấy khác nhau: giai đoạn sấy đầu GĐS.I - khi độ ẩm của gỗ sấy còn cao hơn điểm bão hòa thứ gỗ (W_{bhtg} , %) và giai đoạn sấy cuối - khi độ ẩm của gỗ sấy xuống dưới điểm bão hòa thứ gỗ cho đến khi kết thúc sấy ($W_e = 10\%$). Ở đây, khi tính toán các chỉ số về nhiệt người ta quan tâm chủ yếu đáp ứng nhu cầu cho quá trình khô ở giai đoạn sấy đẳng tốc (GĐS.I), vì nhu cầu nhiệt ở giai đoạn này là lớn nhất và tương đối ổn định.



Hình 3. Biểu đồ lý thuyết của quá trình sấy

Tính toán thiết bị hấp thụ nhiệt

✓ Lượng nước bay hơi bình quân $1m^3$ gỗ sấy ở GĐS.I:

$$Mm^3 = R (Wa - We)/100 = 600 (60 - 20)/100 = 240 \text{ kg/m}^3$$

✓ Lượng nước bay hơi bình quân giờ ở GĐS.I:

$$Mh = Mm^3 \times \frac{Ebq}{Zsi} =$$

Trong đó: $Zs1$ - Thời gian sấy ở GĐS.I = $(Wa - We)/s$

S: Tốc độ giảm ẩm trong ngày ở giai đoạn (I) đối với chiều dày gỗ sấy 25 mm chọn $n = 4\%$

- Wa : Độ ẩm ban đầu của gỗ: $Wa = 60\%$

- We : Độ ẩm cuối ở giai đoạn (I)

$$We \leq Wbhtg = 20\%$$

Vậy $Zs1 = (60 - 20)/4 = 10$ ngày $\times 24h = 240$ h

- Ebq : Khối lượng gỗ sấy tối thiểu trong lò chọn $= 30 m^3$

Vậy lượng nước bay hơi bình quân trên giờ ở giai đoạn sấy 1 (GĐS.I)

$$Mh = 240 \times 30/240 = 30 \text{ kg/h}$$

✓ Nhiệt lượng sấy bình quân giờ:

$$Qs = Mh \times q = 30 \times 600 = 18.000 \text{ kcal/h}$$

Trong đó: q : Khối lượng riêng của gỗ keo lai bình quân: 600 kg/m^3

✓ Nhiệt lượng tổn thất qua vỏ lò sấy:

$$Q_{v0} = (1/10) \times Qs = 18.000/10 = 1.800 \text{ kcal/h}$$

làm tròn $= 2.000 \text{ kcal/h}$

✓ Nhiệt lượng sấy tiêu hao:

$$Q = Qs + Q_{v0} = 18.000 + 2.000 = 20.000 \text{ kcal/h}$$

✓ Diện tích bề mặt tấm vật liệu hấp thụ nhiệt mặt trời cần có:

Nhiệt lượng bức xạ mặt trời mà vật liệu hấp thụ được phụ thuộc vào cường độ bức xạ mặt trời bình quân ngày, tính bằng Cal/cm^2 .phút hay W/m^2 . Để tính toán lượng nhiệt hấp thụ được của thiết bị hấp thụ bức xạ nhiệt mặt trời ở khu vực miền Nam Trung Bộ, ta có thể lấy giá trị bình quân năm là $376 W/m^2$.

$q1 = 376 W/m^2$ và từ đó ta có thể tính được diện tích tấm đen cần thiết của thiết bị hấp thụ nhiệt mặt trời (Solar Air Collector) như sau:

$$F = Q/q1 = 20.000/376 = 53 m^2$$

Trong đó, $Q = 20.000 \text{ kcal/h} = 20.000/860 = 23,25KW$ (và $1kW = 860 \text{ kcal/h}$)

- Theo tính toán diện tích tấm vật liệu hấp thụ là $53m^2$ được chọn là chỉ tiêu để thi công lắp đặt.

- Diện tích tấm vật liệu của vòm hấp thụ nhiệt mặt trời, theo thiết kế phần trực diện hấp thụ nhiệt mặt trời ở phần trực diện hấp thụ $= (2 \times 3,14 \times 2m) \times 6m = 75,36 m^2$

Như vậy diện tích tấm vật liệu hấp thụ dư so với tính toán theo lý thuyết.

Tính toán khí động lực lò sấy

Lượng không khí nóng tuần hoàn đối lưu trong lò sấy NLMT (sấy sơ bộ)

$$V_{th} = 3.600 \times F_{td} \times v = (3.600s \times 12m^2 \times 0.5 m/s) = 21.600 m^3$$

Trong đó:

v: Tốc độ của dòng không khí tuần hoàn đối lưu trong lò sấy = 1 m/s

(Ftd): Tiết diện ngang của dòng không khí đi qua

l: Chiều dài lò sấy (6 m); n: Số chông gỗ = 2; d: chiều ngang của chông gỗ sấy = 3; k: hệ số rỗng đối với ván mỏng dày 25 mm chọn k = 3

$$Ftd = \frac{l \times n}{d} \times k = \frac{6 \times 2}{3} \times 3 = 12 \text{ m}^2$$

Tổn thất áp suất của dòng không khí đối lưu trong lò sấy

$$Hq = 20 \text{ kg/m}^2$$

Lưu lượng quạt gió

$$Vq = Vth/n = 21.600/3 = 7.200 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Vs = Vq: 3.600 = 7.200: 3.600 = 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Trong đó: n: số lượng quạt gió

Công suất mô tơ chạy quạt gió

$$N = Vs \times Hq \times k/102 \times k = 2 \times 20 \times 0,5/102 \times 0,5 = 0,4 \text{ kw}$$

- Vs: Lưu lượng gió cho 1 quạt.

- Hq: Tổn thất áp suất của dòng không khí tuần hoàn đối lưu trong lò sấy.

- 102; theo công thức tài liệu.

- K = 0,5 tổng các hệ số tài liệu.

Trang bị hệ thống quạt gió cho lò sấy NLMT

Số lượng quạt gió chính: 05 chiếc, quạt hướng trục;

Kích thước bên ngoài quạt = 1.380 × 400 × 1.380 (Quạt Ifpan-54C/innox)

Lưu lượng gió Vq m³/h = 44.500 m³/h

Công suất 1 mô tơ chạy quạt Nq = 1,1 kw/4P

Điện thế Voltage (V); 220/380

Tổng công suất điện tối đa Nmax. = 1,1 kw × 3q = 3,3 kw

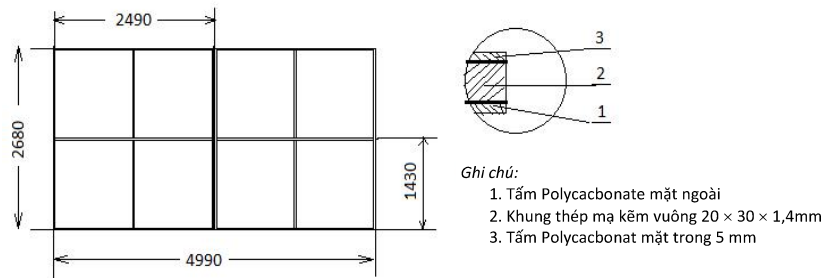
- Số lượng quạt gió phụ: Quạt hút không khí nóng số lượng 4 quạt, công suất 1 quạt 300 W, kích thước quạt: 300 × 200 × 600 mm.

Tổng công suất cho 4 quạt = 300 W × 4 q = 1.200 W = 1,2 Kw

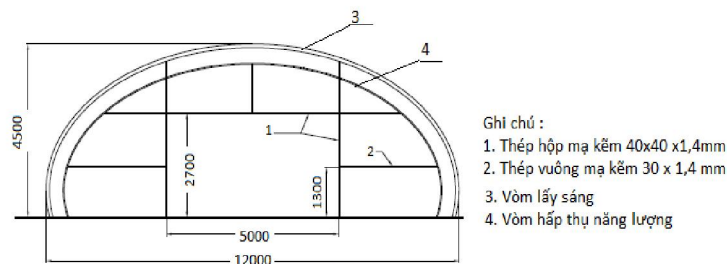
Hệ thống cửa lò sấy NLMT

Hệ thống cửa bao gồm có 2 cửa chính và 12 hộp thoát dẫn khí ở hai bên hông lò.

Cửa chính chỉ đóng mở khi ra vào gỗ. Hệ thống cửa rất kín nhờ có gioăng cao su bọc xung quanh.



Hình 4. Sơ đồ kết cấu cửa



Hình 5. Kết cấu khung hông

3.2. Chế tạo và xây dựng mô hình hệ thống thiết bị sấy gỗ sử dụng NLMT, quy mô 40 m³

Sau khi tính toán, thiết kế, tiến hành chế tạo và lắp đặt. Hệ thống thiết bị sấy gỗ sử dụng NLMT có kết cấu và các thiết bị cấu thành bao gồm:

1) Hình dạng lò sấy: mái vòm, kết cấu mái gồm 3 lớp:

Lớp 1 (Lớp trên cùng): Tấm polyme 2 lớp trong suốt có tác dụng che mưa, lấy ánh nắng và cách nhiệt.

Lớp 2: Vật liệu hấp thụ NLMT do đề tài nghiên cứu chế tạo. Lớp 2 cách lớp 1 một khoảng bằng 30 cm để tuần hoàn gió chuyển nhiệt vào lò sấy.

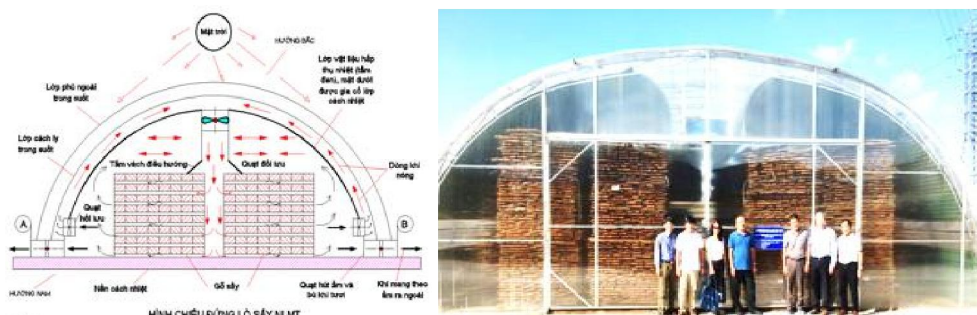
Lớp 3 (lớp dưới cùng) là tôn lạnh để giữ các tấm hấp thụ nhiệt.

- Kích thước lò sấy: rộng × sâu = 10.000 × 6.000 mm; điểm cao nhất 4.600 mm; chiều cao xếp gỗ tối đa 3.200 mm. Dung tích lò sấy: 120 m³. Công suất sấy: 40 m³ gỗ xẻ/1 mẻ sấy.

2) Hệ thống tuần hoàn gió: 05 quạt gió, mỗi quạt đường kính 800 mm, công suất 2,2 kWh, có thiết kế đảo chiều quay. Hệ thống quạt gió được đặt ở giữa mái và thổi gió xuống hoặc hút lên.

3) Hệ thống quạt hút ẩm ra môi trường bên ngoài: gồm 04 quạt công suất 250 W đặt ở hai bên thành lò sấy.

4) Thiết bị điều khiển: Bộ điều khiển lò sấy bán tự động LG-38 Helios ghi dữ liệu từ 02 đầu dò nhiệt độ (khô và ướt) của môi trường; 04 dây cảm biến đo độ ẩm gỗ và hẹn giờ đảo chiều quạt gió.



Hình 6. Nguyên lý tuần hoàn và Mô hình hệ thống thiết bị sấy sơ bộ gỗ xẻ bằng NLMT quy mô công suất 40 m³ gỗ xẻ/1 mẻ sấy

Nhận xét:

- Các lò sấy gỗ ở Việt Nam hiện nay có hình dạng, kết cấu hình hộp chữ nhật.

- Lò sấy NLMT có mái hình vòm và yêu cầu khi lắp mái vòm phải theo hướng Đông - Tây. Mái hình vòm lắp theo hướng Đông - Tây có một số ưu điểm như: Diện tích hấp thụ NLMT sẽ là lớn nhất; kết cấu của lò sấy sẽ vững chắc phù hợp với điều kiện khí hậu Việt Nam hay có gió bão.

IV. KẾT LUẬN

Hệ thống thiết bị sấy gỗ xẻ rừng trồng bằng NLMT quy mô công suất 40 m³ gỗ xẻ/1 mẻ

sấy đã được thiết kế, chế tạo và lắp đặt thực tế tại Công ty Cổ phần chế biến gỗ Nội thất PISICO Bình Định. Hệ thống đã được vận hành sấy gỗ thử nghiệm nhiều đợt từ tháng 4 năm 2019 đến nay, hoạt động ổn định, chất lượng gỗ sấy đạt độ ẩm của gỗ sau khi sấy từ 10 đến 12%, tỷ lệ gỗ xẻ bị nứt vỡ cong vênh do sấy dưới 3%. Chi phí năng lượng (điện, nhiên liệu) giảm hơn 60% so với lò sấy hơi nước và tổng chi phí sấy bằng lò sấy NLMT giảm hơn 40% so với tổng chi phí khi sấy bằng lò sấy hơi nước.

Hệ thống thiết bị sấy gỗ bằng NLMT được doanh nghiệp đánh giá cao, có nhiều triển vọng mở rộng áp dụng vào thực tế sản xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Cảnh Mão, Bùi Duy Ngọc, 2015. Kết quả tính toán bảo ôn vỏ lò sấy gỗ nhiệt độ cao. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp số 2.
2. Bùi Duy Ngọc, Lê Xuân Phúc, Nguyễn Văn Giáp, Lê Thị Hưng, 2019. Nghiên cứu diễn biến cường độ bức xạ mặt trời tại Bình Định phục vụ sấy gỗ rừng trồng. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp số chuyên san.
3. Nguyễn Văn Giáp, Bùi Duy Ngọc, Hà Tiến Mạnh, Lê Thị Hưng, Tô Quốc Huy, 2019. Nghiên cứu thiết kế hệ thống thiết bị thí nghiệm sấy gỗ rừng trồng bằng năng lượng mặt trời dung tích 0,5 m³. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp số chuyên san.
4. Bùi Duy Ngọc, Lê Thị Hưng, Hà Tiến Mạnh, Nguyễn Văn Giáp, Nguyễn Quang Trung, Phạm Anh Tuấn, Trần Hồng Thao, Phan Ngọc Hồng, Hứa Thị Huân, Nguyễn Văn Thu, Lương Như Hải, Trần Bằng Sơn, 2020. Nghiên cứu phát triển công nghệ sấy gỗ rừng trồng bằng năng lượng mặt trời và công nghệ bơm nhiệt. Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu khoa học trọng điểm cấp Bộ.
5. Website về năng lượng mặt trời: <https://solarpower.vn/>

Email tác giả liên hệ: Buiduyngocfsiv@gmail.com

Ngày nhận bài: 17/03/2021

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 04/04/2021

Ngày duyệt đăng: 06/04/2021