บทที่ 2

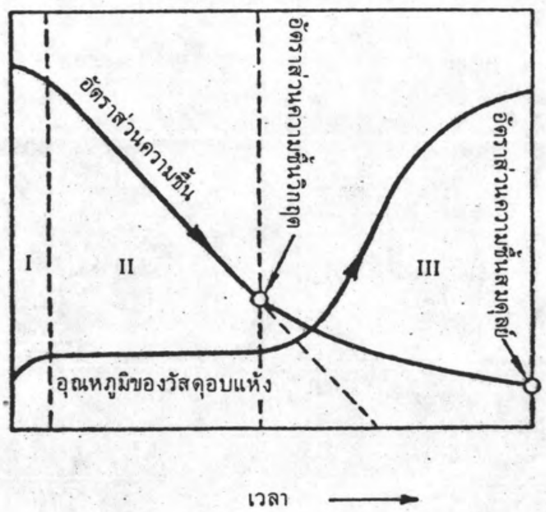
ทฤษฎี

2.1 คำนำ

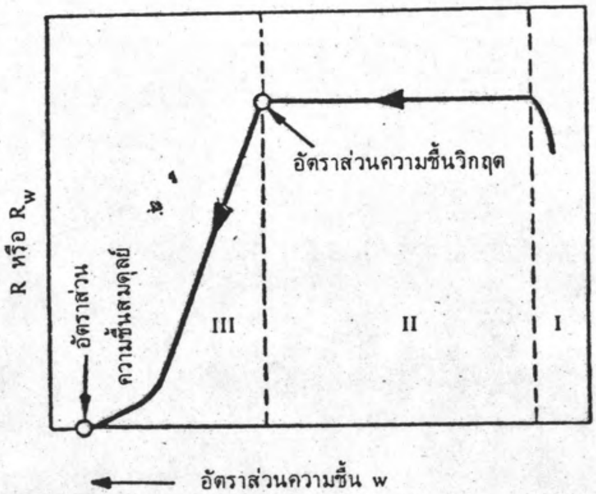
การอบแห้ง คือ กระบวนการที่ความร้อนจากลมร้อนถูกถ่ายเทโดยวิธีใดวิธีหนึ่งผ่านไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อนำความชื้นออกไปจากวัสดุชื้นนั้นโดยอาศัยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหยน้ำออกจากวัสดุชื้น ในกระบวนการอบแห้งความเร็วของการระเหยน้ำออกจากวัสดุชื้น(drying rate) จะไม่เท่ากันตลอดเวลาการอบ ในช่วงเริ่มแรกของกระบวนการอบแห้งเป็นช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นกับวัสดุ ที่ผิวของวัสดุที่เปียกชื้นความชื้นที่ผิวของวัสดุเหล่านี้จะอยู่ในรูปของน้ำ ในระยะนี้อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อนที่พัดผ่านวัสดุชื้น ในระยะต่อมาเป็นระยะการอบแห้งที่ความเร็วในการอบแห้งคงที่ ความร้อนที่วัสดุชื้นรับมาทั้งหมดจะเป็นความร้อนที่ใช้ในการระเหยความชื้นออกไปจากวัสดุเท่านั้น ในระยะสุดท้ายของกระบวนการอบแห้งเนื่องจากน้ำที่ผิวของวัสดุระเหยไปหมดแล้ว และความชื้นในรูปของน้ำจากส่วนในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของน้ำจากผิววัสดุ ดังนั้นที่ผิวของวัสดุจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และอยู่ในสภาพที่แห้งความเร็วของการอบแห้งจะค่อย ๆ ลดลง และกระบวนการอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่ออัตราส่วนความชื้น(Moisture content) ลดลงจนถึงค่าอัตราส่วนความชื้นสมดุลย์(Equilibrium moisture content) ของวัสดุในสภาพแวดล้อมนั้น รูปที่ 2.1 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงมวลและความชื้นของวัสดุชื้น และรูปที่ 2.2 แสดงเส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง

ความชื้นในไม้แบ่งเป็นสองแบบคือ เป็นน้ำที่อยู่ในโพรงของเสี้ยนไม้และน้ำในผนังของเสี้ยนไม้ ในขณะที่ไม้เริ่มสูญเสียความชื้น ผนังของเสี้ยนไม้จะคงสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ จนกระทั่งน้ำที่อยู่ในโพรงของเสี้ยนไม้ระเหยไปหมด ผนังของเสี้ยนไม้จึงจะเริ่มคายความชื้นจุดที่ผนังของเสี้ยนไม้เริ่มคายความชื้นนี้เรียกว่า จุดเสี้ยนไม้อิ่มตัว(Fiber saturation point) ซึ่งจะมีค่าความชื้นประมาณ 25% (มาตรฐานแห้ง)

ระบบอบแห้งซึ่งแบ่งตามลักษณะการไหลของของไหลที่ใช้ทำงาน(Working fluid) จะจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด คือ



รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงมวลและความชื้นของวัสดุชื้น



รูปที่ 2.2 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง

1. แบบที่มีการไหลของของไหลทำงานหมุนเวียนในระบบตามธรรมชาติ(Natural circulation)

2. แบบที่มีการไหลของของไหลทำงานหมุนเวียนแบบบังคับ(Forced circulation)

ในแบบที่มีการไหลของของไหลในระบบตามธรรมชาตินั้น โดยอาศัยความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของอากาศทำให้อากาศหมุนเวียนภายในระบบ อากาศซึ่งมีอุณหภูมิและความหนาแน่นสูงไหลเข้าแทนที่อากาศซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและความหนาแน่นต่ำ ส่วนแบบที่มีการไหลของของไหลทำงานหมุนเวียนแบบบังคับ การไหลของอากาศภายในระบบเกิดขึ้นจากพัดลมดูดอากาศ ซึ่งทำหน้าที่ดูดอากาศผ่านเข้าไปรับความร้อนจากแหล่งผลิตความร้อนและผ่านต่อไปลดความชื้นจากวัสดุชื้นในระบบ

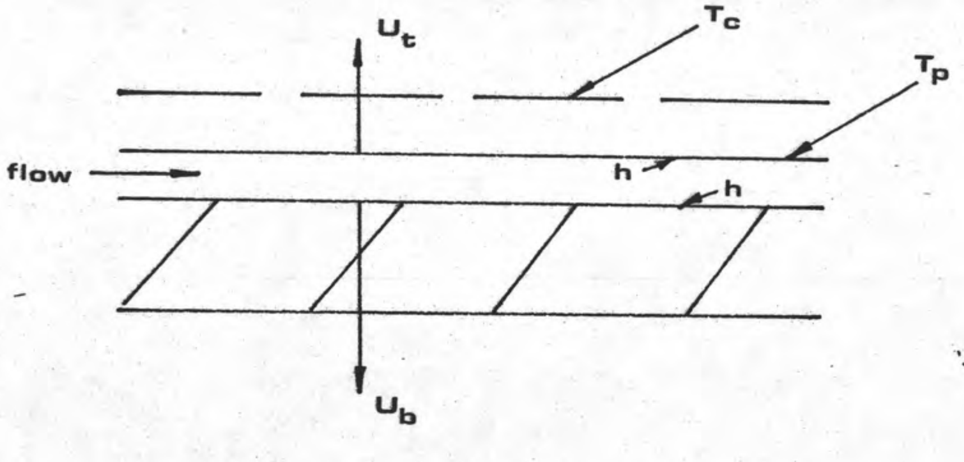
ระบบสำหรับการอบไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญสองส่วน คือ แผงรับแสงอาทิตย์ และโรงอบไม้ การไหลของของไหลเกิดขึ้นจากพัดลมดูดอากาศจึงจัดเป็นการทำงานของของไหลแบบบังคับ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดความชื้นมากกว่าและเหมาะสมกว่า

ปัญหาที่สำคัญอย่างยิ่งประการหนึ่งในการวิเคราะห์การทำงานด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ก็คือ พลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นแหล่งพลังงานของระบบไม่สามารถควบคุมได้และผันแปรไปตามเวลา สภาพภูมิอากาศ ฤดู และสถานที่ การคำนวณหาประสิทธิภาพและการคาดคะเนพฤติกรรมต่าง ๆ จึงไม่สามารถใช้สูตรสำเร็จโดยตรงได้ ในการวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการคำนวณที่ประสพผลสำเร็จและเป็นที่ยอมรับใช้งานในทางปฏิบัติ โดยทั่วไปในการคำนวณเพื่อออกแบบหรือคาดคะเนพฤติกรรมของระบบงานหรืออุปกรณ์ที่ใช้พลังงานจากความร้อนของแสงอาทิตย์เทคนิคนั้นคือ การจำลองแบบปัญหา(Simulation) โดยใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อที่ว่าโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบขึ้นมานี้ จะสามารถนำไปใช้งานในสภาวะต่าง ๆ และจะสร้างให้มีขนาดตามความต้องการในการใช้งานได้

2.2 แผงรับแสงอาทิตย์

แผงรับแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ผลิตความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยทำหน้าที่ดูดพลังงานแสงอาทิตย์และแปลงพลังงานนี้ให้เป็นพลังงานความร้อนแล้วถ่ายเทพลังงานความร้อนเหล่านี้ให้กับของไหลที่ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์ ทำให้ของไหลมีอุณหภูมิสูงขึ้น และสามารถนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้งานโดยใช้พัดลมดูดอากาศทำให้ของไหลที่อุณหภูมิสูงนี้ผ่านวัสดุชื้น ทำให้อุณหภูมิลดลงแล้วกลับมาผ่านแผงรับแสงอาทิตย์รับความร้อนหมุนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป

แผงรับแสงอาทิตย์ที่ใช้งานในโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์นี้เป็นแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น(Flat plate collector) ประกอบไปด้วยแผ่นดูดพลังงาน(absorber plate) ซึ่งทำหน้าที่รับพลังงานจากแสงอาทิตย์และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน จากนั้นจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่ไหลผ่านแผ่นดูดทางด้านล่าง ด้านบนของแผ่นดูดเป็นวัสดุโปร่งแสงคือกระจก ซึ่งเรียกว่า แผ่นปิดด้านบน(Top cover) มีหน้าที่ช่วยลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากแผ่นดูดที่จะไหลผ่านกลับสู่บรรยากาศภายนอก รูปที่ 2.3 แสดงภาพตัดขวางของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ใช้งานในโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์นี้



รูปที่ 2.3 แสดงภาพตัดขวางของแผงรับแสงอาทิตย์

สมการในการคำนวณหาพลังงานแสงอาทิตย์ มีดังนี้

$$Q_u = A_c F_R (H_T \tau\alpha - U_L(\theta_m - \theta_a)) \qquad \text{...........(2.1)}$$

013809

1 17403972

เมื่อ

Q_u = พลังงานความร้อนที่อาจนำไปใช้ประโยชน์, watts
A_c = พื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์, m^2
F_R = แฟคเตอร์ที่แสดงประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์
H_T = ความเข้มของแสงอาทิตย์บนแผงรับแสงอาทิตย์, watts/m^2
τ = ค่าการผ่านทะลุกระจกของแสงอาทิตย์
α = ค่าการดูดพลังงานแสงอาทิตย์ของแผ่นดูดพลังงาน
U_L = ความร้อนที่สูญเสียไปทั้งหมดของแผงรับแสงอาทิตย์, watts/m^2. °C
θ_m = อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในแผ่นรับแสงอาทิตย์, °C
θ_a = อุณหภูมิบรรยากาศ, °C

ตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งแสดงในเอกสารอ้างอิง (1) เป็นดังนี้

$$F' = \left(1 + \frac{U_L}{h + [(1/h) + (1/h_r)]^{-1}}\right)^{-1} \qquad \text{...........(2.2)}$$

$$h_r = \frac{\delta(\theta_p^{\,2} + \theta_c^{\,2})(\theta_p + \theta_c)}{(1/\varepsilon_p) + (1/\varepsilon_c) - 1} \qquad \text{...........(2.3)}$$

$$U_L = U_t + U_b \qquad \text{...........(2.4)}$$

$$F_R = (GC_a/U_L)(1 - \exp(-(U_L F'/GC_a))) \qquad \text{...........(2.5)}$$

เมื่อ

F' = แฟคเตอร์ประสิทธิภาพตัวรับรังสี
U_t = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านบนของแผงรับแสงอาทิตย์, watts/m^2 °C
U_b = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านล่างของแผงรับแสงอาทิตย์, watts/m^2 °C
h = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของแผงรับแสงอาทิตย์, watts/m^2 °C
h_r = สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีของแผ่นดูดแสงอาทิตย์, watts/m^2 °C

θ_p = อุณหภูมิของแผ่นดูดพลังงาน, °C

θ_c = อุณหภูมิของกระจก, °C

δ = ค่าคงที่ของสเตเฟ่น-โบลท์แมน, $watts/m^2\ °C$

ε_p = ค่าการปล่อยพลังงานออกของแผ่นดูดพลังงาน

ε_c = ค่าการปล่อยพลังงานออกของกระจก

G = อัตราการไหลของอากาศต่อหน่วยพื้นที่แผงรับแสงอาทิตย์, kg/m^2

C_a = ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ, kJ/kg °K

การคำนวณเพื่อหาค่าอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์ $\theta_{c,o}$ และประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ โดยใช้สมการ

$$\theta_{c,o} = \theta_{c,i} + Q_u/GC_a \qquad \text{............(2.6)}$$

$$\eta = (Q_u/H_T A) \times 100 \qquad \text{............(2.7)}$$

เมื่อ

$\theta_{c,o}$ = อุณหภูมิของอากาศขณะไหลออกจากแผงรับแสงอาทิตย์, °C

$\theta_{c,i}$ = อุณหภูมิของอากาศขณะไหลเข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์, °C

η = ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์, %

2.3 <u>ความร้อนสูญเสียผ่านส่วนต่าง ๆ ของโรงอบไม้</u>

ความร้อนที่สูญเสียผ่านส่วนต่าง ๆ ของโรงอบมีปริมาณค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับความร้อนที่สูญเสียไปในส่วนอื่น การออกแบบและก่อสร้างโรงอบไม้ ฯ จึงต้องคำนึงถึงปริมาณความร้อนที่จะสูญเสียไปเป็นสำคัญ ซึ่งถ้าโรงอบไม้มีการป้องกันการสูญเสียความร้อนที่ผ่านผนัง ประตู พื้น และเพดานเป็นอย่างดีแล้วก็เท่ากับว่าสามารถลดปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้ในการอบไม้ลงไปอีกด้วย ในโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีแผงรับแสงอาทิตย์เป็นแหล่งผลิตความร้อนก็จะสามารถลดขนาดของแผงรับแสงอาทิตย์ลงไปได้อีก ซึ่งส่งผลถึงค่าใช้จ่ายในการผลิตแผงรับแสงอาทิตย์จะลดลงตามไปด้วย การหาปริมาณความร้อนที่สูญเสียในส่วนนี้ จะสมมุติโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ของโรงอบไม้ ฯ ขึ้นตามข้อสมมุติฐาน คือ

2.3.1 การถ่ายเทความร้อนในแต่ละช่วงเวลาการอบมไม้ ถือว่าอยู่ในสภาวะคงที่(Steady state)

2.3.2 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ประตู พื้น และเพดานของโรงอบไม้ ฯ เป็นแบบ 1 มิติ(One-dimensional)

การสูญเสียพลังงานความร้อนในทุก ๆ ส่วนที่สูญเสียไปเนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในกับอุณหภูมิภายนอกโรงงาน ถ้าความแตกต่างของอุณหภูมิทั้งสองมีมากพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปก็จะมากตามไปด้วย นอกจากนี้ค่าความร้อนที่สูญเสียไปยังขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ประกอบเป็นโครงสร้างส่วนต่าง ๆ นั้นอีกด้วย

สมการประมาณค่าพลังงานความร้อนที่สูญเสียผ่านส่วนต่าง ๆ สามารถเขียนได้ดังนี้

$$Q_{loss} = (\theta_i - \theta_m)/\Sigma R \qquad \text{............(2.8)}$$

เมื่อ

Q_{loss} = พลังงานความร้อนที่สูญเสียผ่านโครงสร้างต่าง ๆ ของโรงอบไม้, watts

θ_i = อุณหภูมิภายในโรงอบไม้, °C

θ_m = อุณหภูมิบรรยากาศ, °C

ΣR = ความต้านทานการถ่ายเทความร้อนรวมของโครงสร้างทั้งหมด, °C/watts

2.4 <u>ค่าความชื้นของไม้</u>

โดยทั่วไปแล้วปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในเนื้อไม้ มักจะถูกนิยามในรูปของอัตราส่วนของน้ำหนักน้ำในไม้ต่อน้ำหนักไม้ทั้งหมด นั่นคือใช้มวลของน้ำหนักไม้ชื้นเป็นมาตรฐานของการคำนวณความชื้น มาตรฐานดังกล่าวเราเรียกว่า มาตรฐานเปียก แต่ในกระบวนการอบแห้งมวลของไม้ชื้นเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงเป็นการสะดวกกว่าที่จะใช้น้ำหนักมวลของไม้แห้งเป็นมาตรฐานในการคำนวณความชื้น มาตรฐานแบบนี้เราเรียกว่า มาตรฐานแห้ง มาตรฐานทั้งสองแบบเรามักนิยามให้อยู่ในรูปของเปอร์เซนต์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$U_w = (m_T - m_o)x100/m_T \quad (\text{\% มาตรฐานเปียก}) \quad \text{...........(2.9)}$$

$$U_d = (m_T - m_o)x100/m_o \quad (\text{\% มาตรฐานแห้ง}) \quad \text{..........(2.10)}$$

$$U_w = U_d/(1+U_d) \quad \text{..........(2.11)}$$

$$U_d = U_w/(1-U_w) \quad \text{..........(2.12)}$$

เมื่อ

m_T = น้ำหนักไม้ชื้น, kg

m_o = น้ำหนักไม้แห้ง (ไม่มีความชื้น), kg

U_w = อัตราส่วนความชื้นของไม้มาตรฐานเปียก

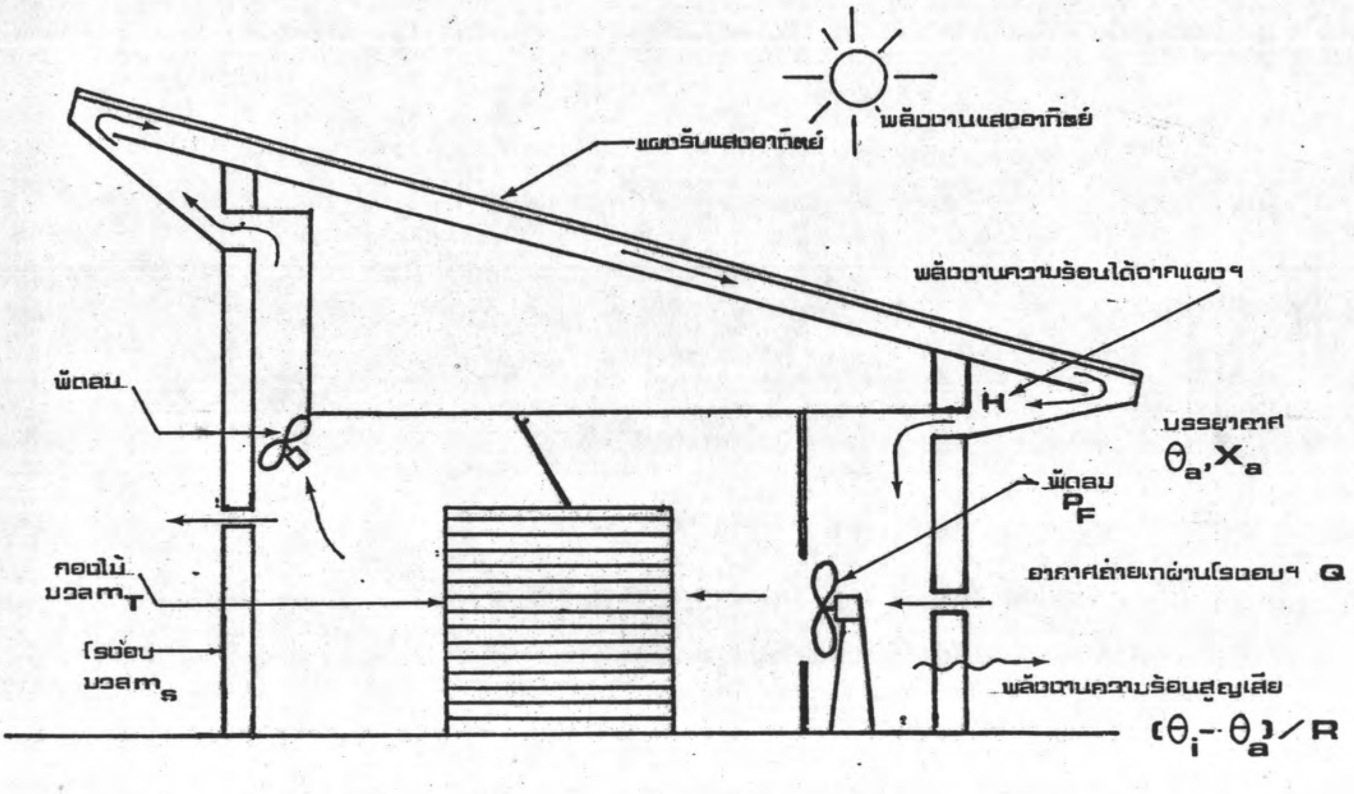
U_d = อัตราส่วนความชื้นของไม้มาตรฐานแห้ง

2.5 สมดุลย์ความชื้น(moisture balance)

รูปที่ 2.4 แสดงการไหลของพลังงานเมื่อโรงอบอยู่ในสภาวะใช้งาน ภายในโรงอบไม้มีกองไม้มวล m_T พลังงานความร้อนที่ผลิตได้จากแผงรับแสงอาทิตย์และได้จากมอเตอร์หมุนพัดลมเท่ากับ Q_u และ P_F ตามลำดับ อากาศภายนอกและภายในโรงอบมีอุณหภูมิเท่ากับ θ_a และ θ_i ตามลำดับ อากาศซึ่งมีความชื้นสัมบูรณ์ X_a ถูกดูดเข้าโรงอบไม้ด้วยอัตรา Q และไหลออกจากโรงอบไม้ด้วยอัตรา Q เช่นเดียวกัน โดยที่อากาศภายในโรงอบไม้มีค่าความชื้นสัมบูรณ์เท่ากับ X_i

อัตราการถ่ายเทความชื้นจากไม้ระหว่างช่วงเวลาใด ๆ เป็นผลมาจากความแตกต่างระหว่างความชื้นของไม้ และความชื้นสมดุลย์ของไม้ในขณะเวลานั้น ๆ อัตราการถ่ายเทความชื้นจากไม้จะมีมากเมื่อความแตกต่างระหว่างความชื้นของไม้ และความชื้นสมดุลย์ของไม้มีค่ามาก และจะไม่มีการถ่ายเทความชื้นจากไม้สู่บรรยากาศรอบ ๆ เมื่อความชื้นของไม้มีค่าเท่ากับความชื้นสมดุลย์ของไม้

$$dU/dt = -K(U - U_e)/x \quad \text{..........(2.13)}$$



รูปที่ 2.4 แสดงการไหลของพลังงานของโรงอบไม้พลังงานแสงอาทิตย์

เมื่อ

dU/dt = อัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นของไม้ต่อเวลา, hr^{-1}

K = สัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่ของน้ำ(moisture movement coefficient), m/hr

U = ความชื้นของไม้ (มาตรฐานแห้ง)

U_{-} = ความชื้นสมดุลย์ของไม้ที่อุณหภูมิ Θ_i และความชื้นสมบูรณ์ X_i

x = ความหนาของชิ้นไม้, m

ความชื้นสมดุลย์ของไม้ที่สภาวะต่าง ๆ ได้แสดงในตารางที่ 1.1

ค่าสัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่ของน้ำ K จะขึ้นอยู่กับชนิดของไม้และอุณหภูมิ สัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่ของน้ำจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูง และจะมีค่าแปรผันกลับกับค่าความหนาแน่นของไม้

$$K \quad \alpha \quad 1/\rho_T \qquad ....(2.14)$$

เมื่อ

ρ_T = ความหนาแน่นของไม้ชื้นขณะเวลาใด ๆ, kg/m^3

$$K(\rho,\theta) = \frac{K_o.X_s(\theta).\rho_o}{X_s(\theta_o).\rho_T} \qquad ....(2.15)$$

เมื่อ

$X_s(\theta)$ = ความชื้นสมบูรณ์อิ่มตัวของอากาศที่อุณหภูมิ θ ใด ๆ, kg/m^3

$X_s(\theta_o)$ = ความชื้นสมบูรณ์อิ่มตัวของอากาศที่อุณหภูมิ 30°C, kg/m^3

ρ_o = ความหนาแน่นของไม้แห้ง, kg/m^3

ρ_T = ความหนาแน่นของไม้ชื้นขณะเวลาใด ๆ, kg/m^3

K_o = สัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่ของน้ำจากการทดลอง, m/hr

= 1.4×10^{-4} m/hr [2]

ดังนั้น สมการแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศภายในโรงอบไม้ (หรือสมดุลย์ความชื้น) คือ

$$V\, dX_i/dt = -Q(X_i - X_s) - m_o.dU/dt \qquad ....(2.16)$$

เมื่อ

V = ปริมาตรอากาศภายในโรงอบไม้, m^3

dX_i/dt = อัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศภายในโรงอบไม้, $kg/m^3.hr$

Q = อัตราการถ่ายเทของอากาศระหว่างภายในโรงอบกับบรรยากาศ, kg/hr

X_i = ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศภายในโรงอบไม้, kg/m^3

X_a = ความชื้นสัมบูรณ์ของบรรยากาศ, kg/m^3

สมการที่ (2.16) อธิบายได้โดย

อัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศภายในโรงอบไม้ทั้งหมดจะเท่ากับปริมาณความชื้นสัมบูรณ์ที่ได้รับจากบรรยากาศโดยการถ่ายเทของอากาศผ่านช่องระบายอากาศรวมกับปริมาณความชื้นที่ได้จากการถ่ายเทความชื้นของไม้กับอากาศภายในโรงอบ

2.6 สมดุลย์พลังงาน(Energy balance)

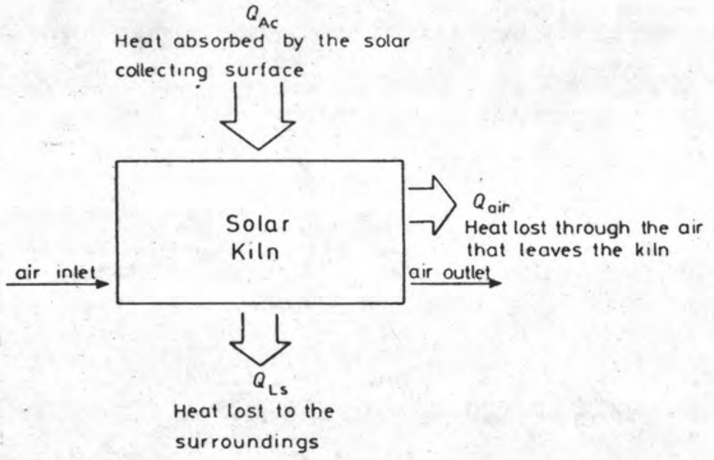


Diagram of the heat balance of the solar kiln.

รูปที่ 2.5 แสดงสมดุลย์พลังงานภายในโรงอบ

จากรูปที่ 2.5 ซึ่งแสดงสมดุลย์พลังงานภายในโรงอบ การเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนภายในโรงอบไม้ทั้งหมดจะเป็นผลต่างของพลังงานที่ได้รับคือ พลังงานความร้อนที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์รวมกับกำลังงานของพัดลมกับพลังงานที่สูญเสียไปผ่านผนัง พื้น เพดาน และโครงสร้างของโรงอบรวมกับพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปโดยการระบายอากาศ

สมการแสดงสมดุลย์พลังงาน แสดงไว้ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$(m_T C_T + m_s C_s) d\theta_i/dt = Q_u - (\theta_i - \theta_a)/\Sigma R - Q((X_i - X_a)L_v + \rho C_a(\theta_i - \theta_a)) + P_F \quad .....(2.17)$$

เมื่อ

m_T = น้ำหนักของไม้ชื้นทั้งหมดในโรงอบ, kg

C_T = ความร้อนจำเพาะของไม้, kJ/kg.K

m_s = น้ำหนักของวัสดุที่ใช้ทำห้องอบไม้, kg

C_s = ความร้อนจำเพาะของวัสดุของห้องอบไม้, kJ/kg.K

$d\theta_i/dt$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในโรงอบต่อหน่วยเวลา, °C/hr

θ_i = อุณหภูมิภายในโรงอบไม้, °C

θ_a = อุณหภูมิบรรยากาศ, °C

ΣR = ความต้านทานการถ่ายเทความร้อนรวมของโครงสร้างทั้งหมด, °C/matts

Q = อัตราการถ่ายเทของอากาศระหว่างภายในโรงอบกับบรรยากาศ, kg/hr

L_v = ความร้อนแฝงของน้ำ, kJ/kg

ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศ, kg/m^3

C_a = ความร้อนจำเพาะของอากาศ, kJ/kg.K

P_F = กำลังงานของพัดลม, watts

ค่าความร้อนจำเพาะของไม้มีค่าแปรผันตามความชื้นของไม้โดยตรง [2]

$$C_T = (4.18\ U + 1.25)/(1 + U) + 0.17 \quad ....(2.18)$$

ในการคำนวณเพื่อหาสมรรถนะของโรงอบเพื่อหาค่าของอุณหภูมิและความชื้นสัมบูรณ์ภายในโรงอบไม้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะใช้วิธีทางตัวเลข [2] เพื่อประมาณค่าต่าง ๆ เหล่านั้นจะได้สมการดังนี้

$$U_h^P = U_{h-1} + (\Delta t/24)(55U'_{h-2} - 59U'_{h-3} + 37U'_{h-4} + 9U'_{h-4})$$
..........(2.19)

$$U_h^C = U_{h-1} + (\Delta t/24)(9U'_h + 19U'_{h-1} - 5U'_{h-2} + U'_{h-3})$$
..........(2.20)

$$\theta_h^P = \theta_{h-1} + (\Delta t/24)(55\theta'_{h-2} - 59\theta'_{h-3} + 37\theta'_{h-4} + 9\theta'_{h-4})$$
..........(2.21)

$$\theta_h^C = \theta_{h-1} + (\Delta t/24)(9\theta'_h + 19\theta'_{h-1} - 5\theta'_{h-2} + \theta'_{h-3})$$
..........(2.22)

$$X_{i,h} = (X_{i,h-1}V + X_{a,h}.Q.\Delta t + m_o(U_{h-1} - U_h))/(V + Q.\Delta t)$$
..........(2.23)

เมื่อ

U = ความชื้นของไม้ (มาตรฐานแห้ง)

U_h^P = ค่าคาดคะเนของ U ที่ชั่วโมงที่ h

U_h^C = ค่าของ U ที่ชั่วโมง h

U_{h-1} = ค่าของ U ที่เวลา h - Δt

$U'_{h-1}, U'_{h-2}..,$ = ค่าของ dU/dt ที่เวลา (h - Δt) และ (h - 2Δt) .., ตามลำดับ

θ_h^P = ค่าคาดคะเนของ θ ที่ชั่วโมงที่ h, °C

θ_h^C = ค่าของ θ ที่ชั่วโมง h, °C

θ_{h-1} = ค่าของ θ ที่ชั่วโมง h-1, °C

$\theta'_{h-1}, \theta'_{h-2}..,$ = ค่าของ dθ/dt ที่เวลา (h - Δt) และ (h - 2Δt) .., ตามลำดับ

Δt = ช่วงเวลาการคำนวณ, hr

$X_{i,h}$ = ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศภายในโรงอบไม้ที่เวลา h, kg/m^3

$X_{i,h-1}$ = ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศภายในโรงอบไม้ที่เวลา h - Δt, kg/m^3

$X_{a,h}$ = ความชื้นสัมบูรณ์ของบรรยากาศที่เวลา h, kg/m^3

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย