บทที่ 2
ทฤษฎี

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้ จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการดูด และกระบวนการอบไล่ความชื้น ของสารดูดความชื้น ซึ่งกระบวนการทั้งสองกระบวนการจะเกี่ยวเนื่องกับการถ่ายเทมวลและความร้อนระหว่างอากาศกับสารดูดความชื้น ดังนั้นจะขอกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องพอสังเขปดังนี้

เมื่อของไหลที่มีความหนาแน่นของสาร **A** เท่ากับ $\rho_{A,\infty}$ ไหลผ่านผิวที่มีพื้นที่ทั้งหมด $\mathbf{A_s}$ ซึ่งมีความหนาแน่นของสาร **A** คงที่ คือ $\rho_{A,S}$ เมื่อ $\rho_{A,\infty}$ จะเกิดการถ่ายเทมวล ($\mathbf{R_d}$) ขึ้นดังสมการ (Incropora et. al. , 1990)

$$\mathbf{R_d = h_m A_s (\rho_{A,S} - \rho_{A,\infty})} \qquad (1)$$

โดยที่

h_m คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล (Mass transfer coefficient)

จากกฎของก๊าซสมบูรณ์ (Perfect gas law) และสมการ (2) จะได้สมการอัตราการถ่ายเทมวลสาร $\mathbf{R_d}$ ในรูปสมการดังนี้

$$R_d = \mathbf{(h_m A_s / R)} \times [(\rho_{A,\infty} / T_{A,\infty}) - (\rho_{A,S} / T_{A,S})] \qquad (2)$$

โดยที่

$\rho_{A,\infty}$ = ความดันไอของสาร A ในกระแสของไหล (kPa)

$\rho_{A,S}$ = ความดันไอของสาร A บนพื้นผิวที่วางขวางการไหล (kPa)

$T_{A,\infty}$ = อุณหภูมิของสาร A ในกระแสของไหล (K)

$T_{A,S}$ = อุณหภูมิของสาร A บนพื้นผิวที่วางขวางการไหล (K)

R = ค่าคงที่ของก๊าซ (Gas constant)

ถ้าของไหลของสาร **A** คือ ไอน้ำในกระแสอากาศ สมการ (3) ซึ่งแสดงอัตราการถ่ายเทมวลของไอน้ำ $\mathbf{R_d}$ ระหว่างกระแสอากาศชื้นและพื้นผิวสารดูดความชื้นที่วางขวางการไหลของกระแสอากาศชื้น สามารถเขียนได้ใหม่ดังนี้

$$R_d = (h_m A_s / R) \times [(\rho_{w.\infty} / T_{w.\infty}) - (\rho_{w.s} / T_{w.s})] \quad (3)$$

โดยที่

$\rho_{w.\infty}$ = ความดันไอของไอน้ำในกระแสอากาศ (kPa)

$\rho_{w.s}$ = ความดันไอของไอน้ำบนพื้นผิวที่วางขวางการไหล (kPa)

$T_{w.\infty}$ = อุณหภูมิของไอน้ำในกระแสของการไหล (K)

$T_{w.s}$ = อุณหภูมิของไอน้ำบนพื้นผิวที่วางขวางการไหล (K)

การอบไล่ความชื้นออกจากสารดูดความชื้น จะเกิดขึ้นเมื่อความดันไอที่ผิวของสารดูดความชื้น จะเกิดขึ้นเมื่อความดันไอที่ผิวของสารดูดความชื้นสูงกว่าความดันไอน้ำ ในกระแสอากาศรอบๆ สารดูดความชื้น สมการที่ใช้ในการคำนวณอัตราการถ่ายเทมวลจะคล้ายกับสมการในกรณีของการดูดความชื้น ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$R_t = (h_m A_s / R) \times [(\rho_{w.s} / T_{w.s}) - (\rho_{w.\infty} / T_{w.\infty})] \quad (4)$$

โดยที่

$\mathbf{R_t}$ = อัตราการถ่ายเทมวลของการอบไล่ความชื้น

อนึ่งค่า $\mathbf{h_m}$ จะขึ้นอยู่กับรูปร่างของแผ่นวัตถุและอัตราการไหลของของไหล และในกรณีของการถ่ายเทความร้อน กระบวนการดูดความชื้นจากอากาศของสารดูดความชื้นจะก่อให้เกิดความร้อนขึ้นซึ่งเรียกว่าความร้อนจากกระบวนการดูดซับ อัตราความร้อนที่เกิดขึ้นมาระหว่างกระบวนการดูดซับ ($\mathbf{Q_d}$) มีค่าเท่ากับผลรวมของอัตราความร้อนที่ถ่ายเทให้กับสารดูดความชื้น ($\mathbf{Q_s}$) และอัตราความร้อนที่ถ่ายเทให้กับกระแสอากาศ ($\mathbf{Q_a}$) ดังสมการ

$$Q_d = Q_s + Q_a \quad (5)$$

โดย ค่า Q_d สำหรับการดูดซับน้ำบนสารดูดความชื้นคำนวณได้จากสมการ

$$Q_d = R_d (C_{pw} T_{wb} + h_t) \quad (6)$$

โดยที่

C_{pw} = ความร้อนจำเพาะของอากาศชื้น (kJ/kgK)

T_{wb} = อุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสอากาศขาเข้า ($^{\circ}C$)

h_t = ค่าความร้อนของการดูดซับที่อุณหภูมิคงที่ (kJ/kgK)

กรณีของซิลิกาเจลและน้ำ h_t สามารถคำนวณได้จากสมการของ Biswas [6] ดังนี้

$$h_t = -1079\,\omega + 2745 \quad (7)$$

โดยที่

ω = อัตราส่วนมวลของน้ำที่ถูกดูดซับต่อมวลแห้งของสารดูดความชื้น

ค่าอัตราความร้อนที่ถ่ายเทให้กับสารดูดความชื้น Q_s คำนวณได้จาก

$$Q_s = \rho_s V_s (C_s + \omega C_w) \times (\partial T_s / \partial t) \quad (8)$$

โดยที่

ρ_s = ความหนาแน่นของสารดูดความชื้น (kg/m^3)

V_s = ปริมาตรของสารดูดความชื้น (m^3)

C_s = ค่าความร้อนจำเพาะของสารดูดความชื้น (kJ/kgK)

C_w = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kgK)

$(\partial T_s / \partial t)$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสารดูดความชื้นเทียบกับเวลา

อัตราความร้อน Q_a ที่ถ่ายเทให้กับกระแสอากาศคำนวณได้จากสมการ

$$Q_a = m_a[C_{pa} + (C_w + (\partial h_v / \partial T))\, x]\, (T_{a2} + T_{a1}) \quad (9)$$

โดยที่

m_a = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)

C_{pa} = ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (kJ/kgK)

$(\partial h_v / \partial T)$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงความร้อนแฝงของน้ำเทียบกับอุณหภูมิ (kJ/kgK)

X = ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity) ของอากาศด้านเข้า

T_{a1} = อุณหภูมิอากาศด้านเข้ากระบวนการดูดความชื้น (° C)

T_{a2} = อุณหภูมิด้านออกจากกระบวนการดูดความชื้น (° C)