

บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่นที่เกี่ยวข้อง

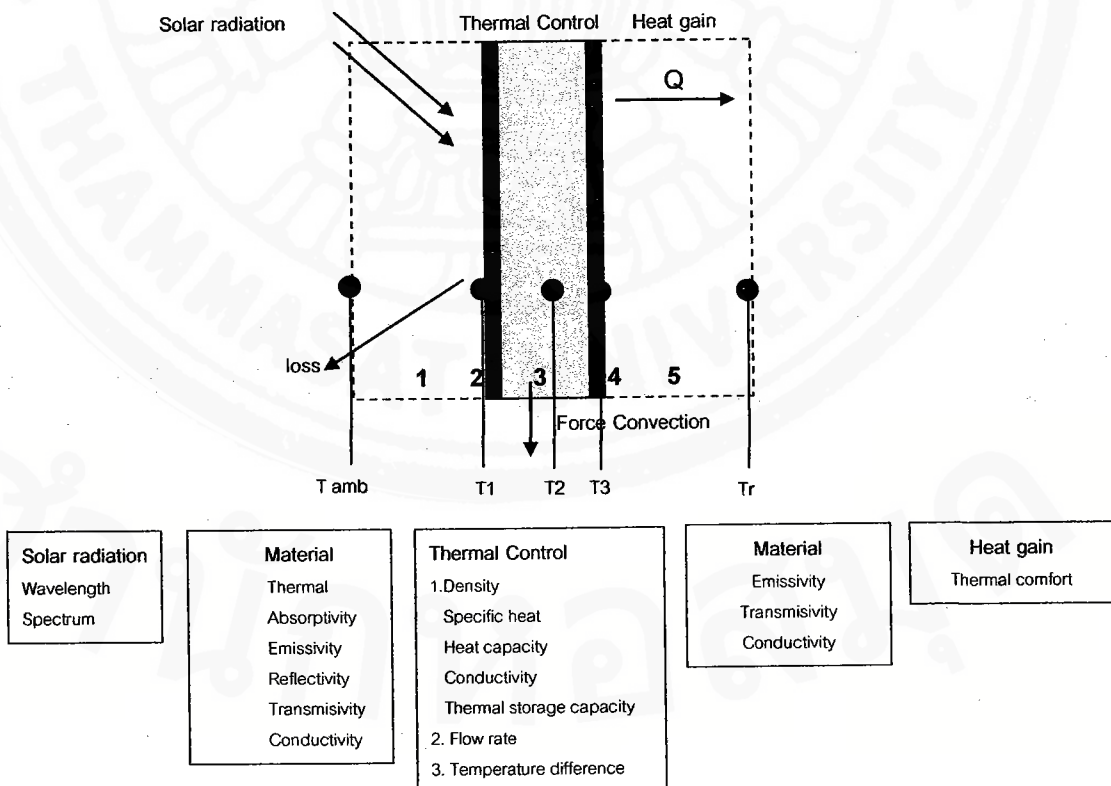
การออกแบบรูปแบบของผนังน้ำให้ถูกต้อง ต้องศึกษาถึงกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในผนังน้ำว่ามีกระบวนการใดบ้าง และมีปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อกัน

2.1 รูปแบบของการถ่ายเทความร้อนของผนังน้ำหมุนเวียน

กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในรูปแบบของผนังน้ำจะศึกษาได้จากภาพจำลอง ดังภาพที่ 2.1 ซึ่งจะทำให้ทราบว่าความร้อนมีกระบวนการอย่างไร และมีปัจจัยใดเข้ามาที่มีอิทธิพลบ้าง

ภาพที่ 2.1

รูปแบบการถ่ายเทความร้อนของผนังน้ำหมุนเวียน และอุณหภูมิต่าง ๆ



หมายเหตุ: ได้จากการรวบรวม

ผนังด้านนอกได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ ผนังด้านนอกจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเกิดความร้อนสะสมในผนัง ขณะเดียวกันผนังก็จะถ่ายเทความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอกอาคาร ความร้อนบางส่วนถูกถ่ายเทไปยังน้ำ บางส่วนถูกถ่ายเทเข้าไปในอาคาร

1. พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนผนัง
2. ความร้อนที่ถูกระบายไปกับน้ำ
3. อุณหภูมิของน้ำที่เกิดขึ้น
4. ความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่ห้อง
5. อุณหภูมิห้อง

2.2 ค่าที่เกี่ยวข้องกับการกระทำกับความร้อนของวัสดุ

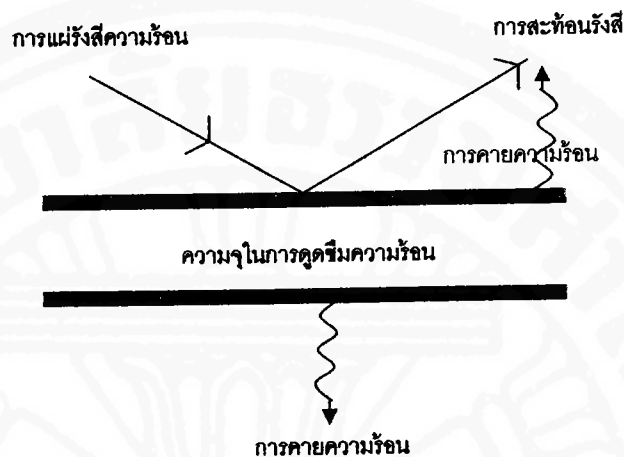
การกระทำกับความร้อนของวัสดุ คือ การกระทำของความร้อนของพื้นผิวด้านนอกของอาคาร เกิดขึ้นจากสองวิธีรวมกัน ได้แก่

1. การแผ่รังสีความร้อน คือ ปริมาณการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับการสภาพของท้องฟ้า ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และการแผ่รังสีจากวัสดุหรืออาคารข้างเคียง เป็นต้น
2. การพาความร้อน คือ ปริมาณการพาความร้อนเป็นการถ่ายเทแลกเปลี่ยนกับอากาศที่อยู่รอบอาคาร ซึ่งถ้าลมมีความเร็วมากขึ้น จะมีการแลกเปลี่ยนเพิ่มขึ้น

ความร้อนที่กระทำกับอาคารจะกระทบกับวัสดุก่อน การออกแบบวัสดุที่มีค่าการสะท้อนรังสีความร้อนสูง จึงเป็นสิ่งที่คำนึงถึงก่อนเป็นอันดับแรก ต่อจากนั้นความร้อนจะทะลุผ่านในลักษณะที่วัสดุเกิดการอิมิตัว และคายความร้อนผ่านออกมา

1. การสะท้อนรังสีความร้อน (reflectivity) เกิดจากคุณสมบัติของพื้นผิววัสดุที่สะท้อนความร้อนออกไปเมื่อรังสีตกกระทบ
2. การดูดความร้อน (absorptivity) เกิดจากคุณสมบัติของพื้นผิววัสดุเป็นพฤติกรรมที่ตรงข้ามกับการสะท้อน
3. การคายความร้อน (emissivity) เกิดจากคุณสมบัติในเนื้อวัสดุที่แผ่ความร้อนออกจากเนื้อวัสดุ หรือ re-radiation
4. การถ่ายเทความร้อน (transmissivity) ความร้อนที่ผ่านเข้ามาซึ่งกระบวนการต่าง ๆ จะแสดงดังภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2
รูปแบบการกระทำกับความร้อนลักษณะต่าง ๆ ของวัสดุ



ที่มา: สมสิทธิ์ นิตยะ, 2545.

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบบนผิววัตถุทึบแสง บางส่วนจะถูกดูดกลืน (absorptivity) และสะท้อน (reflectivity) บางส่วนออกมา ส่วนที่ถูกดูดกลืนจะทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงขึ้น และจะถ่ายเทความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อมโดยการแผ่รังสี การพาความร้อน และการถ่ายเทเข้าไปในตัวมันเอง โดยการนำความร้อน ผลรวมของรังสีความร้อนที่ถูกดูดกลืนและรังสีที่ถูกสะท้อนจะเท่ากับรังสีความร้อนที่ตกกระทบบนผิวนั้น ถ้าวัตถุมีการดูดกลืนรังสีความร้อนได้ดีจะแผ่ความร้อนได้ดีด้วย โดยทั่วไปการแผ่รังสีของวัตถุจะแปรตามอุณหภูมิ และสภาพการเปล่งรังสี (emissivity) ของผิวนั้น

โลหะที่มีผิวมันจะสะท้อนรังสีส่วนมากที่ตกกระทบบนและดูดกลืนไว้เพียงเล็กน้อย เช่น อลูมิเนียมมีความสามารถในการสะท้อนสูง แต่ภายในเนื้อจะเก็บความร้อนไว้ได้สูงเช่นกัน ดังนั้นการใช้กระดาดชาบด้วยอลูมิเนียมบาง ๆ จะเป็นตัวป้องกันความร้อนที่ดี เพราะมีเนื้ออลูมิเนียม น้อยมาก

2.3 พื้นฐานการถ่ายเทความร้อน และสมการพลังงานวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนเป็นการศึกษาการกำหนดการถ่ายเทพลังงาน ซึ่งพิจารณาค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันในเนื้อของวัสดุ การถ่ายเทความร้อนเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งได้ 3 วิธีคือ การนำ การพา การแผ่รังสีความร้อน

2.3.1 การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer)

เมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิที่ถ่ายเทจากภายในวัตถุหนึ่งสู่ภายนอก กรณีนี้แสดงว่ามีการถ่ายเทพลังงานจากขอบเขตที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ขอบเขตที่มีอุณหภูมิต่ำในตัวกลางเดียวกัน หรือระหว่างตัวกลางที่ติดกันแต่มีอุณหภูมิที่ต่างกัน โดยการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีการนำ

ฟลักซ์ความร้อนผ่านตัวกลางโดยการนำความร้อน สามารถหาได้โดยอาศัยกฎของฟูเรียร์ (Fourier's law) ซึ่งเขียนสมการได้เป็น

$$Q_x = -Ak \left(\frac{dt}{dx} \right) \quad \text{สมการที่ 2.1}$$

เมื่อ Q_x = อัตราการนำความร้อนในทิศทาง x หน่วยคือวัตต์ต่อตารางเมตรหรือ W/m^2

A = พื้นที่ในการนำความร้อนในทิศทางตั้งฉากกับ x

k = สภาพการนำความร้อนของวัสดุ thermal conductivity หน่วยคือวัตต์ต่อเมตรองศาเคลวินหรือ W/mK

$\frac{dt}{dx}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกับระยะทาง

อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเรียบที่มีความหนาเป็น L และมีอุณหภูมิผิวทั้งสองคงที่เป็น T_1 และ T_2 สามารถคำนวณโดยใช้สมการ

$$Q_x = k \left(\frac{T_1 - T_2}{L} \right) = k \frac{\Delta T}{L} \quad \text{สมการที่ 2.2}$$

1. ค่าการนำความร้อน (thermal conductivity)

เป็นคุณสมบัติหนึ่งของวัสดุที่บ่งบอกถึง อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุที่บดตัน ที่มีเนื้อเดียว ถูกกำหนดค่าเป็น k คือ จำนวน British thermal units ต่อชั่วโมง (Btu/ h) ที่ถ่ายเทผ่านวัสดุขนาด 1 ตารางฟุตที่มีความหนา 1 นิ้ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลงผ่านวัสดุนี้ 1 องศาฟาเรนไฮต์ ภายใต้สภาพการถ่ายเทความร้อนคงที่ หน่วยคือ บีทียูต่อชั่วโมงหนา 1 ฟุตที่ 1 องศาฟาเรนไฮต์หรือ Btu/ h ft °F เทียบเท่ากับระบบเมตริกคือ วัตต์ต่อเมตรองศาเคลวินหรือ W/ m K

2. ค่าความต้านทานความร้อน (thermal resistance)

ค่าความต้านทานความร้อนหรือ R เป็นค่าที่บ่งบอกให้รู้ว่าคุณสมบัติของวัสดุที่บดตันนั้น มีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดในการเป็นฉนวน ค่า R เป็นส่วนกลับของค่าการนำความร้อน (conductance) จะถูกวัดในจำนวนชั่วโมงที่ต้องการสำหรับความร้อน 1 บีทียูที่ถ่ายเทผ่านวัสดุความหนาหนึ่ง เมื่อมีความต่างของอุณหภูมิ 1 องศาฟาเรนไฮต์หน่วยของ R คือ ชั่วโมงพื้นที่ 1 ตารางฟุตที่ 1 องศาฟาเรนไฮต์ต่อบีทียู หรือ $h\ ft^2\ ^\circ F/ Btu$ ในระบบเมตริกคือ ตารางเมตรเคลวินต่อวัตต์หรือ m^2K/ W ยิ่งวัสดุมีค่า R -Value มากเท่าไร ประสิทธิภาพในความเป็นฉนวนยิ่งมีค่ามากเท่านั้น

$$\text{Conductance (C)} = k / x$$

$$\text{Resistance (R)} = 1 / C$$

3. ความจุความร้อน (heat capacity)

มวลสารของวัสดุต่าง ๆ ที่รวมไปถึงน้ำและอากาศ ต่างก็มีคุณสมบัติเฉพาะตัวในการกักเก็บความร้อนไว้ได้ และยอมให้การกักเก็บความร้อนเกิดขึ้นไม่เท่ากัน เรียกว่า ความจุความร้อน นั่นคือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้น 1 องศา โดยทั่วไปวัสดุที่มีมวลมาก (heavy materials) เมื่อเทียบกับปริมาตรมักจะมี ความจุความร้อนสูง แต่น้ำมีค่าความจุความร้อนสูงมาก ถึงแม้ว่าจะไม่อยู่ในประเภทวัสดุมวลมาก (middle weight materials)

ตารางที่ 2.1
ค่าความจุความร้อนโดยปริมาตรของวัสดุต่าง ๆ

วัสดุ	ค่าความจุความร้อนต่อหนึ่งปริมาตร (Btu/ ft ³ -°F)
น้ำ	62.4
เหล็ก	59.0
ไม้	26.0
อิฐ	25.0
คอนกรีต (หิน)	22.0
โฟมกันความร้อน	1.0
อากาศ	0.02

ค่าความจุความร้อนสามารถหาได้ด้วยสมการ

$$C = \rho S \text{ หรือ } H = mC_p \Delta T$$

สมการที่ 2.3

เมื่อ	C	= ค่าความจุความร้อน
	ρ	= ความหนาแน่นของวัสดุหรือผนัง
	S	= ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (specific heat)
	m	= มวล
	C_p	= ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่
	ΔT	= ความต่างของอุณหภูมิ

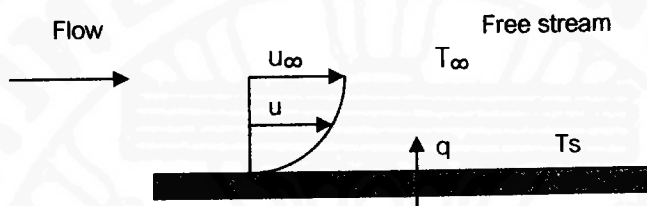
2.3.2 การพาความร้อน (Convection Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อนด้วยการพา โดยทั่วไปแล้วจะเห็นได้จากแผ่นโลหะร้อนจะเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว เมื่อนำไปวางให้พัดลมเป่ามากกว่าการนำไปไว้ในอากาศนิ่ง ๆ วิธีการนี้คือ การพาหรือ การถ่ายเทความร้อนด้วยการพา เราทราบว่าความเร็วที่อากาศเป่าบนแผ่นเรียบที่ร้อนทำให้มีผลกระทบต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน และมีผลต่อการระบายความร้อน หากพิจารณาตัวแปร

ใหม่ โดยเปลี่ยนการระบายความร้อนที่แผ่นเรียบด้วยน้ำ แทนที่จะใช้อากาศจะมีค่าแตกต่างอย่างไร ก่อนอื่นต้องเข้าใจพื้นฐานกลไกทางกายภาพของการถ่ายเทความร้อนด้วยการพา ดังภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3

รูปแบบการพาความร้อนของการไหลแบบราบเรียบ



การพาความร้อนจากผิวของแข็งพื้นที่ A_s อุณหภูมิผิว T_s ขณะของไหลผ่านด้วยความเร็ว u_∞ และอุณหภูมิคงที่ T_∞ คงที่ นั่นคือ ค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับอัตราของการพาความร้อนออกไป หากมีความเร็วสูงก็จะทำให้มีค่าการพาความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงด้วย ดังนั้นค่าอุณหภูมิที่ผนังบริเวณนั้นจะขึ้นอยู่กับ การไหล พลักซ์ความร้อนเฉพาะที่ตามกฎ Newton's law of cooling

$$q_{\text{conv}} = h (T_s - T_\infty)$$

สมการที่ 2.4

เมื่อ q_{conv} = อัตราการพาความร้อนต่อพื้นที่ หน่วยคือ วัตต์ต่อตารางเมตรหรือ W/m^2
 h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉพาะที่ หน่วยคือ วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียสหรือ $W/m^2 K$

$$Q_{\text{conv}} = h_m A_s (T_h - T_c)$$

สมการที่ 2.5

เมื่อ Q_{conv} = อัตราการพาความร้อน หน่วยคือ วัตต์หรือ W
 A = พื้นที่ของการพาความร้อน
 T_s = อุณหภูมิของพื้นผิวของแข็ง
 T_∞ = อุณหภูมิของของไหล

h_m = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย (heat transfer coefficient) คือ อัตราความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของของแข็งที่สัมผัสกับของไหล

อัตราการพาความร้อนนี้จะสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่แตกต่างรวมทั้งผิวนิ่งกับของไหลและพื้นที่ผิว A การวิเคราะห์การคำนวณของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนอาจนำไปใช้ในบางระบบ สำหรับสถานะที่ซับซ้อนต้องหาค่าด้วยวิธีการทดลอง

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแปรผันได้กว้างมาก ค่าที่ถือเป็นแบบอย่างแสดงอยู่ในตาราง จะสังเกตว่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนโดยบังคับสูงกว่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนโดยอิสระมาก และสัมประสิทธิ์การพาความร้อนในของเหลวจะมีค่าสูงกว่าในแก๊สมากซึ่งเป็นผลโดยตรงของความหนาแน่น

ตารางที่ 2.2

พิสัยของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน

สถานะ	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน	
	Btu (h·ft ² ·F)	W (m ² ·K)
การพาความร้อนอิสระ (อากาศ)	1-5	5-25
การพาความร้อนบังคับ (อากาศ)	2-100	10-500
การพาความร้อนบังคับ (น้ำ)	20-3,000	100-15,000
น้ำเดือด	500-5,000	2,500-25,000
ไอน้ำควบแน่น	1,000-20,000	5,000-10,000

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนโดยทั่วไปจะขึ้นกับสมบัติของของไหลและลักษณะเฉพาะของการไหล สัมประสิทธิ์การพาความร้อนโดยหลักใหญ่จะขึ้นกับความเร็วของของไหล ในการถ่ายเทความร้อนโดยบังคับนั้น ของไหลจะถูกขับเคลื่อน (ด้วยปั๊ม) ให้ไหลด้วยความเร็วสูงกว่าการขับเคลื่อนด้วยแรงลอยตัวธรรมชาติ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแปรผันตามความเร็ว (v) ของของไหลตามความสัมพันธ์โดยประมาณ

2.3.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation Heat Transfer)

พลา้กัซสูงสุคของการแผ่รังสีออกจากผิวตัวกลาง จาก Stefan-Boltzmann

$$q_{\text{rad}} = \epsilon \sigma T_s^4 \quad \text{สมการที่ 2.6}$$

เมื่อ q_{rad} = อัตราการแผ่รังสีความร้อนต่อพื้นที่ หน่วยคือ วัตต์ต่อตารางเมตรหรือ W/m^2
 σ = ค่าคงที่ของ Stefan-Boltzmann = $5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2 \text{ K}^4$
 ϵ = ค่าการคายรังสีความร้อนของผิววัสดุ
 T_s = อุณหภูมิของพื้นผิวของแข็ง
 พิจารณาการแผ่รังสีแลกเปลี่ยนกันระหว่างพื้นผิว A อุณหภูมิผิว T_s มีสภาพเปล่งรังสี ϵ กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมโดยรอบซึ่งมีอุณหภูมิกึ่งที่ T_{sur} อัตราการแผ่รังสีสุทธิบนพื้นผิว A คือ

$$q_{\text{rad}} = \dot{Q}_{\text{rad,net}} / A = \epsilon \sigma (T_s^4 - T_{\text{sur}}^4) \quad \text{สมการที่ 2.7}$$

เมื่อ $\dot{Q}_{\text{rad,net}}$ = อัตราการแผ่รังสีสุทธิ
 T_{sur} = อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

เมื่อนำมาทำสมดุลสมการจะได้

$$q_{\text{rad}} - q_x - q_{\text{conv}} = 0$$

$$\epsilon \sigma (T_s^4 - T_{\text{sur}}^4) - k \frac{\Delta T}{L} - h (T_s - T_{\infty}) = 0 \quad \text{สมการที่ 2.8}$$

2.3.4 การถ่ายเทความร้อนในลักษณะของการไหล (Heat Transfer in Fluid)

อัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ของไหลหรือออกจากของไหล \dot{Q} หาได้จากสมการ

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p (T_{\text{wo}} - T_{\text{wi}}) \quad \text{สมการที่ 2.9}$$

$$\dot{m} = \rho \dot{V}$$

- เมื่อ \dot{m} = อัตรามวลไหล หน่วยคือ กิโลกรัมต่อวินาทีหรือ kg/ s
 ρ = ความหนาแน่นของน้ำ หน่วยคือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรหรือ kg/ m³
 \dot{V} = ความเร็วเฉลี่ย หน่วยคือ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีหรือ m³/ s
 C_p = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ หน่วยคือ กิโลจูลต่อกิโลกรัมองศาเซลเซียส หรือ kJ/ kg·°C เป็นค่าคงที่
 ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิน้ำออกกับน้ำเข้า หน่วยคือ องศาเซลเซียสหรือ °C
 \dot{Q} = อัตราการถ่ายเทความร้อน หน่วยคือ กิโลจูลต่อวินาทีหรือ kJ/ s เท่ากับกิโลวัตต์ หรือ kW

2.3.5 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวม คือ

$$Q = UA \Delta T \quad \text{สมการที่ 2.10}$$

สัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนรวมจะสัมพันธ์กับค่าของ R ของสมการ $R = \frac{\Delta T}{Q/A}$ ดังนี้

$$U = 1 / \text{ค่าของ } R$$

$$U = \frac{1}{1/h_o + \Delta x/k + 1/h_i}$$

กระบวนการของการถ่ายเทความร้อนรวมคำนวณได้จากอัตราส่วนของอุณหภูมิแตกต่างทั้งหมดหารด้วยผลรวมของความต้านทานของความร้อน

$$Q = \frac{T_a - T_b}{1/h_o A + \Delta x/k A + 1/h_i A} \quad \text{สมการที่ 2.11}$$

ค่า $1/hA$ ที่ใช้ คือ ค่าความต้านทานของการพาความร้อน ซึ่ง h_o หาได้จากสมการ

$$\text{Nu} = hL / k = 0.508\text{Pr}^{1/2} (0.952 + \text{Pr})^{1/4} \text{Gr}_x^{1/4} \quad \text{สมการที่ 2.12}$$

2.4 การประเมินค่าความสามารถในการทำความเย็น หรือ Mean Cooling Potential

การเปรียบเทียบค่าความสามารถในการทำความเย็นหรือ Mean Cooling Potential ของระบบการทำความเย็น (passive system) โดยการนำค่าอุณหภูมิที่วัดได้ในการทดลองมา คำนวณในรูปแบบของอัตราการถ่ายเทความร้อน (UA) ซึ่งจะใช้เป็นตัวอ้างอิง ซึ่งค่า UA จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสู่ภายนอก หรือค่าความต้านทานความร้อนรวมหรือ R เพื่อประเมินค่าความสามารถในการทำความเย็นของสิ่งที่ทำให้อุณหภูมิลดลงได้เทียบกับอุณหภูมิอ้างอิง ดังนั้น อุณหภูมิที่จะนำมาคำนวณ คือ อุณหภูมิอากาศภายในของตัวอ้างอิง และอุณหภูมิอากาศภายในของระบบที่ทดสอบการทำความเย็น

$$\text{MCP} = (\text{UA})(T_{\text{ref}} - T_{\text{exp}}) / A \quad \text{สมการที่ 2.13}$$

เมื่อ MCP = ค่าความสามารถในการทำความเย็นหรือ การถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่ที่มี
หน่วยคือ วัตต์ต่อตารางเมตรหรือ W / m^2
 T_{ref} = อุณหภูมิภายในของตัวอ้างอิง
 T_{exp} = อุณหภูมิอากาศของระบบที่ทดสอบ

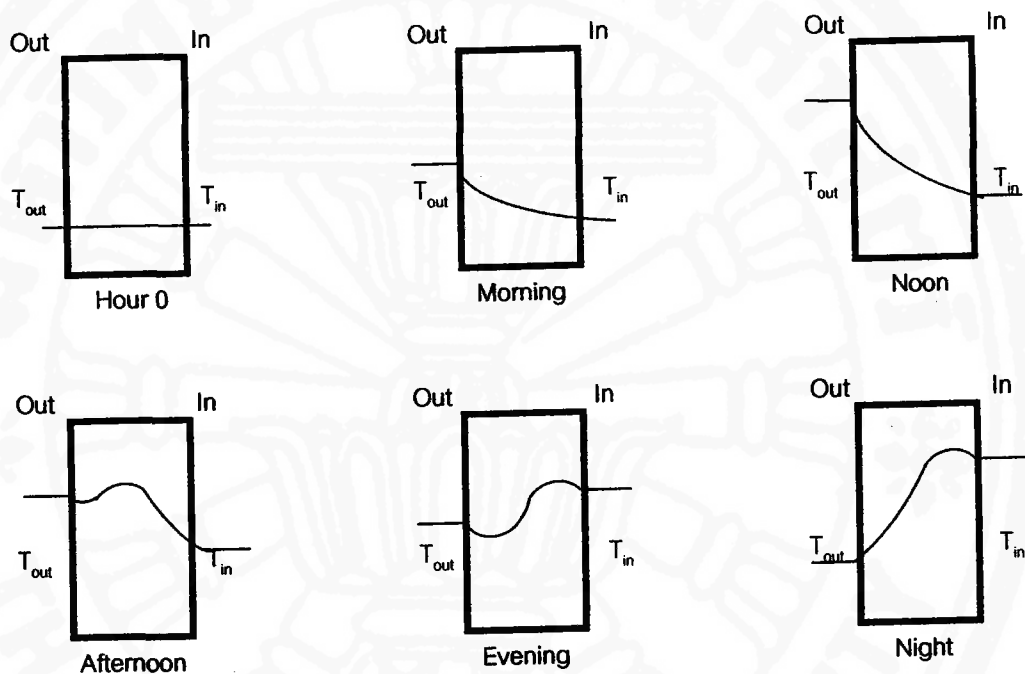
2.5 ความร้อนผ่านผนังทึบ

ผนังก่อกอฐฉาบปูนที่เราใช้ทุกวันนี้เป็นผนังกันความร้อนได้ไม่ดี เพราะยอมให้ความร้อนผ่านได้ดี และยังเก็บความร้อนไว้ในเนื้อของผนังเป็นจำนวนมาก ห้องที่มีการก่อกอฐฉาบปูนจึงจะยังร้อนอยู่แม้ว่าพระอาทิตย์จะตกไปแล้ว ผนังก่อกอฐมีค่าการถ่ายเทความร้อนหรือ U-Value เท่ากับ 3.5 วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเคลวิน คือ ความร้อนตกกระทบ 100 เฟอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคาร 28 เฟอร์เซ็นต์

1) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน

ภาพที่ 2.4

การถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัน



ที่มา: Givoni, 1994.

จากภาพที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนประกอบของผนังอาคาร โดยในขั้นต้น ผนังอาคารจะมีอุณหภูมิภายนอกและภายในเท่ากัน เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิผิวภายนอกของอาคารจะเพิ่มสูงขึ้นจากอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในองค์ประกอบของผนังอาคาร ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในตอนเที่ยงและบ่าย อุณหภูมิของผนังอาคารก็จะสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนเกือบเท่ากับอุณหภูมิพื้นผิวผนังภายนอก และเมื่ออากาศภายนอกค่อย ๆ มีอุณหภูมิลดลงในเวลาเย็น ความร้อนจะค่อย ๆ ถ่ายเทผ่านผนังไปสู่ด้านที่เย็นกว่าทั้งภายในและภายนอกอาคาร

การเคลื่อนตัวของความร้อนในรูปของพลังงานจากด้านที่มีอุณหภูมิต่ำ เกิดเป็นกระบวนการการถ่ายเทความร้อน (heat transmission) สิ่งที่เกิดขึ้นภายหลังจากการถ่ายเทความ

ร้อนสะสมไว้ภายในวัสดุที่มีวัสดุสูงชันจนเต็มถึงระดับหนึ่ง จึงค่อย ๆ คลายความร้อนโดยวิธีการนำ (conduction) เช่น ผนัง เรียกอิทธิพลการคลายความร้อนของผนังนี้ว่า thermal mass or thermal inertia ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของวัสดุ และช่วงเวลาของการให้ความร้อนจากดวงอาทิตย์ เช่น ในเวลากลางวัน แสงจากดวงอาทิตย์จะทำให้วัสดุมีการสะสมความร้อน ส่วนในช่วงพระอาทิตย์ตกดิน ความร้อนที่สะสมไว้ในวัสดุจะมีการคายความร้อนออกมา

การใช้วัสดุที่มีขนาดความจุ หรือปริมาตรโดยมวลวัสดุสูง (high capacity materials) ซึ่งมีการหน่วงเวลาของการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าวัสดุที่มีปริมาตรโดยมวลต่ำ (low capacity materials) การใช้วิธีนี้ก็เก็บความร้อนเอาไว้ในวัสดุผนังภายนอกและภายในอาคาร เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายในและภาวะการปรับอากาศสูงสุดของอาคารลงได้ โดยการเลื่อนภาวะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศไปไว้ในช่วงถัดไป ซึ่งวัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวจะเป็นวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูง ตัวอย่างเช่น คอนกรีตและอิฐ

2.6 หลักการของผนังน้ำ

2.6.1 อิทธิพลต่อรูปแบบอาคาร

ควรตั้งอยู่ทางทิศใต้ของอาคาร ข้อเสียคือ เรืองมูมมอ และทางเข้าทางทิศใต้อาจถูกกีดขวาง และมีปัญหาคือมีน้ำหนักของผนังมากเกินไป

2.6.2 ลักษณะของความร้อน

ผนังน้ำจะร้อนอย่างช้า ๆ ในตอนกลางวัน และจะเย็นลงช้า ๆ ในตอนกลางคืน การแกว่งของอุณหภูมิจะน้อย ซึ่งจะแผ่รังสีความร้อนในตอนเย็น และจะเกิดภาวะสบายเมื่ออยู่ใกล้ผิวผนัง

2.6.3 การทำความเย็น

ในหน้าร้อนอาคารจะถูกบังแดดด้วยผนังน้ำ ซึ่งเหมาะกับการควบคุมความเย็น ส่วนวัสดุที่สะสมความร้อนจะช่วยชะลอ และลดความร้อนสูงสุดที่ได้รับ

2.6.4 วัสดุที่ใช้ทำผนัง

ในกรณีของประเทศอากาศหนาว จะใช้ผนังน้ำเพื่อทำความร้อนให้แก่อาคาร วัสดุที่ใช้ทำผนังจะทำหน้าที่เป็นตัวดูดความร้อนมาสะสมในผนัง ดังนั้น จึงใช้วัสดุโลหะที่มีความบางและแข็งแรง นำมาทาสีดำ หรือผนังแบบใหม่ที่ใยแก้ว (fiber glass) ลักษณะเป็นหลอดใสเพื่อให้แสงสว่างส่องผ่านเข้ามาได้ด้วย

2.7 หลักการของผนังน้ำหมุนเวียน

2.7.1 อิทธิพลต่อรูปแบบอาคาร

ส่วนใหญ่จะคล้ายกับหลักการของผนังน้ำ แต่จะมีข้อได้เปรียบตรงที่มีน้ำหนักของผนังน้อยกว่ามาก

2.7.2 ลักษณะของความร้อน

ผนังน้ำจะร้อนอย่างช้า ๆ ในตอนกลางวัน และอุณหภูมิจะคงที่เมื่อมีการใช้งาน และจะเกิดภาวะนำสลายเมื่ออยู่ใกล้ผิวผนัง

2.7.3 การทำความเย็น

การควบคุมความเย็นจะใช้การควบคุมอัตราการไหลของน้ำ และอุณหภูมิของน้ำที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก (กรณีที่มีเครื่องทำความเย็นให้แก่ น้ำ)

2.7.4 การใช้หลักการของผนังน้ำ

ส่วนใหญ่แล้วจะใช้ทำน้ำร้อนเพื่อใช้ในบ้านพักอาศัย และประโยชน์อื่น ๆ ซึ่งระบบของการทำน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ (solar hot water) ใช้หลักพื้นฐานและองค์ประกอบที่รวมเอาการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (solar radiation) และการทำความร้อนเข้าด้วยกัน

ประกอบด้วย ตัวสะสม ดังเก็บน้ำ พอน้ำ ตัวควบคุม และในบางระบบที่ใช้ปั๊ม (active system) ในการลำเลียงน้ำ หรือของไหลอื่นที่เป็นตัวส่งผ่านความร้อน ระบบการทำความเย็นนี้ไม่มีปั๊ม และอาศัยแรงโน้มถ่วง หรือการพาโดยธรรมชาติในการลำเลียงน้ำซึ่งขึ้นอยู่กับระบบ

1) ตัวสะสม (collector) ส่วนใหญ่ใช้เป็น flat-plate ถูกหุ้มฉนวนและทนแดดทนฝน ทำด้วยโลหะหรือพลาสติก ประกอบด้วย แผ่นดูดซับสีดำ ตัวครอบลักษณะใฝาม้วน มีท่อทองแดงรูปตัวเอสอยู่ระหว่างแผ่นเรียบ (flat-plate) กับตัวครอบตัวสะสมที่เป็นโลหะต้องแข็งแรง ทนไฟ และแพงในการทำแต่ใช้มากกว่าพลาสติก

2) ถังเก็บน้ำ ต้องมีการหุ้มฉนวนอย่างดี

3) ตัวควบคุมหรือตัวลำเลียงน้ำ การใช้ไมโครโวลต์จูนทูนแตกต่างของตัวสะสม ความร้อนและถังเก็บน้ำ เมื่อของไหลในตัวสะสมร้อนกว่าในถัง ตัวควบคุมจะเปิดตัวลำเลียงเพื่อลำเลียงของไหลผ่าน ตัวสะสม และกลับมาถ่ายเทความร้อนให้แก่ของไหลในถังเก็บ ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน แลกเปลี่ยนความร้อนจากของไหลสู่น้ำใช้ในบ้าน ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนจะใช้คอยล์ทองแดงแช่อยู่ในน้ำในถังหรืออุปกรณ์ที่อยู่นอกถัง

2.8 สภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort)

สภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมินั้นเป็นสิ่งที่มีความพึงพอใจส่วนบุคคล โดยจะแตกต่างกันไปแล้วแต่ความชอบ ความคุ้นเคย วัฒนธรรม ลักษณะทางกายภาพและจิตใจของแต่ละบุคคล ซึ่งตัวแปรที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิมีอยู่ด้วยกัน 6 ตัวแปร เป็นตัวแปรทางด้านบุคคล 2 ตัวแปร คือ อัตราการเผาผลาญของร่างกาย (metabolic rate) และเสื้อผ้าสวมใส่ (clo-value) ส่วนแปรทางด้านสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย 4 ตัวแปร คือ อุณหภูมิอากาศ (ambient air temperature) อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (mean radiant temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) และความเร็วลม (wind speed)

พบว่าอุณหภูมิพอเหมาะพอสบายในเขตเส้นศูนย์สูตร อยู่ระหว่าง 71.5 - 85 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 21.9 - 29.4 องศาเซลเซียส โดยมีความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ระหว่าง 20 - 50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อุณหภูมิในประเทศไทยโดยทั่วไปของส่วนที่อยู่ผืนแผ่นดินใหญ่และอยู่ในเขตร้อน อุณหภูมิสูงสุดโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 33 - 38 องศาเซลเซียส และในเดือนเมษายนจัดเป็นเดือนที่ร้อนที่สุด

ในระหว่างฤดูร้อน พิลัย (ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด) รายวัน มีค่าประมาณ 10 - 12 องศาเซลเซียส ฤดูหนาวทางภาคเหนือจะมีพิสัยรายวันประมาณ 15 องศาเซลเซียส ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 14 องศาเซลเซียส ทางภาคกลางประมาณ 12 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงว่าตอนเช้าอากาศค่อนข้างเย็น แต่ในตอนบ่ายจะค่อนข้างร้อน

2.9 งานวิจัยและผลงานที่เกี่ยวข้อง

นเรนทร์ แก้วอำไพ และศักดิ์ชัย สมบัติศิริเกษ ทำการศึกษาเรื่องการวัดประสิทธิภาพการลดภาระความร้อนโดยใช้กำแพงเย็น

การวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การศึกษาการลดภาระความร้อนเข้าสู่บ้านจำลอง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานในอาคาร โดยเปรียบเทียบระยะห่างของท่อโดยมีข้อกำหนดว่าเป็นงานลดภาระความร้อนเข้าสู่บ้านจำลองผนังปูนขนาดกว้าง 1 เมตร กว้าง 1 เมตร สูง 1 เมตร โดยทำเฉพาะทิศตะวันตก ไม่มีการทาสี มีท่อทองแดงขดอยู่ภายในผนังทดสอบกับบ้านจำลอง 3 หลัง โดยที่หลังที่ 1 มีระยะห่างของท่อทองแดง 5 เซนติเมตร หลังที่ 2 ห่าง 15 เซนติเมตร และหลังที่ 3 ไม่มีท่อ

ผลการทดลอง พบว่า การถ่ายเทความร้อนของผนังปูนที่ติดตั้งที่เวลา 6.00 - 17.30 น. โดยมีการถ่ายน้ำทิ้ง อุณหภูมิที่ผิวผนังด้านในของหลังที่ 1 มีอุณหภูมิต่ำกว่าชุดเปรียบเทียบประมาณ 3 องศาเซลเซียส และหลังที่ 2 มีอุณหภูมิต่ำกว่าชุดเปรียบเทียบ 1.5 องศาเซลเซียส สามารถประหยัดพลังงานได้ 0.238 เมกกะจูล และ 0.15 เมกกะจูล ตามลำดับ

ปณิธาน ปรมาริกุล ทำการศึกษาเรื่องผนังมวลน้ำป้องกันความร้อน การวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การศึกษาการปรับเพิ่ม และลดมวลผนัง เพื่อควบคุมปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ในกรณีที่ใช้ผนังเป็นวัสดุมวลประกอบผนัง

ผลการทดลอง พบว่า ค่าความจุความร้อนของผนังมีอิทธิพลต่อปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง โดยเพิ่มความจุความร้อนของผนังส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังลดลง ดังนั้น ผนังควรปรับเปลี่ยนรูปแบบได้โดยมีอุปกรณ์ป้องกันการแผ่รังสีความร้อนโดยตรงสู่ผนัง และควรสามารถระบายมวลน้ำภายในผนัง เพื่อระบายน้ำที่สะสมความร้อนในเวลากลางวันออกไป เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนของผนัง

นักวิจัยได้นำทฤษฎีการแผ่ความร้อน (radiant cooling) มาใช้โดยการใช้น้ำเป็นตัวดูดความร้อนของวัตถุ เพราะน้ำจะเป็นตัวสะสมความร้อนที่ดี และสามารถถ่ายเทความร้อนได้รวดเร็ว

เช่น เอาถุงน้ำไว้บนหลังคาที่มีฉนวนเปิดปิดได้โดยในกลางวันจะปิดฉนวน ถุงน้ำจะดูดกลืนความร้อนที่อยู่ภายในห้อง และฉนวนจะป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ ในเวลากลางคืนก็จะเปิดฉนวนให้ความร้อนระบายออกจากถุงน้ำและการใช้ท่อน้ำ ซึ่งจะใช้น้ำลำเดียวไว้ในท่อฝังซึ่งไว้ในหลังคาคอนกรีตสำหรับดูดซับความร้อนที่ทะลุเข้าไปในอาคารในตอนกลางวัน

เนื่องจาก วัสดุที่มีค่าของช่วงเวลาให้ความร้อนไหลผ่านจากผิวด้านนอกสู่ผิวด้านใน (time-lag) สูงจะเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นและมีน้ำหนักมาก ถ้าต้องการให้ความร้อนไหลผ่านเข้าอาคารได้ช้าจะต้องเลือกวัสดุที่มีมวล และความจุความร้อนสูง หากวัสดุเป็นน้ำแบบผนังเย็น (cooling wall) ที่ประเทศเมืองหนาวใช้ หรือเป็นบ่อน้ำบนหลังคา (roof pond) จะเป็นการเพิ่มน้ำหนักให้แก่โครงสร้างมาก ถ้าเราประยุกต์นำน้ำเข้ามาดึงความร้อน แต่เพียงแค่ไหลผ่าน เพื่อช่วยลดน้ำหนักของวัสดุ และดึงความร้อนได้

ชำนาญ หอสมุด