บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการสำรวจแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเรื่องการออกแบบผนังอลูมิเนียมคอมโพสิตของอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพนี้จะศึกษาถึงแนวความคิดที่เกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่เปลือกอาคารได้แก่ หลักการถ่ายเทความร้อน อิทธิพลจากดวงอาทิตย์ คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร ลักษณะการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร และแนวความคิดเกี่ยวกับการไหลเวียนอากาศโดยใช้วิธีธรรมชาติซึ่งเป็นกระบวนการลดความร้อนหรือทำความเย็นโดยวิธีธรรมชาติที่ถูกนำมาใช้

2.1 หลักการถ่ายเทความร้อน (Rohsenow,Warren M.,et al,editors,1985: (1-2)-(1-7))

ความร้อนเคลื่อนที่จากจุดๆหนึ่งไปยังจุดอีกจุดหนึ่งได้ 3 วิธีด้วยกันคือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การเคลื่อนที่ของความร้อนทั้ง 3 วิธีนี้ จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้น แต่กลไกในการที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนในแต่ละวิธีนั้นจะแตกต่างกันโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (heat transfer by conduction)

การนำความร้อนคือ กลไกของการแลกเปลี่ยนพลังงานภายในของวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง หรือจากส่วนหนึ่งของวัตถุไปยังส่วนอื่นๆของวัตถุ โดยการแลกเปลี่ยนพลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลที่อยู่ติดกัน หรือเกิดจากการเคลื่อนที่อิเลคตรอนอิสระจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า การถ่ายเทความร้อนโดยการนำนั้นความร้อนจะถ่ายเทจากโลเลกุลของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่โมเลกุลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยที่วัตถุนั้นไม่มีการเคลื่อนที่ การนำความร้อนจะเกิดขึ้นได้ดีในวัตถุที่เป็นของแข็ง ของเหลวและก๊าซจะมีการนำความร้อนเกิดขึ้นเช่นกันแต่มักจะไม่แยกออกจากการเคลื่อนที่ของความร้อนแบบการพา

กฎเบื้องต้นของการนำความร้อน

กฎเบื้องต้นที่ใช้ในการอธิบายถึงวิธีการถ่ายเทความร้อนโดยการนำก็คือ กฎของ Fourier กฎนี้ได้มาจากการสังเกตจากการทดลอง โดยกฎของ Fourier กล่าวว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำในทิศทางที่กำหนด จะเป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกับระยะทาง และพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการถ่ายเทความร้อน

$$Q'' = -k^* dt/dx$$

เมื่อ

Q” คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นที่ที่กำหนด

k คือ การนำความร้อนของวัตถุ โดยเครื่องหมายลบ แสดงถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของความร้อนไปสู่ทิศทางที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

dt/dx คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในทิศทางการถ่ายเทความร้อน

หากพิจารณาการถ่ายเทความร้อนใน 1 มิติผ่านทิศทาง x ในระนาบของผนังที่มีพื้นที่ A และอินทิเกรทสมการข้างต้นก็จะได้สมการดังนี้

$$Q = kA^*(T_2 - T_1) / \Delta x$$

โดยที่ Δx คือความหนาของผนัง T_1 และ T_2 อุณหภูมิแต่ละด้านของผนัง หรืออาจจะพิจารณาในรูปของ

$$Q = (T_2 - T_1) / (\Delta x / kA)$$

Q = ความต่างของอุณหภูมิ / ค่า thermal resistance

2.1.2 การถ่ายเทความร้อนโดยการพา (heat transfer by convection)

การพาความร้อน คือ วิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่ระหว่างผิวของของแข็งและของไหล ของไหลจะพาความร้อนมาให้ หรือพาความร้อนจากผิวของของแข็ง กลไกที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพาได้นั้น เกิดจากผลรวมของการนำความร้อน การสะสมพลังงานและการเคลื่อนที่ของการไหล การพายังแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ การพาโดยการบังคับ (convection) และการพาตามธรรมชาติ (natural และ free convection)

การพาโดยการบังคับ คือ การเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของของแข็งและของไหลโดยที่ของไหลถูกบังคับให้เคลื่อนที่ไปสัมผัสกับผิวของของแข็งโดยกลไกภายนอก เช่นการใช้เครื่องกล

การพาตามธรรมชาติ คือ การเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างของของแข็งและของไหลโดยที่ไม่มีกลไกใดๆ ที่ทำให้ของไหลเคลื่อนที่ แต่ของไหลที่อยู่ใกล้กับผิวของของแข็งก็อาจเคลื่อนที่ได้โดยแรงลอยตัวของของไหลเอง แรงลอยตัวนี้เกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหลเมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในชั้นของของไหลขึ้น

กฎเบื้องต้นของการพาความร้อน

การคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพานั้นเมื่อพิจารณาแล้วมีปัจจัยหลายตัวที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของความร้อนแบบการพานี้ เป็นต้นว่า คุณสมบัติต่างๆของของไหล เช่น ความหนาแน่น ความร้อนจำเพาะ ความหนืด ความเร็วของของไหล ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นผิวของของแข็ง และของไหลเป็นต้น นิวตัน ได้เสนอสมการคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพาดังนี้ คือ

$$Q'' = h(T_h - T_c)$$

โดยที่

Q” คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ของของแข็งที่สัมผัสกับการไหล

h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน มีหน่วยเป็น Btu/h $ft^{20}F$

T_h คือ อุณหภูมิของการไหลหรือพิ้นผิวของของแข็งที่สูงกว่า

T_c คือ อุณหภูมิของของไหลหรือพื้นผิวของของแข็งที่ต่ำกว่า

2.1.3 การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี (heat transfer by radiation)

การแผ่รังสีความร้อนคือ วิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่โดยมิต้องอาศัยตัวกลาง ดังเช่นในการนำพาและการพาความร้อน ในการแผ่รังสีความร้อนจะเคลื่อนที่ได้ดีที่สุดในสุญญากาศ ซึ่งความร้อนจะเคลื่อนที่โดยกลไกของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เราอาจใช้ทฤษฎีของคลื่น (wave theory) ในการวิเคราะห์เรื่องการแผ่รังสีได้ วัตถุใดๆที่อุณหภูมิสูงกว่าศูนย์สัมบูรณ์จะแผ่รังสีความร้อน รังสีความร้อนนี้จะเคลื่อนที่ไปได้ด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วแสง กลไกในการเคลื่อนที่ของความร้อน

โดยการแผ่รังสี อธิบายได้โดยอาศัยทฤษฎีของคลื่นได้ดังนี้ คือ ในการแผ่รังสี วัตถุจะเปลี่ยนพลังงานส่วนหนึ่งของตัวเอง (internal energy) ไปเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานรูปหนึ่ง เมื่อคลื่นเหล่านี้เคลื่อนที่ไปกระทบวัตถุอื่น พลังงานส่วนหนึ่งของคลื่นเหล่านี้จะถูกดูดไว้แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน วัตถุที่แผ่รังสีจะสูญเสียพลังงานของตัวเองถ้าวัตถุดังกล่าวไม่ได้รับพลังงานจากแหล่งอื่นอุณหภูมิของมันจะลดลง อุณหภูมิของมันจะคงที่ก็ต่อเมื่ออัตราการสูญเสียความร้อนและการรับความร้อนมีค่าเท่ากัน

โดยทั่วไปแล้ว วัตถุจะแผ่รังสีความร้อนออกมาที่ความยาวคลื่นต่างๆกัน ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่วัตถุแผ่รังสีออกมาจะหาได้โดยการรวมความร้อนที่วัตถุนี้แผ่ออกมาที่ความยาวคลื่นต่างตั้งแต่ความยาวคลื่นที่ศูนย์จนถึงอนันต์ อัตราการแผ่รังสีความร้อนทั้งหมดต่อหน่วยพื้นที่ซึ่งเรียกว่าการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและลักษณะพื้นผิวของวัตถุ

กฎเบื้องต้นของการแผ่รังสี

ความร้อนเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปล่อยออกจากวัตถุ กลไกของการแผ่รังสีจึงแตกต่างจากกลไกของการถ่ายเทความร้อนโดยการพาและการนำดังนี้คือ ความร้อนจะเคลื่อนที่จากวัตถุหนึ่งไปสู่อีกวัตถุหนึ่งโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางระหว่างระหว่างวัตถุทั้งสองเลย

รังสีความร้อนเคลื่อนที่โดยอาศัยกลไกของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากวัตถุหนึ่งสู่อีกวัตถุหนึ่ง รังสีความร้อนสูงสุดที่เปล่งออกมาจากวัตถุหนึ่งที่มีอุณหภูมิ T ถูกกำหนดโดยกฎของสเตฟาน โบลซ์มานน์ (Stefan Boltzmann) ดังนี้

$$Q_b = \sigma A T^4$$

เมื่อ

Q_b คือ รังสีความร้อนที่แผ่จากวัตถุดำ (black body)

σ คือ ค่าคงที่ของ ของสเตฟาน โบลซ์มานน์ซึ่งมีค่าเป็น $0.1714 * 10^{-8}$ Btu/h $ft^{20}R^4$

A คือ พื้นที่ของวัตถุ

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุ $^{\circ}R(^{\circ}F+459.69)$

วัตถุดำหรือตัวแผ่รังสีในอุดาคติ เท่านั้นที่จะสามารถแผ่รังสีความร้อนออกมาได้สูงสุดตามสมการข้างต้น รังสีความร้อน (Q) ที่แผ่ออกมาจากวัตถุเท่าไปจะมีค่าน้อยกว่ารังสีที่เปล่งออกมาจากวัตถุดำ

$$Q = \varepsilon Q_b = \varepsilon \sigma A T^4$$

เมื่อ ε คือ ค่าการแผ่รังสีความร้อน(emissivity) ของวัตถุซึ่งจะมีค่าน้อยกว่า 1 สำหรับวัตถุทั่วไปและเท่ากับ 1 สำหรับวัตถุดำ

2.2 **อิทธิพลจากดวงอาทิตย์** (ASHRAE,1997:29.14)

การที่โลกโคจรรูปดวงอาทิตย์เป็นรูปวงรี จะทำให้ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบชั้นบรรยากาศ(extraterrestrial radiation, I_o) มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตลอดทั้งปี โดยจะมีค่าสูงที่สุดประมาณ 448 Btu/h ft^2 เมื่อโลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดในวันที่ 3 มกราคม และมีค่าต่ำสุดประมาณ 419 Btu/h ft^2 เมื่อโลกอยู่ห่างดวงอาทิตย์มากที่สุดในวันที่ 4 กรกฎาคม ค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบชั้นบรรยากาศของโลกตลอดทั้งปี (solar constant) จะมีค่าประมาณ 433 Btu/h ft^2

การที่โลกหมุนรอบตัวเองโดยที่ระนาบของเส้นศูนย์สูตรของโลกนั้นจะทำมุม 23.45 องศากับระนาบการหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์ตลอดเวลาทำให้มุมเอียงระหว่างระนาบของเส้นศูนย์สูตรกับเส้นระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ที่เรียกว่า declination หรือค่า solar declination (δ) มีค่าเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปี ซึ่งจะมีค่าอยู่ช่วง ± 23.45 องศา การเปลี่ยนแปลงของค่า solar decnalition เป็นสาเหตุทำให้เกิดฤดูกาลและช่วงกลางวันและกลางคืนที่ยาวไม่เท่ากัน

ขณะที่ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบชั้นบรรยากาศเป็นรังสีตรงชนิดหนึ่งซึ่งเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศของโลก สสารต่างๆที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ เช่น ฝุ่นละออง โมเลกุลของก๊าซชนิดต่างๆ โอโซน ไอน้ำ และก้อนเมฆ เป็นต้น จำทำหน้าที่ดูดซับ สะท้อน และทำให้เกิดการกระเจิงของรังสีซึ่งส่งผลให้ปริมาณพลังงานของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบชั้นบรรยากาศมีค่าลดลงซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ รังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (direct normal radiation, E_{DN}) และรังสีที่เกิดจากการกระเจิงที่ถูกเรียกว่า รังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ (diffuse radiation, E_D) เป็นต้น ส่วนสัดส่วนของการลดลงของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบชั้นบรรยากาศที่ความยาวคลื่นต่างๆจะแปรผันตามชนิดของสสารในชั้นบรรยากาศและระยะทางที่รังสีเดินผ่านชั้นบรรยากาศ

2.2.1 การคำนวณพิกัดของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า

การระบุตำแหน่งดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าสามารถกำหนดได้ด้วยมุม 2 มุม คือ มุม solar altitude (β) และ solar azimuth (ϕ) ซึ่งเป็นตัวแทนของมุมในแนวตั้งฉากและมุมในแนวระดับระหว่างพื้นผิวในแนวระดับบนผิวโลกกับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ตามลำดับ โดยที่มุม solar azimuth เป็นมุมระหว่างเส้นฉายของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์บนแนวระดับทิศใต้ ค่ามุมทั้งสองนี้จะขึ้นกับค่าเวลาดวงอาทิตย์ (apparent solar time ,AST) ค่า declination (δ) ค่าละติจูด (local latitude, *L*) และค่า hour angel (*H*) ที่เป็นเวลาที่นับจากเวลา solar noon โดยตัวแปรต่างๆมีความสัมพันธ์กันดังนี้

H = 0.25 * (720 - AST)

AST = LST + ET + 4(LSM - LON)

เมื่อ

H = hour angel, degree

AST = apparent solar time, minute

LST = local standard time, minute

ET = equation, minute

LSM = local standard time meridian, degree (ประเทศไทย 105°E)

LON = local longitude, degree

4 = เวลา (นาที) ที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ผ่านเส้น Longitude ทุก 1 องศา

$$\sin\beta = \cos L \cos\delta \cos H + \sin L \sin\delta$$

$$\cos\phi = \frac{\sin\beta \sin L - \sin\delta}{\cos\beta \cos L}$$

การระบุตำแหน่งของดวงอาทิตย์ด้วยมุม solar altitude และมุม solar azimuth อาจเพียงพอสำหรับการคำนวณค่ารังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวที่วางตั้งฉากกับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์เท่านั้น แต่สำหรับการคำนวณค่ารังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวที่วางทำมุมใดๆกับแนวระดับ จำเป็นต้องนำทิศทางการวางตัวของพื้นผิวเทียบกับ surface orientation ซึ่งได้แก่มุม surface azimuth (Ψ) ที่เป็นทิศทางการวางตัวของพื้นผิวเทียบกับทิศใต้ และมุมเอียงของพื้นผิวจากแนวระดับ (tilt angel, Σ) มาพิจารณาการประกอบเพื่อใช้ในการคำนวณค่ามุมตกกระทบ (incident angel, θ) โดยที่

$$\cos\theta = \cos\beta\cos\gamma\sin\Sigma + \sin\beta\cos\Sigma$$

$$\gamma = \phi + \psi$$

เมื่อ

γ คือ Surface Solar Azimuth

โดยที่ค่ารังสีรวมของดวงอาทิตย์สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$E_t = E_{DN}\cos\theta + E_d + E_r$$

orientation	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
surface azimuth (ψ)	108°	-135°	-90°	-45°	0°	45°	90°	135°

ตารางที่ 2-1 แสดงทิศทางการวางผนังเทียบมุมกับทิศใต้

ที่มา : American society of Heating, Refrigerating and air Conditioning Engineerings.1997 ASHRAE Handbook Fundamentals. I-P Edition, (Atlanta Georgia, 1997),p.29.16.

ในกรณีที่มุม surface solar azimuth มีค่ามากกว่า 90° ถึงน้อยกว่า 270° พื้นผิวได้รับรังสีเพียง 2ประเภทคือ รังสีกระจายจากดวงอาทิตย์(diffuse radiation, E_d) และรังสีที่กระจายสะท้อนจากสภาพแวดล้อม (diffuse ground reflected radiation, E_r) โดยที่พื้นที่ด้านนั้นจะไม่ได้รับรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ แต่ในกรณีที่มีมุม surface solar azimuth มีค่าตั้งแต่ 0° ถึง 90° และ 270° ถึง 360° พบว่าพื้นผิวด้านนั้นจะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ครบทั้ง 3 ประเภท

2.2.2 อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์และสภาวะอากาศโดยรอบ (The Sol – Air Temperature)

อุณหภูมิผิวของผนังหรือหลังคา ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ จะเป็นผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารและส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายใน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆปัจจัย คือ รังสีที่ตกกระทบ ค่าการดูดซับของพื้นผิว และอุณหภูมิอากาศโดยรอบ หรือกล่าวโดยสรุป คือ sol - Air Temperature เป็นผลของการรวมอุณหภูมิที่เกิดจาก 3 ส่วนคือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิที่เกิดจากส่วนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ถูกดูดซับโดยพื้นผิวซึ่งถูกรังสีตกกระทบ
3. อุณหภูมิที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสภาพแวดล้อมโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว

ASHRAE (1997) ได้ความหมายของ sol - Air temperature ไว้ว่า

“sol - Air temperature is temperature of the outdoor air that, in absence of all radiation changes, gives the same rate of heat entry into the surfaces as would the combination of incident solar radiation, radiant energy with the sky and other outdoor surroundings, and convective heat exchange with the outdoor air. ”

จากข้อความข้างต้นสามารถให้คำจำกัดความของ sol – air temperature ได้คือ อุณหภูมิประมาณของอากาศที่ติดอยู่กับผิวของวัสดุตอนที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงแดดและการแลกเปลี่ยนรังสีที่จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารในอัตราที่เทียบเท่ากับสภาวะที่มีอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์จริง จากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้า สภาพแวดล้อมรอบข้างและจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายนอก

โดยสร้างเป็นสมการขึ้นดังนี้ (ASHRAE,1997:28.5)

$$\text{sol – air temperature } (t_e) = t_o + \alpha I / h_o - \varepsilon \Delta R / h_o$$

โดยที่

t_e = sol – air temperature (^oF)

t_o = อุณหภูมิอากาศภายนอก (^oF)

α = สัมประสิทธิ์การดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของผิววัตถุ (ไม่มีหน่วยย่อย)

I = รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบทั้งหมด (Btu/ h. ft ^{2})

h_o = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิวทั้งการแผ่รังสีคลื่นยาว และการพาความร้อนที่ผิวด้านนอกวัตถุ (Btu/ h. ft ^{2}.^{o}F)

ε = ค่าการกระจายความร้อนออกจากผิววัตถุ

ΔR = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัตดุกับสภาพแวดล้อมกับท้องฟ้า (Btu/ h. ft^2)

สำหรับพื้นผิวในแนวราบที่ได้รับการแผ่รังสีคลื่นยาว (long wave radiation) จากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว ค่า ΔR จะประมาณ 20 Btu/ h. ft ^{2} ถ้าค่า ε เท่ากับ 1 และ h_o เท่ากับ 3.0 แล้วอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปเนื่องจากรังสีคลื่นยาวหรือค่า ($- \varepsilon \Delta R / h_o$) จากสมการ จะเท่ากับ -7^o F (Bliss,1961 อ้างถึงใน ASHRAE,1997:28.5)\

สำหรับพื้นผิวในแนวตั้งจะได้รับรังสีคลื่นยาวจากพื้นดิน และจากท้องฟ้าทำให้ยากที่จะหาค่า ΔR เมื่อรังสีดวงอาทิตย์มีความเข้มสูง อุณหภูมิที่ผิวภายนอกของวัตถุก็จะสูงกว่าอุณหภูมิ

อากาศ ด้วยเหตุนี้รังสีคลื่นยาวบางส่วนจะแผ่กลับไปยังท้องฟ้าที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำกว่า ซึ่งจะกำหนดให้ค่า ΔR เท่ากับ 0 สำหรับผิววัตถุในแนวตั้ง

สีของพื้นผิว ค่า sol-air temperature ได้ถูกกำหนดสำหรับตัวแปร $\alpha I / h_o$ ไว้ 2 ค่าคือเมื่อ $\alpha I / h_o$ มีค่า 0.15 สำหรับผิวของวัตถุสีอ่อน และค่า $\alpha I / h_o$ มีค่า 0.30 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดเมื่อผิวของวัตถุมีสีเข้ม

2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

ในการวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารนั้นจะหาได้จากสูตรดังนี้ คือ

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$Q = U * A * TD_{eq}$$

โดยที่

Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร (Btu/h)

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (Btu/h.ft^2)

A = พื้นที่ที่ความร้อนถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร (ft^2)

ΔT = ค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายนอกกับภายใน ($^\circ$F)

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของผนังทึบ(equivalent temperature different ($^\circ$F))

ความแตกต่างในการที่จะเลือกใช้สูตรนั้น ขึ้นอยู่กับ

ค่า ΔT จะใช้ในกรณีที่ไม่มีอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์เข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งจะทำให้ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกคงที่ (steady state condition)

ค่า TD_{eq} จะใช้ในกรณีที่มีอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์เข้ามาเกี่ยวข้อง รังสีอาทิตย์เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังเข้าสู่อาคารมากที่สุด เมื่อผนังโดนแดดก็จะร้อนขึ้น เนื่องจากการดูดกลืนรังสีความร้อนทำให้การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารเปลี่ยนไป การใช้ค่า TD_{eq} เป็นการปรับให้เข้ากับอิทธิพลของมวลสารโดยพิจารณาความหนาแน่นเชิงมวลของผนัง เป็นการพิจารณาค่า TD_{eq} ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้นกว่าการใช้ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายใน (ΔT)

2.4 คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร (Givoni B., 1969:96-112)

คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลกระทบต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าและออกจากอาคารและ

มีผลต่อสภาวะภายในอาคารในเชิงความร้อน คือ

2.4.1 ค่าการนำความร้อน การต้านทานความร้อน และการส่งผ่านความร้อน

ค่าการนำความร้อน(thermal conductivity)เป็นคุณสมบัติของวัสดุซึ่งกำหนดการถ่ายเทความร้อนในหน่วยของเวลา โดยการนำผ่านหน่วยของความหนาของหน่วยพื้นที่ของวัสดุ โดยผ่านหน่วยของความต่างอุณหภูมิ โดยถูกกำหนดค่าเป็น k ซึ่งมีหน่วยเป็น Btu/h ft $^{\circ}$F หรือ Btu in/h.ft^2 $^{\circ}$F โดยจะถือว่าอุณหภูมิบนด้านทั้งสองของวัสดุและการกระจายของอุณหภูมิของทั้งวัสดุมีลักษณะที่สม่ำเสมอและคงที่กับเวลา

ส่วนกลับของค่าการนำความร้อน คือ ค่าการต้านทานความร้อน (thermal resistivily) ของวัสดุ ทั้งค่าการนำความร้อนและค่าการต้านทานความร้อนไม่ขึ้นอยู่กับขนาดและความหนาของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของอาคาร

ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านองค์ประกอบอาคารไม่ได้ขึ้นอยู่แค่เพียงกับค่าการนำความร้อนของวัสดุแต่ยังขึ้นอยู่กับความหนา (d) ขององค์ประกอบด้วย ถ้ามีความหนามากขึ้นอัตราการถ่ายเทของความร้อนจะน้อยลง ดังนั้นค่าความสามารถในการต้านทานความร้อน(thermal resistance,(r)) ขององค์ประกอบอาคารถูกนิยามได้ดังนี้

$$r = d / k$$

เช่นเดียวกันค่าความสามารถในการนำความร้อน (thermal conductance,(c)) ขององค์ประกอบอาคารคือ

$$c = k / d$$

การถ่ายเทความร้อนภายในลักษณะที่คงที่ ผ่านองค์ประกอบของผนังพื้นที่ผิว A และความหนา d โดยวัสดุมีค่าการนำความร้อน k และมีความแตกต่างของอุณหภูมิเป็น $t_2 - t_1$ ก็จะมีสูตรดังนี้

$$Q = A(k/d) (t_2 - t_1)$$

โดยที่ Q เป็นอัตราการถ่ายเทความร้อนจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงกว่าสู่พื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ในหน่วยของ Btu/h

ในการพิจารณาอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในและภายนอกค่าความสามารถในการนำความร้อนของชั้นอากาศที่ติดกับพื้นผิวจะต้องถูกนำไปคิดด้วย โดยที่ฟิล์มของอากาศนิ่งจะเกิดขึ้นกับทุกพื้นผิว การลดลงของความหนา(ของฟิล์มอากาศ)จะขึ้นอยู่กับความเร็วลมของอากาศบริเวณพื้นผิวที่เพิ่มขึ้น ด้วยเหตุที่ค่าการนำความร้อนของอากาศนั้นต่ำมาก (ค่าการ

ต้านทานความร้อนสูง) ฟิล์มอากาศบริเวณพื้นผิวจึงเป็นส่วนช่วยในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนผ่านผิวอาคารนั้น ส่วนกลับของค่าความต้านทานของฟิล์มอากาศถูกเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิว (surface coefficient) ซึ่งจะใช้สัญลักษณ์ h_i สำหรับพื้นผิวภายในและ h_o สำหรับพื้นผิวภายนอก ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิวนี้จำกำหนดการถ่ายเทความร้อนจากพื้นผิวสู่อากาศที่อยู่โดยรอบโดยมีหน่วยเป็น Btu / h ft^2 ^oF

ในการพิจารณาอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศภายในอาคารและอากาศภายนอกอาคาร ค่าความสามารถในการต้านทานความร้อนของทั้งสองพื้นผิว (ส่วนกลับค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิว) จะต้องถูกนำไปรวมกับค่าความสามารถในการต้านทานความร้อนของวัสดุผนังด้วย ดังนั้นค่าความสามารถในการต้านทานความร้อนรวมทั้งหมด(R) ของผนังชั้นเดียวต่อการถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศทั้งสองด้าน คือ

$$R = 1 / h_i + d / k + 1 / h_o$$

ส่วนกลับของความสามารถในการต้านทานความร้อนคือค่าความสามารถในการส่งผ่านความร้อน (thermal transmittance) ซึ่งกำหนดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านองค์ประกอบอาคารและใช้สัญลักษณ์ U ดังนั้น U = 1 / R อัตราการถ่ายเทความร้อน (Q) ต่อหน่วยของพื้นที่จากอากาศภายในสู่อากาศภายนอกในลักษณะที่คงที่ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Q = U (t_o - t_i) \text{ Btu / h } ft^2 \, ^oF$$

(ในกรณีที่อุณหภูมิอากาศภายนอก (t_o) สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายใน (t_i))

เมื่อผนังประกอบด้วยวัสดุหลายๆชั้นที่มีความหนา และมีค่าการนำความร้อนต่างๆกัน ค่าความสามารถในการต้านทานความร้อนรวมของผนังดังกล่าวจะต้องเป็นผลรวมของค่าความสามารถในการต้านทานความร้อน ของแต่ละขั้นดังนั้นค่าความสามารถในการต้านทานความร้อนรวมของผนังที่มี n ชั้น คือ

$$R = 1/ h_i + d_1 /k_1 + d_2 / k_2 + d_3 / k_3 + \ldots + d_n / k_n + 1 / h_o$$

และค่าความสามารถในการส่งผ่านความร้อนรวม คือ

$$U = 1 / (1/ h_i + d_1 /k_1 + d_2 / k_2 + d_3 / k_3 + \ldots + d_n / k_n + 1 / h_o)$$

ดูคุณสมบัติมาตรฐานทางความร้อนของวัสดุอาคารทั่วไปได้ในภาคผนวก ก

2.4.2 ลักษณะของพื้นผิวที่เกี่ยวข้องกับการแผ่รังสี

พื้นผิวภายนอกของวัสดุทึบใดๆ จะมีคุณสมบัติที่กำหนดพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสี คือ ค่าการดูดซับรังสี (absorptivity) ค่าการสะท้อนรังสี (reflectivity) และค่าการคายรังสี (emissivity)

รังที่กระทบบนวัสดุทึบ จะมีถูกดูดซับหรือสะท้อน ซึ่งพื้นผิวของวัสดุดำจะมีการดูดซับรังสีทั้งหมด และวัตถุสะท้อนรังสี (reflector) ก็จะสะท้อนรังสีทั้งหมด พื้นผิวโดยมากจะดูดซับบางส่วนของรังสีที่มากระทบ และจะสะท้อนส่วนที่เหลือ ถ้าค่าการดูดซับรังสี ใช้สัญลักษณ์ α และค่าการสะท้อนรังสีใช้สัญลักษณ์ ρ จะได้ว่า

$$\rho = 1 - \alpha$$

ค่าการคายรังสี (ε) เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของวัสดุที่จะแผ่รังสีพลังงาน สำหรับการตอบสนองต่อคลื่นยาว ค่าการดูดซับรังสีจะเท่ากับค่าการคายรังสี คือ $\alpha = \varepsilon$ แต่ค่าทั้งสองก็จะต่างกันมากสำหรับการตอบสนองต่อรังสีดวงอาทิตย์

แต่ละพื้นผิวจะแผ่รังสีด้วยการกระจายสเปคตรัมและความเข้มของรังสีซึ่งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของพื้นผิวนั้นๆ พื้นผิวต่างๆจะแผ่รังสีที่อุณหภูมิปกติจะอยู่ในช่วงของรังสีอินฟาเรด (infrared) ของสเปคตรัม ความเข้มของการแผ่รังสีของวัตถุคือ

$$Q'' = \varepsilon\sigma T^4$$

โดยที่

Q" คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ในหน่วย Btu / ft^2 h

ε คือ ค่าการแผ่รังสีของวัตถุ

σ คือ ค่าคงที่ของสเตฟาน โบลซ์มานน์ซึ่งมีค่า 0.1714 *10^{-8} Btu / h ft^{20} R^4

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุ ^{o}R (^{o}F+459.69)

ค่าการคายรังสีของผิววัสดุดำ คือ 1.0 สำหรับพื้นผิวอื่นจะมีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.05 สำหรับโลหะมันเงา และประมาณ 0.95 สำหรับวัสดุอาคารทั่วไป

รังสีจะถูกดูดซับโดยมีการคัดเลือก ตามความยาวคลื่นของรังสีบนพื้นผิว ดังนั้นวัสดุที่ทาสีขาวจะมีค่าการดูดซับรังสีประมาณ 0.12 สำหรับคลื่นสั้นของรังสีดวงอาทิตย์ แต่มีการดูดซับรังสีคลื่นยาวจากพื้นผิวต่างๆที่อุณหภูมิปกติ ประมาณ 0.95 ดังนั้นพื้นผิวนี้จะมีค่าการคายรังสี 0.95 สำหรับรังสีคลื่นยาวและเป็นตัวแผ่รังสีที่ดี โดยจะสูญเสียความร้อนสู่พื้นผิวที่เย็นกว่า ขณะเดียวกันจะเป็นตัวสะท้อนรังสีที่ดีสำหรับรังสีดวงอาทิตย์ ในทางตรงกันข้ามโลหะมันเงาจะมีค่าการดูดซับรังสีและค่าการคายรังสีต่ำสำหรับทั้งการแผ่รังสีคลื่นสั้นและรังสีคลื่นยาว ดังนั้นในขณะที่เป็นตัวสะท้อนรังสีที่ดี ก็จะเป็นตัวคายรังสีที่ไม่ดีและสูญเสียความร้อนของตัวมันเองได้น้อย

สีของพื้นผิวจะเป็นสิ่งที่แสดงถึงค่าการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ โดยที่ค่าการดูดซับจะลดลงและค่าการสะท้อนจะเพิ่มขึ้นกับความอ่อนของสี แต่สีไม่ได้แสดงถึงพฤติกรรมของพื้นผิวที่เกี่ยวกับการแผ่รังสีคลื่นยาว ดังนั้นสีขาวและสีดำจะมีความแตกต่างกันอย่างมากในค่าการดูดซับรังสีของรังสีดวงอาทิตย์ โดยพื้นผิวสีดำจะร้อนมากกว่าหากได้รับรังสีดวงอาทิตย์ แต่การแผ่รังสีคลื่นยาวของสีทั้งสองจะเท่ากันและจะเย็นเท่ากันในตอนกลางคืนโดยการแผ่รังสีสู่ท้องฟ้า

พื้นผิวทุกพื้นผิวจะดูดซับและคายรังสีพร้อมๆกัน การแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีระหว่างพื้นผิวที่ขนานกัน 2 พื้นผิวจะขึ้นอยู่กับค่าอิทธิพลการคายรังสี (effective emissivity,(E)) ของทั้งสอง โดยจะหาได้จากสมการ

$$E = 1 / (1 / \varepsilon_1 + 1 / \varepsilon_2 - 1)$$

การแลกเปลี่ยนความร้อนสุทธิโดยการแผ่รังสีต่อหน่วยพื้นที่ (Q") ระหว่าง 2 พื้นผิวหาได้จากสมการ

$$Q" = E\sigma (T_2^4 - T_1^4)$$

ดูผลของวัสดุที่ตอบสนองต่อรังสีดวงอาทิตย์และรังสีความร้อนได้ในภาคผนวก ข

2.4.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิว

ค่าสัมประสิทธิของพื้นผิวหรือค่าความสามารถในการนำความร้อนของพื้นผิว (surface conductance) จะกำหนดอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างพื้นผิวและอากาศโดยรอบ และการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีกับพื้นผิวอื่นหรือท้องฟ้า ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิว

จะประกอบด้วย 2 ตัวประกอบที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนโดยการแผ่รังสีและการพาความร้อน โดยหลักแล้วจะขึ้นอยู่กับค่าการคายรังสีของพื้นผิวและบางส่วนจากอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสี ค่าสัมประสิทธิ์ของการพาความร้อนจะขึ้นอยู่กับ ลักษณะความขรุขระของพื้นผิว ความเร็วของอากาศที่อยู่บริเวณพื้นผิว และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวและอุณหภูมิอากาศ

ดูความแตกต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนของพื้นผิวในลักษณะของการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน รวมไปถึงค่าความสามารถในการนำความร้อน(ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิว)และต้านทานความร้อนสำหรับอากาศได้ในภาคผนวก ค

2.4.4 ค่าความจุความร้อน

ค่าความจุความร้อนของผนังหรือหลังคา คือ จำนวนปริมาณความต้องการความร้อนที่จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศา ของหน่วยปริมาตรของผนัง ของหน่วยพื้นที่ของพื้นผิวในกรณีแรกหมายถึงความจุความร้อนในเชิงปริมาตร(volumetric heat capacity,(c)) ของวัสดุ มีหน่วยเป็น $Btu/ft^3\ ^oF$ ซึ่งค่านี้จะใช้อธิบายถึงคุณสมบัติของวัสดุ และในกรณีที่สองหมายถึงค่าความจุความร้อนของผนัง (C) มีหน่วยเป็น $Btu/ft^2\ ^oF$ ใช้อธิบายคุณสมบัติองค์ประกอบอาคาร

ความจุความร้อนของวัสดุจะสำคัญเมื่อสภาวะทางความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงคงที่ เมื่อมีความแตกต่างมากๆระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายใน ค่าความจุความร้อนมีผลน้อยมากใจสภาวะความร้อนภายในอาคาร การถ่ายเทความร้อนและการกระจายของอุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับกรณีดังกล่าวโดยหลักๆจะเกี่ยวกับการส่งผ่านความร้อนของเปลือกอาคาร แต่ในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ เมื่อโครงสร้างถูกทำให้ร้อนและทำให้เย็นเป็นระยะๆและการได้รับรังสีดวงอาทิตย์ ความจุความร้อนจะมีผลที่แน่นอนในการกำหนดสภาวะความร้อนภายใน

องค์ประกอบหลักๆ ของ ค่าความจุความร้อน คือ ค่าความร้อนจำเพาะ และความหนาแน่น ช่วงของค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุน้อยมาก โดยที่วัสดุอาคารที่มีค่าความร้อนจำเพาะสูงสุด คือ ไม้และพลาสติก (0.4 ถึง 0.5 $Btu/lb\ ^oF$ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในเนื้อวัสดุ) และต่ำสุดคือเหล็ก (0.11$Btu/lb\ ^oF$) ในทางตรงข้ามช่วงของค่าความหนาแน่นจะกว้างมาก ความหนาแน่นของอากาศ (ซึ่งอาจจะพิจารณาเป็นวัสดุอาคารในรูปของช่องว่างอากาศ) จะประมาณ 0.071 ในขณะที่ความหมาแน่นของคอนกรีตเป็น 150 lb/ft^3 แต่ความหนาแน่นของโฟมโพลีสไตรีน

(1.8 – 3.5 lb/ft^3) ถูกใช้เป็นค่าต่ำสุดในการนำมาใช้งาน ซึ่งความจุความร้อนของผนังหรือโครงสร้างจะสัมพันธ์กับน้ำหนัก

วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูงจะกักเก็บความร้อนไว้ได้มากทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัตถุช้าลง ซึ่งลักษณะเช่นนี้เรียกว่าค่าเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (time lag)

ดูค่าความสามารถในการส่งผ่านความร้อนและค่าเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนสำหรับผนังเนื้อเดียวได้ในภาคผนวก

2.4.5 ค่าการกระจายความร้อน

ค่าการกระจายความร้อน (thermal diffusivity,(α)) เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าการนำความร้อน (k) และค่าความจุความร้อนในเชิงปริมาตร

$$\alpha = k / \rho c \ (ft^2/h)$$

$$\alpha = k / C$$

โดยที่

k คือ การนำความร้อน (Btu/h ft^2 ^{o}F)

ρ คือ ค่าความหนาแน่น (lb/ft^3)

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะ (Btu/lb ^{o}F)

C คือ ค่าความจุความร้อนในเชิงปริมาตร (Btu/ft^3 ^{o}F)

ค่าการกระจายความร้อนที่สูงกว่าจะเป็นผลให้เกิดการกระจายความร้อนผ่านมวลสารของวัสดุ ที่เร็วกว่า สำหรับวัสดุอาคารโดยมากค่าความจุความร้อนจะเป็นสัดส่วนต่อความหนาแน่น ในขณะที่ค่าการนำความร้อนเพิ่มอย่างไม่เป็นสัดส่วนอย่างรวดเร็ว มากกว่าการเพิ่มของความหนาแน่น

ดูค่าความหนาแน่นมาตรฐาน ค่าการกระจายความร้อนและค่าความร้อนจำเพาะได้ในภาคผนวก

2.5 **ผลทางความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร** (Givoni B., 1969: 113 - 137)

เปลือกอาคารแบ่งสภาพภายในออกจากสภาพแวดล้อมภายนอก และเป็นตัวปรับเปลี่ยนหรือป้องกันผลกระทบโดยตรงจากตัวแปรต่างๆทางภูมิอากาศเช่น อุณหภูมิอากาศภายนอก ความชื้น ลม รังสีดวงอาทิตย์ ฝน เป็นต้น เปลือกอาคารโดยทั่วไปจะประกอบด้วยวัสดุ 2 ชนิด คือ วัสดุทึบและวัสดุที่ยอมให้แสงผ่านได้

ผลกระทบของเปลือกอาคารขึ้นอยู่กับความหนา และคุณสมบัติทางความร้อน วัสดุที่อยู่ในพื้นที่ใช้สอยภายในเช่น พื้น หรือผนังเบาต่างๆ และแม้แต่เฟอร์นิเจอร์ จะเป็นตัวทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเปลี่ยนแปลง โดยเป็นผลจากความจุความร้อนของโครงสร้างและอัตราการดูดซับความร้อนที่เกิดขึ้น หรือ ความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร

เมื่อเปิดหน้าต่าง จะมีการเคลื่อนที่ของอากาศภายนอกเข้าสู่ภายใน หรือแม้แต่ปิดหน้าต่างความร้อนและอากาศก็สามารถรั่วซึมผ่านรอยแยกรอบๆหน้าต่าง หรือช่องเปิดต่างๆ รังสีของดวงอาทิตย์สามารถที่จะทะลุผ่านวัสดุโปร่งใส โปร่งแสงและผ่านหน้าต่างที่เปิดเข้าสู่พื้นที่ภายในและทำให้อากาศร้อนชื้นจากภายใน อุณหภูมิอากาศภายนอกและความชื้นสามารถมีผลต่อภายในโดยตรงแม้ว่าผลของการเคลื่อนที่ของอากาศจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุด้วย

เมื่อสภาวะความร้อนของภายในไม่มีการควบคุมโดยระบบเครื่องกล วัสดุจะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิผิวภายใน ซึ่งจะมีผลต่อความรู้สึกของผู้ใช้อาคาร หรือแม้ว่ามีการควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโดยการทำความร้อนหรือทำความเย็น คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุสามารถกำหนดปริมาณภาระการทำความร้อนหรือความเย็นโดยระบบเครื่องกลและอุณหภูมิของผิวภายใน

รูปแบบของอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีดวงอาทิตย์ในรายวันหรือรายปี และช่วงของความแปรปรวนจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้ง สภาวะทางความร้อนภายในอาคารที่ไม่มีการควบคุมด้วยเครื่องกลจะเป็นไปตามรูปแบบนี้แต่ก็สามารถที่จะปรับเปลี่ยนได้ขึ้นอยู่กับรายละเอียดในการออกแบบและก่อสร้าง

ก่อนที่ดวงอาทิตย์จะขึ้น ทั้งอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวภายนอกจำต่ำที่สุด ภายหลังจากดวงอาทิตย์ขึ้น อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวภายนอกจะสูงขึ้นด้วย ซึ่งจะขึ้นสูงสุดในช่วง

บ่าย (14.00 – 16.00) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศภายนอก จะทำให้ความร้อนถ่ายเทสู่พื้นผิวภายนอกของเปลือกอาคารและจะทำให้อุณหภูมิที่ผิวสูงขึ้น ผลดังกล่าวโดยมากจะเป็นลักษณะของทุกพื้นผิว โดยไม่เกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้ง ในขณะเดียวกัน รังสีดวงอาทิตย์ที่เป็นรังสีโดยตรง ที่กระจายจากท้องฟ้า หรือที่สะท้อนจากพื้นผิวโดยรอบกระทบที่ผิวอาคาร รังสีบางส่วนจะถูกสะท้อนออกไป แต่ส่วนที่เหลือจะถูกดูดซับโดยพื้นผิว ซึ่งจะมีผลให้อุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่งของพื้นผิวจะกำหนดความเข้มของรังสีที่มาตกกระทบ เป็นผลให้เกิดรูปแบบของอุณหภูมิที่ต่างๆกัน สำหรับหลังคาและผนังในแต่ละด้าน ลักษณะการสูงขึ้นของอุณหภูมิจะเป็นสัดส่วนต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับของพื้นผิว

กระบวนการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังจากพื้นผิวภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น อาจจะทำให้มองเห็นภาพโดยการพิจารณาเปลือกอาคารซึ่งแบ่งออกเป็นหลายๆชั้น การถ่ายเทความร้อนผ่านแต่ละชั้นจะส่งผลให้อุณหภูมิสะสมในแต่ละชั้นขององค์ประกอบ ดังนั้นแต่ละชั้นจะได้รับความร้อนน้อยลงและมีอุณหภูมิสูงขึ้นน้อยกว่าชั้นที่อยู่นอกๆ หลังจากที่อุณหภูมิผิวภายนอกขึ้นสูงสุด จะเริ่มมีอุณหภูมิต่ำลง ความร้อนที่สะสมในผนังก็จะเคลื่อนที่ใน 2 ทิศทางคือเข้าออก อัตราส่วนของช่วงอุณหภูมิภายนอกสู่ภายในขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ และความหนาของโครงสร้าง ขณะที่ความหนาและความจุความร้อนของผนังเพิ่มขึ้น และค่าการนำความร้อนลดลงจะทำให้เกิดการหน่วงเวลามากขึ้น

การรวมผลของค่าการนำความร้อนและค่าความจุความร้อนของผนังที่เป็นวัสดุชนิดเดียวจะถูกแสดงโดยค่าการกระจายความร้อนของวัสดุ กระบวนการดังกล่าวไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวภายในโดยปราศจากการดัดแปลงของผนัง ปัจจัยที่มีอยู่และรวมไปถึงการไหลเวียนอากาศของอาคาร รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านหน้าต่างและทำความร้อนภายในอาคาร การไหลเวียนอากาศได้นำอากาศภายนอกเข้ามาโดยตรงและปะทะกับอากาศพื้นผิวภายในอุณหภูมิที่ต่างกัน รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านหน้าต่าง และที่สะท้อนจากพื้นสู่พื้นผิวภายในหรือที่ถูกดูดซับไว้ในพื้นที่จะทำให้อุณหภูมิอากาศและพื้นผิวภายในสูงขึ้น

ปัจจัยทั้งหลายดังที่กล่าวมามีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในโดยตรง ซึ่งผลของปัจจัยดังกล่าวจะมีมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ แต่มีความแตกต่างไปตามปัจจัยทางภูมิอากาศที่มีผลต่อพื้นผิวภายนอกด้วย คุณสมบัติหลักที่มีผลในการตอบสนองต่อความร้อน คือ ผลคูณของค่าการนำความร้อนและค่าความจุความร้อนในเชิงปริมาตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติของชั้นของผนังด้านใน ถ้าหากค่านี้สูงผนังจะสามารถดูดซับความร้อนจากแหล่ง

ความร้อนภายในได้เร็วกว่า และทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นน้อยกว่า ในทางตรงกันข้ามเมื่อค่านี้ต่ำ พื้นผิวภายในก็จะร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว

ค่าของผลคูณของค่าการนำความร้อนและค่าความจุความร้อนในเชิงปริมาตร ยังกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิผิวภายใน โดยเฉพาะเมื่ออาคารมีการไหลเวียนของอากาศ หากค่านี้สูงจะทำให้เกิดความแตกต่างที่เหมาะสมของอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิผิวภายใน เพราะอุณหภูมิในอากาศในอาคารที่มีการไหลเวียนอากาศจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก ในขณะที่อุณหภูมิผิวจะยังรักษาระดับที่สูงอยู่อันเนื่องมาจากการถ่ายเทความร้อนจากภายในผนัง หากค่านี้ต่ำอัตราการถ่ายเทความร้อนจากภายในจะลดลงและคุณภาพในการกักเก็บความร้อนก็จะน้อย และอุณหภูมิผิวก็จะคล้อยตามไปกับอุณหภูมิอากาศภายใน

2.6 **แผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิต** (Aluminium Composite Panel)

อลูมิเนียมคอมโพสิต เป็นวัสดุที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เป็นวัสดุที่มีคุณภาพสูง โดยการนำเอาคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดมาประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้วัสดุชนิดใหม่ขึ้นมา ที่มีน้ำหนักเบา แต่มีผิวที่แข็งแกร่งมากเพียงพอที่จะนำมาใช้ภายนอกอาคาร โดยสามารถทนต่อสภาวะอากาศทุกประเภท ทั้งอากาศหนาว , ร้อน หรือ น้ำฝน ซึ่งจะมีสภาพความเป็นกรดด่าง หรือ ความชื้น ที่แตกต่างกันไป

โครงสร้างของ แผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิต ประกอบด้วย แผ่นแกนโพลีเอททิลีน (Polyethylene Core) Fire Resistance (FR) ซึ่งสามารถกันความร้อน และ เสียงได้เป็นอย่างดี ประกบหน้า-หลังด้วยแผ่นอลูมิเนียม (Aluminium Sheet) โดยยึดให้ติดกันด้วย ฟิล์มเหนียว (Adhesive Film) เคลือบผิว แล้วปิดทับด้วย ฟิล์มป้องกันการขูดขีด

2.6.1ลักษณะโดยทั่วไปของแผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิต

1.) การเคลือบผิวดีเยี่ยม

เนื่องจากใช้สารเคลือบผิวคุณภาพดี เคลือบผิวด้วยกระบวนการเคลือบผิวอัตโนมัติ ทำให้ผิวเรียบและยึดเกาะกับอลูมิเนียมได้ดี สามารถทนบรรยากาศที่เป็นกรดและด่าง สีติดแน่น ไม่หลุดล่อน แผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิต ที่เคลือบผิวด้วยสาร PVDF ตามมาตรฐาน KYNAR 500สามารถใช้งานติดตั้งภายนอกได้นานกว่า 20 ปี และบำรุงรักษาได้ง่าย

2.) กำลังยึดเกาะสูง

เนื่องจากใช้ ฟิล์มเหนียว คุณภาพดี อลูมิเนียม ยึดเกาะ กับ แผ่นแกนโพลีเอททิลีน ได้แน่น ไม่หลุดล่อน

3.) การทนต่ออุณหภูมิสูง

อุณหภูมิที่จะทำให้ แผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิตเกิดการเสียรูปได้ ต้องมีค่ามากกว่า 105ºC จึงสามารถใช้งานได้ในพื้นที่ที่มีช่วงอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงกว้างๆ ได้ดี

4.) น้ำหนักเบา

แผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิต ที่เคลือบผิวด้วย PVDF จะมีน้ำหนักเฉลี่ย 5.25 กิโลกรัม ต่อ ตารางเมตร ซึ่งเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่นๆที่มีความแข็งแรงเท่ากัน แผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิต จะมีน้ำหนักที่เบากว่ามาก

5.) คุณสมบัติเรื่อง เก็บเสียง,ฉนวนความร้อนและทนแรงกระแทก

แผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิต มีคุณสมบัติในเรื่องข้อของโลหะ และพลาสติก ทำให้สามารถทนแรงกระแทกมากกว่าแผ่นอลูมิเนียมธรรมดาถึง 6 เท่า และเป็นวัสดุที่ความเหมาะสมสำหรับการตกแต่งภายในห้องเก็บเสียง ช่วยกันความร้อน

6.) ความปลอดภัยจากสารพิษและไม่ติดไฟ

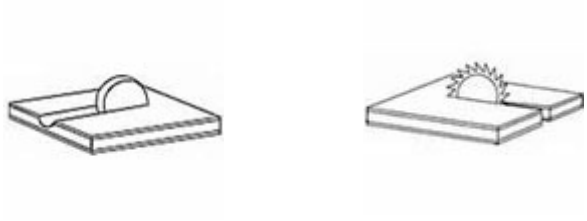
แผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิต เมื่อไหม้ไฟแล้วจะไม่มีสารพิษ ส่วนอลูมิเนียม จะไม่ติดไฟ จึงสามารถใช้งานได้ในสถานที่ที่มีข้อกำหนดเรื่องการทนไฟ

7.) การทำงานที่สะดวก

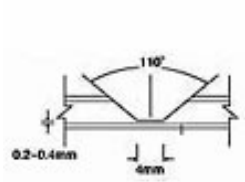
สามารถทำงานด้วยเครื่องมืองานไม้ และงานโลหะโดยทั่วไปได้อย่างเที่ยงตรง เช่น การตัด การเลื่อย การเซาะร่อง การปั้มพ์ การอัด และการดัดโค้ง

2.6.2 การประกอบและติดตั้งแผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิต

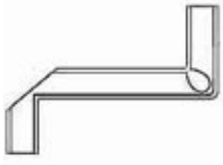
1.) การตัด สามารถตัดได้ด้วย เครื่องตัดโลหะ (Shearing Machine) เลื่อยตัดหินอ่อน และเลื่อยวงเดือน



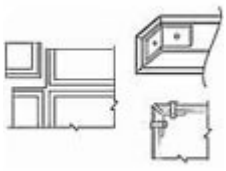
2.) การเซาะร่อง (Routing) สามารถเซาะร่องได้ด้วยเครื่องเซาะร่อง (Router) หรือเลื่อยตัดหินอ่อนโดยใส่ใบเลื่อยสำหรับงานตัดโลหะ



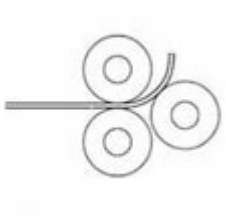
3.) การตัดมุม สามารถตัดมุมได้ด้วยเครื่องตัดโลหะ (Shearing Machine) หรือเลื่อยตัดหินอ่อนโดยใส่ใบเลื่อยสำหรับงานตัดโลหะ หรือ เครื่องเจียรมือถือ โดยใส่ใบตัดโลหะ



4.) การต่อ สามารถต่อชิ้นงานได้ด้วยหมุดย้ำ สกรูน็อต หรือสกรูเกลียวปล่อย



5.) การดัดโค้ง สามารถดัดโค้งได้โดยใช้เครื่องดัดโค้งโลหะแผ่น แบบมีลูกกลิ้ง



6.) การพับ สามารถพับได้ หลังจากได้เซาะร่องแล้ว