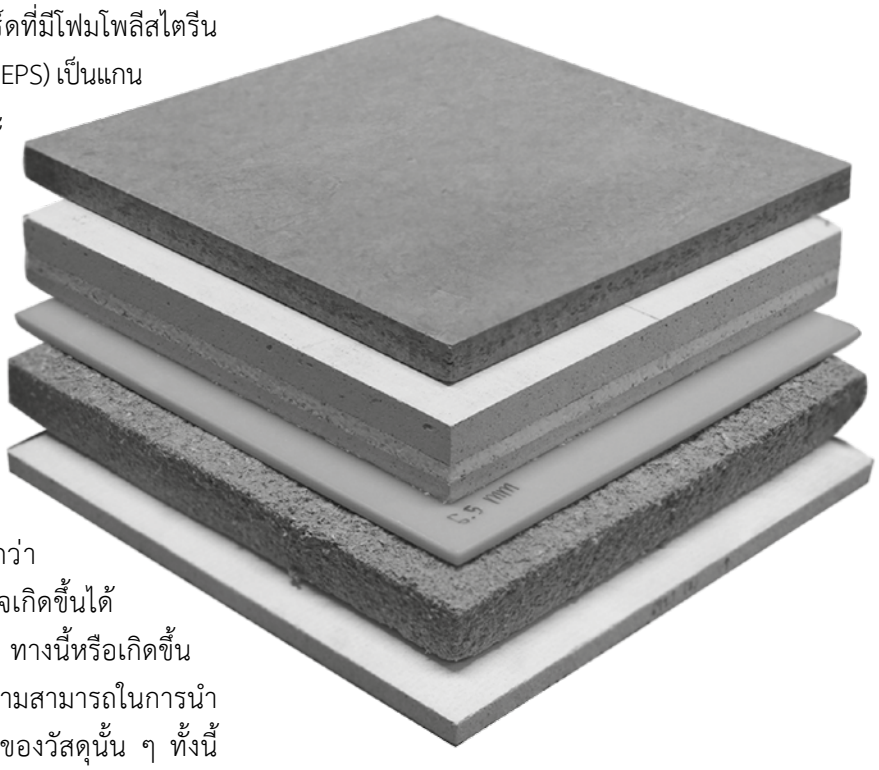
การทดสอบสภาพนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนคอมโพสิท

กรองทิพย์ เติมเกาะ *

ฉนวนกันความร้อนสามารถช่วยป้องกันการส่งผ่านพลังงานความร้อนจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง ซึ่งควรจะเป็นวัสดุที่เบา ประกอบด้วยฟองอากาศหรือรูพรุนเล็ก ๆ จำนวนมาก มีคุณสมบัติในการกักเก็บพลังงานความร้อนที่ไหลผ่านไว้ภายในทำให้ต้านทานการส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง

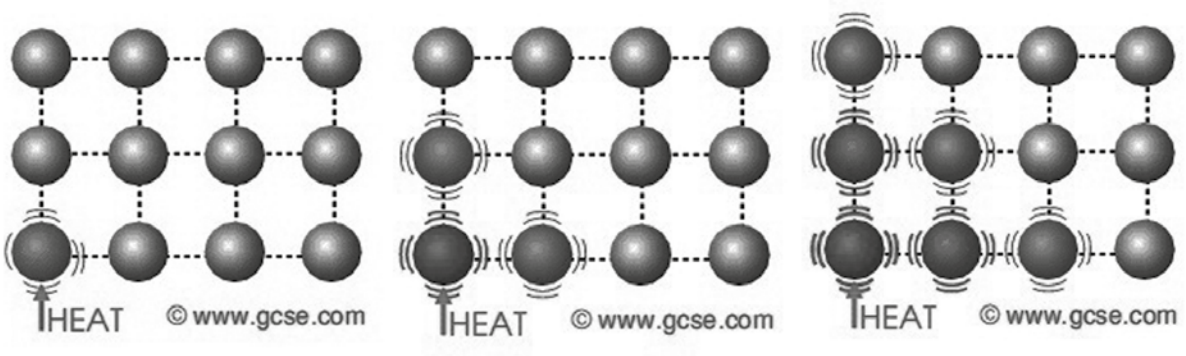
แม้ว่าฉนวนกันความร้อนมีคุณสมบัติที่ดีในการต้านทานความร้อน แต่ยังขาดคุณสมบัติทางด้านกายภาพอื่น ๆ เช่น ความแข็งแรง ดังนั้นจึงมีการผลิตฉนวนความร้อนคอมโพสิท ซึ่งเป็นวัสดุทีมีการรวมตัวกันของวัสดุที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น วัสดุนั้นอาจจะผสมเป็นเนื้อเดียวกันหรือใช้เทคนิคการลามิเนตให้เป็นชิ้นเดียวกัน เช่น ไฟเบอร์กลาส หรือแมกนีเซียมบอร์ดที่มีโฟมโพลีสไตรีนแบบขยายตัว (Expanded polystyrene, EPS) เป็นแกนเพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติความเป็นฉนวนและยังมีความแข็งแรงด้วย รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างฉนวนความร้อนคอมโพสิท

การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer) สามารถเกิดขึ้นได้ 3 ทาง คือ การพาความร้อน (Convection), การนำความร้อน (Conduction) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) โดยที่ความร้อนจะไหลจากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ กระบวนการถ่ายเทความร้อนอาจเกิดขึ้นได้จากกระบวนการอย่างใดอย่างหนึ่งใน 3 ทางนี้หรือเกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 3 ทาง ซึ่งวัสดุต่าง ๆ มีความสามารถในการนำความร้อนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเนื้อสารของวัสดุนั้น ๆ ทั้งนี้รวมถึงลักษณะการเรียงตัวของอะตอมหรือโมเลกุลเล็กๆ ภายในวัสดุชนิดนั้น ๆ ด้วย การนำความร้อนถือว่ามีความสำคัญมากกับวัสดุที่เป็นของแข็ง เมื่อวัสดุได้รับพลังงานความร้อนอะตอมที่ได้รับความร้อนจะเกิดการสั่นสะเทือนและชนกับอะตอมที่อยู่ข้าง ๆ ทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานให้กับอะตอมที่อยู่ติดกันต่อกันไปเรื่อย ๆ โดยที่อนุภาคจะไม่เคลื่อนที่แต่พลังงานความร้อนเคลื่อนที่ ดังแสดงในรูปที่ 1 วัสดุที่มีโครงสร้างโมเลกุลเรียงตัวชิดกัน การถ่ายเทพลังงานความร้อนระหว่างโมเลกุลทำได้ง่ายกว่าวัสดุที่มีโครงสร้างโมเลกุลเรียงตัวห่างกัน วัสดุที่มีความสามารถนำความร้อนได้ดี เรียกว่า ตัวนำความร้อน เช่น เงิน ทองแดง ส่วนวัสดุที่นำความร้อนได้ต่ำ เรียกว่า ฉนวนกันความร้อน เช่น ฉนวนใยแก้ว ฉนวนโฟม และฉนวนกันความร้อนคอมโพสิท (Composite insulation materials) เป็นต้น



รูปที่ 1 ฉนวนความร้อนคอมโพสิท

*นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม วศ.



รูปที่ 2 ขั้นตอนการถ่ายเทความร้อนเมื่ออนุภาคได้รับความร้อน โมเลกุลสั่นสะเทือนและถ่ายเทพลังงานให้โมเลกุลที่อยู่ติดกัน

• หลักการวัดค่าสภาพนำความร้อน (Thermal conductivity)

วัสดุใดมีประสิทธิภาพการนำความร้อนดีหรือไม่นั้น เราสามารถพิจารณาได้จากค่าสภาพนำความร้อน (Thermal conductivity, K-Value) ซึ่งบอกถึงความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุนั้นๆ โดยวัดค่าอัตราปริมาณความร้อนไหลต่อหน่วยเวลาจากจุดระยะทางหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดที่ไหลผ่านมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อเมตร-เคลวิน (W/m.K) นอกจากนี้ความเป็นฉนวนกันความร้อนสามารถพิจารณาได้จากค่าความต้านทานความร้อน (Thermal resistance, R-Value) ซึ่งคำนวณจากอัตราส่วนของความหนาต่อค่าสภาพนำความร้อนของวัสดุ มีหน่วยเป็นตารางเมตร - เคลวิน ต่อวัตต์ (m^2.K/W) ฉนวนกันความร้อนที่ดีต้องมีค่าสภาพนำความร้อนที่ต่ำ และมีค่าความต้านทานความร้อนสูง ค่าสภาพนำความร้อน (k) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$k = \frac{Q}{A}\frac{L}{\Delta T}$$ หน่วย วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน (W/m.K) (1)

โดย k = สภาพนำความร้อน หน่วย วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน (W/m.K)
Q = ความร้อนที่ไหลผ่านต่อพื้นที่ผิววัตัวอย่าง หน่วย วัตต์ (W)
A = พื้นที่ที่ความร้อนไหนผ่าน หน่วย ตารางเมตร (m^2)
L = ความหนาของชิ้นทดสอบ หน่วยเมตร (m)
ΔT = อุณหภูมิที่แตกต่างระหว่างผิววัสดุด้านอุณหภูมิสูงและด้านอุณหภูมิต่ำ หน่วย เคลวิน (K)

ค่าความต้านทานความร้อน (R) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$R = \frac{L}{k}$$ หน่วย ตารางเมตร-เคลวินต่อวัตต์ (m^2.K/ W) (2)

และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall heat transfer coefficient, U-value) คือส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อน ดังแสดงในสมการที่ (3)

$$U = \frac{1}{R}$$ หน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน (W/m^2.K) (3)

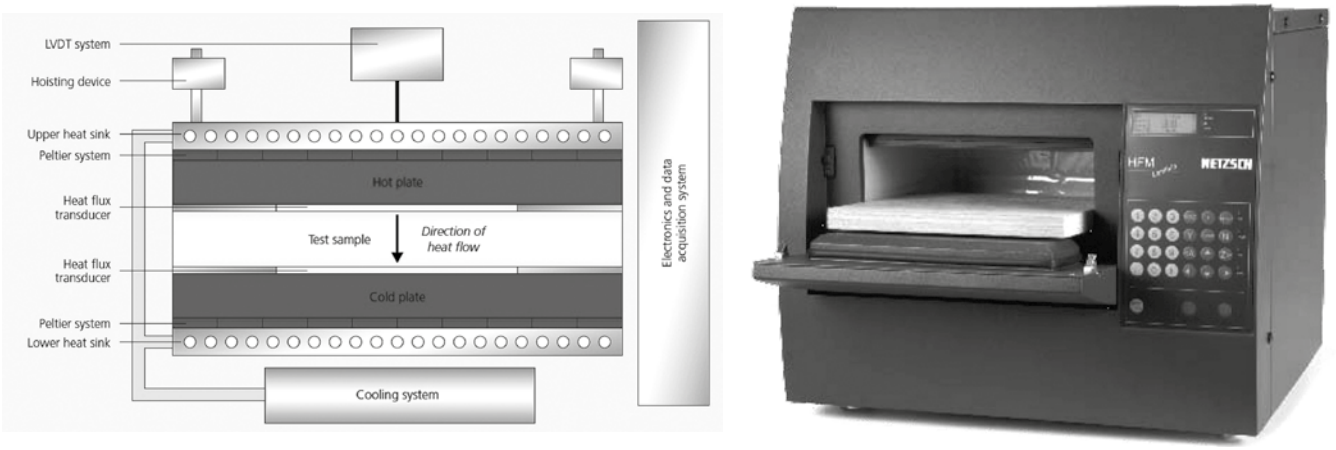
• การทดสอบแบบ Heat Flow Meter

การทดสอบหาค่าสภาพนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนของฉนวนกันความร้อน แบบ Heat Flow Meter ตามมาตรฐาน ASTM C 518, ISO 8301, BS EN 12667 และ JIS A 1412 ใช้หลักการของการถ่ายเทความร้อนคือพลังงานความร้อนจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ดังแสดงในรูปที่ 3 (a)

ขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบ ชิ้นทดสอบจะนำมาไว้ในสภาวะแวดล้อมที่อุณหภูมิ 22 ± 5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ± 10 อย่างน้อย 24 ชั่งโมง โดยมวลของชิ้นทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 1 หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบใส่เข้าเครื่องทดสอบโดยวางอยู่ระหว่างแผ่นความร้อนและแผ่นความเย็น ดังแสดงในรูปที่ 3 (b) จากนั้นตั้งค่าอุณหภูมิให้แตกต่างกัน (ΔT) ระหว่างแผ่นอุณหภูมิความร้อนและแผ่นความเย็น ภายในเครื่องทดสอบมีฉนวนล้อมรอบตลอดแนวความหนาของแผ่นอุณหภูมิและชิ้นทดสอบเพื่อให้ป้องกันการสูญเสียความร้อน เครื่องจะวัดแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจาก

เซ็นเซอร์วัดฟลักซ์ที่ติดอยู่กับผิวของแผ่นอุณหภูมิทั้งสองโดยการวัดการไหลของความร้อนและอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างแผ่นทั้งสอง เมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงที่ (Steady-state condition)

กรมวิทยาศาสตร์บริการให้บริการทดสอบหาค่าสภาพนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนสำหรับฉนวนกันความร้อนคอมโพสิท ด้วยเครื่อง NETZSCH HFM 436 เป็นการทดสอบแบบ Heat Flow Meter โดยตัวอย่างต้องมีขนาด กว้าง 300 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร และความหนาอยู่ในช่วง 6 - 80 มิลลิเมตร ผู้สนใจสามารถติดต่อสอบถามและขอรับบริการได้ที่โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ถนนพระราม 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400



รูปที่ 3 (a) การออกแบบเครื่องมือวัดแบบ Heat Flow Meter, (b) เครื่อง HFM 436/3 Lambda ที่ใช้หลักการแบบ Heat Flow Meter

เอกสารอ้างอิง

American Society for Testing and Material. Standard test method for steady-state thermal transmission properties by means of the heat flow meter apparatus. In **Annual book of ASTM standard . Vol. 04.06** . West Conshohocken : ASTM , 2010, p.152-166.

Conduction in Non-Metals. [Online] [cite dated 20 April 2012] Available from Internet : http://www.gcse.com/energy/conduction.htm

Heat transfer. [Online] [cite dated 20 April 2012] Available from Internet : http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_transfer

Netzsch. Operating Instructions: heat flow meter HFM 436/3 Lambda. Wittelsbacherstrbe : Netzsch, 2008.