

การหาค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน

สมศักดิ์ ระชังทอง

- [บทนำ](#)
- [ทฤษฎี](#)
- [เครื่องมือทดลองและการทดลอง](#)
- [ผลการทดลองและอภิปรายผล](#)
- [สรุปผลและข้อเสนอแนะ](#)

บทความนี้แสดงถึงผลที่ได้จากการทดลองเพื่อหาค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนทั้งหมดแบบครึ่งทรงกลมด้วยเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจากต่างประเทศ และเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่สร้างขึ้น แล้วนำค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่ได้จากเครื่องมือทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน โดยการทดลองของเครื่องมือทั้งสองใช้วัสดุชนิดเดียวกัน

บทนำ

การถ่ายเทความร้อนสามารถแบ่งออกได้ 3 วิธี คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การถ่ายเทความร้อนมีความสำคัญมากในงานวิศวกรรม เช่น นำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในการอบ ต้ม เพิ่มอุณหภูมิหรือใช้ประโยชน์จากการพาความร้อนในด้านงานปรับอากาศหรืออื่น ๆ

การถ่ายเทความร้อนส่วนมากจะนึกถึงแต่การนำความร้อนและการพาความร้อน แต่ที่จริงแล้วการแผ่รังสีความร้อนก็มีส่วนสำคัญอย่างมากเนื่องจากวัตถุที่ได้รับความร้อนมีการปล่อยรังสีความร้อนออกมา เนื่องจากอุณหภูมิของวัตถุเอง

ในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ ก็เป็นงานลักษณะหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการแผ่รังสีความร้อน แผงรับแสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันมากเป็นแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นซึ่งมีส่วนสำคัญ คือ แผ่นดูดพลังงานซึ่งทำหน้าที่รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และถ่ายเทความร้อนให้กับของที่ไหลผ่านแผ่นดูด เพื่อนำของไหลนี้ไปใช้ประโยชน์ ด้านบนของแผ่นดูดพลังงานเป็นแผ่นปิดที่ทำด้วยวัสดุโปร่งใส ซึ่งช่วยกันพลังงานความร้อนไว้ไม่ให้ถ่ายเทจากแผ่นดูดพลังงานสู่ภายนอก แผ่นดูดพลังงานนี้ทำด้วยวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง เช่น โลหะ การเพิ่มประสิทธิภาพการดูดพลังงานให้มากขึ้นมักทำหรือเคลือบแผ่นดูดพลังงานด้านที่รับแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุ ที่มีค่าการดูดรังสีความร้อนสูง เช่น สีดำ แต่โลหะแต่ละชนิดที่มีค่าการนำความร้อนสูง เช่น ทองแดง หรืออลูมิเนียมที่เคลือบด้วยสีดำจะมีค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนแตกต่างกันหรือไม่ ต้องทำการทดลองจึงจะทราบได้ สาเหตุที่ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนขึ้นเอง เนื่องจากเครื่องมือจากต่างประเทศมีราคาแพงมาก ถึงแม้เครื่องมือจากต่างประเทศจะใช้ได้ง่าย แต่ก็ไม่ได้เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นเอง ดังนั้นการสร้างเครื่องมือวัดขึ้นเองจึงเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องมือวัดสำหรับประเทศไทยในอนาคต

ทฤษฎี

เมื่อพลังงานการแผ่รังสีกระทบกับวัตถุ บางส่วนของรังสีจะสะท้อนกลับ บางส่วนก็ดูดซับและบางส่วนก็ผ่านทะลุซึ่งสัดส่วนของทั้งหมดรวมกันแล้วมีค่าเท่ากับหนึ่ง

โดยทั่วไปค่าการดูดที่ผิวของวัตถุขึ้นอยู่กับทิศทางของรังสีที่มากกระทบ ส่วนประกอบและโครงสร้างของผิววัตถุก็มีค่าการสะท้อนกลับและการผ่านทะลุ นอกจากนี้ความยาวคลื่นของรังสียังมีสวนด้วย

สำหรับวัตถุที่เป็นของแข็ง ส่วนมากเป็นวัตถุทึบแสงที่รังสีความร้อนผ่านทะลุไม่ได้ ดังนั้นสัดส่วนของค่าการดูดและค่าการสะท้อนกลับจึงรวมกันเท่ากับหนึ่ง เมื่อวัตถุดูดรังสีความร้อนไว้แล้วจะมีการปล่อยรังสีความร้อนออกจากผิววัตถุด้วย ในการปล่อยรังสีความร้อนทั้งหมดออกจากผิววัตถุต่อหน่วยเวลาต่อหน่วยพื้นที่ มีชื่อ เรียกว่ากำลังส่งออกทั้งหมดซึ่งหมายถึง การปล่อยรังสีเริ่มต้นจากผิวผ่านเข้าไปยังครึ่งทรงกลมสมมติเหนือผิวนั้น โดยไม่คำนึงถึงทิศทางหรือความยาวคลื่น สำหรับผิวที่มีคุณสมบัติทางกายภาพไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ กำลังส่งออกจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับกำลังที่สีของอุณหภูมิผิว กำลังส่งออกของวัตถุดำหรือวัตถุที่ดูดรังสีความร้อนได้สมบูรณ์หาได้จากสูตร สเตเฟน-บอลซ์มาน

$$e_b = \alpha T^4 \quad (1)$$

เมื่อ e_b = กำลังส่งออกทั้งหมดของวัตถุดำ, w / m^2

α = ค่าคงที่ของสเตเฟน-บอลซ์มาน

$$= 5.6997 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2\text{k}$$

$T =$ อุณหภูมิสมบูรณ์, k

ถ้าไม่ใช่วัตถุดำ การปล่อยออกรังสีความร้อนไม่สมบูรณ์จะได้

$$\beta = e / e_b \quad (2)$$

เมื่อ $\beta =$ ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน

เนื่องจากค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนเป็นอัตราส่วนของกำลังส่งออกทั้งหมดของวัตถุใด ๆ ต่อกำลังส่งออกทั้งหมดของวัตถุดำตามสมการ (2) ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนนี้จึงเป็นค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนทั้งหมดแบบครึ่งทรงกลมหรือค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนทั้งหมด (Total hemispherical emissivity or total emissivity) การใช้คำว่า ทั้งหมดและครึ่งทรงกลม ขยายคำว่าค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนก็เพื่อแสดงว่า กำลังส่งออกทั้งหมดของวัตถุและวัตถุดำเป็นกำลังส่งออกทั้งหมดโดยไม่คำนึงถึงทิศทางและความยาวคลื่น

วัตถุที่มีใช้วัตถุดำบางชนิดมีชื่อเรียกว่า วัตถุเทา ซึ่งหมายถึงวัตถุที่มีค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนครึ่งทรงกลมที่ความยาวคลื่นหนึ่ง ณ อุณหภูมิเดียวกันเท่ากับทุกความยาวคลื่น นั่นคือ อัตราส่วนของกำลังส่งออกทั้งหมดของวัตถุใด ๆ ต่อกำลังส่งออกทั้งหมดของวัตถุดำมีค่าเท่ากันตลอดทุกความยาวคลื่น ที่อุณหภูมิเดียวกัน หรือกล่าวได้ว่า ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว

ในการคำนวณการแลกเปลี่ยนพลังงานมีสมมติฐานว่า

ก. คุณสมบัติทางการแผ่รังสี เช่น การสะท้อนกลับการปล่อยออก การดูดรังสีมีค่าสม่ำเสมอและไม่คำนึงถึงทิศทางและความยาวคลื่น

ข. ผิวทึบแสงและมีลักษณะแบบปล่อยกระจายและสะท้อนกระจาย

ค. ฟลักซ์ความร้อนของการแผ่รังสีความร้อนที่ตกลงบนผิวและออกจากผิวมีค่าสม่ำเสมอ

สำหรับการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างผิวสามผิว ดังรูปที่ 1 เมื่อ $X_1 = A_1^{\beta_1}/(1-\beta_1)$, $X_2 = A_2^{\beta_2}/(1-\beta_2)$, $X_3 = A_3^{\beta_3}/(1-\beta_3)$,

F คือ เชฟแฟคเตอร์ระหว่างผิวสองผิว ถ้าผิวที่หนึ่งกับผิวที่สามอยู่ระดับเหมือนกันได้ $F_{13} = 0$

$$J_1 = [X_1 E_{b1} + X_2 E_{b2} + X_3 E_{b3} + X_1 X_2 E_{b1} / A_1 F_{12} - X_3 J_3] / [X_1 + X_2 \{(X_1 / A_1 F_{12}) + 1\}]$$

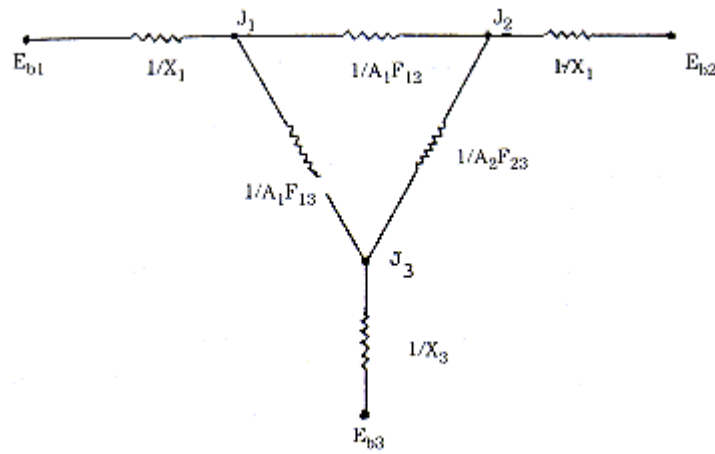
$$J_2 = (-X_1 E_{b1} / A_1 F_{12}) + \{(X_1 / A_1 F_{12}) + 1\} J_1$$

$$J_3 = \{[(X_1 E_{b1} + X_2 E_{b2} + X_3 E_{b3} + X_1 X_2 E_{b1} / A_1 F_{12}) / \{X_1 + X_2 \{(X_1 / A_1 F_{12}) + 1\}\}] + \{(X_3 E_{b3} / A_2 F_{23} - (X_1 E_{b1} / A_1 F_{12})) / \{(X_1 A_1 F_{12}) + 1\}\} / [(X_3 / \{X_1 + X_2 \{(X_1 / A_1 F_{12}) + 1\}\}) + \{(X_3 / A_2 F_{23}) + 1\} / \{(X_1 / A_1 F_{12}) + 1\}]\}$$

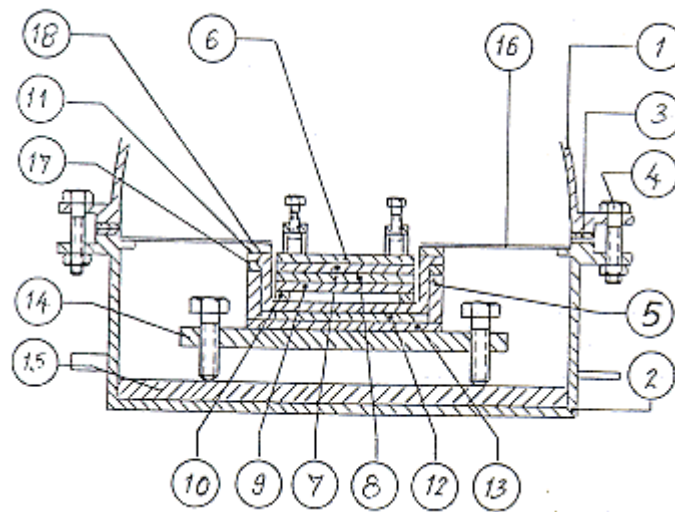
$$Q_1 = X_1 (E_{b1} - J_1)$$

$$Q_2 = X_2 (E_{b2} - J_2)$$

$$Q_3 = A_2 F_{23} (J_2 - J_3)$$



รูปที่ 1



รูปที่ 2

ส่วนประกอบของเครื่องมือ 1. ฝาครอบรูปครึ่งทรงกลม 2. กล่องรูปทรงกระบอกกลวง 3. ปะเก็น 4. สลักยึด 5, 10, 13, 15, 18. ฉนวน 6. ชิ้นงานทดลอง 7, 9. แผ่นทองแดง 8, 12, 17. อุปกรณ์ทำความร้อน 11. ถาดทองแดง 14. ฐานรอง 16. แผ่นอะลูมิเนียมบาง

เครื่องมือทดลองและการทดลอง

ฝาครอบรูปครึ่งทรงกลมและกล่องรูปทรงกระบอกกลวง ทำด้วยเหล็ก มีรัศมี 192 มม. ฝาครอบและกล่องประกอบเข้าด้วยกัน โดยใช้สลักยึดและมีปะเก็นกันอากาศจากภายนอกรั่วไหลเข้าภายในเครื่องมือ ด้านข้างของกล่องมีท่อสำหรับดูดอากาศจากภายในกล่อง พร้อมทั้งมีท่อสำหรับร้อยสายไฟด้วย ท่อร้อยสายไฟนี้มีซิลิโคนอุดไว้เพื่อไม่ให้อากาศภายนอกไหลเข้าภายในเครื่องมือ

หลักการทำงานของเครื่องมือนี้ คือดูดอากาศภายในเครื่องมือเพื่อให้ภายในเครื่องมือนี้เป็น สุญญากาศ ปล่อยกระแสไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ทำความร้อน (8) เพื่อให้ความร้อนแก่ชิ้นงานทดลองซึ่งมีขนาดกว้าง 25 มม. ยาว 75 มม.หนา 0.5 มม. ใต้อุปกรณ์ทำความร้อนมีแผ่นทองแดง (9) วางอยู่บนอุปกรณ์ทำความร้อน (12) ต้องพยายามปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ป้อนให้กับอุปกรณ์ทำความร้อนทั้งสองเพื่อให้อุณหภูมิทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่นทองแดง (9) มีค่าเท่ากันและคงที่ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถวัดกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับอุปกรณ์ทำความร้อน (8) โดยไม่สูญเสียพลังงานระหว่างการทดลองต้องรักษาอุณหภูมิของชิ้นงานทดลองและฝาครอบรูปครึ่งทรงกลมให้คงที่ด้วย

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการทดลองชิ้นงานทดลอง (เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม เหล็กเคลือบผิวสีดำ ทองแดงเคลือบผิวสีดำและอลูมิเนียมเคลือบผิวสีดำ) ด้วยเครื่องมือทดลองจากต่างประเทศจะอ่านค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนได้เลย ส่วนเครื่องมือทดลองที่สร้างขึ้นต้องนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองไปคำนวณโดยใช้ทฤษฎีข้างต้น จึงจะได้ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่ได้จากเครื่องมือทั้งสองและค่าแตกต่างกันได้แสดงไว้ในตา

ตารางที่ 1

วัสดุ	β_A	β_B	ค่าแตกต่าง(%)
เหล็ก	0.4	0.401	0.25
ทองแดง	0.25	0.244	2.4
อลูมิเนียม	0.53	0.544	2.64
เหล็กเคลือบผิวสีดำ	0.85	0.845	0.59
ทองแดงเคลือบผิวสีดำ	0.85	0.47	0.35
อลูมิเนียมเคลือบผิวสีดำ	0.87	0.868	0.23

* β_A และ β_B หมายถึง ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่ได้จากเครื่องมือทดลองจากต่างประเทศและจากเครื่องมือทดลองที่สร้างขึ้นตามลำดับ

ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่ได้จาก เครื่องมือทดลองจากต่างประเทศเป็นค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนทั้งหมด แบบตั้งฉากและค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่ได้จาก เครื่องมือทดลองที่สร้างขึ้น เป็นค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนทั้งหมดแบบครึ่งทรงกลม แต่ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนทั้งสองถือว่าเป็นค่าเดียวกันได้ ยกเว้นผิวโลหะที่ขัดแบบ Well-polished ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนทั้งหมดแบบครึ่งทรงกลมจึงจะมีค่ามากกว่า ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนทั้งหมดแบบตั้งฉากสำหรับการทดลองครั้งนี้ ผิวของชิ้นงานทดลองขัดด้วยกระดาษทรายชนิดละเอียด ซึ่งไม่ได้เป็นการขัดผิวแบบ Well-polished

ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนที่ทดลองได้นี้ เป็นค่าเฉพาะของวัสดุชิ้นที่นำมาทำการทดลองเท่านั้น เพราะค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนของวัสดุชนิดหนึ่ง ๆ แตกต่างได้เนื่องจาก

ก. อ้อกไซด์ของโลหะซึ่งเกิดขึ้นที่ผิวโลหะทำให้ผิวโลหะไม่เรียบและไม่มัน

ข. ลักษณะของผิวโลหะ กรรมวิธีในการทำให้ผิวโลหะเรียบมีหลายวิธี เช่น ใส กิ่ง กัด ตะไบ ขูด ขัดผิวด้วยล้อขัดผิว หรือกระดาษทรายหรือเจียรไนหรืออื่น ๆ แต่ละวิธีมีผลให้ลักษณะผิวไม่เหมือนกัน สำหรับผิวขัดมันก็ยังไม่แบ่งออกได้หลายลักษณะ เช่น ขัดมันน้อย ปานกลาง มาก เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับกรรมวิธีที่ใช้

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การสร้างเครื่องมือวัดค่าการปล่อยออกรังสีความร้อน มีความผิดพลาดไปบ้างเนื่องจากกรรมวิธีและเทคนิคการสร้างประกอบ เมื่อทำการทดสอบเครื่องมือวัดนี้ได้ใช้ตัวอย่างทดลอง 6 ตัวอย่างด้วยกัน คือ เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม เหล็กเคลือบผิวสีดำ ทองแดงเคลือบผิวสีดำและอลูมิเนียมเคลือบผิวสีดำ แล้วเปรียบเทียบค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนทั้งหมดแบบครึ่งทรงกลมกับค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนทั้งหมดแบบตั้งฉาก ที่ได้จากการทดลองของเครื่องมือจากต่างประเทศ สำหรับค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนทั้งหมดแบบครึ่งทรงกลมถือได้ว่า มีค่าเดียวกับค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนทั้งหมดแบบตั้งฉากเนื่องจากผิวของชิ้นงานทดลองเป็นผิวที่ขัดมันแบบธรรมดา เมื่อเปรียบเทียบค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนทั้งสองแล้ว ได้ค่าความผิดพลาดของเครื่องมือที่สร้างขึ้นเท่ากับ 2.64% โดยให้ค่าการปล่อยออกรังสีความร้อนจากเครื่องมือของต่างประเทศเป็นมาตรฐาน

ในการควบคุมอุณหภูมิของ ชิ้นงานทดลอง ถาดทองแดง และตัวกดชิ้นงานทดลองกระทำโดยใช้มือควบคุม ซึ่งต้องใช้เวลาานานมากคือประมาณ 2 ชั่วโมง ถ้าเปลี่ยนการควบคุมอุณหภูมิด้วยมือ มาเป็นการควบคุมอุณหภูมิด้วยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิชนิดอัตโนมัติจะทำให้การปรับแต่งอุณหภูมิเพื่อการทดลอง ได้รับความสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Holman, J.P., **Experimental Methods for Engineers**, McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, 3rd ed., 1978.
2. Holman, J.P., **Heat Transfer**, McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, 5th ed., 1981.
3. Ozisik, M.N., **Basic Heat Transfer**, McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, 1977.
4. Chapman, A.J., **Heat Transfer**, Macmillan Publishing Co., New York, 3rd ed., 1974.
5. Mc Adams, W.H. **Heat Transmission**, McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, 3rd ed., 1954.
6. Timoshenko. S., **Strength of Materials, Part 2, Advanced Theory and Problems**, D. Van Nostrand co., Affiliated East-West Press PVT.Ltd., New Delhi, 3 rd ed., 1956.

This document was last modified on