

เทคโนโลยีการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด (Electric Infrared Heating)

โดยนายวิรัตน์ ทรงงาม วิศวกรไฟฟ้าชำนาญการพิเศษ

สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการผลิตเพื่อการแปรรูปสินค้า มีการใช้พลังงานความร้อนที่หลากหลายรูปแบบ ทั้งการหลอม การอบ การต้ม การนึ่ง และรูปแบบอื่นๆ โดยมีแหล่งกำเนิดความร้อนมาจากเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะงานของแต่ละอุตสาหกรรม สำหรับในกรณีการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าโดยทั่วไปมักจะใช้ตัวกำเนิดความร้อนที่เป็นขดลวดไฟฟ้า (Electric Heater) ซึ่งเป็นการส่งผ่านความร้อนจากแหล่งกำเนิดไปยังวัตถุหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยตัวกลางในการนำความร้อน (Conduction) หรือพาความร้อน (Convection) ปัจจุบันได้มีการพัฒนาตัวกำเนิดความร้อนที่เป็นตัวปล่อยรังสีอินฟราเรด (Infrared Emitter) ซึ่งเป็นการให้ความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) ที่ส่งผ่านความร้อนจากแหล่งกำเนิดไปยังวัตถุหรือผลิตภัณฑ์โดยตรงโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ทำให้โมเลกุลของวัตถุที่ได้รับรังสีอินฟราเรดเกิดการสั่นสะเทือนและเกิดความร้อนขึ้นจากภายในเนื้อวัตถุ ซึ่งต่างจากการให้ความร้อนโดยการนำความร้อนหรือการพาความร้อนที่เป็นการให้ความร้อนจากพื้นผิวภายนอกของวัตถุและความร้อนจะค่อยๆ ซึมเข้าไปภายในเนื้อวัตถุ การให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรดจะมีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนสูงกว่า ใช้พลังงานน้อยกว่า ใช้ระยะเวลาสั้นกว่า และมีการสูญเสียความร้อนน้อยกว่า



รังสีอินฟราเรด (Infrared : IR) หรือรังสีความร้อน เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.76-1000 μm ซึ่งอยู่ในช่วงของแสงที่สายตามองไม่เห็นแต่สามารถรับรู้ถึงความร้อนที่เกิดขึ้นได้ โดยรังสีอินฟราเรดมีคุณสมบัติทางกายภาพเช่นเดียวกับคลื่นแสงที่ตามองเห็นได้ทุกประการ เช่น การหักเห การสะท้อน การดูดซับ หรือการส่งผ่านตัวกลาง

รังสีอินฟราเรดกับการให้ความร้อนในงานอุตสาหกรรม

การประยุกต์ใช้งานรังสีอินฟราเรดในการให้ความร้อนในงานอุตสาหกรรม สามารถแบ่งช่วงรังสีอินฟราเรดตามความยาวคลื่นออกได้เป็น 3 ช่วง ดังนี้

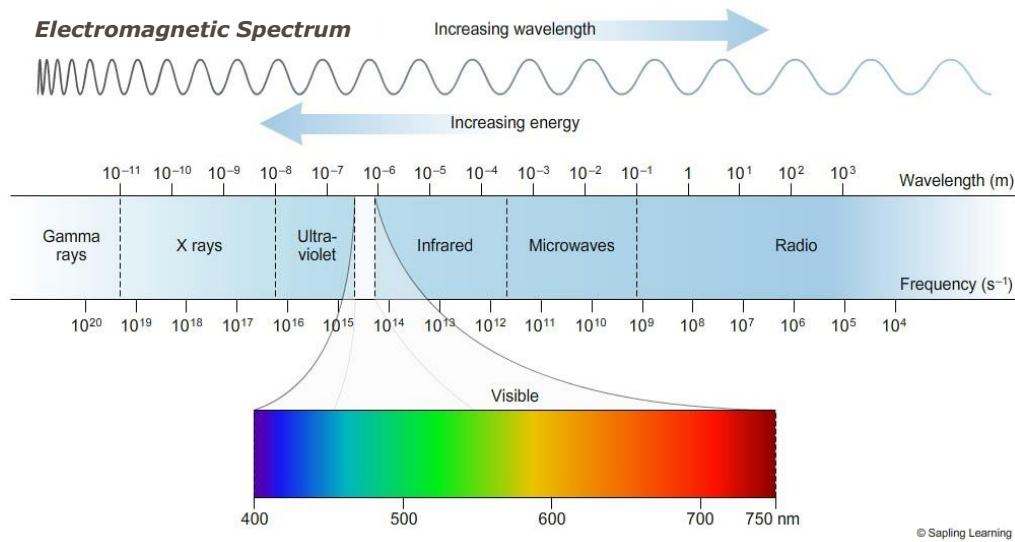
1. รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (Short-wavelength infrared : SWIR) มีความยาวคลื่นประมาณ 1.2-2 μm สามารถให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 4,000-2175 °F (2,204-1,190 °C) ให้ความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ได้สูง ความร้อนผ่านทะลุทะลวงเข้าไปในเนื้อวัสดุได้ลึกและรวดเร็ว

2. รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นปานกลาง (Mid-wavelength infrared : MWIR) มีความยาวคลื่นประมาณ 2-4 μm สามารถให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 2,175-857 °F (1,190-458 °C) ให้ความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ได้ต่ำกว่าแบบช่วงคลื่นสั้น

3. รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นยาว (Long-wavelength infrared : LWIR) มีความยาวคลื่นประมาณ 4-6 μm สามารถให้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 875-400 $^{\circ}\text{F}$ (458-204 $^{\circ}\text{C}$) ให้ความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ได้ต่ำกว่าแบบช่วงคลื่นสั้นและแบบช่วงคลื่นปานกลาง

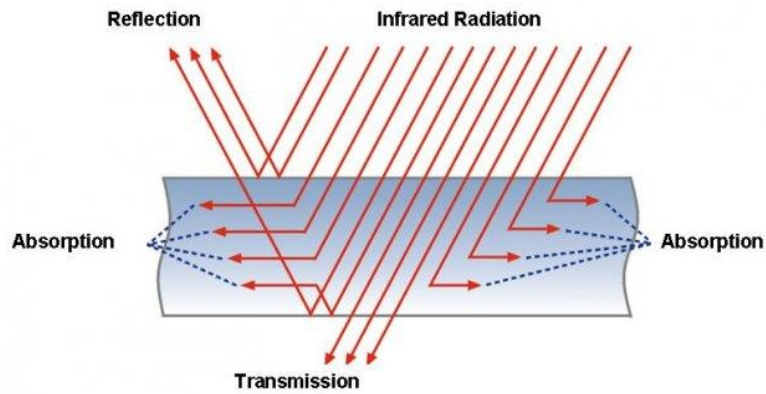
การดูดซับรังสีอินฟราเรดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความยาวของคลื่นรังสีอินฟราเรด ส่วนประกอบของวัตถุ ลักษณะของผิววัตถุ มุมตกกระทบ และสีของวัตถุ วัตถุที่เป็นของแข็งส่วนใหญ่จะดูดซับรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 2 μm ได้ดี ยกเว้นโลหะที่ขัดขึ้นเงาจะสะท้อนรังสีอินฟราเรดออก การใช้งานรังสีอินฟราเรดจะต้องมีตัวปล่อยคลื่น (IR Emitter) ในลักษณะของหลอดอินฟราเรด ซึ่งแบ่งออกเป็น ตัวปล่อยคลื่นสั้น (Short Wave Infrared Emitters) ตัวปล่อยคลื่นปานกลาง (Medium Wave Infrared Emitters) และตัวปล่อยคลื่นยาว (Long Wave Infrared Emitters) เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน

การให้ความร้อนจากหลอดอินฟราเรด โดยส่วนใหญ่ได้จากการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) ซึ่งถือได้ว่ามีค่าสูงกว่าการส่งถ่ายความร้อนโดยนำความร้อน (Conduction) และการพาความร้อน (Convection) เป็นอย่างมาก นอกจากนั้นการให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรดนี้ยังไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีทางแสง (Photochemical) เหมือนกับการใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) จึงไม่ทำให้เกิดการเผาไหม้โดยตรงกับผิวหนังร่างกายคน



รูปที่ 1 แสดงช่วงความยาวคลื่นของรังสีชนิดต่างๆ

สำหรับปรากฏการณ์ในขณะที่ยังมีรังสีอินฟราเรดตกกระทบบวัตถุมี 3 แบบ คือ ส่งผ่าน (Transmission), ดูดซับ (Absorption) และ สะท้อน (Reflection) โดยถ้าเป็นวัตถุหนาความร้อนที่เกิดขึ้นในตัววัตถุจะเป็นปรากฏการณ์การดูดซับ (Absorption) แต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น



รูปที่ 2 แสดงปรากฏการณ์ส่งผ่านความร้อนของรังสีอินฟราเรดที่ตกกระทบวัตถุ

ตามตารางที่ 1 เป็นการแสดงคุณสมบัติ (Characteristic) ของการให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรด (IR Heating) ที่ช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณสมบัติ (Characteristic) ของการให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรด (IR Heating) ที่ช่วงความยาวคลื่นสั้น (Short Wave) จะสามารถทะลุทะลวงได้ดีที่สุด และให้ความร้อนได้รวดเร็ว แต่สำหรับการให้ความร้อนที่ผิวจะดีกว่าความยาวคลื่นปานกลาง (Medium Wave) หรือความยาวคลื่นยาว (Long Wave)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของการให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรดที่ช่วงความยาวคลื่นต่างๆ

	Short-Wave High-Intensity	Medium-Wave Medium-Intensity	Long-Wave Low-Intensity
Radiant Source Temperature	4000 - 2175°F	2175 - 857°F	857 - 400°F
Peak Wavelength Range, μm	1.2 - 2.0	2.0 - 4.0	4.0 - 6.0
Watt Density, W/in^2	Typical - 60 Max. - 1200	Typical - 30 Max. - 80	Typical - 15 Max. - 40
Direct Radiation as Percent of Input Energy*	86 - 72%	60 - 40%	50 - 20%
Relative heat-up Cool-down time	seconds	seconds to minutes	minutes
Mechanical Shock Resistance	Poor	Good to excellent (for metal sheath)	Varies with design

ข้อดีของการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด

การให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดมีข้อดีดังต่อไปนี้

- ทำความร้อนและลดความร้อนได้อย่างรวดเร็ว โดยส่วนใหญ่เตาอบไฟฟ้าที่ใช้รังสีอินฟราเรดสามารถทำความร้อนให้ผลิตภัณฑ์ได้ในเวลาไม่กี่วินาที
- เตามีขนาดเล็ก เนื่องจากการให้ความร้อนที่รวดเร็ว ทำให้ต้องการพื้นที่วางในเตาน้อยลง
- เป็นเตาที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- มีการควบคุมอุณหภูมิในการให้ความร้อนที่แม่นยำ
- มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
- ค่าบำรุงรักษาต่ำ

การประยุกต์ใช้งานการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด

การประยุกต์ใช้งานการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรด จะต้องพิจารณาถึงลักษณะของงานเป็นกรณีๆ ไป โดยมีปัจจัยหลักที่ต้องพิจารณาคือ ประเภทของวัสดุผลิตภัณฑ์ ขนาดของผลิตภัณฑ์ และช่วงความยาวคลื่นที่ใช้ งาน โดยมีตัวอย่างลักษณะการใช้งานที่หลากหลาย ได้แก่ การอบสี การอบผลิตภัณฑ์แป้ง การเคลือบภาชนะในการทำอาหาร การเคลือบสาร PVC บนผนัง การอบแห้งผลิตภัณฑ์กระดาษ การอบแห้ง การอบแห้งกระดาษ การอบสีและแลคเกอร์ การบัดกรี การทำให้หดตัวของโลหะ การเผากระเบื้อง เป็นต้น

- ประเภทของวัสดุผลิตภัณฑ์

ชนิดของวัสดุ และลักษณะของพื้นผิวจะมีการดูดซับรังสีอินฟราเรดที่ต่างกัน ซึ่งจะต้องพิจารณาเป็นกรณีๆ ไป

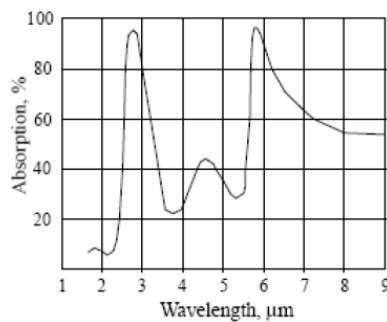
- ขนาดของผลิตภัณฑ์

ขนาด (ความหนาแน่น) ของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ระยะเวลาการทำความร้อนก็จะต่างกันด้วย

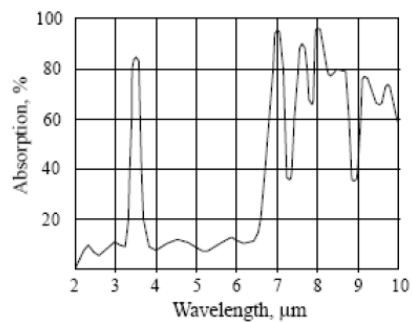
- ช่วงความยาวคลื่น

คุณสมบัติของรังสีอินฟราเรดจะแตกต่างกันตามช่วงความยาวคลื่น โดยคลื่นอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นสั้น จะมีประสิทธิภาพในการทะลุทะลวงผ่านพื้นผิวหรือเนื้อของผลิตภัณฑ์ได้ดีและใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนสั้นกว่า ในขณะที่คลื่นอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นยาวจะทะลุผ่านเข้าเนื้อผลิตภัณฑ์ได้น้อยกว่าและใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนนานกว่า ดังนั้นการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรดคลื่นยาวจะเหมาะกับการให้ความร้อนจำเพาะบริเวณพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การอบสี เป็นต้น

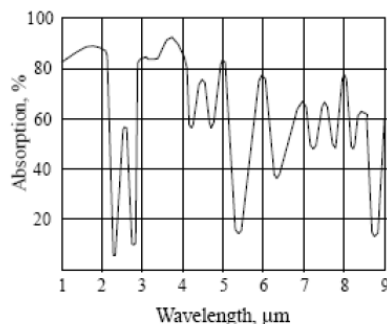
Spectral Absorption Curve For Water



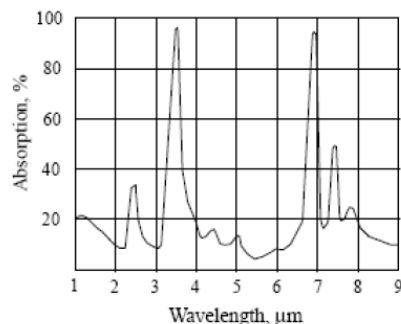
Spectral Absorption Curve For PVC



Spectral Absorption Curve For Polystyrene

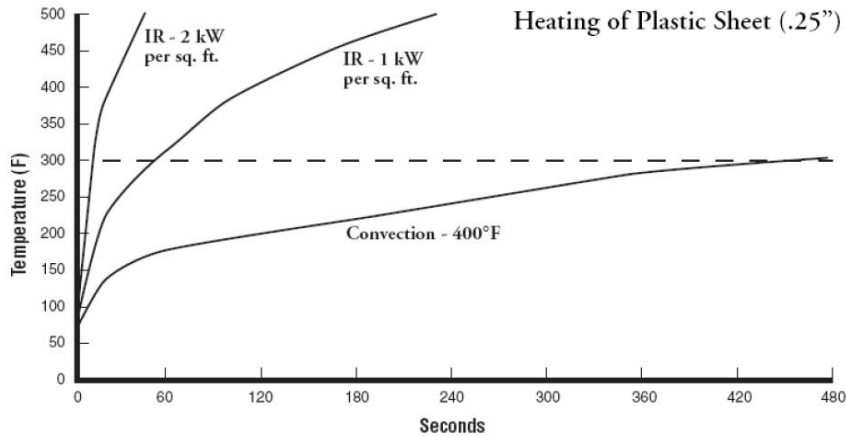


Spectral Absorption Curve For Polyethylene



รูปที่ 3 กราฟแสดงการดูดซับรังสีความร้อนของวัสดุต่างชนิดกันที่ความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน

การให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรด จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการให้ความร้อนแบบเดิม (Conventional) ค่อนข้างมาก เนื่องจากเป็นการให้ความร้อนโดยตรง โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง เช่น อากาศในการพาความร้อน และใช้เวลาในการทำความร้อนได้อย่างรวดเร็ว ใช้เวลาน้อยกว่าแบบปกติประมาณ 6-8 เท่า ดังนั้น ความสูญเสียในรูปของอากาศปล่อยทิ้ง (Exhaust) หรือการรั่วไหล (Leakage) จึงมีค่าต่ำกว่ามาก



รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบการให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรด (IR) กับการให้ความร้อนโดยการพา (Convection)

ศักยภาพในการประหยัดพลังงาน

จากกรณีตัวอย่างโรงงานที่นำระบบการให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดมาประยุกต์ใช้งานในเครื่องฉีดพลาสติก (Injection Molding Machine) และเครื่องเป่าถุงพลาสติก (Blow Molding Machine) เพื่อทดแทนระบบการให้ความร้อนเดิมที่เป็นฮีตเตอร์ไฟฟ้า ภายใต้โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้แก่ โรงงานบริษัท สุนิย์อุตสาหกรรมพลาสติก จำกัด และโรงงานบริษัท ทีพีไอ จำกัด (มหาชน) สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 30-43%



รูปที่ 5 แสดงการให้ความร้อนโดยฮีตเตอร์ไฟฟ้าในเครื่องฉีดพลาสติกในส่วนของ Barrel (ก่อนปรับปรุง)



รูปที่ 6 แสดงการให้ความร้อนโดยหลอดอินฟราเรดในเครื่องฉีดพลาสติกในส่วนของ Barrel (หลังปรับปรุง)

ราคาและระยะเวลาการคืนทุน

ราคาของหลอดรังสีอินฟราเรด (Electric Infrared Heating) โดยทั่วไปมีราคาเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 4,800-6,300 บาท/กิโลวัตต์ ทั้งนี้ผลการศึกษาจากโครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานบริษัท สุนิย์อุตสาหกรรมพลาสติก จำกัด และโรงงานบริษัท ทีพีไอ จำกัด (มหาชน) มีระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 2-3 ปี

เอกสารอ้างอิง

- (1) “Industrial Application of Electric Infrared Heating” Alan N. Jackson, P.E. and Daniel E. Welch, P.E., Advanced Energy
- (2) “Infrared and Its Application For Drying Coating on Webs” Bob Narang, Radiant Energy Systems, Inc. (AIMCAL FALL Technical Conference 2005)
- (3) “Infrared Heat for the Automotive Industry” Heraeus Noblelight
- (4) กรณีศึกษาการประหยัดพลังงาน บริษัท เอส พาวเวอร์ทิม จำกัด
- (5) โครงการส่งเสริมเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ระยะที่ 3 พ.ศ. 2559 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน