



MAINTENANCE

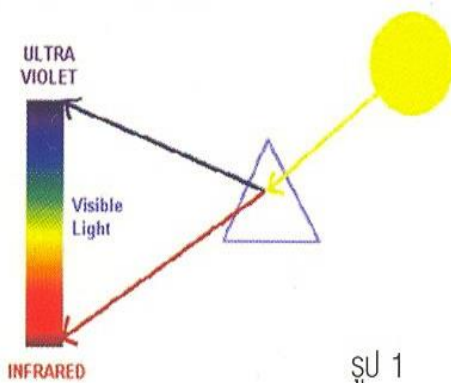
THERMOGRAPHY กับงานซ่อมบำรุง

งานซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม Thermography มักจะหมายถึงการใช้ภาพถ่ายความร้อนขอเครื่องจักร เพื่อหาจุดที่มีอุณหภูมิร้อน (Hot spot) กว่าปกติ ซึ่งจะบ่งบอกได้ว่าเครื่องจักรนั้นกำลังมีปัญหา ซึ่งค่านั้นอาจจะไม่ใช่ค่าอุณหภูมิที่แท้จริงก็ได้เพียงแต่เป็นจุดที่ร้อนที่สุดและมีความผิดปกติกว่าจุดอื่น แต่ถ้าภาพถ่ายความร้อนได้รับการบันทึกมาด้วยปัจจัยที่ถูกต้องเหมาะสมคือ พื้นผิววัดค่า สภาพบรรยากาศและคุณลักษณะของกล้องอินฟราเรดจะสามารถใช้ภาพนั้นในการตรวจสอบอุณหภูมิที่แต่ละจุดของภาพได้อย่างแม่นยำและวิเคราะห์ในเชิงลึกได้ การวัดค่าแบบนี้เรียกว่า Quantitative Thermography

การวิเคราะห์ Thermography เป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งของงานซ่อมบำรุงแบบเผื่อระวังโดยเป็นงานที่ทำควบคู่กันไปกับวิธีการเผื่อระวังอื่น ๆ ประโยชน์ที่สำคัญที่สุดของ Thermography คือ การตรวจสอบหาปัญหาหรือความบกพร่องของเครื่องจักรที่อาจจะเกิดขึ้น ในบทความนี้จะให้ความรู้เบื้องต้นของ Thermography และการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม

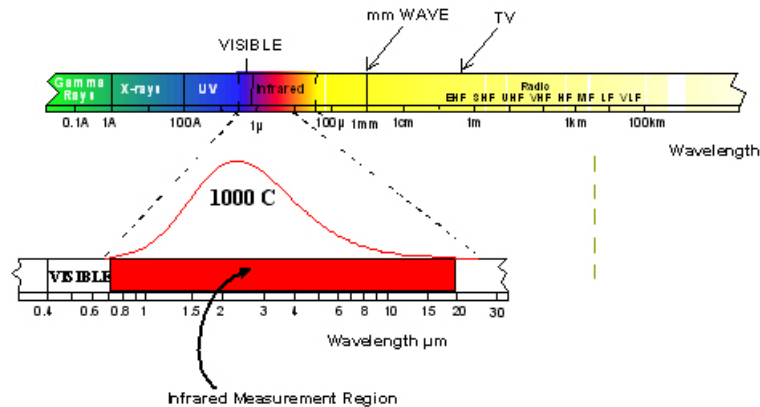
อะไรคือ....รังสีอินฟราเรด

คลื่นรังสีอินฟราเรดหรือคลื่นรังสีความร้อนนั้น ถูกค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ คือ Sir William Herschel ซึ่งได้ค้นพบ รังสีอินฟราเรดสเปกตรัม (Infrared Ray) ในปี ค.ศ.1800 โดยเขาได้ทำการทดลองวัดอุณหภูมิของแถบสีต่าง ๆ ที่เปล่งออกมาเป็นสีรุ้งจากปริซึม และพบว่าอุณหภูมิความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามลำดับและสูงสุดที่แถบสีสีแดง ในความเป็นจริงนั้นการที่เขาเลื่อนเทอร์โมมิเตอร์จากแถบสีที่ไม่สว่างไปยังแถบสีสีแดง ซึ่งเป็นแถบสีที่สิ้นสุดของสเปกตรัม และอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งขอบเขตดังกล่าวนี้เรียกว่า “อินฟราเรด” (ขอบเขตที่ต่ำกว่าแถบสีแดง) แสดงดังรูป 1





สายตาของมนุษย์นั้นธรรมชาติได้ออกแบบให้สามารถมองเห็นคลื่นได้ในระดับหนึ่งหรือเรียกว่า "รังสีการมองเห็น"(Visible Light) โดยจะอยู่ในรูปของความสว่าง จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าเราสามารถมองเห็นรังสีในย่านแคบๆ เท่านั้น หรือเรียกว่าย่านสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งถ้ามองด้านซ้ายของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าก็จะติดกับย่านรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นในย่านนี้และส่วนด้านขวาของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า ก็จะติดกับย่านรังสีอินฟราเรด ซึ่งเราก็ไม่สามารถมองเห็นเช่นกันดังรูป



รูป 2

Thermography หรือที่เรียกว่า Thermal Imaging คือการตรวจจับรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากพื้นผิวแล้วแปลงสัญญาณออกมาเป็นแผนผังความร้อน โดยใช้ระดับความเข้มอ่อนของสีแทนระดับอุณหภูมิแล้วแสดงออกมาเป็นรูปภาพ

อุณหภูมิ สสารหรือวัตถุทุกชนิดจะประกอบด้วยอะตอมที่เชื่อมต่อกันเป็น โครงสร้าง โมเลกุล โมเลกุลเหล่านี้จะสั่น สะเทือนตลอดเวลาด้วยพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) ซึ่งเป็น พลังงานภายในของ วัตถุเมื่อมีความร้อนมากขึ้น ความสั่น สะเทือนก็จะสูงขึ้น อุณหภูมิคือค่าเฉลี่ยของ พลังงานจลน์ที่เกิดจากการสั่น สะเทือนของ โมเลกุลในวัตถุ ดังรูปด้านล่าง การถ่ายเทความร้อน จะเกิดขึ้นเมื่อมีวัตถุสองชนิดที่มีอุณหภูมิต่างกันมาสัมผัสกัน ความร้อนจากถ่ายเทจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยัง วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจนถึงจุดสมดุล รูป 3

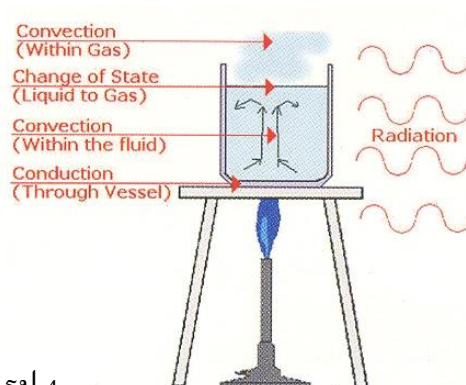


รูป 3



กลไกการถ่ายเทความร้อน มี 4 แบบ

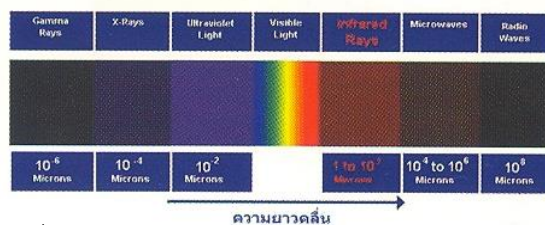
- Conduction : ระหว่างของแข็ง
- Convection : ระหว่างของเหลว
- Change of state : เปลี่ยนสถานะ
- Radiation : การแผ่รังสี



รูป 4

การแผ่รังสี (Radiation)

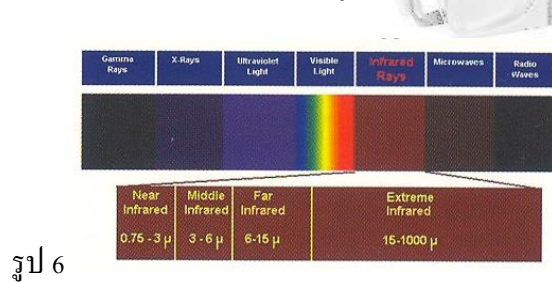
การแผ่รังสีเกิดจากพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่กระจายออกมาจากการเคลื่อนที่ของอะตอม ดวงตาของมนุษย์มองไม่เห็นการแผ่รังสีเหมือนกับที่มองเห็นแสงทั่วไป เนื่องจากมีความยาวคลื่นที่ต่างกันการแผ่รังสีชนิดต่าง ๆ จะแบ่งตามความยาวคลื่น และความถี่ มีความเร็วเท่าแสง (รูป 5)



รูป 5

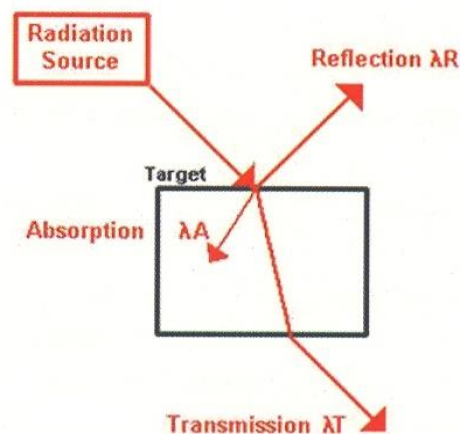
รังสีอินฟราเรดจะเป็นส่วนหนึ่งอยู่ในแถบสเปกตรัมพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า โดยในแถบสเปกตรัมขอ

รังสีอินฟราเรดจะแบ่งออกตามช่วงอุณหภูมิ โดยทั่วไปแล้ว ช่วงความยาวคลื่นสูงจะเหมาะสำหรับตรวจจับช่วงอุณหภูมิ การใช้งาน Thermography โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง near และ middle infrared ดูรูป 6



รูป 6

เมื่อรังสีตกกระทบบนพื้นผิววัตถุหนึ่ง (รูป 7) จะมีพลังงานบางส่วนถูกดูดซับเอาไว้ บางส่วนสะท้อนออกมา และบางส่วนทะลุผ่านออกไป เปอร์เซ็นต์พลังงานที่ถูกดูดซับจะแทนด้วย λ_A (แลมด้า เอ) พลังงานสะท้อนจะแทนด้วย λ_R และพลังงานทะลุผ่านจะแทนด้วย λ_T พลังงานทั้ง 3 ส่วนนี้เมื่อรวมกันจะเท่ากับ 100 % หรือ $\lambda_A + \lambda_R + \lambda_T = 1$



รูป 7

สำหรับการใช้งาน Thermography ในอุตสาหกรรมเราจะใช้งานกับวัตถุทึบแสง ดังนั้น λ_T จะเท่ากับ 0 และ $\lambda_A + \lambda_R = 1$

ค่า emissivity (ϵ) คือปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาโดยตรง ตามกฎของเคอร์ชอร์ฟฟ์ (Kirchoff's law) รังสีที่ดูดซับไว้ (λ_A) จะเท่ากับรังสีที่แผ่ออกมา (λ_E) ซึ่งกฎนี้จะใช้ได้เฉพาะในช่วงความยาวคลื่น อุณหภูมิ และทิศทางเฉพาะเท่านั้น ในอีกนัยหนึ่ง วัตถุที่มีค่าสะท้อนรังสีสูง (λ_R สูง) จะเป็นวัตถุที่แผ่รังสีได้ไม่ดี



(λ_A หรือ λ_E ต่ำ) ในขณะที่วัตถุที่ดูดซับพลังงานได้ดี จะแผ่รังสีได้ดีด้วย ดังนั้นในการใช้งาน Thermography ตรวจสอบอุณหภูมิเครื่องจักรจะต้องยอมรับว่าไม่สามารถได้ค่าอุณหภูมิที่ถูกต้องตลอดทั้งภาพ เพราะว่าวัตถุแต่ละชนิดในภาพมีค่า ϵ ไม่เท่ากัน

ค่า ϵ ของวัตถุใด ๆ จะแสดงเป็นค่าเปรียบเทียบกับค่า ϵ ของวัตถุดำ (Black body) ซึ่งเป็นวัตถุเชิงอุดมคติ โดยวัตถุนี้จะดูดซับพลังงานได้สมบูรณ์จึงมีค่า $\epsilon = 1$ สำหรับวัตถุทั่วไป ค่า ϵ จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นอยู่กับช่วงความยาวคลื่นที่วัด ตารางด้านล่างแสดงค่า ϵ ของวัตถุต่าง ๆ

ค่า Emissivity (ϵ) ของวัตถุต่าง ๆ

Aluminum foil	0.04 – 0.09
Oxidize brass	0.59 – 0.61
Polished chromium	0.08 – 0.26
Polished steel casting	0.52 – 0.56
Rusted cast iron	0.64 – 0.95
Cold rolled steel	0.75 – 0.85
Firebrick	0.68
Common brick	0.81 – 0.86
Rough concretes	0.92 – 0.97

ผลกระทบจากสภาวะบรรยากาศ : สภาวะบรรยากาศ โดยมากจะไม่ส่งผลกระทบต่อการวัดค่าด้วย Thermography แต่ในบางกรณีก็ส่งผลกระทบได้ เช่น ในบรรยากาศที่มีไอน้ำสูงน้ำจะดูดซับพลังงานที่แผ่ออกมาจากวัตถุ และยังแผ่พลังงานของตัวเองออกมาสู่กล้องอินฟราเรดจึงทำให้ค่าวัดได้ไม่แม่นยำ ในกรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงบรรยากาศที่มีน้ำสูง ค่าที่วัดได้จะต้องนำไปคำนวณทางคณิตศาสตร์ต่อไปเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง

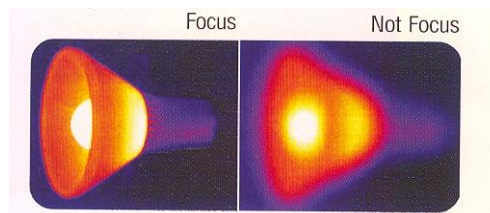
Thermography ในงานซ่อมบำรุง

กล้องอินฟราเรด (รูป 8) คือ เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบ Thermography หรือ Thermal imaging ในปัจจุบัน กล้องอินฟราเรดได้รับการพัฒนาให้มีขนาดกะทัดรัดพกพาไปใช้ในโรงงานได้สะดวก กล้องอินฟราเรดจะต้องมีคุณสมบัติการทำงานขั้นพื้นฐานดังต่อไปนี้



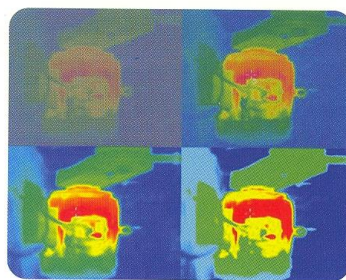
รูป 8

- Focus Control การปรับโฟกัสก็เหมือนกับกล้องถ่ายรูปทั่วไปที่ต้องการความชัดของภาพ ดังรูป 9



รูป 9

- Range Control คือ ช่วงอุณหภูมิวัดค่า กล้องจะต้องมีช่วงอุณหภูมิวัดค่าได้ตามความต้องการของโรงงาน
- Level And Span Control เหมือนกับการปรับค่าความสว่าง(brightness)และความเข้ม (Contrast) ของโทรทัศน์ ทำให้ภาพชัดทากขึ้น ดังรูป 10



รูป 10

ค่าแตกต่างระหว่างอุณหภูมิจริงและอุณหภูมิที่วัดได้ของกล้องอินฟราเรด จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่

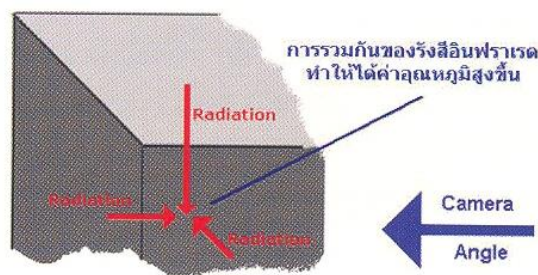
- ค่า ϵ ของวัตถุต่าง ๆ ในภาพ
- การสะท้อนรังสีอินฟราเรด



- รูปร่างมิติ ของวัตถุต่าง ๆ ในภาพ
- ผลกระทบพลังงานทะลุผ่าน (λT)

Open box effect :

คือผลกระทบต่ออุณหภูมิที่วัดค่าได้จากกล้องอินฟราเรด เนื่องจากรูปร่างของวัตถุ ตัวอย่างเช่น หากส่องกล้องอินฟราเรดไปที่มุมห้อง ดังรูป 11 กล้องอาจจะตรวจจับรังสีอินฟราเรดที่แผ่มาจากทั้ง 3 มุมทำให้ได้ค่าอุณหภูมิที่สูงกว่าความเป็นจริง ไม่ใช่อุณหภูมิที่แท้จริงของแต่ละมุมห้อง



รูป 11

Transmittance : ในอุตสาหกรรม โดยมากเราจะวัดค่า Thermography กับวัตถุที่บดบังไม่ส่งผ่านหรือส่งทะลุของรังสีอินฟราเรด แต่ในบางครั้งวัตถุอาจจะส่งผ่านรังสีได้เช่น กระดาษพลาสติกใส เป็นต้น หากใช้กล้องอินฟราเรดวัดค่าวัตถุอื่น ๆ ที่อยู่ด้านหลังของวัตถุเหล่านี้จะได้อ่านค่าที่ผิดไป

Thermography : ในโรงงานอุตสาหกรรมการใช้งาน Thermal imaging ในโรงงานอุตสาหกรรมจะแบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. **ประเภทไฟฟ้า :** งานด้านไฟฟ้าถือเป็นการใช้งานหลักของ Thermography และเป็นเครื่องมือในงานซ่อมบำรุงแบบเผื่อระวังกรณีฉุกเฉิน

ลำดับความสำคัญในงานซ่อมไฟฟ้า*

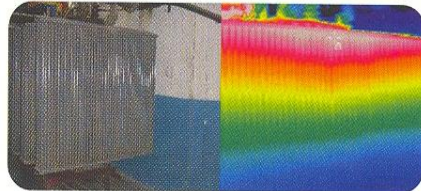
อุณหภูมิเพิ่มขึ้น	งานซ่อม
$> 50^{\circ}\text{C}$	โอเวอร์ฮีตสะสม ต้องหยุดซ่อมทันที
$30 - 50^{\circ}\text{C}$	โอเวอร์ฮีต หาเวลาหยุด ซ่อมเร็วที่สุด
$10 - 29^{\circ}\text{C}$	ขั้นที่สองของโอเวอร์ฮีตต้องเผื่อระวังอย่างเข้มข้น
$> 10^{\circ}\text{C}$	ขั้นแรกของโอเวอร์ฮีตต้องตรวจสอบและ วางแผนซ่อมบำรุงในครั้งต่อไป

* โหลดปกติ (50% load)และไม่มีลม

กรณีศึกษา การนำกล้องถ่ายภาพความร้อน ไปใช้กับงานด้านอุตสาหกรรม

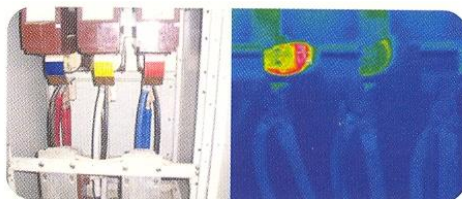


- ภาพถ่ายความร้อนหม้อแปลงไฟฟ้า (ในรูป 12) ไม่พบว่ามีส่วนผิดปกติใด ๆ ความร้อนกระจายตัวอย่างเหมาะสมอุณหภูมิยอมรับได้



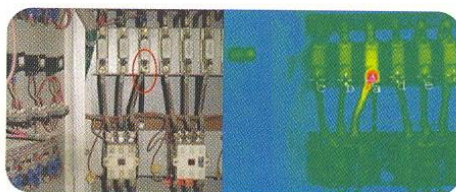
รูป 12

- ภาพถ่ายความร้อนจุดต่อไฟฟ้า (ในรูป 13) เทอร์มินอลด้านซ้ายร้อนกว่าจุดอื่น ควรได้รับการซ่อมในระยะเวลาอันใกล้ และควรเผื่อระวังโหลดไฟฟ้าอย่างใกล้ชิด



รูป 13

- ภาพถ่ายความร้อนฟิวส์ (ในรูป 14) มีฟิวส์อันหนึ่งร้อนกว่าปกติต้องเปลี่ยนทันที



รูป 14

- ภาพถ่ายความร้อนมอเตอร์ไฟฟ้า (ในรูป 15) ความร้อนกระจายไปทั่วแกน Winding อุณหภูมิสูงสุดมากกว่า 90°C ควรเผื่อระวังสังเกตอย่างใกล้ชิด



รูป 15



2. ประเภทเครื่องกล : งานด้านเครื่องกลมักมีปัญหาจากแรงกระทำสูงเกินไปทำให้เกิดความร้อนสูงขึ้น สาเหตุก็จะมาจากความเสียดทาน หรือ ศูนย์เพลลา เป็นต้น Thermography จึงถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบ ชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น คลັปปลิง มูเลย์ สายพาน ได้โดยไม่ต้องหยุดเครื่องจักร ภาพถ่ายรูป 16 แสดงอย่างชัดว่า ตลับลูกปืนมอเตอร์มีปัญหา



รูป 16

- ภาพถ่ายความร้อนสายพาน (ในรูป 17) มีความร้อนสูงผิดปกติที่มูเลย์ ฟังขับ เนื่องจากการเยื้องแนวสายพาน



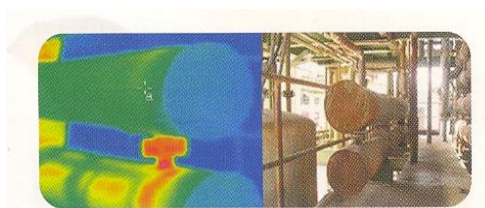
รูป 17

- ภาพถ่ายความร้อนตลับลูกปืน (ในรูป 18) มีความร้อนสูงผิดปกติที่ตลับลูกปืนฝั่ง NDE ควรตรวจสอบ การหล่อลื่น และความสั่นสะเทือนเพิ่มเติม เพื่อการวิเคราะห์เชิงลึก



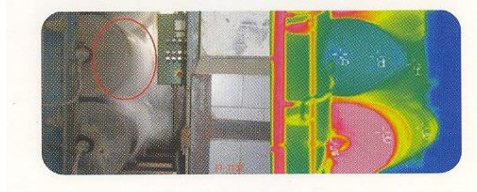
รูป 18

3. ประเภทอนุรักษ์พลังงาน : เป็นงานที่ต้องการไม่ให้เกิดการรั่วไหลของพลังงานออก ดังรูป 19 ฉนวนรั่วที่ท่อด้านล่างของเครื่อง heat exchanger



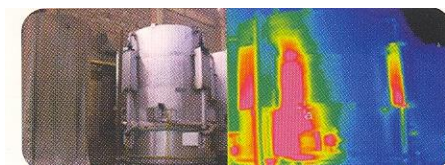
รูป 19

- ภาพถ่ายความร้อน Drying cylinder ในโรงงานกระดาษ (รูป 20) ภาพแสดงว่าอุณหภูมิที่ลูกกลิ้ง สูงกว่า 60°C ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของกระดาษที่ผลิต



รูป 20

4. ประเภทความปลอดภัยในโรงงาน : ภาพถ่าย Thermography ของเตา ดังรูป 21 แสดงให้เห็นถึงความร้อนกระจายตัวอย่างผิดปกติ ซึ่งอาจจะเกิดจากความเสียหายของอิฐทนไฟภายในเตา



รูป 21

ในปัจจุบัน การถ่ายภาพความร้อน หรือ Thermography หรือ Thermal Imaging เป็นเครื่องมือสำคัญอย่างหนึ่งในงานซ่อมบำรุงแบบเผื่อระวัง ซึ่งได้รับการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมสมัยใหม่ การถ่ายภาพความร้อนซึ่งจะบ่งบอกถึงปัญหาทางไฟฟ้า ทางกล เช่น การรั่วไหลของไฟฟ้าและพลังงาน ความเสียหายทางกล การเอียงแนวเพลลาหรือสายพาน เป็นต้นอีกทั้งยังทำให้เกิดประโยชน์กับงานด้านอุตสาหกรรมอีกมากมาย ได้แก่

- * ลดความเสียหายที่เกิดจากเครื่องจักรหยุดทำงาน
- * ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร
- * สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของทีมงานซ่อมบำรุง
- * ลดความเสี่ยงเนื่องจากการสูญเสียพลังงาน
- * สามารถยืนยันได้ว่าการซ่อมบำรุงได้ถูกกระทำอย่างถูกต้อง
- * ลดความเสี่ยงจากอัคคีภัย
- * สามารถจัดลำดับความเร่งด่วนในการซ่อมบำรุง ประหยัดเวลา
- * แสดงจุดที่เป็นปัญหาได้อย่างแม่นยำ และลดปัญหาการซ่อมบำรุง
- * สามารถลดเบี้ยประกันภัยของโรงงานลงได้ ในด้านวินาศภัย หรืออัคคีภัย
- * ยืดอายุการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งทางด้านไฟฟ้า และอื่น ๆ
- * สามารถเตรียมอะไหล่ไว้ล่วงหน้าได้
- * สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างเร่งด่วน
