ทดสอบโดยวิธีไม่ทำลายชิ้นงาน (Non-Destructive Testing) Advanced NDT

การทดสอบโดยไม่ทำลาย ใช้ทดสอบโดยไม่ทำลายชิ้นงาน ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตเหล็ก ระหว่างการก่อสร้าง และหลังการใช้งาน ใช้ทดสอบหารอยบกพร่องของชิ้นงาน เช่น รอยร้าว การกัดกร่อน รอยบกพร่องจากเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น อุปกรณ์การผลิตที่ควรได้รับการทดสอบได้แก่ ถัง ท่อ เครื่องจักรในสายการผลิต วิธีการทดสอบ แบ่งออกได้ดังนี้

วิธีการทดสอบโดยไม่ทำลายพื้นฐาน 5 วิธี ได้แก่

1. การทดสอบโดยวิธีการตรวจพินิจ (Visual Testing, VT)
2. การทดสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี (Radiographic Testing, RT)
3. การทดสอบโดยวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic Testing, UT)
4. การทดสอบโดยวิธีอนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing, MT)
5. การทดสอบโดยวิธีใช้สารแทรกซึม (Penetrant Testing, PT)

วิธีการทดสอบโดยไม่ทำลายแบบแบบ Advance

1. การทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวน (Eddy Current Testing, ET)
2. การทดสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี- เทคนิค Computed Radiographic Test (CR)
3. การทดสอบโดยวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูง-เทคนิคการจัดเฟสของสัญญาณ (Phased Array UT,PAUT)
4. การทดสอบโดยวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูง-เทคนิค Time of Flight Diffraction (TOFD)
5. การทดสอบโดยวิธีการรับคลื่นเสียง (Acoustic Emission Testing, AET)
6. การทดสอบโดยวิธีรังสีความร้อนอินฟราเรด (Thermal Infrared Testing, TIR)
7. การทดสอบโดยการวัดสนามไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Field Measurement, ACFM)
8. การทดสอบการกัดกร่อนของพื้นถังเก็บน้ำมัน ด้วยวิธี Tank Floor Scans

วิธีการทดสอบโดยไม่ทำลายแบบอื่นๆ

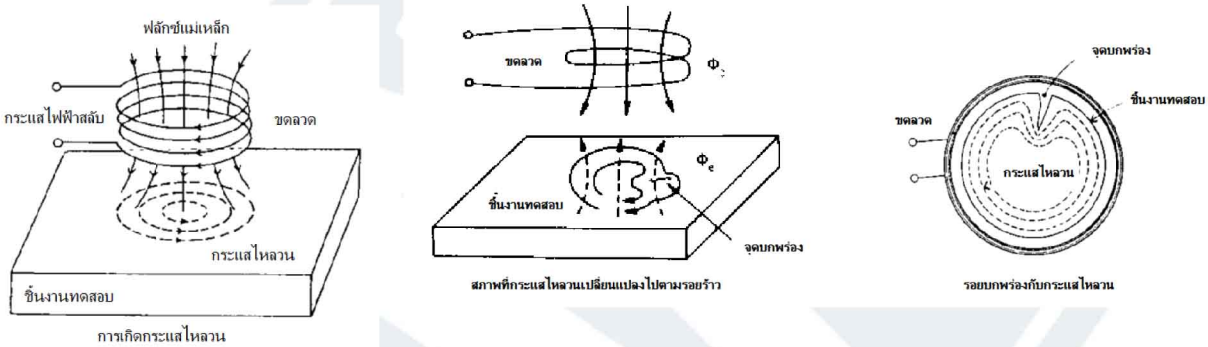
1. การทดสอบการรั่วซึม (Leak Test)
2. การทดสอบฮอลิเดย์ (Holiday Test) / การทดสอบหารอยความไม่สมบูรณ์ในสีเคลือบหรือยางหุ้ม

การทดสอบโดยไม่ทำลาย (Nondestructive Testing) หมายถึง การ ทดสอบ ที่ใช้หลักการทางฟิสิกส์เพื่อให้ทราบถึงคุณภาพของชิ้นงานที่ถูกทดสอบโดยการหารอยความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) ในชิ้นงาน ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปประเมินความเหมาะสมในการใช้งานของชิ้นงาน การทดสอบจะไม่มีผลต่อการนำชิ้นงานไปใช้งานหรือลดประโยชน์ของชิ้นงานนั้นหลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้ เช่น รังสี แสง คลื่นเสียง แม่เหล็กและไฟฟ้า เป็นต้น การทดสอบโดยไม่ทำลายในแต่ละวิธีมีข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบ ความสามารถในการทดสอบ ความเหมาะสม ความไวในการทดสอบและต้นทุนในการทดสอบที่แตกต่างกัน รายละเอียดเบื้องต้นของการทดสอบโดยไม่ทำลายพื้นฐาน มีดังต่อไปนี้

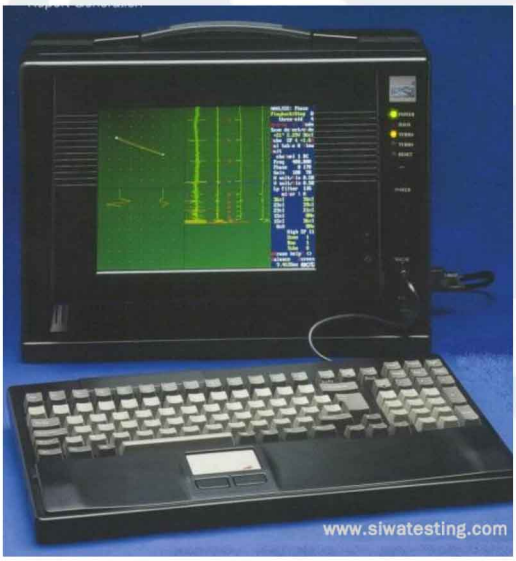
1. การทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวน (Eddy Current Testing, ET)

การทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวนจัดอยู่ในกลุ่มของ Electromagnetic Testing ซึ่งประกอบไปด้วย
(1) Eddy Current Test (2) Magnetic Flux Leakage
(3) Remote Field (4) Alternating Current Field Measurement

วิธีนี้ใช้ทดสอบหารอยความไม่ต่อเนื่องที่ผิว ใช้แยกชนิดของวัสดุ วัดความหนาของชิ้นงานที่มีความบางมาก วัดความหนาของผิวเคลือบ วัดความลึกของผิวแข็งเป็นต้น วิธีการทดสอบนี้จะใช้กับชิ้นงานที่เป็นตัวนำไฟฟ้าเท่านั้น หลักการของการทดสอบจะสร้างกระแสไหลวน (Eddy Current) ในชิ้นงาน โดยการนำขดลวดที่มีไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงตั้งแต่หลายร้อย Hz จนถึงหลาย MHz ไหลผ่าน นำเข้าไปใกล้ชิ้นงาน ค่าอิมพิแดนซ์และเฟส (Impedance and Phase) ของขดลวดจะเปลี่ยนไปตามสภาพของชิ้นงาน ได้แก่ การมีรอยความไม่ต่อเนื่องในชิ้นงาน ความสมบูรณ์ของผิวงาน ความเป็นแม่เหล็ก ความนำไฟฟ้า เป็นต้น ในเครื่องมือทดสอบจะมีอุปกรณ์ที่จะตรวจจับความเปลี่ยนแปลงดังกล่าว แสดงผลเป็นแบบเข็มมิเตอร์ หรือกราฟบนจอภาพ

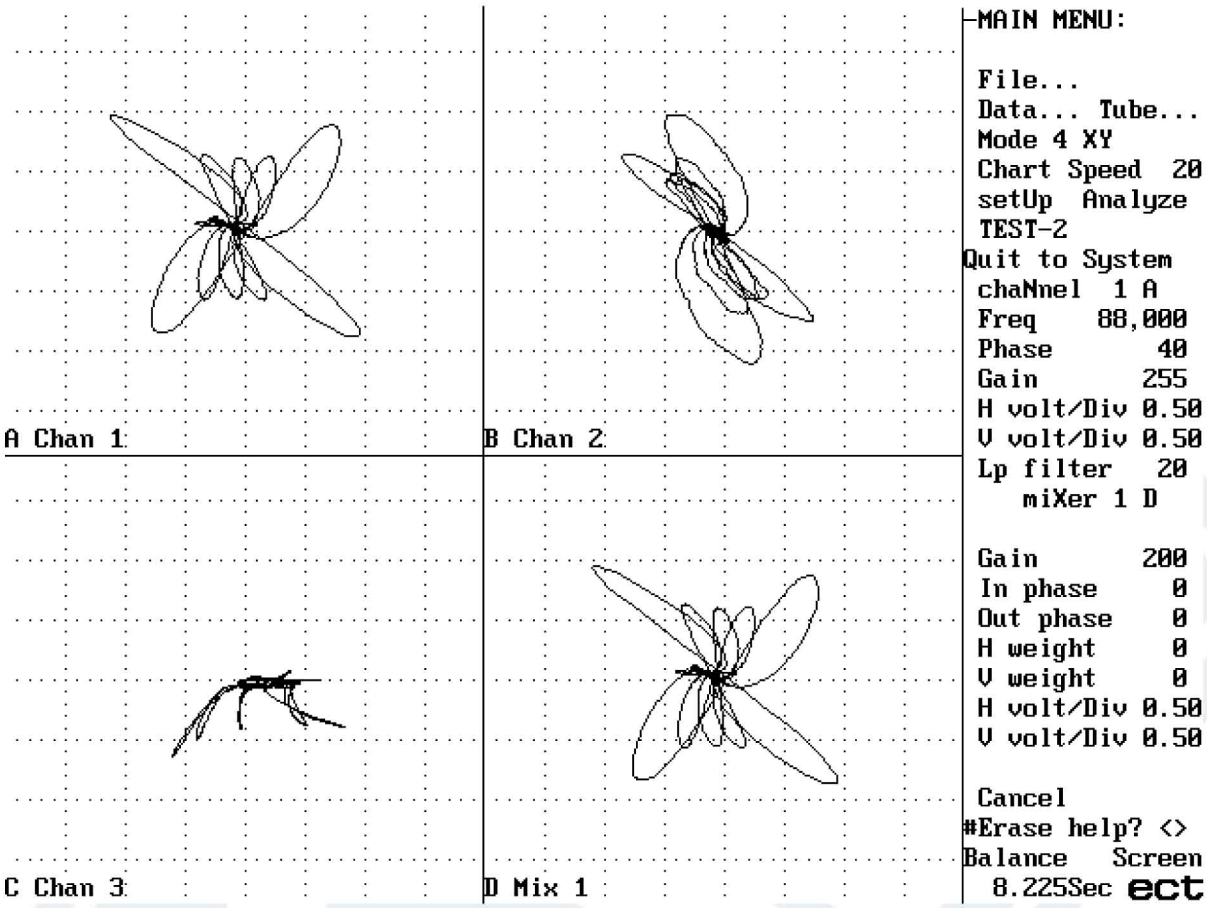


(ก) (ข) (ค)



(ง) (จ)

การทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวน
(ก) (ข) (ค) หลักการของการทดสอบ
(ง) เครื่องมือที่ใช้
(จ) โพรบ



ภาพการแสดงผลของการทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวน ซึ่งประกอบไปด้วย Channel ต่างๆที่ตั้งค่าตัวแปรการทดสอบต่างๆกัน เพื่อหวังผลในการค้นหาและวิเคราะห์รอยความไม่ต่อเนื่องได้ดีขึ้น ถ้าไม่มีรอยบ่งชี้จะปรากฏเป็นจุดที่กลางของแต่ละภาพ

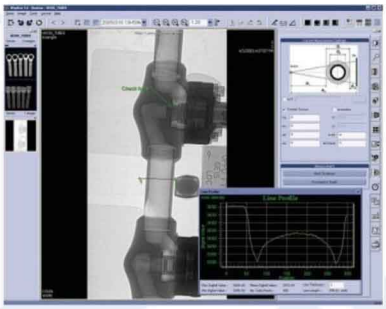
การทดสอบท่อของ Condenser ในโรงไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสไหลวน

2. การทดสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี- เทคนิค Computed Radiographic Test (CR)

เป็นการทดสอบด้วยภาพถ่ายรังสีเทคนิคหนึ่งที่ใช้ฉากรับแบบฉาบสารเรืองแสง (phosphor)แทนฟิล์มสารที่ฉาบไว้จะเก็บพลังงานของรังสีที่ตกกระทบไว้และเปล่งเป็นแสงสว่างเมื่อถูกกระตุ้นด้วยเลเซอร์จากเครื่องสะแกน ทำให้สะแกนเก็บข้อมูลจากฉากรับเข้าสู่คอมพิวเตอร์ได้ ใช้โปรแกรม Image Processing ปรับภาพ วัดขนาด รายงานผลในรูปของไฟล์อิเล็คทรอนิคส์ ดูผลในระบบเครือข่าย ค้นหาได้ง่าย และไม่ต้องมีที่เก็บฟิล์ม

(ก)

(ข)



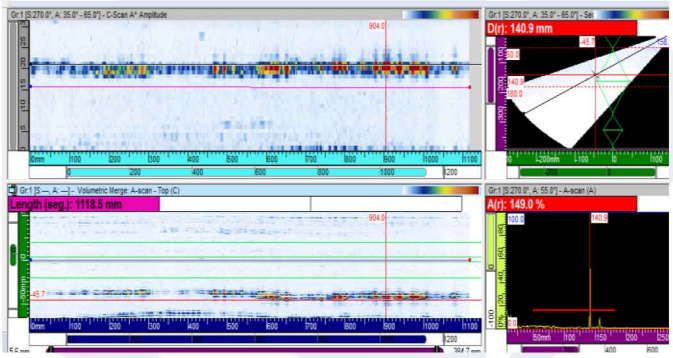
(ค)

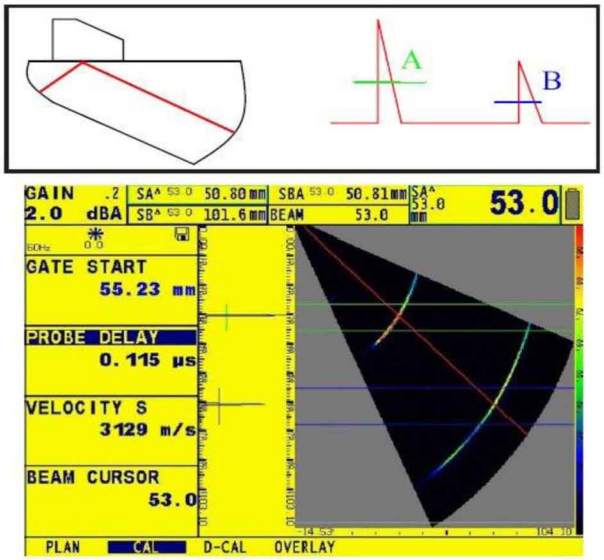
ComputedRadiographic Test (from GE)
(ก) เครื่องสะแกนเนอร์
(ข) ฉากรับแบบฉาบสารเรืองแสง (Phosphor Screen)
(ค) ภาพที่ปรากฏเมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

รูปรถ CR Mobile Unit เพื่อให้บริการที่หน้างาน ทำให้ทราบผลการทดสอบทันที

3. การทดสอบโดยวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูง-เทคนิคการจัดเฟสของสัญญาณ (Phased Array UT,PAUT)

การทดสอบแบบ Advance ที่พัฒนาต่อจาก Conventional Ultrasonic Test จากเทคนิค Pulse Echoจากที่มีผลึกส่งคลื่นผลึกเดียว เป็นหลายผลึกถึง 256 ผลึก ต่อเข้าด้วยกัน กระตุ้นแต่ละผลึกด้วยกระแสฟ้าความต่างศักย์สูงในจังหวะเวลาที่เหมาะสม ทำให้เกิดการแทรกสอดของคลื่นเนื่องจาก Phase ต่างๆกัน เรียกว่า Phased Array UTสามารถส่งคลื่นได้หลายมุมในช่วงเวลาส่วนพันวินาที ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการประเมินผล ทำให้ได้แสดงภาพตำแหน่งและขนาดของรอยความไม่ต่อเนื่องได้ดีขึ้น โดยแสดงแบบภาคตัดขวางและ Top View





(ก) (ข)

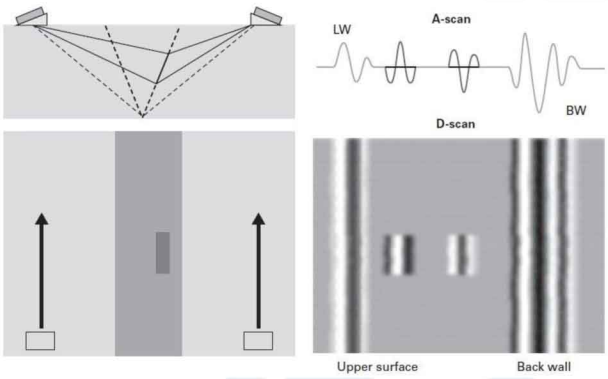
(ก) เครื่องมือ(ข) การแสดงผลและการแปลผล

การทดสอบรอยเชื่อมของ Steam Drum ที่มีความหนาตั้งแต่ 70-161 mm ด้วย PAUT โดยการใช้ Encoded Scanner

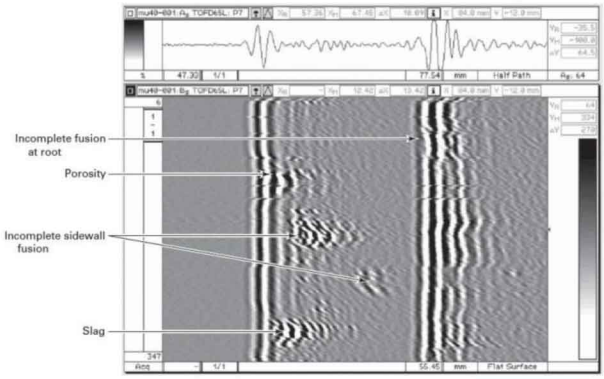
Manual Scan PAUT

3. การทดสอบโดยวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูง-เทคนิค Time of Flight Diffraction (TOFD)

การทดสอบแบบ Advance ที่พัฒนาต่อจาก Conventional Ultrasonic Test ใช้หลักการการรับส่งคลื่นด้วยโพรบมุม 2 โพรบ เคลื่อนที่ไปพร้อมกันคนละด้านของรอยเชื่อม สามารถหารอยความไม่ต่อเนื่องได้จากหลักการเลี้ยวเบนของคลื่นที่ปลายรอยความไม่ต่อเนื่อง และการเดินทางของคลื่นแต่ละทิศทางมาถึงไม่พร้อมกัน



(ก)



(ข)

(ก) การสะแกนและวิธีการแสดงผล (ข) การแสดงผลและการแปลผล

5. การทดสอบโดยวิธีการรับคลื่นเสียง (Acoustic Emission Testing, AE)

Acoustic Emission Test ใช้ทดสอบหาแหล่งกำเนิดของเสียงโดยการเฝ้าฟังคลื่นความเค้นความถี่สูง (High Frequency Stress Wave) ที่เกิดจากการปลดปล่อยความเครียด (Strain) อย่างเร็วในเนื้อวัสดุในขณะที่รอยแตกร้าวขยายตัวหรือเกิดการยืดตัว การเปลี่ยนเฟสของโครงสร้าง การเกิด Twin การเลื่อนไหลของโครงสร้าง (Slip) การจัดระนาบใหม่ของขอบเกรน การเกิดฟองจากการเดือด หรือแม้แต่การเปลี่ยนเฟสของมาร์เทนไซท์ เสียงที่ส่งออกมาจากสาเหตุต่างๆ ที่กล่าวข้างต้นจะมีลักษณะเฉพาะตัว ถ้าหากนำสัญญาณเสียงไปวิเคราะห์ ก็จะทำให้ทราบว่า ในขณะนั้นๆ เกิดอะไรขึ้นกับวัสดุที่กำลังทดสอบ การทดสอบจะได้ผลดีมากขึ้นหากสามารถตัดหรือลดสัญญาณเสียงรบกวนได้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับสัญญาณเสียงที่ปล่อยออกมาจะประกอบไปด้วยหัวรับเสียง (Sensors) ที่มีคุณสมบัติ Piezoelectric กล่าวคือ สามารถเปลี่ยนพลังงานจากการสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าได้ สัญญาณที่ได้จะถูกขยายโดยภาคขยายที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ และมีวงจรกรองเฉพาะแถบความถี่ผ่าน (Band Pass Filter) เพื่อคัดเลือกเฉพาะสัญญาณที่มีความถี่ตามต้องการและตัดสัญญาณรบกวน สัญญาณที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกขยายอีกครั้งด้วยภาคขยายแบบปรับกำลังขยายได้แล้วส่งต่อไปยังวงจรเลือกอินพุทและเอาท์พุท เพื่อส่งต่อหน่วยแสดงผลแล้วทำการวิเคราะห์ผลต่อไป การวิเคราะห์สัญญาณอาจทำได้ทั้งในโดเมนเวลา (TimeDomain) และโดเมนความถี่ (Frequency Domain) หรือใช้ร่วมกันทั้งโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ (Joint Time Frequency Domain) ความถี่ที่นำไปวิเคราะห์โดยทั่วไปมักอยู่ในช่วงตั้งแต่ 25 KHz จนถึง 3MHzแต่ความถี่ที่นิยมใช้วิเคราะห์ในงานต่างๆ มักอยู่ในช่วงตั้งแต่ 100 KHz ถึง 1MHz

การทดสอบนี้แตกต่างจากการทดสอบโดยไม่ทำลายวิธีอื่นๆ เนื่องจากเป็นการทดสอบหลังจากที่มีรอยความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuities) เกิดขึ้นในเนื้อวัสดุแล้ว การทดสอบโดยวิธี AET สามารถทดสอบพบรอยความไม่ต่อเนื่องในขณะที่กำลังเกิดหรือกำลังขยายตัวได้ทั้งในระดับอนุภาคและระดับมหภาค

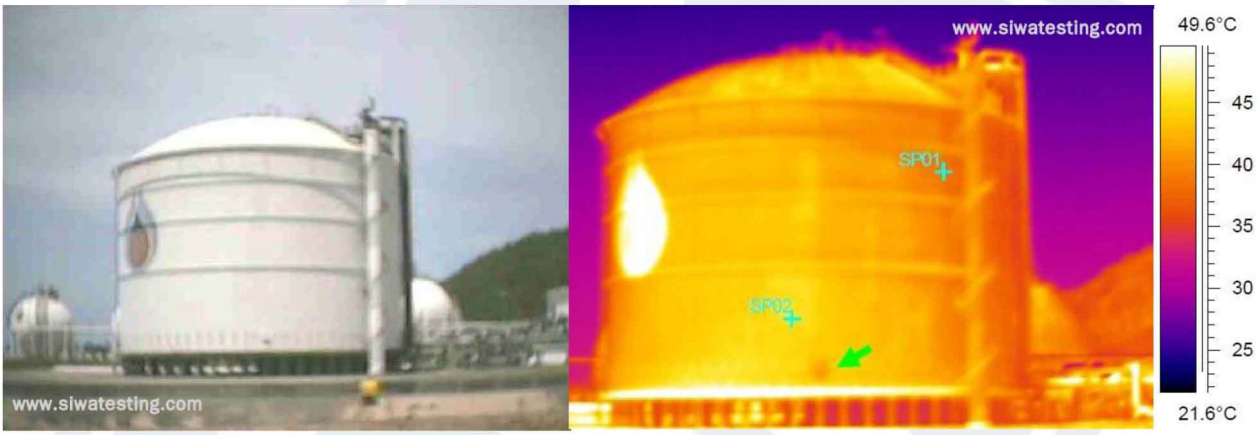
(ก) (ข) (ค)

การทดสอบถังเก็บก๊าซแอลพีจี ด้วยวิธี AE
(ก)ระหว่างการติดตั้งโพรบหรือเซนเซอร์
(ข)เซนเซอร์ที่ติดตั้งเสร็จแล้ว
(ค)ภาพการแสดงผลจากจอคอมพิวเตอร์แสดงถึงตำแหน่งที่มีแหล่งกำเนิดเสียงโดยการใช้เซนเซอร์หลายตัว

6. การทดสอบโดยวิธีรังสีความร้อนอินฟราเรด (Infrared Thermographic Testing, IR)

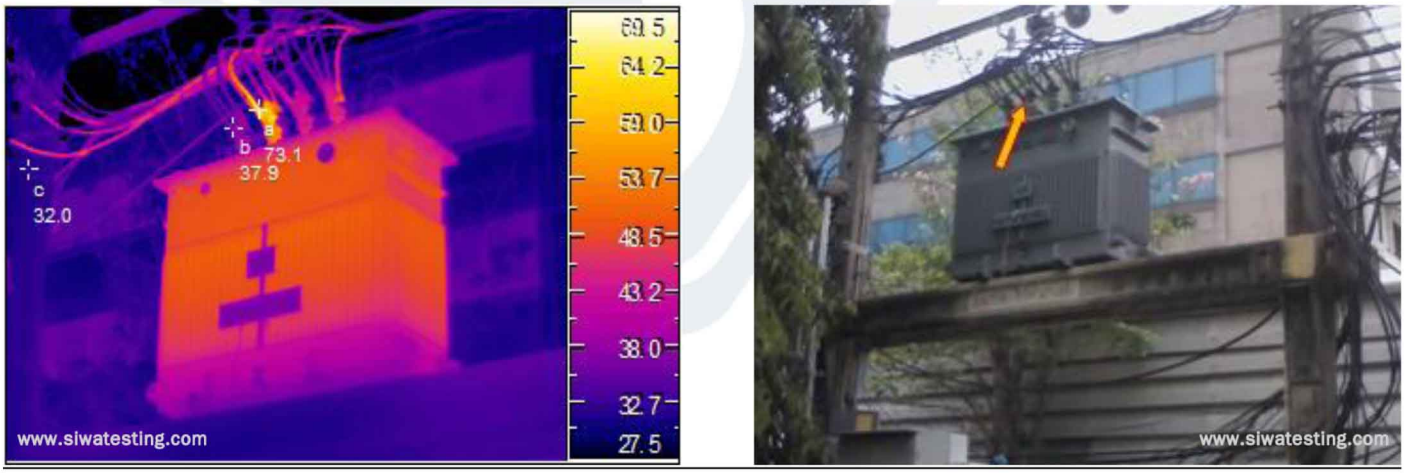
เครื่องทดสอบโดยใช้รังสีอินฟราเรด ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของชิ้นงานโดยการใช้กล้องถ่ายภาพที่ไวต่อรังสีความร้อน โดยไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับชิ้นงาน แสดงผลเป็นสีของความแตกต่างของอุณหภูมิบนจอภาพและค่าอุณหภูมิ

ในวงการแพทย์จะใช้วิธีนี้วัดอุณหภูมิของใบหน้าเพื่อตรวจสอบอาการไข้ ดังที่มีการใช้ที่สนามบินสุวรรณภูมิเพื่อเฝ้าระวังการแพร่ระบาดของไข้หวัด ในอุตสาหกรรมใช้ตรวจหาจุดที่มีอุณหภูมิผิดปรกติที่อุปกรณ์การผลิต เช่น การกระจายของความร้อนบนภาชนะรับความดัน ทดสอบหาจุดที่มีอุณหภูมิสูงผิดปกติของสวิทช์ไฟฟ้า สายส่งไฟฟ้าแรงสูง และสถานีจ่ายไฟฟ้า อิฐทนไฟหรืออิฐป้องกันความร้อนในบริเวณใดหลุดชำรุด วิธีการทดสอบนี้ยังถูกนำไปใช้วัดอุณหภูมิของเหล็กกล้าขณะที่ยังร้อนอยู่ วัดอุณหภูมิของเบ้าหลอมโลหะ หรืออุณหภูมิของน้ำโลหะการควบคุมการฉีดโฟมฉนวนความร้อน เป็นต้น เพื่อช่วยให้การควบคุมคุณภาพเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

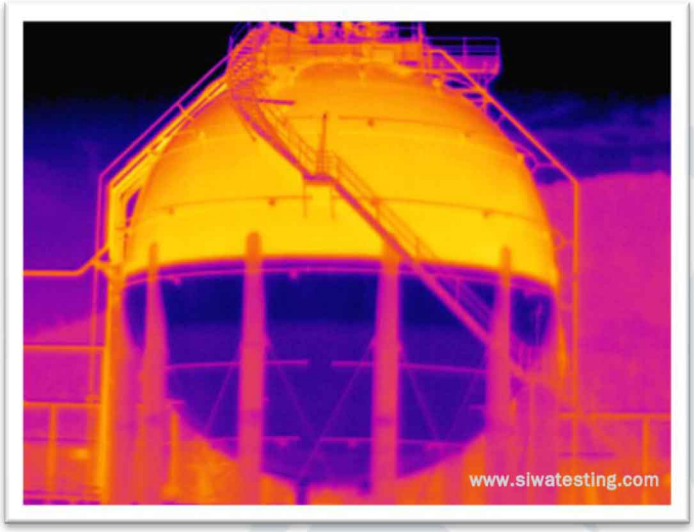


(ก) (ข)

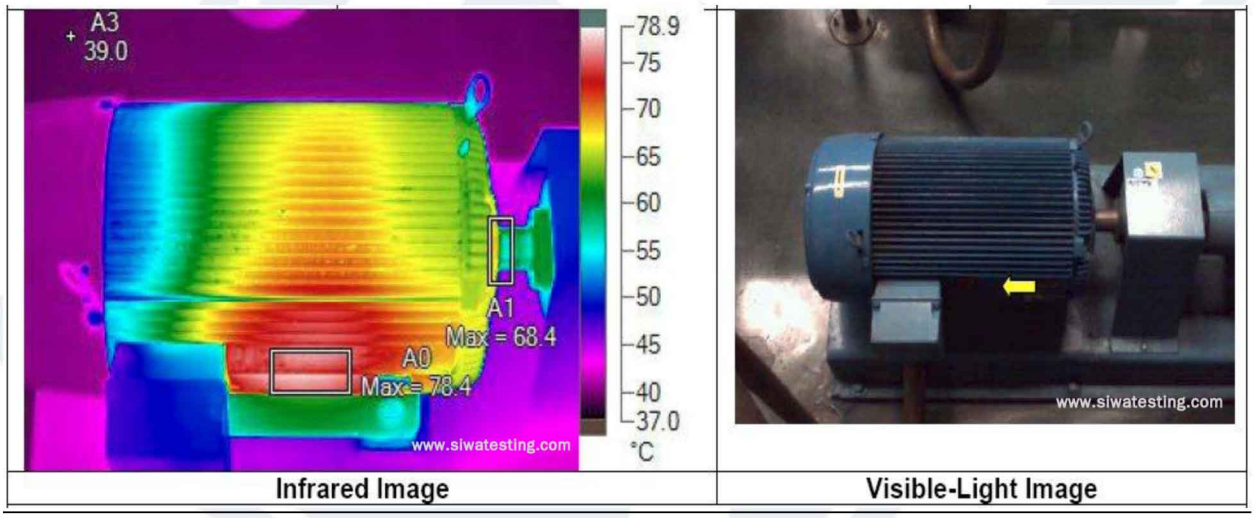
ภาพการทดสอบ Cold Storage Tank เพื่อหาบริเวณที่อาจจะเกิดการเสื่อมสภาพของฉนวนความร้อน บริเวณศรชี้ คือ Manhole ที่มีความร้อนสูงกว่าจุดอื่น สังเกต PTT Logo ซึ่งมีสีแตกต่างเนื่องจากค่า Emissivity
(ก) ภาพถ่ายจากกล้องธรรมดา (ข) ภาพถ่ายรังสีความร้อน



ภาพถ่ายรังสีความร้อน แสดงหม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูงที่ขั้วต่อเริ่มมีปัญหาจากความต้านทานทำให้เกิดความร้อนสูง ซึ่งหากไม่ทำการแก้ไข อาจจะเกิดกระแสไฟฟ้าดับทั้งโรงงานส่งผลต่อผลผลิตได้



ภาพถ่ายความร้อนแสดงถึงระดับก๊าซปิโตรเลียมเหลวในถังเก็บ

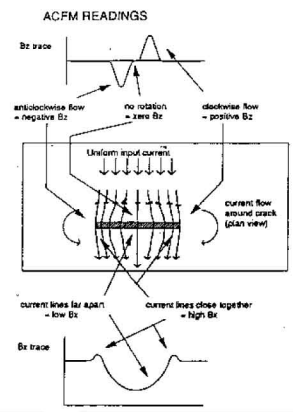


มอเตอร์ไฟฟ้า เกิดความร้อนสูงบางบริเวณ แสดงถึงความผิดปรกติภายใน

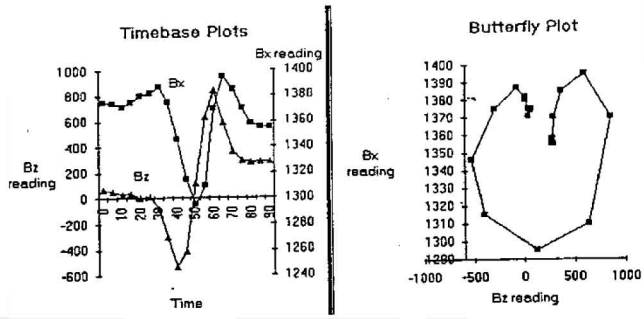
7. การทดสอบโดยการวัดสนามไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Field Measurement, ACFM)

การทดสอบใช้หลักความสัมพันธ์ของแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า โดยการตรวจวัดตัวแปรที่บ่งบอกถึงค่าความนำไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปเนื่องจากรอยแตกร้าว และสนามไฟฟ้าในทิศทางตั้งฉากกับผิวงานที่เกิดขึ้นในบริเวณปลายรอยแตกร้าว เมื่อมีไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 5 MHz ไหลผ่าน มีหลักการทดสอบคล้ายกับการทดสอบโดยวิธีกระแสไหลวน แตกต่างกันที่สนามแม่เหล็กที่ใช้และการแสดงผล

หัวทดสอบจะสร้างสนามไฟฟ้าทิศทางไปทางด้านหน้าของหัวทดสอบ และมีค่าสม่ำเสมอบนผิวชิ้นงานที่จะทดสอบ ถ้ามีรอยแตกร้าวจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไม่สะดวกหรือมีค่าความต้านทานเพิ่มขึ้น ขดรับจะอ่านผลของความเปลี่ยนแปลงนี้เมื่อเลื่อนหัวทดสอบมาถึงปลายของรอยแตกร้าว จะเกิดการไหลเป็นวงโค้ง (Purturbation) ขอกระแสไฟฟ้าที่ปลายรอยร้าวนั้น ทำให้มีความหนาแน่นของกระแสมากกว่าปกติ ก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กในทิศทางตั้งฉากกับผิวงาน การวิเคราะห์ค่าสนามจะทำให้ทดสอบพบรอยแตกร้าวและระบุความลึกของรอยแตกร้าวได้ วิธีการนี้ใช้สำหรับทดสอบหารอยร้าวที่ผิวชิ้นงานโลหะทุกชนิดที่นำไฟฟ้า ชิ้นงานที่มี Coating หรือสีเคลือบที่ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า ปัจจุบันมีการใช้ ACFM กับงานโครงสร้างต่างๆ เช่น โครงสร้างและอุปกรณ์ที่ใช้งานสำหรับแท่นขุดเจาะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ สะพาน โครงสร้างขนาดใหญ่เป็นต้น

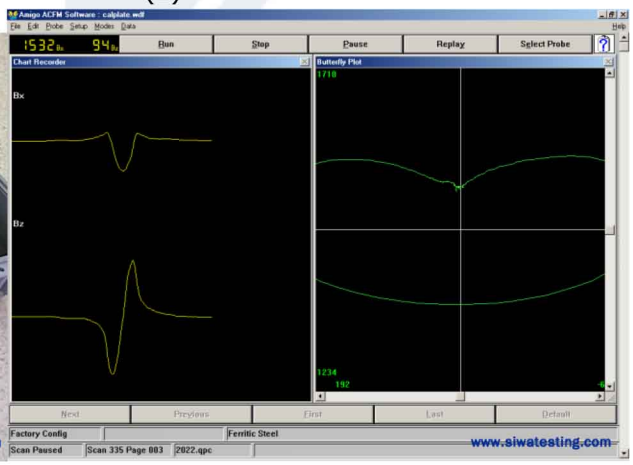


(ก)



(ข)

(ค)



(ง)

(ก) หลักการทดสอบ (ข) ภาพการแสดงผลการทดสอบ
(ค) ภาพเครื่องมือทดสอบ (ง) ภาพจริงจากเครื่องทดสอบแสดงสัญญาณ BxBzและ Butterfly Plot จากรอยร้าว

การทดสอบหารอยร้าวที่ Floor Lip Plate ของถังเก็บก๊าซรูปทรงกระบอกด้วย ACFM

การทดสอบรอยเชื่อมถังก๊าซ เพื่อหารอยร้าวด้วย ACFM

การทดสอบรอยเชื่อมท่อ เพื่อหารอยร้าวด้วย ACFM

การทดสอบรอยเชื่อมถังก๊าซ เพื่อหารอยร้าวด้วย ACFM

8. การทดสอบการกัดกร่อนของพื้นถังเก็บน้ำมัน ด้วยวิธี Tank Floor Scans

เป็นการทดสอบการกัดกร่อนของพื้นถังเก็บน้ำมัน ปัจจุบันมี 2 เทคนิค คือ เทคนิคการรั่วของเส้นแรงแม่เหล็กจากแผ่นเหล็กที่เกิดการกัดกร่อน และเทคนิคกระแสไหลวนด้วยความถี่ต่ำ ทำการทดสอบโดยการสะแกนไปบนพื้นถัง คอมพิวเตอร์จะเก็บข้อมูล ประมวยผล ได้เป็น %Wall Loss แสดงผลเป็นรหัสสี

เทคนิคการรั่วของเส้นแรงแม่เหล็กจากแผ่นเหล็กที่เกิดการกัดกร่อน

การแสดงผล และเครื่องมือทดสอบ ด้วยเทคนิค Low Frequency Eddy Current

เครื่องมือทดสอบ ด้วยเทคนิค Magnetic Flux Leakage