การทดสอบหารอยแตกร้าวโดยใช้ผงแม่เหล็ก (Magnetic Particle Crack Testing)

ประดับ สว่างศรี

ในปัจจุบันการทดสอบแบบไม่ทำลาย (non destructive testing : NDT) เริ่มเข้ามามีบทบาทในการทดสอบวัสดุ อุปกรณ์ ผลิตภัณฑ์ และโครงสร้างต่างๆ มากขึ้น เพราะการทดสอบบางชนิดจะต้องไม่ให้วัสดุ อุปกรณ์ ผลิตภัณฑ์ และโครงสร้างต่างๆ เกิดความเสียหาย เช่น การทดสอบเหล็กโครงสร้างของสิ่งก่อสร้างต่างๆ ซึ่งประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างแล้ว การทดสอบผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมหนักซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ และผลิตน้อยชิ้น

การทดสอบแบบไม่ทำลายเป็นการตรวจสอบลักษณะสมบัติสมรรถภาพโครงสร้างภายใน หรือรอยบกพร่องภายในของวัสดุ อุปกรณ์ ผลิตภัณฑ์ และโครงสร้างต่างๆ โดยไม่ทำให้ชิ้นทดสอบเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ขนาด หรือสมรรถนะ เป็นการใช้ลักษณะสมบัติทางฟิสิกส์ของชิ้นทดสอบในการประเมินระดับของรอยบกพร่อง หรือความแข็งแรง

การทดสอบแบบไม่ทำลายในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. การตรวจหารอยบกพร่อง
2. การวัดความเครียด

1. การตรวจหารอยบกพร่อง

การตรวจหารอยบกพร่อง สามารถแยกได้เป็น 2 ชนิด

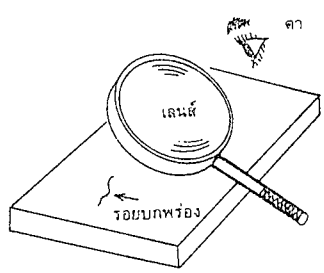
1.1 การตรวจหารอยบกพร่องบริเวณผิว

1.2 การตรวจหารอยบกพร่องภายใน

1.1 การตรวจหารอยบกพร่องบริเวณผิว

การทดสอบแบบไม่ทำลายเพื่อหารอยบกพร่องบริเวณผิว สามารถทำได้ ดังนี้

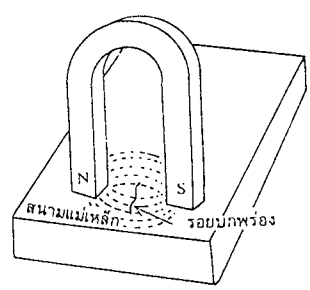
1.1.1 การทดสอบโดยการตรวจพินิจ (visual testing)



การตรวจสอบด้วยสายตา

การทดสอบโดยการตรวจพินิจ เป็นการตรวจหารอยบกพร่องโดยใช้สายตาดู อาจจะใช้อุปกรณ์ต่างๆ ช่วยในการตรวจดูด้วย เช่น แว่นขยาย ไม้บรรทัดเว้า (convex ruler) เกจชนิดพิเศษต่างๆ เพื่อวัดขนาดของรอยแตก รอยเหลี่ยม หลุมบ่อต่างๆ ความสูงของตะเข็บ รอยเชื่อม และการเชื่อมกินเนื้องาน เป็นต้น

1.1.2 การทดสอบโดยใช้ผงแม่เหล็ก (magnetic particle crack testing)



การตรวจสอบรอยบกพร่องด้วยผงแม่เหล็ก

การทดสอบโดยใช้ผงแม่เหล็ก สามารถใช้ตรวจหารอยบกพร่องบริเวณผิว หรือภายใต้ผิวได้ แต่มีข้อจำกัดคือไม่สามารถใช้กับชิ้นทดสอบที่มีสภาพความเป็นแม่เหล็กสูงได้

1.1.3 การทดสอบโดยใช้การซึมของของเหลว (liquid penetrant testing)

ใช้ในการตรวจหารอยแตกได้เฉพาะบริเวณพื้นเท่านั้น ใช้ได้กับวัสดุที่เป็นโลหะ และอโลหะโดยทั่วไป

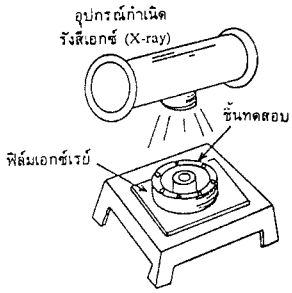
1.1.4 การทดสอบโดยกระแสไหลวน (eddy current testing)

ใช้ตรวจสอบหารอยขีดข่วนที่ผิววัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าโดยไม่ต้องสัมผัส และสามารถตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว ใช้ในการตรวจสอบรอยแตกของแท่ง หรือท่อโดยอัตโนมัติ

1.2 การตรวจหารอยบกพร่องภายใน

การทดสอบแบบไม่ทำลายเพื่อหารอยบกพร่องภายใน สามารถทำได้ ดังนี้

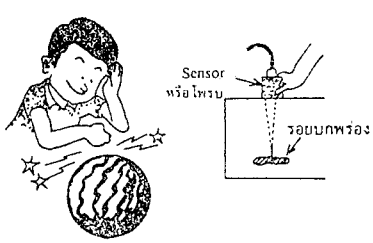
1.2.1 การทดสอบโดยใช้รังสี (radiographic testing)



การตรวจสอบด้วยรังสี

การทดสอบวิธีนี้เหมาะสำหรับตรวจหารอยบกพร่องที่อยู่ลึกเข้าไปตามแนวรังสี โดยใช้รังสีช่วยในการตรวจหา และยังใช้ตรวจหารอยบกพร่องที่ผิดปกติได้ แต่ข้อเสียของการตรวจสอบโดยใช้รังสีคือไม่สามารถตรวจสอบผิวที่มีการเคลือบ หรือรอยแตกที่เอียงทำมุมได้

1.2.2 การทดสอบโดยใช้อัลตราโซนิก (ultrasonic testing)



การตรวจสอบรอยบกพร่องด้วยอัลตราโซนิก

การทดสอบวิธีนี้จะใช้คลื่นสะท้อน ฉะนั้นการตรวจสอบรอยแตกที่แผ่เป็นแผ่นจะตรวจสอบได้ดีกว่าการตรวจสอบโดยใช้รังสี ซึ่งการตรวจสอบจะทำได้ดีต้องให้การสะท้อนนั้นตั้งฉากกับระนาบของรอยแตกและจะตรวจสอบได้ยากถ้ารอยบกพร่องเป็นโพรงอากาศ (blow hole) หรือที่มีรูปร่างเป็นทรงกลม

2. การวัดความเครียด (strain measurement)

ในการออกแบบโครงสร้าง หรือการประเมินค่าความปลอดภัยของโครงสร้างนั้น การทราบค่าความเครียดหรือแรงภายในเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำเป็นสิ่งสำคัญ วิธีการวัดมักจะใช้เรียกกันว่าการวัดแรงกระทำ แต่ค่าที่วัดจริงๆ คือ ความเครียด (strain) ในกรณีที่เป็นอิลาสติกนั้นจะคูณค่าความเครียดด้วยยังก์โมดูลัส (young modulus) หรือ E เพื่อหาค่าของแรงได้

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

เมื่อ σ = แรงเค้นหรือแรงกระทำ (stress หรือ load)

ε = ความเครียด (strain)

ในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดเฉพาะการทดสอบโดยใช้ผงแม่เหล็ก (magnetic particle crack testing) เท่านั้น ซึ่งเป็นการทดสอบหารอยบกพร่องบริเวณผิวหรือภายใต้ผิวที่มีความลึกไม่มากนัก กลุ่มฟิสิกส์และวิศวกรรมทั่วไป 2 กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ มีเครื่องทดสอบที่สามารถให้บริการการทดสอบแก่ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ บริษัท ห้างร้าน และเอกชนทั่วไปได้

การทดสอบหารอยแตกร้าวโดยใช้ผงแม่เหล็ก

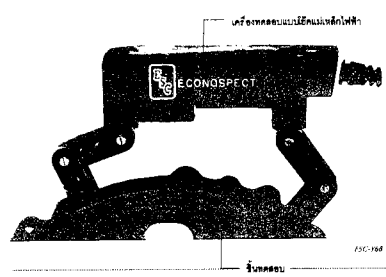
(magnetic particle crack testing)

หลักการ

เมื่อวัตถุประเภทที่เกิดอำนาจแม่เหล็กได้สูง หรือสารประเภทเหล็กหรือเหล็กกล้าที่สามารถดูดได้ด้วยแม่เหล็ก (ferro magnetic material) ยกเว้นประเภทเหล็กกล้าออสเตนิติก เช่น เหล็กสเตนเลส 18-8 เป็นต้น ตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของสนามแม่เหล็ก วัตถุนั้นจะถูกเหนี่ยวนำ และเกิดเส้นแรงแม่เหล็ก (magnetic flux) ขึ้น ถ้าทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กนี้ถูกขัดขวางโดยรอยร้าวหรือรอยแตกที่เกิดขึ้นที่ผิวหน้าหรือบริเวณใต้ผิวหน้าของวัตถุนั้น เส้นแรงแม่เหล็กเฉพาะส่วนนั้นก็จะเกิดการรั่วไหล บังเกิดเป็นขั้วแม่เหล็กขึ้นที่รอยแตกร้าวทั้งสองฝั่ง เป็นสนามแม่เหล็กย่อยขึ้น เมื่อโรยผงแม่เหล็กลงบนผิววัตถุด้านที่ทำการทดสอบ ผงแม่เหล็กก็จะถูกเหนี่ยวนำโดยสนามแม่เหล็กย่อยที่เกิดขึ้นดังกล่าว แต่ละอนุภาคของผงแม่เหล็กจะถูกเปลี่ยนเป็นแม่เหล็กขนาดเล็กจะถูกดูดติดกับรอยแตกร้าวนั้น โดยลักษณะการเรียงตัวของผงแม่เหล็ก ซึ่งจะแสดงรูปร่างของรอยแตกร้าวให้เห็นขนาดใหญ่ขึ้นตั้งแต่หลายเท่าจนถึงหลายสิบเท่า ซึ่งเป็นการง่ายต่อการค้นหารอยร้าว รอยแตก ที่เกิดขึ้น

การทดสอบหารอยแตกร้าวโดยใช้ผงแม่เหล็กแม้จะใช้ไม่ได้กับวัตถุที่ไม่ใช่ประเภทที่เกิดอำนาจแม่เหล็กได้สูงก็ตาม แต่ก็เป็นวิธีทดสอบแบบไม่ทำลายที่ดีที่สุดในการตรวจหารอยบกพร่องพวกรอยแตกร้าวตามผิวของวัตถุ และสามารถใช้ได้ผลกับรอยแตกร้าวที่อยู่ลึกประมาณ 2-3 มิลลิเมตร จากผิวหน้าของวัตถุที่ไม่มีปากเปิดสู่ผิวบน และรอยขีดข่วนที่มีลักษณะเป็นเส้นที่เกิดขึ้นที่ผิวหน้าของวัตถุก็สามารถตรวจสอบได้ เช่นกัน แต่ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ตรวจหารอยบกพร่องจำพวกรูเข็ม (pin hole)

การทดสอบหารอยแตกร้าวโดยใช้ผงแม่เหล็กสามารถบอกให้รู้ถึงตำแหน่ง รูปร่าง และขนาดของรอยบกพร่องที่เกิดขึ้นที่บริเวณผิว แต่จะไม่สามารถบอกถึงรูปร่าง ขนาด และทิศทางในแนวลึกของรอยบกพร่องนั้นได้



เครื่องทดสอบหารอยแตกร้าวโดยใช้ผงแม่เหล็กที่กลุ่มฟิสิกส์และวิศวกรรมทั่วไป 2 ใช้ในการทดสอบเป็นแบบโย๊คแม่เหล็กไฟฟ้า Econospect ESC-Y68 Articulate Leg Yoke สามารถปรับขาโย๊คได้เป็นระยะตั้งแต่ 0-16 นิ้ว ให้เป็นรูปร่างต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของชิ้นทดสอบ ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 200-240 V. 50 Hz. หรือใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง (DC) 12 v. สามารถใช้ทดสอบวัสดุ หรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นสื่อทางแม่เหล็ก (ferro magnetic substance) พวกโลหะกลุ่มเหล็กทั้งหมด ยกเว้นเหล็กที่มีโครงสร้างเป็นออสเตไนท์ (austenite) ซึ่งไม่มีคุณสมบัติทางแม่เหล็ก เช่น เหล็กสเตนเลสกลุ่มออสเตนิติก (austenitic stainless steel) และเหล็กแมงกานีสผสมสูง (high manganese steel) เป็นต้น ซึ่งสามารถทดสอบรอยแตกร้าวที่ผิวของชิ้นทดสอบ (surface crack)

และจุดบกพร่องใต้ผิวชิ้นทดสอบตื้น ๆ (sub-surface defect) ประมาณไม่เกิน 2-3 มิลลิเมตรได้

การทดสอบ

1. ต้องทำความสะอาดวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่จะทำการทดสอบโดยใช้แปรงลวดเหล็กหรือแปรงทองเหลืองขัดถูบริเวณที่จะทดสอบให้สะอาด

2. ภายหลังจากขัดถูบริเวณที่จะทดสอบให้สะอาดแล้ว ใช้สเปรย์คลีนเนอร์ (spray cleaner) ฉีดพ่นทำความสะอาดบริเวณที่จะทดสอบอีกครั้งหนึ่ง

3. ปรับขาโย๊คของเครื่องทดสอบให้ส่วนที่สัมผัสของขาโย๊ค สัมผัสกับผิวบริเวณที่จะทดสอบของวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ให้มากที่สุด เพื่อประสิทธิภาพในการส่งผ่านเส้นแรงแม่เหล็กจากขาโย๊คเข้าสู่ชิ้นทดสอบ

4. กดสวิทช์ของเครื่องทดสอบค้างไว้ เพื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กแก่ชิ้นทดสอบประมาณ 3-5 วินาที เมื่อครบเวลายังคงกดสวิทช์ค้างไว้ แล้วฉีดสเปรย์ผงแม่เหล็ก หรือโรยผงแม่เหล็กลงบนชิ้นทดสอบ เมื่อหยุดฉีดสเปรย์ผงแม่เหล็กหรือโรยผงแม่เหล็กแล้ว ยังคงกดสวิทช์ต่อไปอีกประมาณ 3-5 วินาที

5. เมื่อครบกำหนดแล้ว หยุดกดสวิทช์ แล้วยกขาโย๊คออกจากชิ้นทดสอบแล้วตรวจดูจุดบกพร่องบนชิ้นทดสอบทันที

ตัวอย่างลักษณะการเรียงตัวของผงแม่เหล็กที่ตำแหน่งของรอยบกพร่อง

จากรูป เมื่อผู้ทดสอบให้เส้นแรงแม่เหล็ก ฉีดสเปรย์ผงแม่เหล็กแก่ชิ้นทดสอบ และยกขาโย๊คออกแล้ว ต้องตรวจหารอยแตกร้าวหรือรอยบกพร่องทันที ถ้าชิ้นทดสอบมีรอยแตกร้าวบริเวณผิวที่มีความลึกไม่เกิน 2-3 มิลลิเมตร ก็จะปรากฏรอยแตกร้าวให้เห็นดังรูป ซึ่งรอยแตกร้าวที่ปรากฏขึ้นนี้ใช้หลักการของเส้นแรงแม่เหล็กที่มีความเข้มข้นมากจะรั่วไหลออกมาจากผิวหน้าของวัตถุนั้น เมื่อสเปรย์ผงแม่เหล็กจะทำให้พบเห็นรอยแตกร้าวที่ผิววัตถุได้

การรายงานผลการตรวจสอบจะยึดถือตามมาตรฐานและเนื้อหาที่ระบุไว้เป็นเกณฑ์ ซึ่งมาตรฐานส่วนใหญ่จะระบุว่า "จะต้องไม่มีรอยแตกร้าว" ถ้ามีรอยแตกร้าวเกิดขึ้นในใบรายงานจะระบุตำแหน่งหรือบริเวณที่เกิดรอยแตกร้าว และจะทำเครื่องหมายไว้ที่ชิ้นทดสอบด้วย สาเหตุที่มาตรฐานส่วนใหญ่ไม่ยอมให้มีรอยแตกร้าวเลย เนื่องจากรอยแตกร้าวที่ปรากฏขึ้นไม่สามารถระบุได้ว่าแตกร้าวที่ผิวหน้าหรือแตกร้าวภายใต้ผิวหน้า ถ้าที่ผิวหน้าเกิดรอยแตกร้าวที่ไม่สามารถมองเห็น เพราะว่ารอยแตกร้าวถึงแม้จะมีรูปร่างและขนาดเดียวกัน รอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นที่ผิวหน้าของชิ้นงานจะมีผลต่อความแข็งแรงของชิ้นงานนั้นมากกว่ารอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นภายใต้ผิวหน้า ซึ่งรอยแตกร้าวที่ปรากฏขึ้นจากการตรวจสอบอาจจะเกิดจากรอยแตกร้าวที่ผิวหน้า หรือที่ภายใต้ผิวหน้าก็เป็นได้

ข้อควรระวังในการทดสอบ

- จะต้องให้หน้าสัมผัสของขาโย๊คสัมผัสกับผิวหน้าของชิ้นทดสอบเต็มหน้า ถ้าสัมผัสไม่เต็มหน้า จะทำให้ความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็กน้อยเกินไป จะทำให้ตรวจไม่พบรอยบกพร่องได้
- ถ้าผิวชิ้นทดสอบมีสนิม หรือสี ต้องลอก หรือขูดออกก่อนทำการทดสอบ
- ถ้าใช้ผงแม่เหล็กชนิดสเปรย์ ก่อนใช้จะต้องเขย่ากระป๋องก่อนฉีดสเปรย์ทุกครั้ง