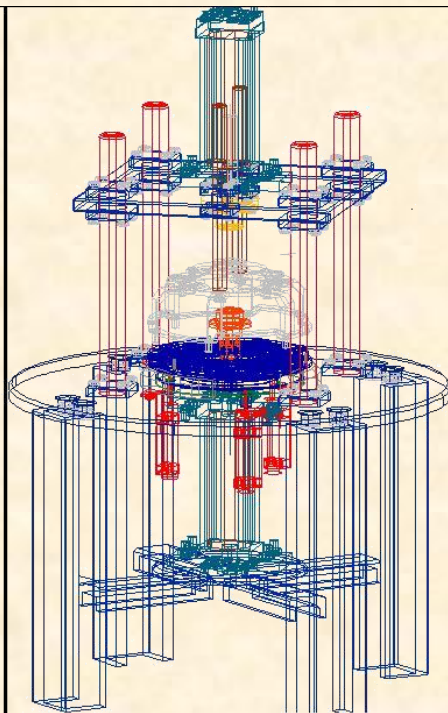
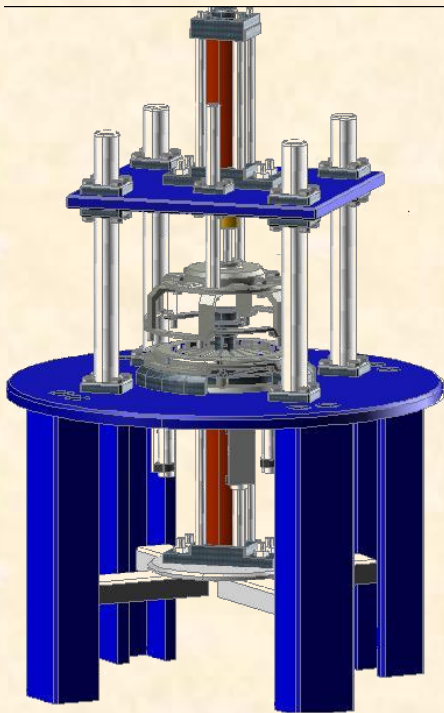


บทที่ 9

การวัด การทดสอบ และการตรวจสอบทางวิศวกรรม (Measurement Testing and Inspection Engineering)



รองศาสตราจารย์ธรรม์ณชาติ วันแต่ง

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

การวัด (Measurement) หมายถึง การวัด

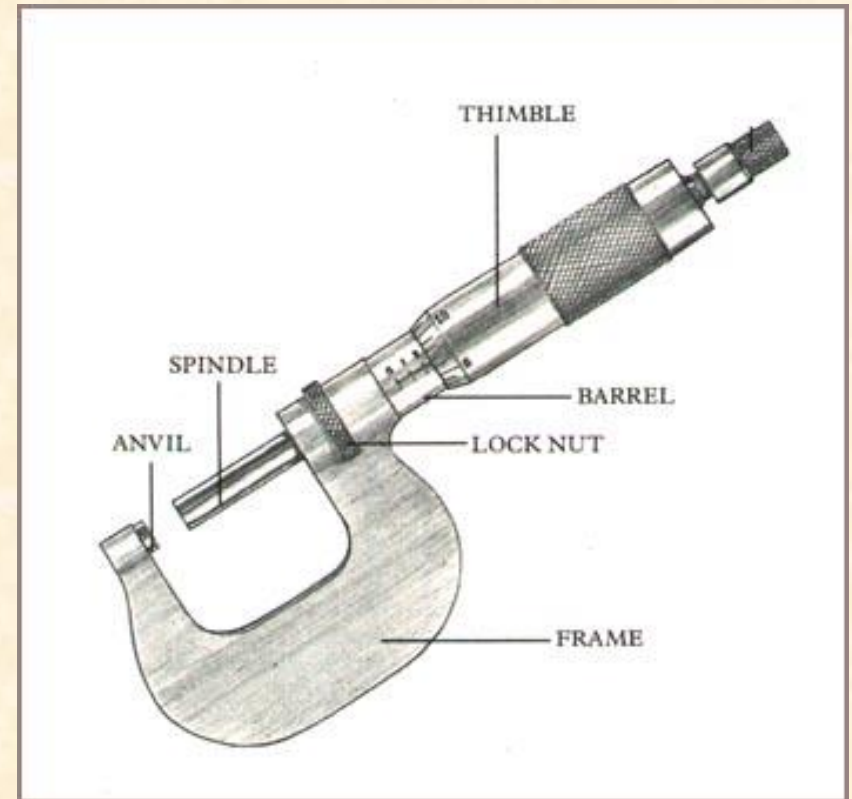
ขนาด รูปร่าง สัดส่วน รูปทรง ตำแหน่งของชิ้นงาน โดยใช้เครื่องมือวัดแบบต่างๆ หาค่าตามความต้องการ ค่าที่วัดได้สามารถบ่งบอกได้ด้วย ตัวเลข รูปภาพ หรือกราฟ ส่วนใหญ่จะนิยมใช้ตัวเลขเป็นตัวบ่งบอกค่าที่วัดได้

การทดสอบ (Testing) หมายถึง ความต้องการหา
ค่าต่างๆ ของวัสดุที่ต้องการทราบ เช่น ความแข็งแรง
ความทนทาน ความเหนียว และอื่นๆ เป็นต้น โดยใช้
เครื่องมือทดสอบที่เหมาะสมแบบต่างๆ บางครั้งค่าที่ทำ
การทดสอบได้อาจจะยังมุกต้อง จึงจำเป็นต้องทำการ
ทดสอบหลายๆ ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย หรือนำไป
เปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้

การตรวจสอบ (Inspection) หมายถึง การค้นหา

ปรื่อการพิจารณาตัดสินว่า ค่าที่ได้จากการวัด หรือการ
ทดสอบนั้นเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่
รวมถึงการค้นหาจุดบกพร่องหรือแนวโน้มที่จะเกิดขึ้น
พร้อมทั้งหาแนวทางในการแก้ไข ขั้นตอนนี้ผู้ตรวจสอบ
ต้องสามารถสรุป และอธิบายผลจากการตรวจสอบได้

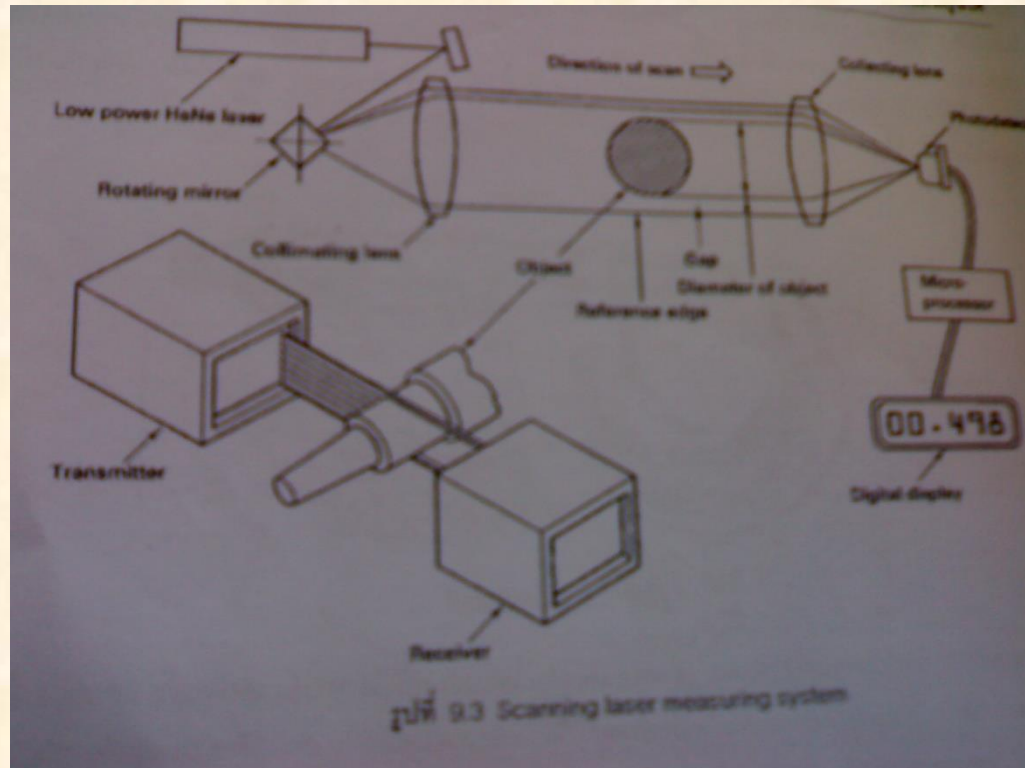
ไมโครมิเตอร์



ไมโครมิเตอร์ เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่สามารถทำการวัดได้ละเอียดมากกว่าบรรทัดเหล็ก และเวอร์เนียร์ ชื่อเต็ม ของไมโครมิเตอร์จะเรียกว่า ไมโครมิเตอร์คาลิเปอร์ (Micrometer Caliper) ไมโครมิเตอร์ในระบบนี้จะมีค่าความละเอียด ในการวัด $1/1000$ นิ้ว โดยมีแกนหมุนเคลื่อนที่เข้าวัดขนาดและอ่านค่าได้จากสเกลที่แบ่งไว้บนปดอกทางด้านขวามือ

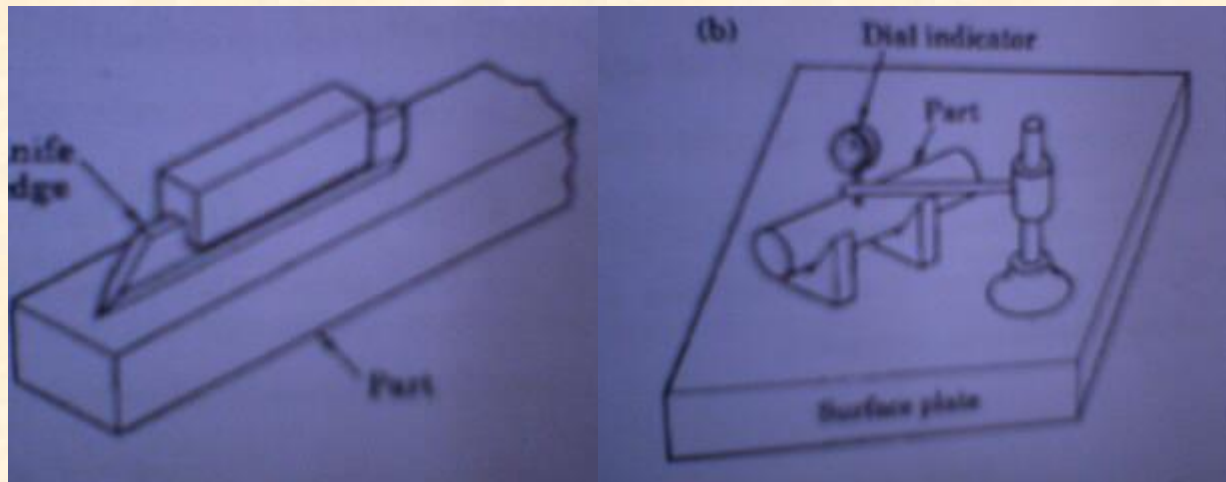
เครื่องมือวัดด้วยลำแสงเลเซอร์

เครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการวัดที่รวดเร็ว และเที่ยงตรงโดยที่ชิ้นงานไม่ต้องสัมผัสกับเครื่องมือวัด การวัดใช้แสงเลเซอร์ยิงไปยังชิ้นงานด้วยความเร็ว 350 ครั้งต่อวินาที ข้อได้เปรียบ คือ สามารถวัดงานที่กำลังหมุน หรือชิ้นสะท้อนงานที่มีอุณหภูมิสูง และงานที่มีความยืดหยุ่นได้



การวัดความเรียบ

การวัดความเรียบผิวงานลักษณะหนึ่งซึ่งกระทำได้ง่ายงานแต่ไม่มีความละเอียด กระทำได้โดยใช้บรรทัดเส้นผมวางทาบลงผิวของชิ้นงานแล้วมองด้วยตาเปล่าตรงบริเวณผิวที่บรรทัดเส้นผมสัมผัสกับชิ้นงานในลักษณะการมองเข้าหาแสงไฟ ถ้าพบว่ามีแสงสามารถลอดผ่านได้แสดงว่าผิวของชิ้นงานนั้นพื้นผิวไม่มีความเรียบ



การวัดความกลม

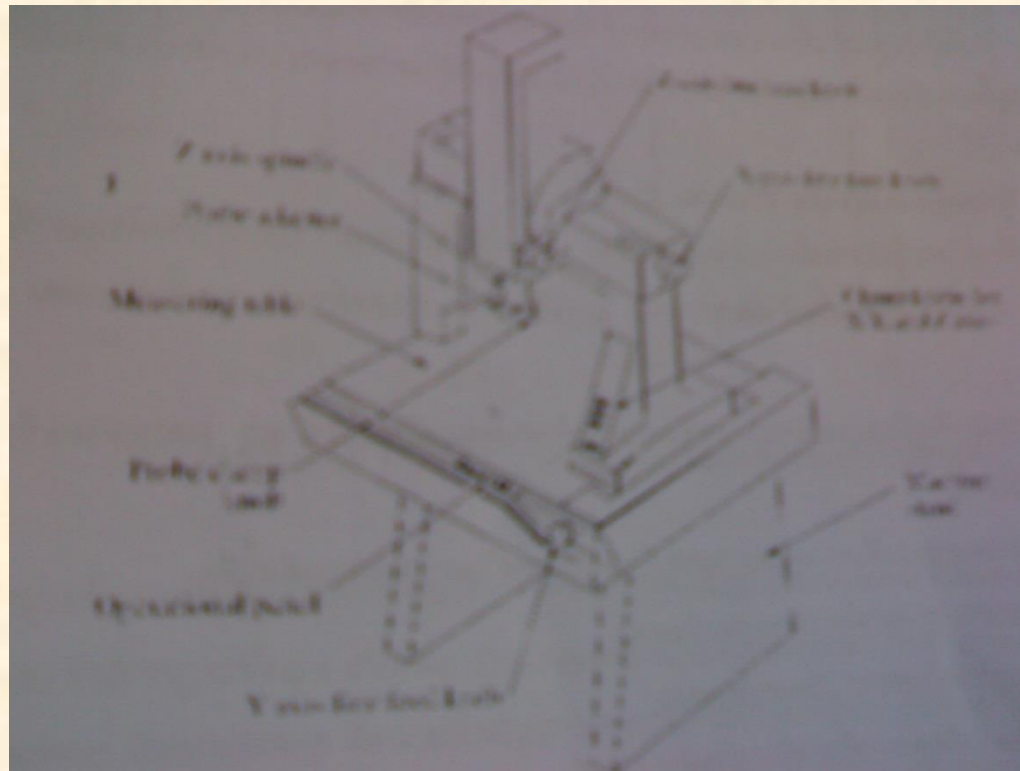


การวัดความกลมของชิ้นงานนั้นมีความสำคัญมากต่ออายุการใช้งานของชิ้นส่วนเครื่องจักร เช่น เพลา และแบร้ง มีวิธีการวัดความกลมอยู่ 3 วิธีใหญ่ๆ ดังนี้

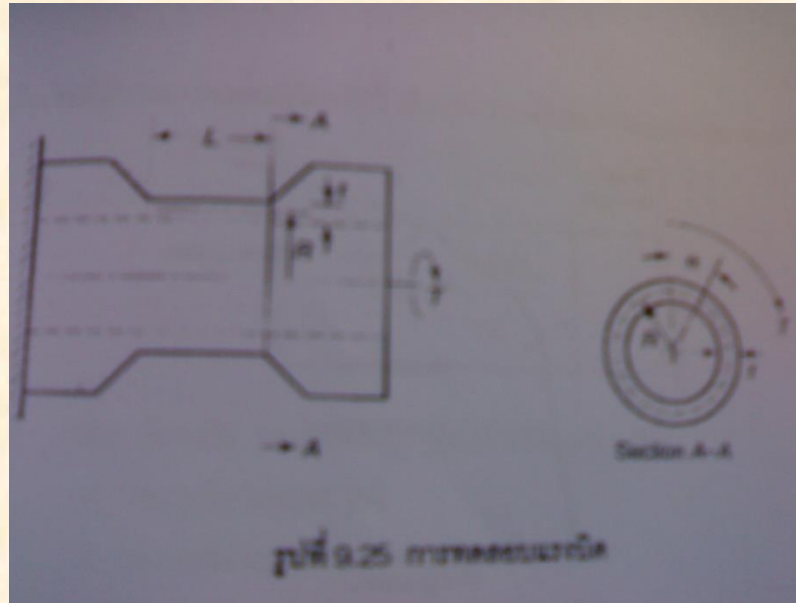
- วิธีวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง
- วิธีวัด 3 จุด
- วิธีรัศมี

การวัดแบบแกนร่วม 3 มิติ

เครื่องมือวัดที่มีความละเอียดเที่ยงตรงและรวดเร็ว สามารถวัดงานได้ในลักษณะ 3 มิติ การทำงานใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่และการบันทึกผลการวัด



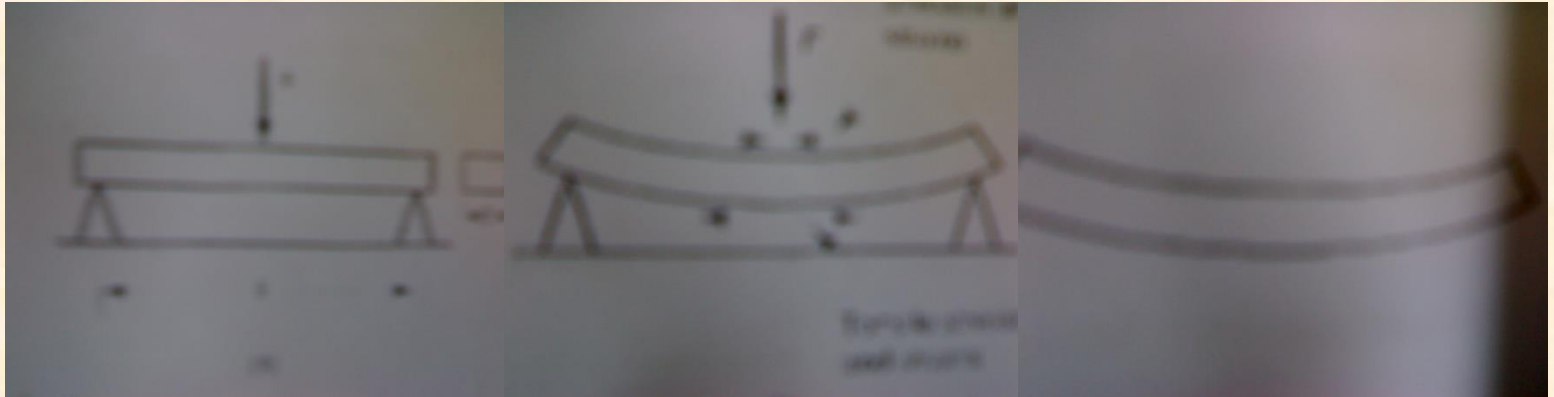
การทดสอบแรงบิด (Torsion Test)



การทดสอบแรงบิดขึ้นทดสอบทำจากท่อที่มีผนังบาง โดยนำชิ้นส่วนที่มีรูปร่างภาพตัดขวางเป็นวงกลม เมื่อเพิ่มแรงในการหมุนบิดขึ้นทดสอบจะเกิดการหมุนบิดหันเหไปจากแนวเดิมจนขาด

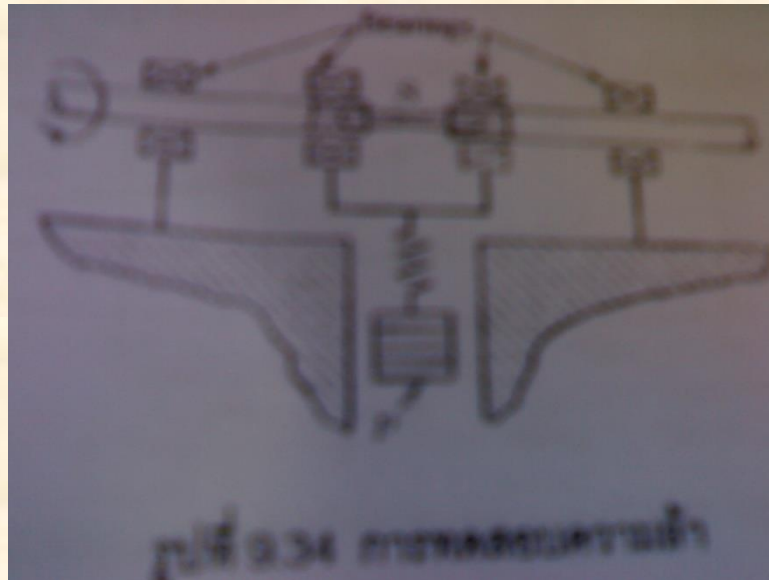
การทดสอบการดัดโค้ง

การทดสอบวิธีนี้ใช้ทดสอบแผ่นวัสดุ เมื่อมีแรงมากระทำจนเปลี่ยนรูปไป (**Plastic**) จะเกิดความเสียหายอย่างไรกับชิ้นทดสอบด้านที่ถูกแรงกระทำจะเกิดความเค้น และความเครียดในลักษณะการอัด ส่วนอีกด้านหนึ่งจะเกิดในลักษณะการดึง



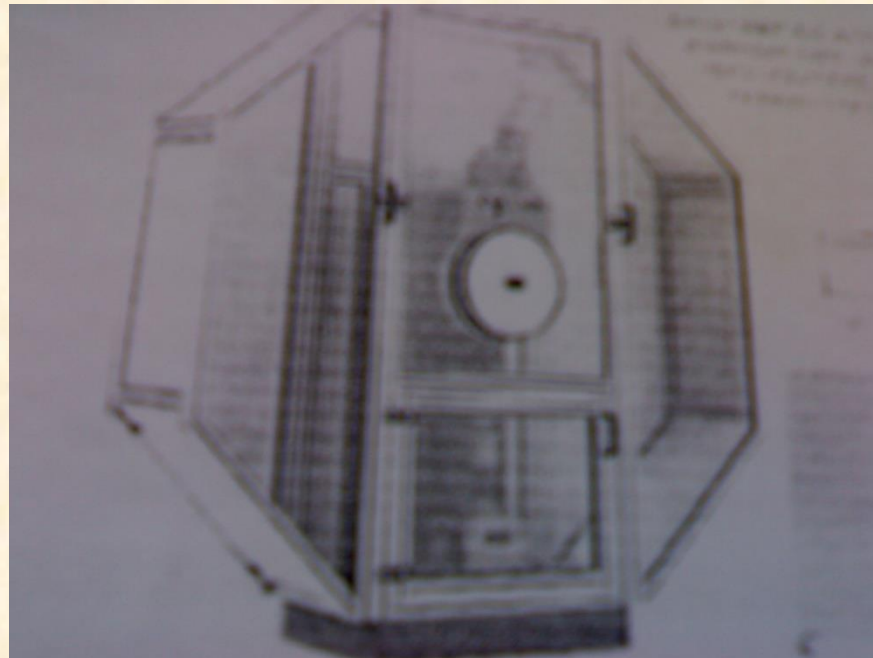
การทดสอบความล้า

การทดสอบในสถานะที่มีภาระนิ่งจากภายนอกกระทำ เช่น การดึง การอัด ค่าความเค้น หรือ ความเครียดที่ใช้ในการออกแบบจะไม่เกินจุดคราก แต่ในสถานะที่มีภาระไม่หยุดนิ่งมากระทำ การทดสอบพิจารณาการเกิดความล้าของชิ้นทดสอบ โดยการนำชิ้นทดสอบจำลองการใช้งาน



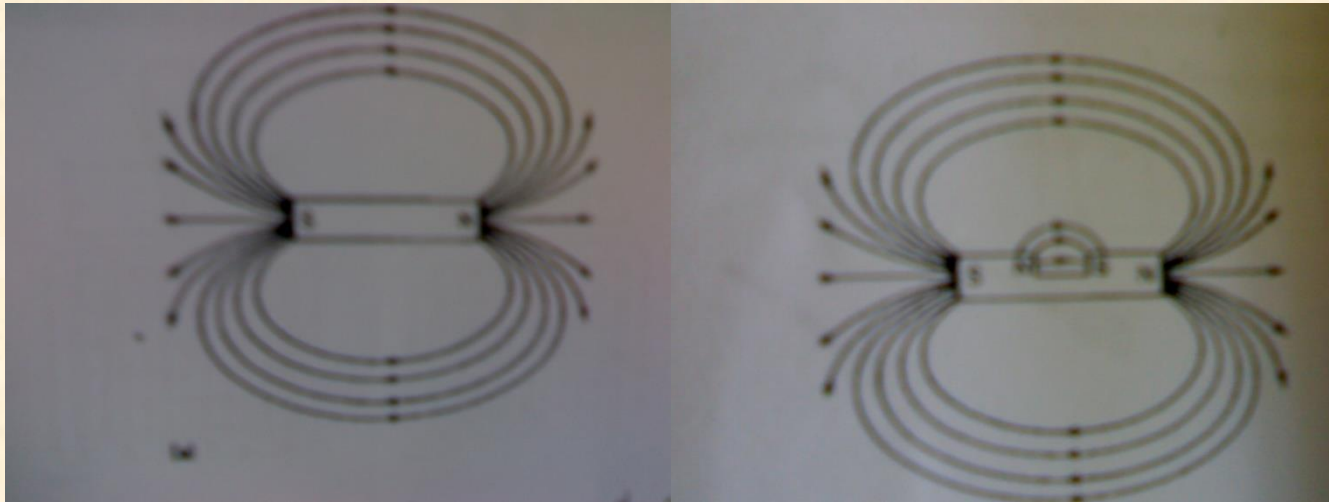
การทดสอบการกระแทก

ในการทดสอบการกระแทก ส่วนใหญ่ก็เพื่อหาความสามารถในการดูดกลืนพลังงานของวัสดุ ภายใต้แรงกระแทกเพราะในการออกแบบโครงสร้างของเครื่องจักรกลหรือชิ้นส่วนต่างๆ จะต้องมีความแข็งแรงเข้ามาเกี่ยวข้องและแพร่กระจายพลังงานไปยังวัสดุ หรือชิ้นส่วนเครื่องจักรอีกด้วย



การทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing)

เมื่อวัตถุจำพวกที่เกิดอำนาจแม่เหล็กได้หรือตกอยู่ภายใต้อิทธิพลของสนามแม่เหล็กวัตถุจะถูกเหนี่ยวนำและจะเกิดเส้นแรงแม่เหล็ก เมื่อปริมาณของเส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มมากขึ้นจนไม่สามารถไหลอ้อมผ่านตำแหน่งรอยแตกร้าวได้ ในที่สุดเส้นแรงแม่เหล็กเฉพาะส่วนนั้นจะเกิดการรั่วไหลยังเกิดเป็นขั้วแม่เหล็กขึ้นที่รอยแตกร้าวทั้งสองฝั่ง เกิดเป็นสนามแม่เหล็กย่อยขึ้น

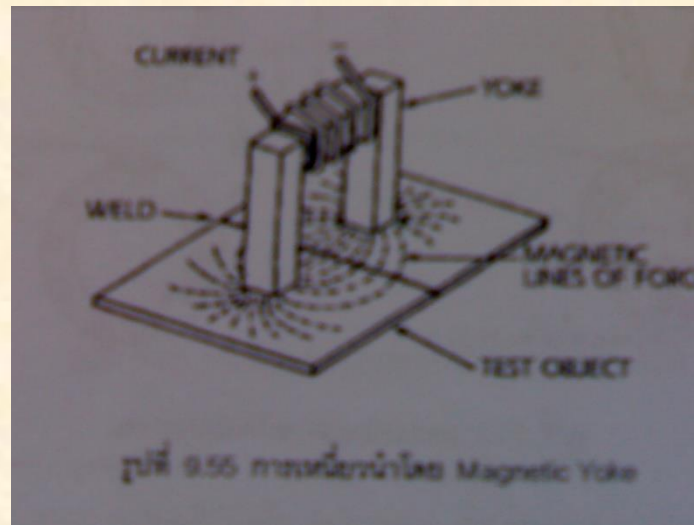


การทำชิ้นส่วนให้เป็นสนามแม่เหล็ก

การทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นที่ชิ้นงาน ทำได้โดยการเหนี่ยวนำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กจากเครื่องมือเหนี่ยวนำซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี การเหนี่ยวนำจำเป็นต้องให้เส้นแรงแม่เหล็กตัดกับทิศทางของรอยแตกร้าวให้มากที่สุด ถ้าทิศทางเส้นแม่เหล็กกับทิศทางรอยแตกร้าวจะไม่เกิดเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหล ขึ้นได้ ในทางปฏิบัติสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กตัดกับรอยแตกร้าวที่ทำมุม 90 องศาถึงมุม 45 องศาจึงไม่สามารถตรวจพบรอยบกพร่องนั้น เครื่องมือเหนี่ยวนำที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กได้แก่

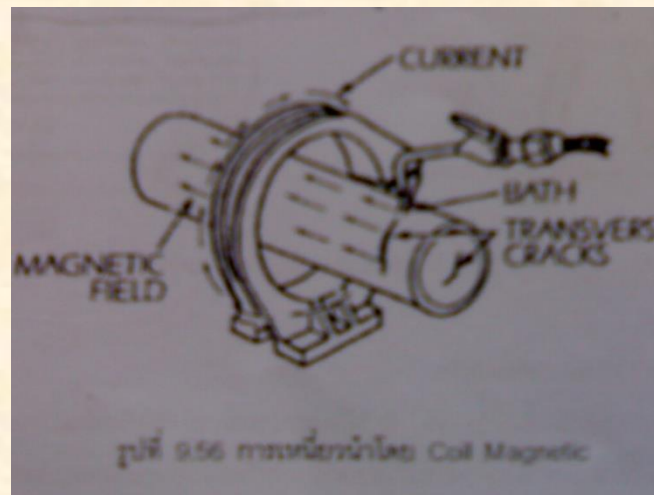
1. Magnetic Yoke

การเหนี่ยวนำโดยใช้ Yoke ให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กบนชิ้นงานนั้น เส้นแรงแม่เหล็กจะวิ่งจากขาของ Yoke จากข้างหนึ่งไปอีกข้างหนึ่งเป็นลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กตามยาว Yoke มีทั้งแบบปรับระยะได้และปรับไม่ได้ มีสวิตช์ปิด-เปิดจ่ายต่อการใช้งาน สนามแม่เหล็กไม่สามารถปรับได้และไม่สามารถตรวจงานที่มีพื้นที่กว้างและขนาดใหญ่ได้ เพราะว่าสนามแม่เหล็กไม่เพียงพอในการเหนี่ยวนำ



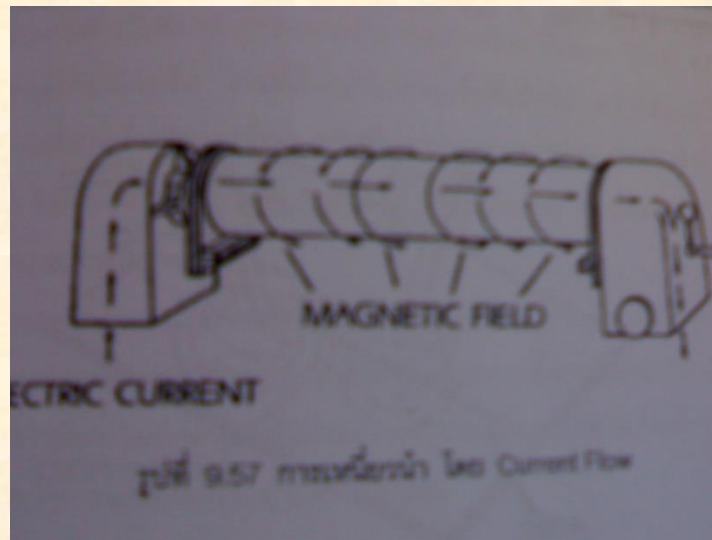
2. Coil Magnetic

กระแสไฟฟ้าที่ไหลตามเส้นลวดหรือ Coil จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กตามยาวบนชิ้นงาน ถ้าชิ้นงานมีขนาดใหญ่หรือรูปร่างซับซ้อน ไม่สามารถสอดผ่านได้ ให้ใช้สายเคเบิลพันรอบชิ้นงานแล้วผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก โดยสอดชิ้นงานเข้าช่องของขดลวดแล้วทำการเหนี่ยวนำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็ก



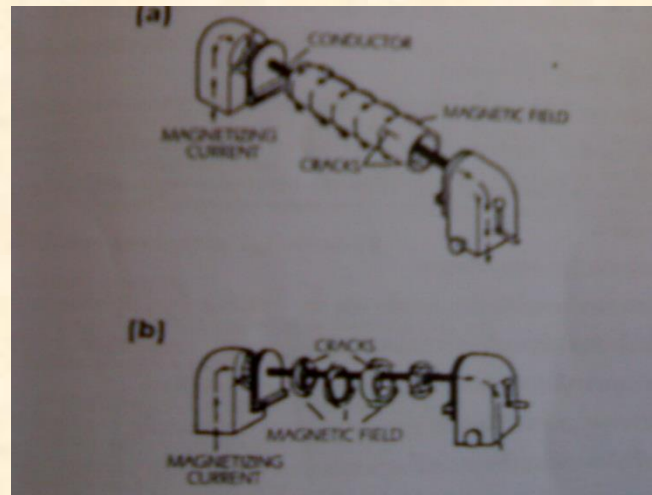
3. Current Flow

การเหนี่ยวนำโดยวิธีนี้จะใช้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานโดยตรง เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านชิ้นงานในทิศทางตามยาวของชิ้นงาน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านชิ้นงานจะต้องมีขนาดที่เหมาะสมกับขนาดรูปร่างของชิ้นงาน ซึ่งชิ้นงานส่วนใหญ่จะเป็นพวกท่อหรือเพลากลม สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเหนี่ยวนำวิธีนี้เรียกว่า สนามแม่เหล็กวงกลม



4. Central Conductor

การเหนี่ยวนำโดยวิธีนี้ใช้หลักการเดียวกับ Current Flow คือ เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านแกนนำ ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กจะตั้งฉากกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า กรรมวิธีการตรวจสอบนี้จะเหมาะกับชิ้นงานที่เป็นแท่งหรือแหวนที่ต้องการตรวจสอบหารอยแตกกร้าว กระแสไฟฟ้าที่ใช้จะต้องมีขนาดที่เหมาะสมกับชิ้นงาน



5. Prod Contacts

วิธีการเหนี่ยวนำแบบ Prod Contacts นี้ มีข้อดี คือ หัวตัวนำแยกอิสระจากกัน การทำงานจะใช้ หัวตัวนำหนึ่งไหลผ่านชิ้นงานไปยังอีกหัวตัวนำ จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นบนชิ้นงานรอบๆ หัวตัวนำ ขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ต้องพอดีกับขนาดของชิ้นงานและระยะห่างระหว่างหัวตัวนำทั้งสอง ซึ่งอาจจะมีทางขนานกับทิศทางการเหนี่ยวนำเส้นแรงแม่เหล็กได้

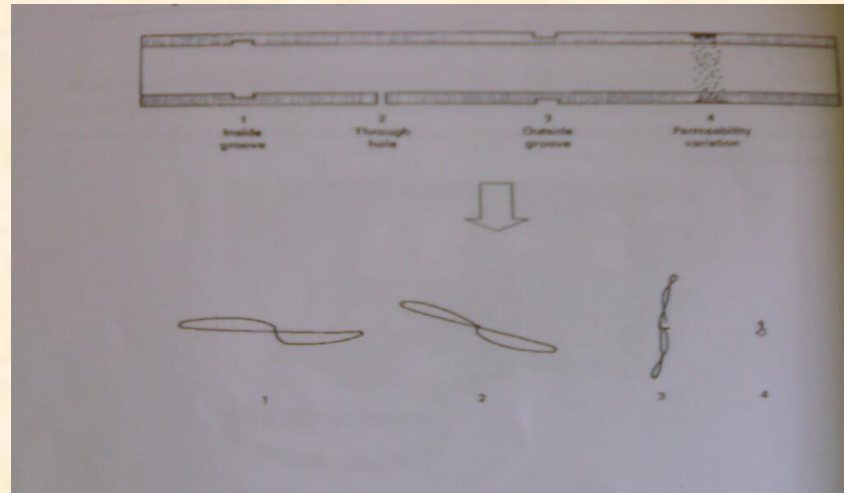


การตรวจสอบ

ในการตรวจสอบด้วยกระแสไฟฟ้าไหลวนนั้น อุปกรณ์ที่ใช้จะมีแบบขึ้นอยู่กับลักษณะของ
ชิ้นงานและจุดประสงค์ของการตรวจสอบโดยมีขดลวดอยู่ภายในซึ่งสะดวกในการตรวจสอบและ
เคลื่อนย้าย

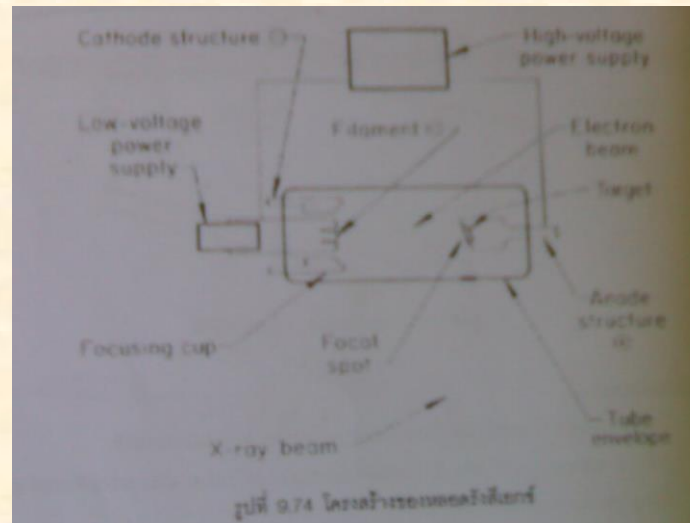


ในการตรวจสอบหารอยร้าว หรือข้อบกพร่องของชิ้นงานที่มีลักษณะรูปร่างแตกต่างกัน เช่น รอยร้าว รูกลอง หรือต้องการวัดขนาดของความหนาของชิ้นงาน ความกว้างของรอยบาก เมื่อปล่อย กระแสไฟไหลผ่านไปยังชิ้นงาน จนเกิดสนามแม่เหล็ก หัวตรวจสอบที่มีวงจรดีเทคเตอร์ก็จะมีการแปร ความถี่สัญญาณออกไปแสดงผลทางจอภาพ เป็นเส้นสัญญาณแสดงผล ก็จะมีลักษณะรูปร่างแตกต่างกัน ตามรูปร่างของจุดบกพร่อง



การกำเนิดรังสีเอกซ์ (X-RAY)

การกำเนิดรังสีเอกซ์ เป็นประเภทรังสีที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น เกิดขึ้นภายในหลอดแก้วสุญญากาศ เมื่ออิเล็กตรอนวิ่งชนเป้าโลหะจะเกิดการสูญเสียพลังงานจนเป็นผลให้เกิดรังสีเอกซ์ขึ้น หรือเรียกเป็นภาษาเยอรมันว่า Bremsstrahlung แปลว่า “ Breaking Radiation”



โครงสร้างของหลอดรังสีเอกซ์ เป็นภาชนะสุญญากาศ ทำด้วย Pyrex หรือ Ceramic ซึ่งทนต่อความร้อนปละสภาวะสุญญากาศ ภายในหลอดรังสีเอกซ์ต้องจัดให้เป็นสุญญากาศด้วย

เหตุผล 3 ประการ คือ

1. เพื่อไม่ให้ขั้วไฟฟ้าเกิดออกไซด์
2. เพื่อทำให้อิเล็กตรอนอิสระที่ขั้วลบ สามารถเคลื่อนที่ไปยังเป้าได้โดยไม่สูญเสียพลังงาน
3. เพื่อให้เกิดเป็นฉนวนไฟฟ้าระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ Filament จะยึดกับส่วนที่เป็น Pyrex หรือ Ceramic ซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวนศักย์ไฟฟ้าสูง

การกำเนิดรังสีแกมมา (Gamma Source)

รังสีแกมมาได้จากการสลายตัวของไอโซโทปรังสีเนื่องจากสภาวะไม่สมดุลย์ของอัตราส่วนนิวตรอนต่อโปรตรอน ในนิวเคลียสใหม่พร้อมทั้ง คายพลังงานด้วยการแผ่รังสีแกมมาออกมา ที่ใช้ในงานถ่ายภาพด้วยรังสีจำแนก

ได้ 3 ประเภท

1. แหล่งกำเนิดรังสีที่สกัดจากแร่กัมมันตรังสีในธรรมชาติ
2. แหล่งกำเนิดรังสีที่ผลิตจากการอาบรังสี
3. แหล่งกำเนิดรังสีที่ผลิตจากการอาบรังสี

ข้อเปรียบเทียบเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์และรังสีแกมมา

เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์	ต้นกำเนิดรังสีแกมมา
1. ปรับพลังงานและความเข้มรังสีได้	1. พลังงานและความเข้มรังสี ขึ้นอยู่กับชนิดและความแรงของต้นกำเนิด
2. ต้องการไฟฟ้าในการทำงาน	2. ไม่ต้องการไฟฟ้า
3. สามารถควบคุมการแผ่รังสีได้ จึงทำให้ ปลอดภัย ในการทำงานดีกว่า	3. แผ่รังสีออกมาตลอดเวลา
4. มีจุดโฟกัสเล็กจึงทำให้ภาพมีความคมชัดกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระยะระหว่างจุดโฟกัสมีค่าน้อย	4. ต้นกำเนิดรังสีแกมมา มีขนาดโตกว่าจุดโฟกัสของ หลอดรังสีเอกซ์ ดังนั้นเมื่อระยะห่างระหว่างต้นกำเนิด รังสีกับฟิล์มมีค่าน้อย ภาพจะไม่คมชัด
5. การบำรุงรักษา และระมัดระวังในการทำงาน เพื่อจะ ได้อายุการใช้งานนาน	5. อายุการใช้งาน ขึ้นอยู่กับค่าครึ่งชีวิตของไอโซโทป รังสีที่ใช้

ความปลอดภัยทางรังสี

รังสีเป็นอันตรายต่อเซลล์สิ่งมีชีวิต ดังนั้นผู้ปฏิบัติหน้าที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องศึกษาและมีความรู้เกี่ยวกับวิธีป้องกันอันตรายจากรังสีเบื้องต้น โดยมีพื้นฐานดังนี้

1. ใช้เวลาในการปฏิบัติงานให้น้อยที่สุด โดยเฉลี่ย 2.5 mR/Hr. (มิลลิแรม/ชั่วโมง)
2. หากเป็นไปได้ให้ใช้ระยะทางในการปฏิบัติงานห่างจากรังสีให้มากที่สุด
3. ใช้วัสดุที่มีความหนาแน่นสูงมาเป็นฉากกำบัง

ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณรังสีที่ได้รับ ซึ่งการวัดอาจจะใช้มาตรวัด Survey Meter เพื่อทำการวัดปริมาณรังสีและมีเสียงเตือนประกอบด้วย สำหรับผู้ปฏิบัติงานจะต้องมี Film Badge หรือ TLD ติดตัวตลอดเวลาที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับรังสี เพื่อวัดปริมาณรังสีที่ปฏิบัติงานได้รับ

การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานแบบไม่ทำลาย

ในการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานนั้นจะมีทั้งการตรวจสอบแบบทำลายและการตรวจสอบแบบไม่ทำลายซึ่งในตำราเล่มนี้จะกล่าวถึงการตรวจสอบแบบไม่ทำลายเพราะเป็นวิธีที่คงสภาพชิ้นงานอยู่ และจะกล่าวถึงในส่วนของการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานแบบไม่ทำลาย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



9.3.1 การตรวจสอบโดยใช้คลื่นความถี่สูง

ในการตรวจสอบโดยใช้คลื่นความถี่สูง (Ultrasonic testing) จะใช้คลื่นความถี่สูงกว่า 20 kHz ขึ้นไป ซึ่งทั่วไปแล้วเป็นความถี่สูงเกินกว่ามนุษย์จะได้ยิน ในด้านข้อดีข้อเสียของการทดสอบชนิดนี้จะเสนอในตารางที่ 9.2

ตารางที่ 9.2 ข้อดีข้อเสียของการตรวจสอบโดยใช้คลื่นความถี่สูง

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถตรวจสอบตำหนิที่เกิดขึ้นภายในชิ้นงานได้ 2. ใช้เวลาเท่ากันไม่ว่ารูปทรงชิ้นงานมีหน้าตัดหรือความหนาต่างกัน 3. ตรวจวัดด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น 4. ไม่มีผลกระทบเกี่ยวกับรังสีกับผู้ตรวจสอบ	1. ผู้ตรวจสอบต้องมีความชำนาญสูง 2. ระยะเวลาในการตรวจสอบมีความเร็วอยู่ระดับปานกลาง 3. หากยิงคลื่นไม่ถูกตำแหน่งก็จะไม่พบรอยตำหนิที่เกิดขึ้นภายในชิ้นงานได้ 4. ต้องใช้การทาเจลบนชิ้นงานบริเวณที่วางตัวเซ็นเซอร์

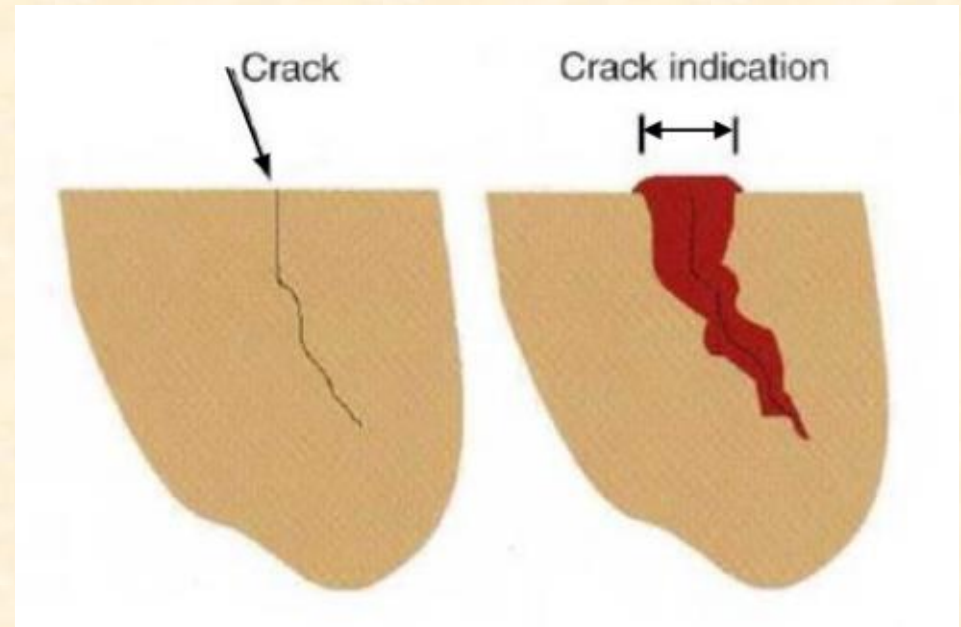


9.3.2 การใช้สารละลายแทรกซึม

การตรวจสอบด้วยการใช้น้ำยาแทรกซึม (Penetrant testing) จะใช้หลักการของปฏิกิริยาแทรกซึม ระดับของการแทรกซึมจะขึ้นอยู่กับ แรงดึงดูด ความตึงผิว ความหนืดของของเหลวที่ใช้ทำปฏิกิริยาแทรกซึม เป็นต้น แต่ชิ้นงานที่ทำการทดสอบต้องไม่ดูดซึมของเหลวหรือมีเนื้อเป็นรูพรุน ข้อดีข้อเสียของการทดสอบชนิดนี้จะเสนอในตารางที่ 9.3

ตารางที่ 9.3 ข้อดีข้อเสียของการตรวจสอบด้วยการใช้น้ำยาแทรกซึม

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน 2. สามารถแสดงตำแหน่งและลักษณะของรอยตำหนิที่เกิดขึ้นได้ 3. ราคาถูก 4. พกพาสะดวก	1. ไม่สามารถตรวจสอบตำหนิภายในชิ้นงานได้ 2. สารเคมีมีอันตราย 3. ต้องเตรียมพื้นผิวชิ้นงานก่อนการทดสอบ 4. ต้องใช้สายตาคนในการประเมินผลงานทดสอบ อาจคลาดเคลื่อนได้ 5. ข้อจำกัดกับชิ้นงานที่ดูดซึมของเหลวหรือมีเนื้อเป็นรูพรุน

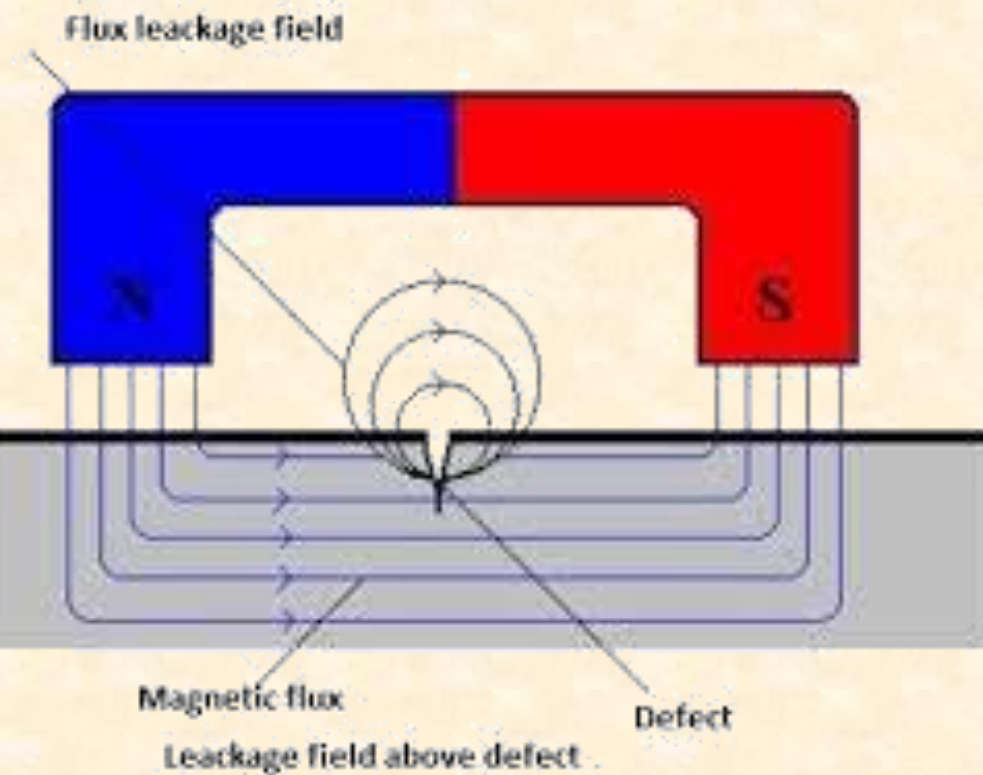


9.3.3 การใช้อนุภาคผงแม่เหล็ก

การใช้อนุภาคผงแม่เหล็ก (Magnetic particle testing) เป็นการทดสอบคล้ายกับการทดสอบด้วยการใช้น้ำยาแทรกซึมแต่จะเปลี่ยนจากน้ำยาเป็นการใช้ผงแม่เหล็กและใช้รังสีจากหลอดแบล็คไลท์ในการช่วยบอกตำแหน่งรอยตำหนิ ข้อดีข้อเสียของการทดสอบชนิดนี้จะเสนอในตารางที่ 9.4

ตารางที่ 9.4 ข้อดีข้อเสียของการตรวจสอบด้วยการใช้อนุภาคผงแม่เหล็ก

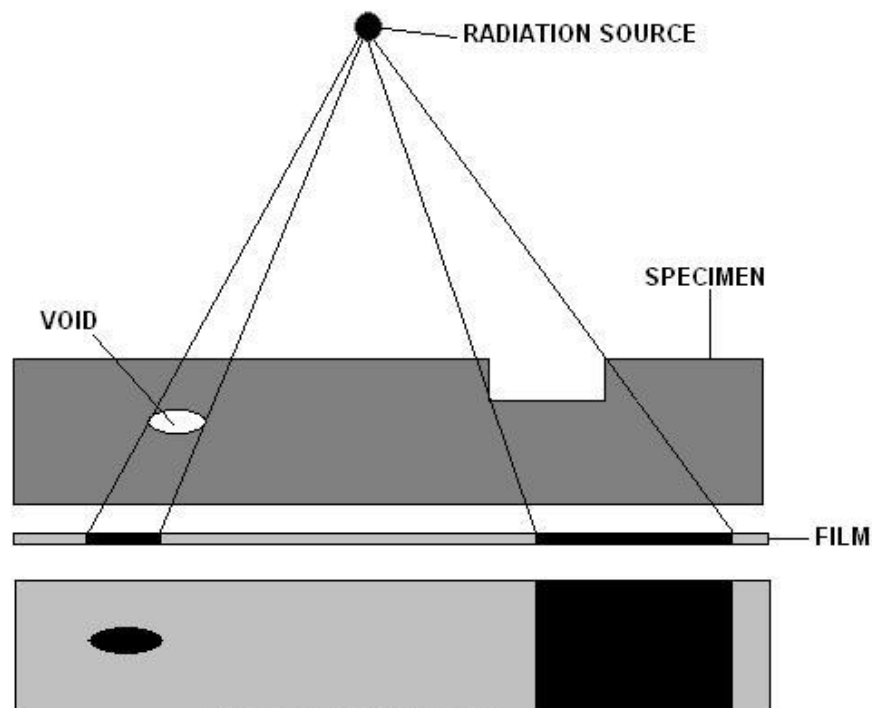
ข้อดี	ข้อเสีย
1. ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน	1. ไม่สามารถตรวจสอบตำหนิภายในชิ้นงานได้
2. สามารถแสดงตำแหน่งและลักษณะของรอยตำหนิที่เกิดขึ้นได้	2. ต้องใช้กับชิ้นงานที่มีการเหนี่ยวนำแม่เหล็กได้
3. สามารถทดสอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็กและใหญ่ได้	3. ใช้ไฟฟ้าในการทดสอบ
4. ไม่ต้องเตรียมพื้นผิวชิ้นงานก่อนการทดสอบ	4. ต้องใช้สายตาคนในการประเมินผลงานทดสอบซึ่งอาจคลาดเคลื่อนได้
	5. ต้องใช้รังสีจากหลอดไฟแบล็คไลท์หรือแสงยูวี ที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ



9.3.4 การฉายรังสี

การฉายรังสี (Radiography testing) เป็นการทดสอบโดยใช้คลื่นเอ็กซ์เรย์ (X-ray) ซึ่งเป็นคลื่นไฟฟ้าที่มีความถี่สูงสามารถแทรกซึมโลหะและวัสดุทึบแสงได้ ค่าพลังงานรังสีเอ็กซ์จะประมาณ 5-10 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ ข้อดีข้อเสียของการทดสอบชนิดนี้จะเสนอในตารางที่ 9.5 ตารางที่ 9.5 ข้อดีข้อเสียของการตรวจสอบด้วยการฉายรังสี

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถตรวจสอบตำหนิทั้งภายในและภายนอกชิ้นงานได้ 2. ไม่ต้องเตรียมพื้นผิวชิ้นงานก่อนการทดสอบ 3. สามารถบันทึกผลการทดสอบได้ 4. สามารถแสดงตำแหน่งและลักษณะของรอยตำหนิที่เกิดขึ้นได้	1. รังสีเป็นอันตรายต่อสุขภาพ 2. ผู้ตรวจสอบต้องมีความชำนาญสูง 3. ใช้เวลานานในการทดสอบ 4. ราคาสูง

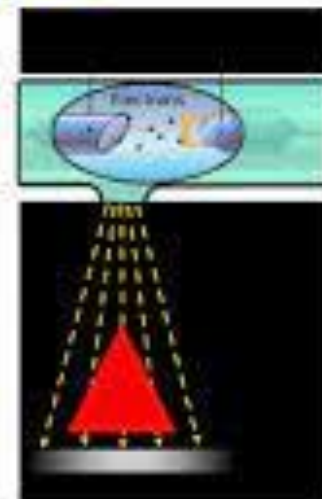
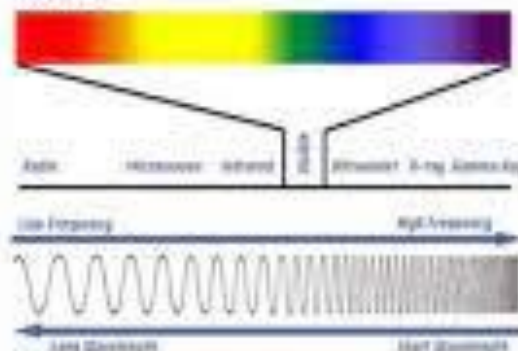


PLAN VIEW OF THE FILM

DARKER AREAS (AFTER PROCESSING)

Radiography

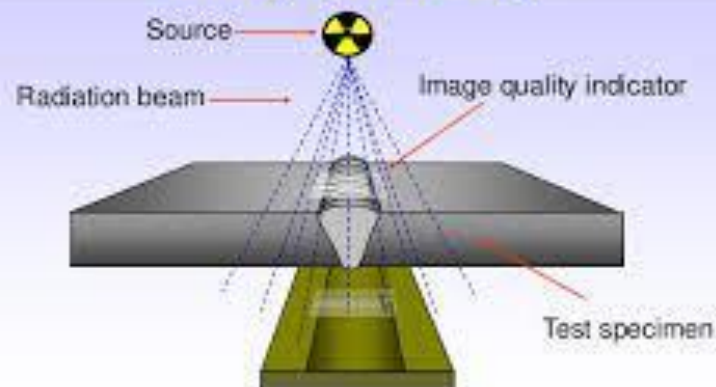
- The radiation used in radiography testing is a higher energy (shorter wavelength) version of the electromagnetic waves that we see as visible light. The radiation can come from an X-ray generator or a radioactive source.



X-ray Generator or Radioactive Source Creates Radiation



Radiographic Testing



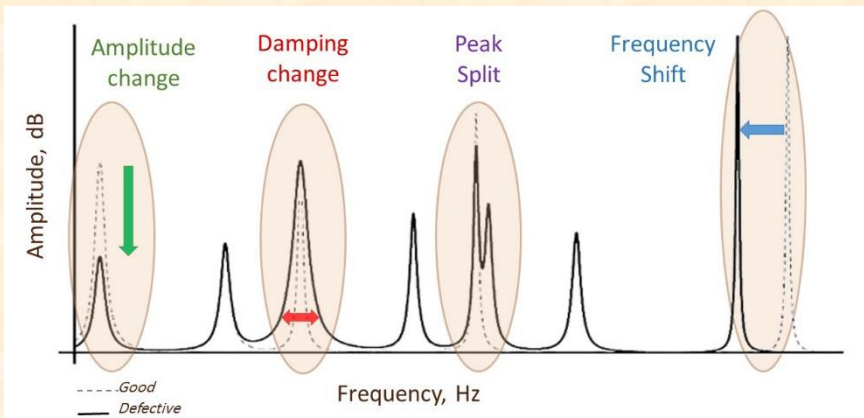
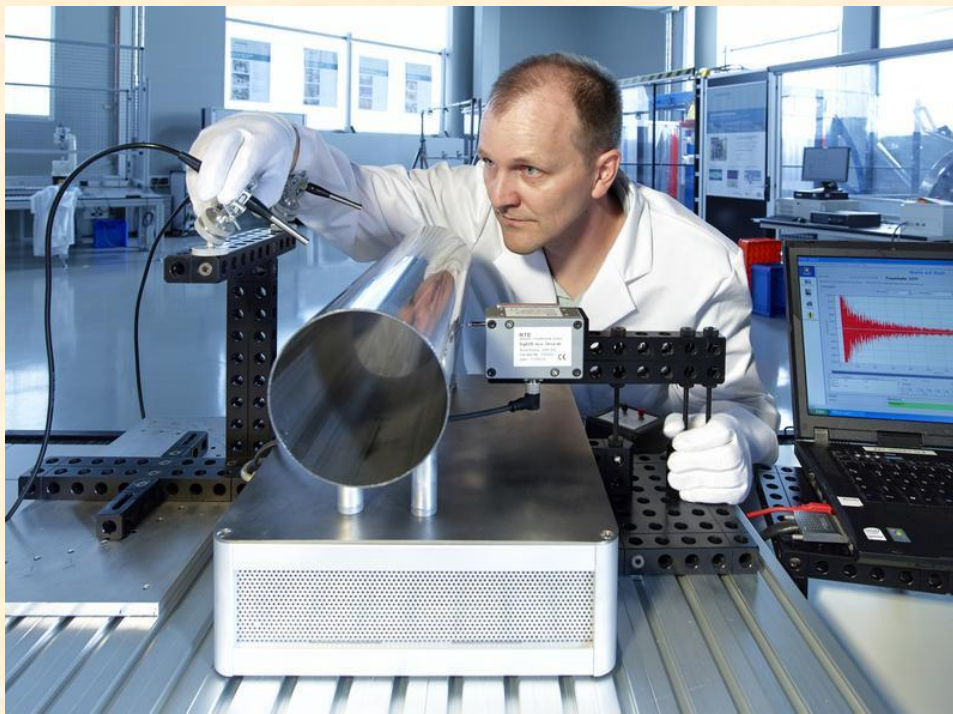
Radiographic film with latent image after exposure

9.3.5 การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงจากการสั่นสะเทือน

การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงจากการสั่นสะเทือน (Resonant acoustic testing) เป็นการทดสอบจากคลื่นเสียงที่ได้จากการสั่นสะเทือนที่ชิ้นงานและใช้เครื่องตรวจสอบแล้วนำมาวิเคราะห์ลักษณะคลื่นเพื่อบ่งบอกถึงรอยตำหนิภายในชิ้นงาน ข้อดีข้อเสียของการทดสอบชนิดนี้จะเสนอในตารางที่ 9.6

ตารางที่ 9.6 ข้อดีข้อเสียของการตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงจากการสั่นสะเทือน

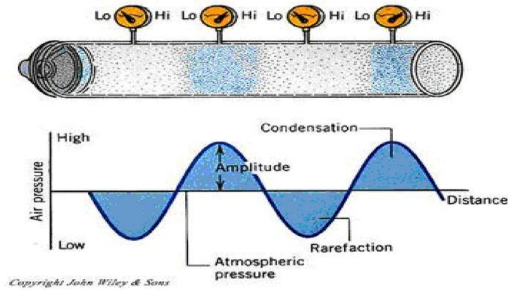
ข้อดี	ข้อเสีย
1. ไม่ต้องเตรียมพื้นผิวชิ้นงานก่อนการทดสอบ	1. ไม่สามารถระบุตำแหน่งรอยตำหนิที่เกิดบนชิ้นงานได้
2. ทดสอบชิ้นงานได้เร็วมาก ≈ 1 ชิ้น/วินาที	2. ต้องทำข้อมูลใหม่เมื่อเปลี่ยนชิ้นงาน
3. มีความแม่นยำในการทดสอบ เพราะตรวจวัดโดยใช้เครื่องตรวจสอบ	3. ราคาสูง
4. สามารถทดสอบชิ้นงานได้หลายรูปทรง	4. ต้องใช้ชิ้นงานโลหะเท่านั้น
5. ใช้งานง่าย	



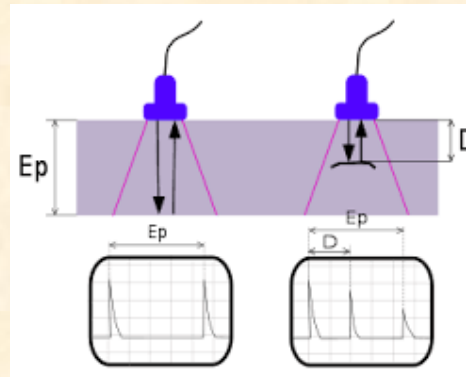
คลื่นเสียง

เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุและเรียกวัตถุที่สั่นสะเทือนว่าแหล่งกำเนิดเสียง

คลื่นเสียง (Sound Waves) เป็นคลื่นตามยาว เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ไปในอากาศ จะพบว่าการถ่ายเทพลังงานเสียงของโมเลกุลของอากาศนั้น โมเลกุลเคลื่อนที่กลับไปกลับมา (เกิดการสั่น)



มนุษย์จะได้ยินเสียงที่มาจากแหล่งกำเนิดเสียงที่สั่นด้วยความถี่ประมาณ 20-20,000 เฮิรตซ์



เอกสารอ้างอิง

1. ชลิตต์ มธุรสมนตรี ปราโมทย์ พูนนายม กุลชาติ จุลเพ็ญ, กระบวนการผลิต (Manufacturing Processes) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ, กรุงเทพฯ, 2544
2. สารัมย์ บุญมี, Engineering Materials – วัสดุวิศวกรรม และ foundry sands, สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
3. อนุวัฒน์ จุติลาภถาวร, กรรมวิธีการผลิต2, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรักษ์ ,2548
4. SCHULER, Metal Forming Handbook, Springer, Verlag Berlin Heidelberg New York, 1998
5. Repp McCarthy, Metalwork Technology and Practice, New York, 1989
6. Matthew Yuen, Extrusion , Research. May 15, 2009 from <http://faculty.ksu.edu.sa/maesaleh/IE%20351/Ch6-Extrusion.ppt>
7. ทวี เทศเจริญ, กรรมวิธีการผลิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2536.
8. สารัมย์ บุญมี, Engineering Materials, สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, Research. May 15, 2008 from <http://www.sut.ac.th/Engineering/Metal/courses/engmat.html>
9. ปัญญา บัวสมบุรา และอุษณีย์ กิตกำธร, Physical Metallurgy Lab I, สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, Research. May 15, 2012 from <http://www.sut.ac.th/Engineering/Metal/courses/phymet1.html>
10. ธรรม์ณชาติ วันแต่ง, ความแข็งแรงของวัสดุ. 260 หน้า. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2560.