# เครื่องทดสอบรอยร้าวด้วยอนุภาคแม่เหล็กแบบเคลื่อนที่

พิชิต เพ็งสุวรรณ

057713
ว.538.362
พ.647
2547

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตภาคใต้
ครุศาสตร์วิศวกรรมอุตสาหการ
2547

# บทคัดย่อ

เครื่องทดสอบรอยร้าวของเพลาด้วยอนุภาคแม่เหล็กแบบเคลื่อนที่ ที่สร้างขึ้นนี้สามารถทดสอบหารอยร้าวของเพลาบนผิววัสดุเฟอร์โรแมคเนติคตามแนวขวางได้ดีและตามแนวยาวได้ในระดับพอใช้งานได้ ข้อเด่นของเครื่องนี้คือสามารถเคลื่อนที่ไปใช้งานในบริเวณที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้ได้ ทำให้แก้ปัญหางานที่อยู่บริเวณที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้ได้ ผลประสิทธิภาพของเครื่องนั้นสามารถบ่งบอกข้อพกพร่องที่เกิดขึ้นในชิ้นงานได้อย่างน่าพอใจ แต่เพื่อความปลอดภัย ในงานที่มีความเสี่ยงสูงควรใช้เครื่องทดสอบชนิดอื่นด้วย เครื่องทดสอบนี้ทำได้โดยใช้หลักการของโย้คแม่เหล็กไฟฟ้าและขดลวดนำไฟฟ้า ส่วนที่เป็นโย้คแม่เหล็กไฟฟ้าจะใช้สร้างสนามแม่เหล็กในแนวยาวกับชิ้นงาน แหล่งกระแสไฟที่ใช้ได้จากแบตเตอร์รี่ ขนาด 12 V. 9 Ah. ชิ้นงานได้การทดสอบรอยร้าวทั้งวิธีแบบเปียกและแบบแห้ง

# สารบัญรูป


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | แม่เหล็กมีขั้วเหนือขั้วใต้ | 3 |
| 2.2 | แม่เหล็กสามารถดูดและผลักแม่เหล็กอื่นได้ | 4 |
| 2.3 | แสดงของรอยแตกของแม่เหล็กแล้วทำให้เกิดขั้วใหม่ขึ้น | 4 |
| 2.4 | แสดงของรอยแตกของแม่เหล็กแล้วทำให้เส้นแรงแม่เหล็กบิดเบี้ยว | 4 |
| 2.5 | แสดงแม่เหล็กตามแนวยาว | 5 |
| 2.6 | โค้งงอสนามแม่เหล็กเกือบเป็นวงกลมแล้วทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กขึ้น | 5 |
| 2.7 | สนามแม่เหล็กวงกลม โดยรอบตัวนำ | 5 |
| 2.8 | ลักษณะของสนามแม่เหล็กเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไป | 6 |
| 2.9 | แสดง Permanent Magnet yoke | 7 |
| 2.10 | แสดง Coil Shot | 7 |
| 2.11 | Cable Wrap | 8 |
| 2.12 | Yoke | 8 |
| 2.13 | แสดงขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กในแนวยาว | 9 |
| 2.14 | กฎมือขวา | 9 |
| 2.15 | การไหลของสนามแม่เหล็กทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบชิ้นงาน | 10 |
| 2.16 | การไหลของกระแสทำให้เกดสนามแม่เหล็กวงกลม | 11 |
| 2.17 | การไหลของกระแสทำให้เกดสนามแม่เหล็กทางอ้อมและวงกลม | 11 |
| 2.18 | การใช้หัวตัวนำ | 11 |
| 2.19 | อุปกรณ์ | 13 |
| 2.20 | ผงเหล็กชนิดแห้ง | 14 |
| 3.1 | เครื่องทดสอบรอยร้าว | 18 |
| 3.2 | แบตเตอรี่เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงาน | 19 |
| 3.3 | ขดลวดที่เคลือบน้ำยาเพื่อให้ผิวเป็นฉนวน | 20 |
| 3.4 | ขดลวดภายหลังจากพันเรียบร้อยแล้ว | 20 |
| 3.5 | ขาตั้งชิ้นงานและขาตั้งขดลวด | 21 |
| 4.1 | การทดลองตามแนวยาว | 23 |

# สารบัญรูป


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4.2 | แสดงเส้นแรงแม่เหล็กตามแนวขวาง | 24 |
| 4.3 | เส้นแรงแม่เหล็กทางด้านข้าง | 24 |
| 4.4 | แสดงเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อใช้Coil 2 ชุด หันหน้าเข้าหากัน | 25 |
| 4.5 | แสดงเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อใช้Coil 2 ชุด หันหน้า ทำมุม 45 องศาต่อกัน | 25 |
| 4.6 | รูปของเพลาข้อเหวี่ยงชิ้นงานที่ใช้ทดสอบ | 27 |
| 4.7 | รูปรอยร้าวของเพลา | 28 |
| 4.8 | รูปรอยร้าวของเพลา | 28 |
| 4.9 | รอยร้าวของเพลาในจุดต่าง ๆ | 29 |
| 4.10 | ชิ้นส่วนของปากกาจับชิ้นงาน | 29 |
| 4.11 | รอยร้าวของปากกาจับชิ้นงาน | 30 |

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | ก |
| สารบัญ | ข |
| สารบัญรูป | ง |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาของโครงการ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของการศึกษา | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การตรวจสอบรอยร้าวด้วยผงแม่เหล็ก** | 3 |
| 2.1 ลักษณะของสนามแม่เหล็ก | 3 |
| 2.1.1 สนามแม่เหล็กตามแนวยาว | 3 |
| 2.1.2 สนามแม่เหล็กวงกลม | 5 |
| 2.2 การทำชิ้นงานให้เป็นแม่เหล็ก | 6 |
| 2.2.1 แมกเนติคยอค | 6 |
| 2.3 ขดลวดตัวนำ | 8 |
| 2.4 กระแสไหลผ่านชิ้นงาน | 10 |
| 2.5 การใช้หัวตัวนำ | 11 |
| 2.6 ชนิดของกระแสไฟฟ้า | 12 |
| 2.7 ผงเหล็ก | 13 |
| 2.7.1 ผงเหล็กชนิดแห้ง | 13 |
| 2.7.2 ผงเหล็กชนิดเปียก | 14 |
| 2.8 ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยผงเหล็ก | 14 |
| 2.8.1 การเตรียมงานตรวจสอบ | 14 |
| 2.8.2 การเลือกขบวนการตรวจสอบ | 14 |
| 2.8.3 การทำชิ้นงานให้เป็นแม่เหล็ก | 14 |

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| 2.8.4 การตรวจหาจุดบกพร่อง | 15 |
| 2.8.5 การแปลความหมายของจุดบกพร่อง | 15 |
| 2.8.6 การทำความสะอาดขั้นสุดท้าย | 15 |
| 2.8.7 การคลายอำนาจแม่เหล็กตกค้าง | 15 |
| 2.9 คุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็ก | 15 |
| **บทที่ 3 วิธีดำเนินการ** | |
| 3.1 การออกแบบรูปร่างกล่องชิ้นงาน | 18 |
| 3.2 วงจรไฟฟ้า | 21 |
| **บทที่ 4 การวิเคราะห์และการทดลอง** | 23 |
| 4.1 ทิศทางของสนามแม่เหล็ก | 23 |
| 4.2 ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นจากอำนาจแม่เหล็ก | 27 |
| 4.3 การทดลองหาจุดบกพร่องของชิ้นงานเพลา | 27 |
| 4.4 ขั้นตอนการใช้เครื่องตรวจสอบรอยร้าวด้วยอนุภาคแม่เหล็ก | 30 |
| **บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ** | 31 |
| 5.1 สรุปผล | 31 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 31 |
| 5.2.1 การลบอำนาจแม่เหล็กตกค้างบนชิ้นงาน | 32 |
| 5.2.2 การจัดซื้ออุปกรณ์มาตราฐานบางตัวราคาค่อนข้างสูง | 32 |
| 5.2.3 การออกแบบควรใช้ชิ้นส่วนมาตราฐาน | 32 |
| 5.2.4 ระวังอันตรายที่อาจเกิดขึ้น | 32 |
| 5.2.5 เครื่องนี้เหมาะกับการใช้สำหรับการทดสอบเป็นการเบื้องต้น | 32 |
| 5.2.6 การทดสอบควรกระทำในระยะเวลาที่ความเข้มของกระแสไฟฟ้าสูง | 32 |

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

การตรวจสอบรอยร้าวของชิ้นงาน เป็นงานที่มีความสำคัญสำหรับงานเชื่อม การพังของชิ้นส่วนวิศวกรรม หากมีการตรวจสอบพบจะได้แก้ไขก่อนใช้งานต่อไป ป้องกันการพัง และอุบัติเหตุต่าง ๆ ได้ การตรวจสอบรอยร้าวในชิ้นส่วนที่เป็นโลหะมีหลายวิธี แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 2 กลุ่ม คือ การตรวจสอบแบบทำลายและไม่ทำลายชิ้นงาน

การทดสอบแบบไม่ทำลาย คือ การทดสอบที่หลังจากการทดสอบแล้วชิ้นทดสอบไม่เกิดความเสียหายใดๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ตรวจสอบกับชิ้นงานจริง เพื่อตรวจสอบดูถึงคุณภาพของชิ้นงานและชิ้นงานที่ถูกตรวจสอบก็สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก

การทดสอบแบบไม่ทำลายมีอยู่หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็มีลักษณะการใช้ที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่

1. การตรวจด้วยอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic Testing : UT)
2. การตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection)
3. การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม (Liquid Penetrate Testing : PT)
4. การตรวจสอบด้วยอนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing : MT)
5. การตรวจสอบด้วยการถ่ายภาพรังสี (Radiographic Testing : RT)

การจะเลือกใช้วิธีการตรวจสอบใดนั้น ขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายและข้อตำหนิที่ต้องการตรวจสอบ รวมทั้งข้อจำกัดของแต่ละกรรมวิธีด้วย

การตรวจสอบรอยร้าวด้วยอนุภาคแม่เหล็ก เป็นวิธีการตรวจสอบวิธีหนึ่ง ที่นิยมใช้กันในวงการอุตสาหกรรม เพื่อหารอยตำหนิของชิ้นงานที่เป็นสารแม่เหล็กบริเวณผิวงาน แต่เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้เป็นแบบที่อยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ หรือเป็นสถานที่ต้องมีกระแสไฟฟ้า ดังนั้นจึงไม่สะดวกในการใช้งาน และเครื่องมือมีราคาแพง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว คณะผู้สร้างจึงคิดที่จะทำเครื่องมือตัวนี้ขึ้น เพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนและใช้ในงานอุตสาหกรรมต่อไป การตรวจสอบรอยร้าวด้วยอนุภาคแม่เหล็กจะทดสอบจุดบกพร่องเช่นรอยร้าวแบบหยาบ ๆ การทำความสะอาดผิวหน้าเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น กระแสไฟที่ใช้สามารถทำได้ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ โยกที่ใช้ทดสอบอาจจะเป็นแบบ 2 ขา หรือแบบขาเดียวก็ได้ การทำให้เป็นแม่เหล็ก ( magnetization ) โดยทั่วไปจะใช้ไฟ Ac ที่ 50 – 60 Hz เพื่อตรวจสอบผิวหน้า หากต้องการตรวจสอบที่ลึกลงไปควรใช้กระแสตรง ผงเหล็กที่ใช้ 75 % จะมีขนาด 120 mesh และอีก 15 % โดยน้ำหนักจะมีขนาด 325 mesh และปราศจากสนิม การใช้ผงเหล็กอาจทำได้หลายวิธีเช่น โรย พ่นสเปรย์ หรืออื่น ๆ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างเครื่องทดสอบรอยร้าวของเพลาด้วยอนุภาคแม่เหล็กแบบเคลื่อนที่
2. เพื่อแก้ปัญหาการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศ
3. เพื่อสะดวกในการใช้งานเนื่องจากเครื่องมีน้ำหนักเบาสามารถนำไปได้ทุกที่

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้ สร้างเครื่องมือเพื่อใช้เป็นสื่อการสอน และเพื่องานตรวจสอบเพลาเป็นการเบื้องต้น โดยเน้นที่ความสะดวกในการใช้งานน้ำหนักเบา เป็นหลัก

## 1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. ได้เครื่องทดสอบรอยร้าวของเพลาด้วยอนุภาคแม่เหล็กแบบเคลื่อนที่
2. ได้เครื่องมือที่สามารถนำไปใช้สอน น. ศ. การตรวจสอบแนวเชื่อมหรือเพลาได้
3. เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องทดสอบรอยร้าวด้วยอนุภาคแม่เหล็กแบบอื่นต่อไป

# บทที่ 2
# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

## การตรวจสอบรอยร้าวด้วยผงแม่เหล็ก
## ( Magnetic Particle Inspection )

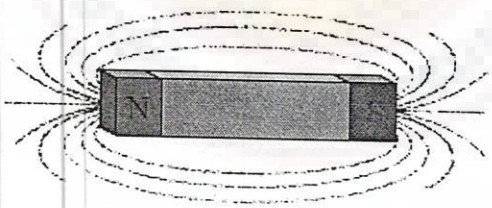
การตรวจสอบรอยร้าว สามารถทำได้หลายวิธี การตรวจสอบรอยร้าวด้วยผงแม่เหล็ก ( Magnetic Particle Inspection ) เป็นการตรวจสอบหาจุดบกพร่อง ที่อยู่บนผิวหรือที่อยู่ใต้ผิวตื้น ๆ ของชิ้นงานที่เป็นสารแม่เหล็ก ( Ferro – Magnetic ) โดยทำชิ้นงานเป็นแม่เหล็กก่อน แล้วโรยผงเหล็กลงบนผิวงาน และผงเหล็กก็จะรวมกันบนผิวเหล็กที่มีจุดบกพร่อง เป็นดัชนีที่จะบอกว่าเกิดจุดบกพร่องเกิดขึ้น ซึ่งจะบอกได้ถึงขนาด รูปร่าง และขอบเขตของจุดพกพร่อง ข้อจำกัดของการทดสอบด้วยผงแม่เหล็กคือ ไม่สามารถทดสอบวัสดุที่ไม่เป็นสารแม่เหล็กได้ เช่น อลูมิเนียม เหล็กกล้าไร้สนิมบางชนิด แมกนีเซียม ทองแดง ตะกั่ว เป็นต้น จัดเป็นวิธีการตรวจสอบที่ทำได้ง่าย ราคาถูก แต่เป็นการตรวจสอบหยาบ ๆ ใช้ได้เฉพาะวัสดุที่เป็นสารแม่เหล็กเท่านั้น

### 2.1 ลักษณะของสนามแม่เหล็ก ( Characteristics of Magnetic Field )

การตรวจสอบต้องทำให้ชิ้นงานเป็นแม่เหล็ก ซึ่งการตรวจสอบหาจุดบกพร่องที่ให้ได้ผลดีที่สุด นั้นตำแหน่งของจุดบกพร่องต้องตัดขวางกับเส้นแรงแม่เหล็กเป็นมุม 90 องศา ในทางปฏิบัตินั้นสามารถใช้ได้ถึง 45 องศา

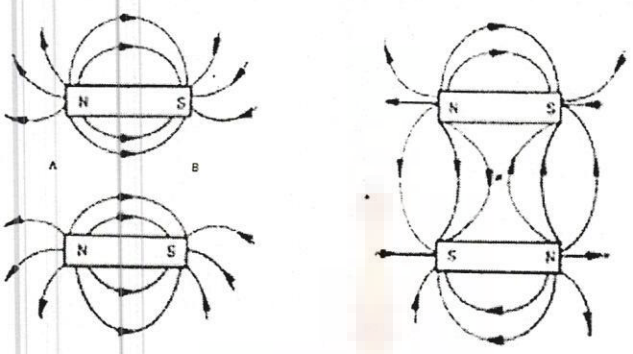
2.1.1 สนามแม่เหล็กตามแนวยาว ( Longitudinal ) ได้แก่สนามแม่เหล็กแท่ง ( Bar Magnet ) ซึ่งมีลักษณะดังนี้

2.1.1.1 แม่เหล็กจะมีขั้วเหนือ ( N ) และขั้วใต้ ( S )




รูปที่ 2.1 แม่เหล็กมีขั้วเหนือขั้วใต้

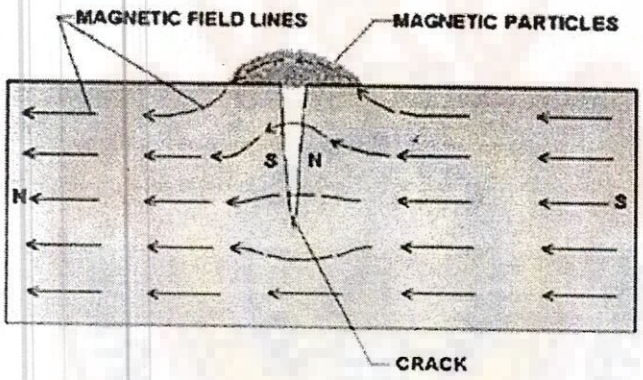
2.1.1.2 สามารถดูดหรือผลักสารแม่เหล็กอื่นได้



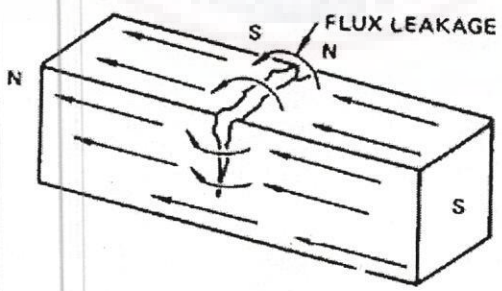

รูปที่ 2.2 สามารถดูดหรือผลักแม่เหล็กอื่นได้

2.1.1.3 เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งตามแนวยาวระหว่างขั้วทั้ง 2

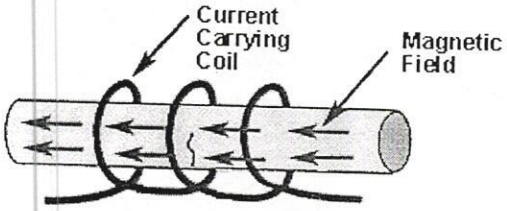
2.1.1.4 แม่เหล็กที่แตกร้าวนั้นจะทำให้เกิดขั้วใหม่เกิดขึ้น ทำให้สนามแม่เหล็กบิดเบี้ยว ( Flux leak ) และแสดงอำนาจออกมา เมื่อเอาผงเหล็กมาโรย ผงเหล็กจะเกาะติดบริเวณที่แม่เหล็กแสดงอำนาจออกมาทำให้ทราบว่าบริเวณนั้นมีจุดบกพร่องเกิดขึ้น




รูปที่ 2.3 แสดงรอยแตกของแม่เหล็กแล้วทำให้เกิดขั้วใหม่ที่รอยแตกนั้น



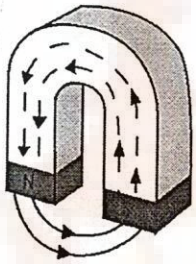

รูปที่ 2.4 แสดงรอยแตกของแม่เหล็กแล้วทำให้สนามแม่เหล็กบิดเบี้ยว ( Flux leak )




รูปที่ 2.5 แสดงการสร้างสนามแม่เหล็กตามแนวยาวในวัสดุที่เป็นสารแม่เหล็ก

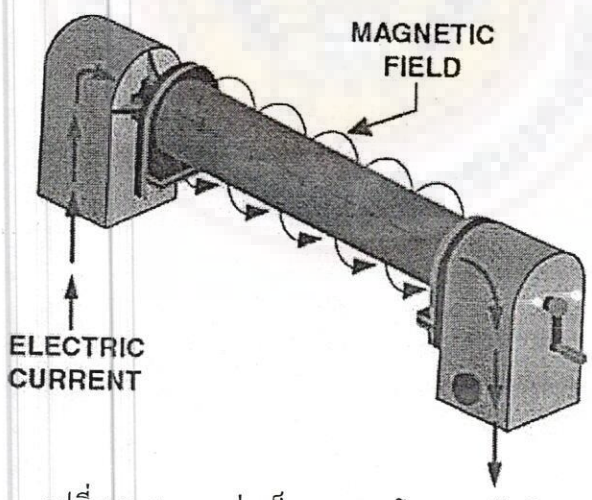
2.1.2 สนามแม่เหล็กวงกลม ( Circular )

เป็นสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากการโค้งงอสนามแม่เหล็กเป็นวงกลม ถ้าปลายทั้งสองต่อกัน แม่เหล็กจะไม่แสดงอำนาจแม่เหล็กออกมา แต่ถ้าให้ระยะห่างกัน จะเกิดขั้วเหนือขั้วใต้เกิดขึ้น



รูปที่ 2.6 โค้งงอสนามแม่เหล็กเกือบเป็นวงกลมทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กขึ้น

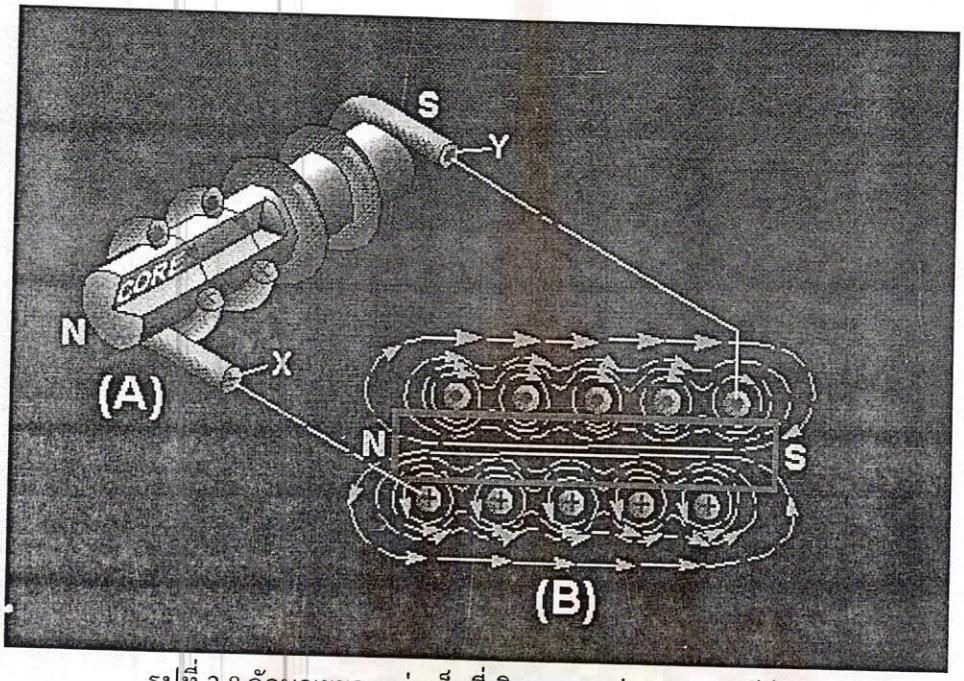
แต่ขณะที่โค้งงอจนติดกันจะไม่มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น แต่โมเลกุลภายในเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบสนามแม่เหล็กแบบนี้จึงเรียกว่าแม่เหล็กวงกลม ( Circular Field ) แต่ถ้าแม่เหล็กวงกลมหรือแม่เหล็กวงแหวนเกิดช่องอากาศ ( Air Gap ) หรือรอยแตก จะเกิดขั้วเหนือขั้วใต้เกิดขึ้น และแสดงอำนาจแม่เหล็กออกมา ทำให้สามารถตรวจสอบสิ่งผิดปกตินั้นได้




รูปที่ 2.7 สนามแม่เหล็กวงกลม โดยรอบตัวนำ

**2.2 การทำชิ้นงานให้เป็นแม่เหล็ก** ( Magnetic field produced by a current-carrying coil )

การทำชิ้นงานให้เป็นแม่เหล็กสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้กระแสไฟฟ้าผ่านขดลวด ( Magnetic field produced by a current-carrying coil ) ดังรูป 2.8




รูปที่ 2.8 ลักษณะของแม่เหล็กที่เกิดจากการผ่านกระแสเข้าไป

เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น ความเข้มของสนามแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับ สิ่งต่าง ๆ ดังนี้

- จำนวนรอบของขดลวดในแกน
- ปริมาณของกระแสไฟฟ้าในขดลวด
- อัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของขดลวด
- ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแกน

ในการตรวจสอบรอยร้าว จะใช้แม่เหล็กถาวรและแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 แมกเนติกยอค ( Magnetic Yoke )

Magnetic Yoke มีทั้งชนิดไฟฟ้า ( Electromagnetic )และชนิดแม่เหล็กถาวร( Permanent ) มีน้ำหนักเบาสามารถจับถือไปปฏิบัติงานได้สะดวก

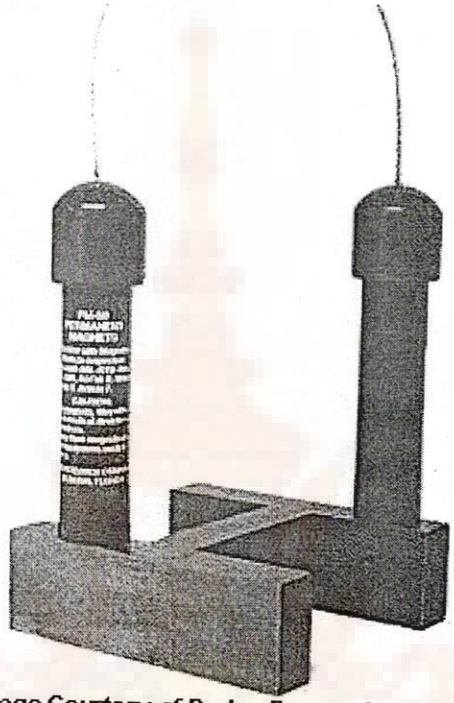
2.2.1.1 Permanent magnet yoke เป็นเครื่องมือที่ไม่ต้องใช้กระแสไฟฟ้า ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้ในที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าได้ และยังเหมาะกับบริเวณที่มีสิ่งแวดล้อมที่เป็นอันตรายจากประกายไฟ หรือการระเบิดได้ ข้อจำกัดของเครื่องชนิดนี้คือ

ก. ไม่สามารถตรวจสอบงานที่มีขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากอำนาจแม่เหล็กไม่มากพอ

ข. ความเข้มของสนามแม่เหล็กไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้

ค. ถ้าเครื่องมีความเข้มของสนามแม่เหล็กมากจะทำให้ปลดชิ้นงานยาก

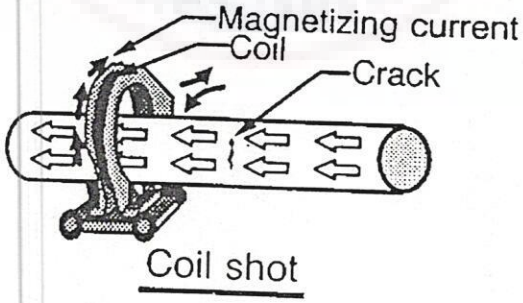
ง. ผงแม่เหล็กอาจมารวมอยู่ที่แม่เหล็กทำให้ปิดบังจุดบกพร่องได้




รูป 2.9 แสดง Permanent Magnet yoke

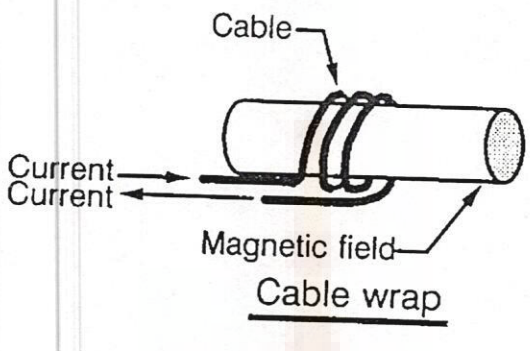
2.2.1.2 Electromagnetic เป็นเครื่องตรวจสอบชนิดแม่เหล็กไฟฟ้า มีหลายรูปแบบดังนี้

1. Coil Shot เป็นการเอาขดลวดไปพันเป็นวงกลม ซึ่งจะให้สนามแม่เหล็กจะเป็นแนวยาวใช้ในการทดสอบชิ้นงานที่เป็นเพลายาวขนาดประมาณ 6- 9 นิ้ว ดังรูป 2.10



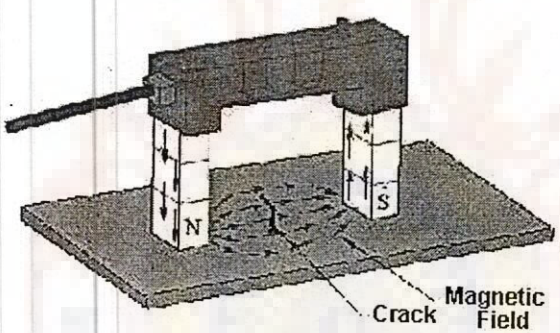

รูปที่ 2.10 แสดง Coil Shot

2. Cable Wrap เป็นการนำสายไฟฟ้าที่มีกระแสมาก พันรอบชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถเข้าในCoil Shot ได้ โดยพันประมาณ 3-5 รอบ จะได้สนามแม่เหล็กตามแนวยาวเช่นเดียวกัน ดังรูป




รูปที่ 2.11 Cable Wrap

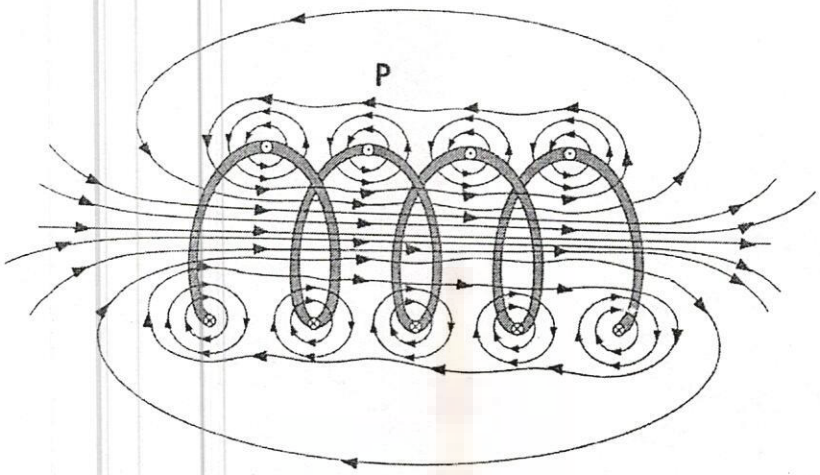
3. Yoke เป็นเครื่องมือที่ใช้ขดลวดพันรอบแกนเหล็กรูปตัวยูส่วนขาของแม่เหล็กรูปตัวยู จะมีทั้งชนิดที่ปรับค่าไม่ได้และปรับค่าได้ เพื่อให้เหมาะสมกับรูปร่างชิ้นงาน




รูปที่ 2.12 Yoke

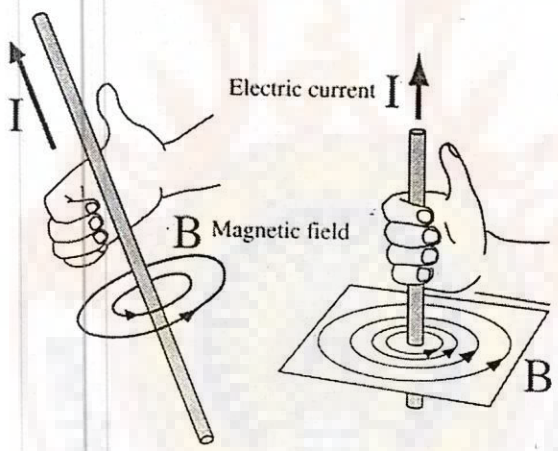
2.3 ขดลวดตัวนำ ( Coil )

สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดเป็นสนามแม่เหล็กตามแนวยาว




รูปที่ 2.13 แสดงขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กในแนวยาว

เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นในทิศทางที่เป็นไปตามกฎมือขาว ดังรูปที่ 2.9 คือให้หัวแม่มือชี้ทิศทางการไหลของกระแสใน




รูปที่ 2.14 กฎมือขาว

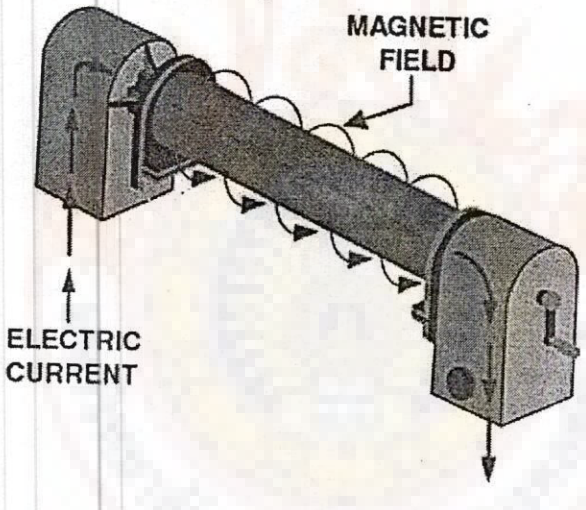
ขดลวดตัวนำ และนิ้วทั้งสี่ชี้ทิศทางของสนามแม่เหล็ก ความเข้มของสนามแม่เหล็กขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสไฟฟ้าและจำนวนขดลวด ชิ้นงานต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 2 และ 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง หรืออัตราส่วนของความยาว / เส้นผ่าศูนย์กลาง ( L/D )และในการหากระแสไฟฟ้าให้เป็นไปตามสูตร

แอมป์ – รอบ = 45000 / ( ความยาว/ เส้นผ่าศูนย์กลาง )

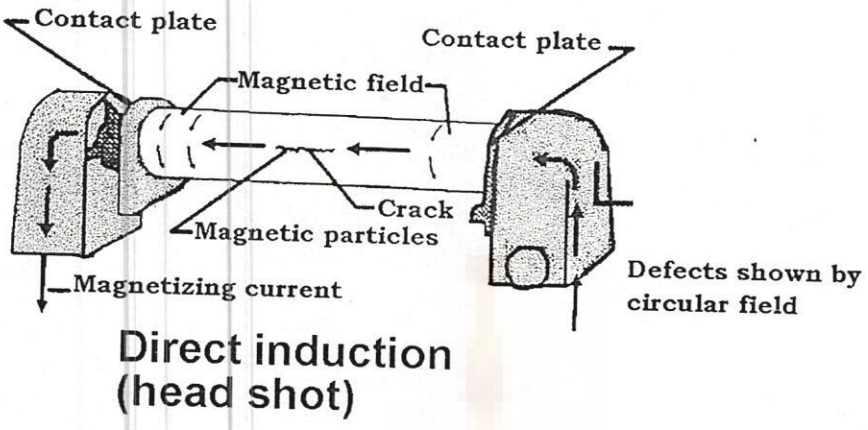
และต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดดังนี้

1. พื้นที่ของชิ้นงาน ต้องน้อยกว่า 1/10 ของพื้นที่วงขดลวด
2. ชิ้นงานต้องยาวไม่เกิน 18 นิ้ว ( ส่วนที่จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็ก )
3. อัตราส่วนความ / เส้นผ่าศูนย์กลางต้องอยู่ระหว่าง 2 – 15
4. ชิ้นงานต้องวางให้ขนานกับแนวของเส้นแรงแม่เหล็ก
5. จุดบกพร่องที่สามารถใช้สนามแม่เหล็กตรวจสอบได้ต้องตัดขาวงกับสนามแม่เหล็กหรือมากกว่า 45 องศา

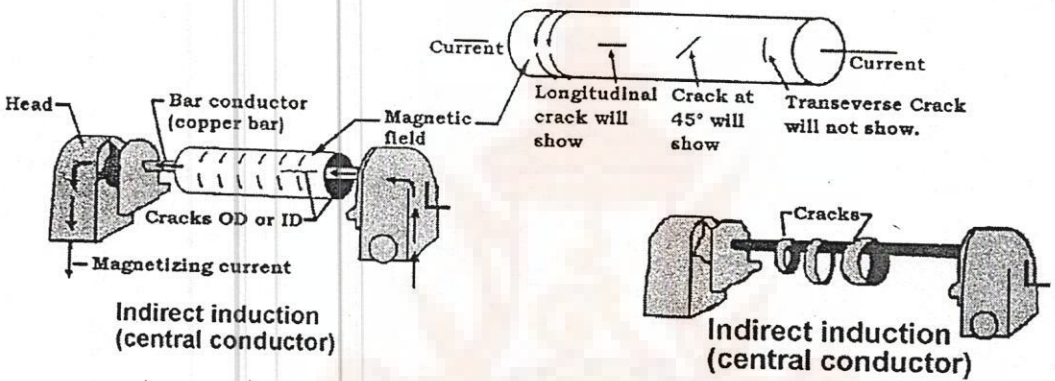
2.4 กระแสไหลผ่านชิ้นงาน ( Current Flow ) วิธีการทำให้ชิ้นงานไหลผ่านชิ้นงานวิธีนี้ จะใช้กระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน ให้ไหลผ่านชิ้นงานโดยตรง จากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดสนมแม่เหล็กวงกลมขึ้น และตั้งฉากกับทิศทางการไหลของกระแส ถ้าชิ้นงานเรียบเสมอและมีหัวตัดเสมอกันจะทำให้ชิ้นงานมีสนามแม่เหล้กที่เสมอกัน กระแสไฟฟ้าที่ใช้จะต้องพอเหมาะกับขนาดของชิ้นงาน จุดบกพร่องที่สามารถพบได้จะมีทิศทางขนานกับการไหลของกระแสหรือไม่เกิน 45 องศา ดังรูป




รูป2.15 การไหลของกระแสและทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบชิ้นงาน



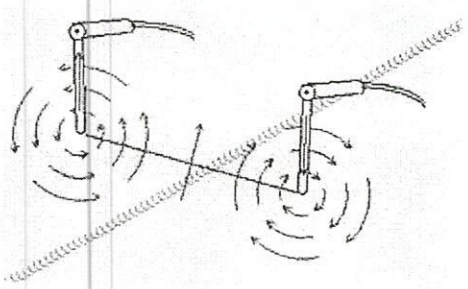

รูป 2.16 การไหลของกระแสและทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเป็นวงกลม




รูป2.17 การไหลของกระแสและทำให้เกิดสนามแม่เหล็กทางอ้อมเป็นวงกลม

จากรูปเป็นการทดสอบชิ้นงานที่เป็นวงแหวนหรือกลวง ตัวนำกระแสอาจจะเป็นสารแม่เหล็กหรือไม่ก็ได้อาจจะเป็นทองแดง หรือทองเหลือง เป็นตัวนำไฟฟ้า

**2.5 การใช้หัวตัวนำ( Prode Contacts )** เป็นการทดสอบที่ใช้กับงานขนาดใหญ่หรืองานที่อยู่กับที ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ เช่นชิ้นส่วยเครื่องจักรหรืองานโครงสร้างขนดใหญ่ การทำงานจะใช้หัวตัวนำ ( Prode ) ทั้งสองกดลงบนชิ้นงนแล้วปล่อยกระแสไฟจากหัวตัวนำไปหัวตัวนำอีกตัวหนึ่ง



รูป2.18 การใช้หัวตัวนำ( Prode Contacts )

ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้จะแตกต่างกันตามมาตรฐานของแต่ละมาตรฐานดังนี้

1. มาตรฐานอังกฤษ กำหนดระยะห่างระหว่างหัวตัวนำไม่เกิน 8 นิ้ว และไม่น้อยกว่า 4 นิ้ว สำหรับปริมาณกระไฟที่ใช้จะอยู่ 100 แอมป์/ ระยะห่างระหว่างตัวนำ 1 นิ้ว

2. มาตรฐานอเมริกา กำหนดระยะห่างระหว่างหัวตัวนำไม่เกิน 8 นิ้ว และไม่น้อยกว่า 3นิ้ว กระแสไฟฟ้าควรจะเป็นดังนี้

ถ้าชิ้นงานหนากว่า ¾ นิ้ว ใช้จะอยู่ 100-125 แอมป์/ ระยะห่างระหว่างตัวนำ 1 นิ้ว

ถ้าชิ้นงานหนาน้อยกว่า ¾ นิ้ว ใช้จะอยู่ 90-110 แอมป์/ ระยะห่างระหว่างตัวนำ 1 นิ้ว

**ข้อดีและข้อเสียของการตรวจสอบด้วยหัวตัวนำ มีดังนี้**

| ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|
| 1. สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย | 1. เกิดการอาร์คทำให้ผิวมีตำหนิได้ |
| 2. ตรวจสอบจุกบกพร่องที่อยู่ใต้ผิวลึกได้ดีกว่า | 2. เกิดความร้อนบริเวณสัมผัสทำให้โครงสร้างเปลี่ยนได้ |

**2.6 ชนิดของกระแสไฟฟ้า** กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการตรวจสอบมีหลายชนิด ทีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันดังนี้

2.6.1 กระแสไฟตรง ( Direct Current ) เป็นกระแสที่ได้จากแบตเตอรี่ซึ่งให้Peakที่คงที่ดังรูป

| ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|
| 1. ตรวจสอบผิวได้ลึก | 1. แบตเตอรี่มีน้ำหนัก |
| 2. ใช้ในสถานที่ที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าได้ | 2. กำลังและกระแสถูกจำกัด |
| | 3. มีอำนาจแม่เหล็กตกค้าง |

2.6.2 กระแสไฟสลับ ( AC ) เป็นกระแสที่มีคลื่นขึ้นลง ให้ผลดีในการตรวจหาจุดบกพร่องที่เฉพาะผิวเท่านั้น

2.6.3 กระแสไฟ Full Wave Rectified Current ( FWRC ) เป็นกระแสที่ได้ผ่านเครื่องเรียงกระแส ( Rectified ) โดยมีค่าของกระแสต่ำสุด คือ ศูนย์ ดังตาราง

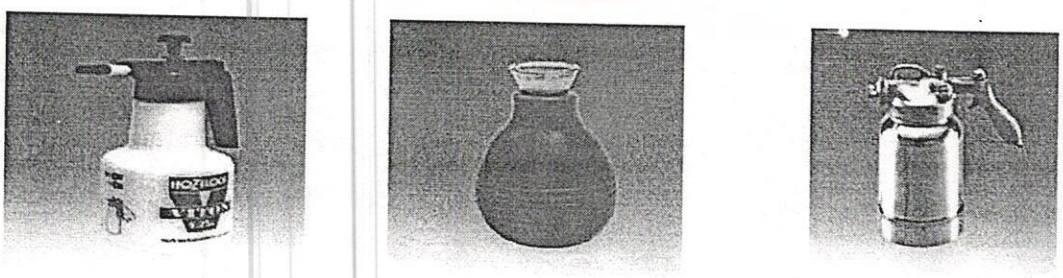
| ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|
| 1. ตรวจสอบผิวได้ลึก แบบเดียวกับกระแสตรง | 1. อุปกรณ์มีราคาแพง |
| 2. ใช้ในสถานที่ที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าได้ | 2. มีประสิทธิภาพในการรวมกันของผงเหล็กน้อยกว่า |
| | 3. มีอำนาจแม่เหล็กตกค้าง |
| | 4. ต้องใช้กระแสไฟที่สูงขึ้นกว่าปกติ |

2.6.3 Half Wave Rectified Current ( HWRC ) เป็นกระแสที่ได้ผ่านเครื่องเรียงกระแส ( Rectified ) โดยตัดเอากระแสสลับออก โดยให้เหลือแต่กระแสไฟบวกเท่านั้น

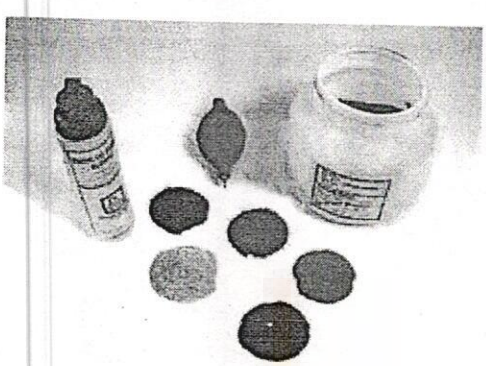
| ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|
| 1. อุปกรณ์ราคาถูกและไม่ยุ่งยาก | |
| 2. ตรวจสอบหาจุดบกพร่องภายใต้ผิวงาน | |
| 3. ผงเหล็กมีการสั่น เพื่อให้รวมตัวอยู่ที่จุดบกพร่อง | |

2.7 ผงเหล็ก ( Magnetic Perticles ) ผงหล็กแบ่งเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการพา ( Vehicle ) ได้แก่การนำโดยอากาศ เรียกว่าผงเหล็กแบบแห้ง ( Dry Particle ) และการพาโดยของเหลว เรียกว่าผงแบบเปียก ( Wet - Particle ) ผงเหล็กทำด้วยวัสดุแม่เหล็กต่าง ๆ ที่มีความคงตัวต่อการเป็นแม่เหล็กต่ำ ( Low – Retentivity ) สามารถคลายเป็นแม่เหล็กได้ดี โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.7.1 ผงเหล็กชนิดแห้ง ( Dry Particle ) ผงเหล็กชนิดนี้ใช้ได้ทั้งชนิดย้อมสี ชนิดเรืองแสง สีที่ใช้อาจเป็นสีแดง สีเหลือง สีดำ สีเทา เป็นต้นโดยปกติขนาดของผงเหล็กที่ใช้ 75 % จะมีขนาด 120 mesh และอีก 15 % โดยน้ำหนักจะมีขนาด 325 mesh และปราศจากสนิม การใช้ผงเหล็กอาจทำได้หลายวิธีเช่น โรย พ่นสเปรย์ หรืออื่น ๆ ซึ่งอาจจะมีอุปกรณ์ดังรูป



รูปที่ 2.19 อุปกรณ์



รูปที่ 2.20 ผงเหล็กชนิดแห้ง

ด้านซ้ายเป็นเครื่องผงเหล็กแบบเปียก และ 2 อันทางด้านซ้ายเป็นเครื่องโรยและเป่าผงเหล็ก การเป่าผงเหล็กควรใช้ลมแรงดันต่ำ ๆ การเทผงเหล็กลงบนชิ้นงานไม่ควรใช้

2.7.2 ผงเหล็กชนิดเปียก ( Wet - Particle ) เหมาะสำหรับการการตรวจสอบจุดบกพร่องที่มีขนาดเล็ก เช่นรอยตกเพราะความล้า ทั้งนี้อาจจะเป็นกระป๋องสเปร์

วัสดุนำผงเหล็กชนิดเปียก อาจจะเป็น น้ำมันและน้ำ หน้าที่ของวัสดุนำจะเป็นตังพยุงผงเหล็กให้ลอยตัวอยู่เหนือผิวชิ้นงานเพื่อให้เคลื่อนตัวไปอยู่หน้าบริเวณจุดบกพร่อง

สารนำพาชนิดน้ำมัน ควรมีคุณสมบัติดังนี้ เป็นน้ำมันปิโตรเลียมที่กลั่นแล้วมีความหนืดต่ำ ไม่มีกลิ่นมีกำมะถันผสมอยู่มากและมีจุดวาบไฟสูง

สารนำชนิดน้ำ น้ำมีราคาถูกไม่มีปัญหาการติดไฟ น้ำที่ใช้ต้องเติมสารอื่น ๆ ลงไป เช่นน้ำยาทำให้เกิดการแพร่กระจาย น้ำยาป้องกันสนิมและน้ำยาป้องกันน้ำเกิดฟอง

Retentivity หมายถึง ความสามารถของสารแม่เหล็กที่จะรักษาคุณสมบัติการเป็นแม่เหล็กหลังจากนำสารแม่เหล็ก ออกจากอำนาจแม่เหล็กจากภายนอก

Permeability หมายถึงความสามารถของสารที่จะยอมให้เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งผ่านได้มากน้อยแค่ไหน

2.8 ขั้นตอนการตรวจสอบด้วยผงเหล็ก จะประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้

2.8.1 การเตรียมงานตรวจสอบ

ชิ้นงานจะต้องสะอาด ปราศจากน้ำมัน สนิม ฝุ่นหรือ Scaleหนา ๆ ชิ้นงานที่ต้องชุบเคลือบผิวต้องด้วยโครเมียมต้องทำการตรวจสอบเสียก่อน งานที่เคลือบสีต้องเอาสีออกก่อน

2.8.2 การเลือกขบวนการตรวจสอบ

จะต้องพิจารณาจาก รูปร่างของชิ้นงาน รูปทรงและความสามารถของเครื่อง ชนิดของข้อบกพร่องหรือ ข้อบกพร่องที่ต้องการตรวจสอบ

2.8.3 การทำชิ้นงานให้เป็นแม่เหล็ก

ขึ้นอยู่กับชนิดของทดสอบว่าเป็นชนิดใด บางชนิดผ่านกระแสไฟ และบางชนิดก็ผ่านสนามแม่เหล็กเข้าไปในชิ้นงาน ทำให้เกิดแม่เหล็กขึ้น

2.8.4 การตรวจหาจุดบกพร่อง

สามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1. แบบไม่ต่อเนื่อง ( Residual Method ) เป็นการทำให้ชิ้นงานเกิดแม่เหล็กก่อน แล้วเอาแม่เหล็กออก จากนั้นจึงโรยผงเหล็ก หรือจุ่มในอ่างผงเหล็กในกรณีที่ผงเหล็กชนิดเปียกอำนาจแม่เหล็กที่ตกค้างจะดูดผงเหล็กให้ผงเหล็กไปรวมที่จุดบกพร่องได้

2. แบบต่อเนื่อง ( Continuous Method ) เป็นการโรยผงเหล็กหรือให้ผงเหล็กขณะที่ให้สนามแม่เหล็ก จากนั้นเอาผงเหล็กส่วนเกินออกอาจจะใช้ลมอ่อน ๆ เป่า แล้วจึงหยุดจ่ายพลังงาน

2.8.5 การแปลความหมายจุดบกพร่อง

การแปลความหมายของรอยผงเหล็กที่เกิดขึ้นจะต้องอาศัยประสบการณ์ เนื่องจากเครื่องหมายที่เกิดขึ้นที่จุดบกพร่องจะแตกต่างกันไปตามชนิดและรูปร่างทางเรขาคณิตของชิ้นงาน

เส้นคมชัดจะเป็นรอยแตกที่คมชัดและตลอดแนว ส่วนข้อบกพร่องขนาดเล็กจะเห็นรอยที่ไม่ต่อเนื่อง ส่วนตำหนิที่อยู่ลึกลงไปจะ เห็นรอยเหล็กเพียงบางเบา

2.8.6 การทำความสะอาดครั้งสุดท้าย

ชิ้นงานที่ผ่านการการตรวจสอบแล้ว จะต้องทำความสะอาดเอาผงเหล็กหรือสารตัวพาออก เพื่อป้องกันการกัดกร่อน

2.8.7 การคลายอำนาจแม่เหล็กตกค้าง

เป็นการทำให้ชิ้นงานที่มีแม่เหล็กตกค้าง มีหลักการคือการเอาชิ้นงานไปผ่านสนามแม่เหล็กที่เป็นกระแสสลับ ทั้งนี้ชิ้นงานที่มีความแข็งสูงจะมีอำนาจแม่เหล็กตกค้างมากเป็นพิเศษ ชิ้นงานที่เป็นเหล็กอ่อนจะมีอำนาจตกค้างน้อยจนไม่ต้องทำการคลายอำนาจแม่เหล็กก็ได้

057713
ว. 538.362
พ 647
2547

2.9 คุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็ก

1. มีทิศออกจากขั้วเหนือเข้าสู่ขั้วใต้

ถ้ามีเส้นแรงแม่เหล็กปริมาณมาก เส้นแรงแม่เหล็กจะรวมกัน หรือต้านกันออกไปทำให้เกิดจุดสะเทิน ซึ่งเป็นจุดที่มีค่าความเข้มสนาม แม่เหล็กเป็นศูนย์

ฟลักซ์แม่เหล็ก คือ ปริมาณเส้นแรงแม่เหล็ก หรือจำนวนของเส้นแรงแม่เหล็ก ใช้สัญลักษณ์ $\phi$

ความเข้มสนามแม่เหล็ก (B) หมายถึง จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อ หน่วยพื้นที่ที่เส้นแรงแม่เหล็กตั้งฉาก

$$B = \frac{\Phi}{A}$$

B = ความเข้มของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น Tesla(T)หรือ Wb/m2

$\phi$ = ฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น Weber (Wb)

A = พื้นที่ตั้งฉาก มีหน่วยเป็น ตารางเมตร ( $m^2$ )

## ตารางกำหนดขนาดของกระแสไฟฟ้า

### กระแสไฟฟ้าที่จ่าย

**1. มาตรฐานอังกฤษ**

| **Dimension** | | AMPERAGE | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **DC.** | **AC/RMS** | **FWR MEAN** | **HWR MEAN** |
| Round Specimens | per cm dia. | 280 | 200 | 180 | 90 |
| | Per inch dia. | 710 | 500 | 450 | 225 |
| Non Round specimens | per cm periphery | 90 | 64 | 57 | 29 |
| | per inch periphery | 230 | 160 | 145 | 72 |

**2. มาตรฐานอเมริกา**

| Diameter | Amperes/per Inch Diameter |
|---|---|
| Up to 5 inches | 700-900 |
| 5 to 10 inches | 500-700 |
| over 10 inches | 300-500 |

. Listing of commonly accepted standards and specifications for magnetic particle inspection

| NUMBER | TITLE |
|---|---|
| ASTM STANDARDS | |
| ASTM A275/A275 M-96 | Standard Test Method for Magnetic Particle Examination of Steel Forgings. 1995 |
| ASTM A456/A456 M Rev. A. | Standard Specification for Magnetic Particle Examination of Large Crankshaft Forgings. 1995 |
| ASTM D96 | Standard Test Methods for Water and Sediment in Crude Oils by Centrifuge Method (Field Procedure). 1988 |
| ASTM E125-63 (1993) | Standard Reference Photographs for Magnetic Particle Indications on Ferrous Castings. (Revised 1993) 1963 |
| ASTM E1316-95C | Standard Terminology for Nondestructive Examination. 1995 (Replaces ASTM E269). |
| SAE-AMS SPECIFICATIONS | |
| AMS 2300G | Premium Aircraft-Quality Steel Cleanliness Magnetic Particle Inspection Procedure. 1991 (Revised 1995) |
| MAM 2300A | Premium Aircraft Quality Steel Cleanliness Magnetic Particle Inspection Procedure Metric (SI) Measurement. 1992 |
| AMS 2303C | Aircraft Quality Steel Cleanliness Martensitic Corrosion Resistant Steels Magnetic Particle Inspection Procedure. 1993 |
| MAM 2303A | Aircraft Quality Steel Cleanliness Martensitic Corrosion Resistant Steels Magnetic Particle Inspection Procedure Metric (SI) Measurement. 1993 |
| AMS 2641 | Vehicle, Magnetic Particle Inspection Petroleum Base. 1988 |
| AMS 3040B | Magnetic Particles, Nonfluorescent, Dry Method. 1995 |
| AMS 3041B | Magnetic Particles, Nonfluorescent, Wet Method, Oil Vehicle, Ready-To-Use. 1988 |
| AMS 3042B | Magnetic Particles, Nonfluorescent, Wet Method, Dry Powder. 1988 |
| AMS 3043A | Magnetic Particles, Nonfluorescent, Wet Method, Oil Vehicle, Aerosol Packaged. 1988 |
| AMS 3044C | Magnetic Particles, Fluorescent, Wet Method, Dry Powder. 1989 |
| AMS 3045B | Magnetic Particles, Fluorescent, Wet Method, Oil Vehicle Ready-to-Use. 1989 |
| AMS 3046B | Magnetic Particles, Fluorescent, Wet Method, Oil Vehicle, Aerosol Packaged. 1989 |
| U.S. GOVERNMENT SPECIFICATIONS | |
| DOD-F-87935 | Fluid, Magnetic Particle Inspection, Suspension. 1993 |
| Mil-Std-271F | Requirements for Nondestructive Testing Methods. 1993 |
| Mil-Std-410E | Nondestructive Testing Personnel Qualifications and Certifications. 1991 |
| MIL-HDBK-728/1 | Nondestructive Testing. 1985 |
| MIL-HDBK-728/4A | Magnetic Particle Testing. 1993 |
| OTHER PUBLICATIONS | |
| SNT-TC-1A | American Society for Nondestructive Testing. Recommended Practice . 1992 (Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing and Recommended Training Courses) Note: Updated every 4 years - 1996 edition due in early 1997. |
| ATA No. 105 | Air Transport Association of America. Guidelines for Training and Qualifying Personnel in Nondestructive Testing Methods, (Revision 4 1993) |
| ASM Handbook, Volume 17 | Nondestructive Evaluation and Quality Control. 1989 |

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการ

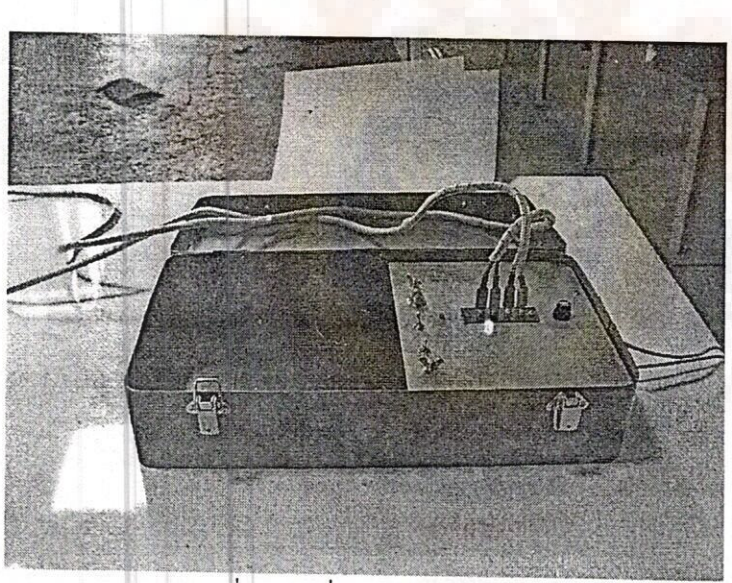
ในการออกแบบสร้างเครื่องทดสอบรอยร้าวด้วยอนุภาคแม่เหล็กแบบเคลื่อนที่ มีวิธีการดำเนินการดังนี้

1. การออกแบบรูปร่างของเครื่องทดสอบรอยร้าว
2. วงจรไฟฟ้า

## 3.1 ออกแบบรูปร่างกล่องบรรจุ

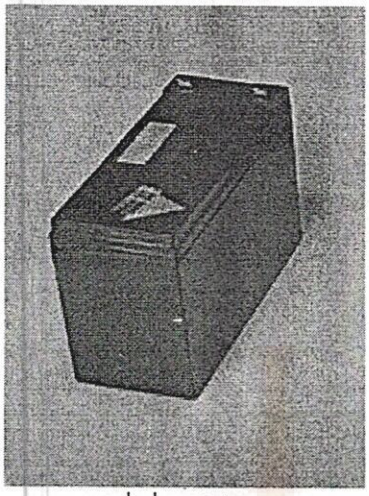
จากวัตถุประสงค์ของการสร้างเครื่องทดสอบรอยร้าวเพื่อทดสอบรอยร้าวของเพลา-ดังนั้นต้องออกแบบรูปร่างของขดลวดเป็นแกนอากาศ โดยออกแบบให้สนามแม่เหล็กเป็นแนวยาว ( Longitudinal ) เพื่อให้สามารถสะดวกในการทำงานในบริเวณที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าได้ และสามารถเคลื่อนย้ายสะดวกตามวัตถุประสงค์ลักษณะของเครื่องทดสอบดังนี้

1. กล่องใส่ที่บรรจุอุปกรณ์ได้สะดวก และทำงานได้ในตัวเองได้ ภายในกล่องสามารถบรรจุอุปกรณ์ เช่น แบตเตอร์รี่ แกนลวด ขาตั้งชิ้นงานและขาตั้งแกนลวด สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก และทำงานได้ ผู้สร้างจึงเลือกใช้วัสดุที่เป็นเหล็กแผ่น เบอร์ 18 ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบรอยร้าว

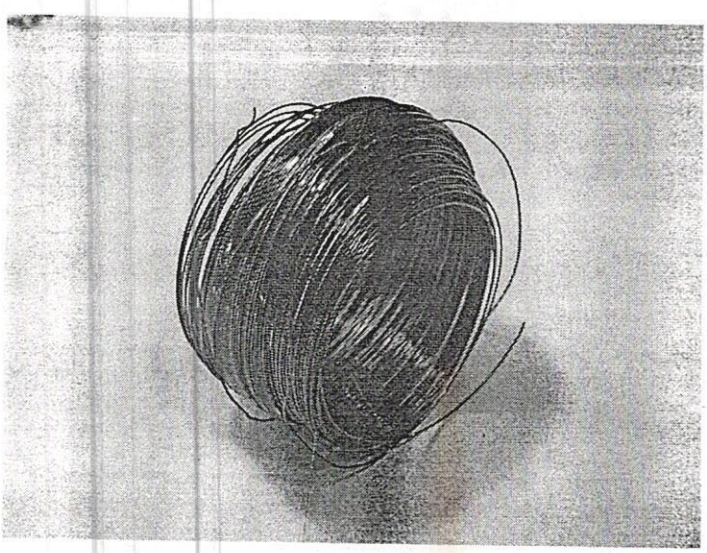
2. แบตเตอรี่ หรือแหล่งจ่ายกำลังไฟ ผู้สร้างได้เลือกแบตเตอรี่ชนิดไม่ต้องเติมน้ำกลั่น เพื่อง่ายในการเคลื่อนย้ายและความปลอดภัยหาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด โดยเลือกใช้แบตเตอรรี่ขนาด 12 โวลล์ 9 แอมป์ชั่วโมง จำนวน 1 ก้อน



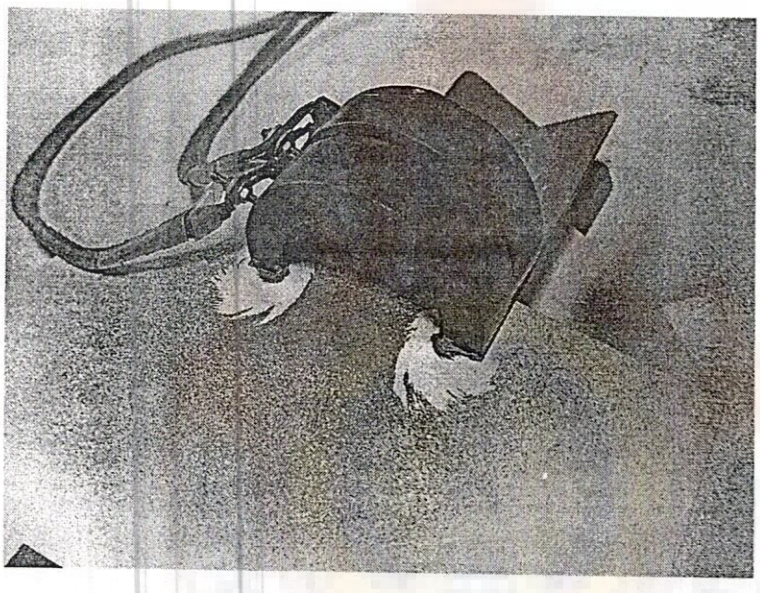
รูปที่ 3.2 แบตเตอรี่เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน

3. การออกแบบแกนลวด เพื่อให้สามารถทดสอบเพลา ดังนั้นต้องให้สนามแม่เหล็กแบบแกนอากาศ โดยสร้างกรอบขึ้น 2 ชั้น ห่างกัน 20 ม.ม. เพื่อใส่ลวด จำนวนลวด 334 รอบ ดังนั้นจึงเลือกชนิดของสนามแม่เหล็กเป็นแบบสนามแม่เหล็กตามแนวยาว โดยใช้แกนอากาศที่มีขนาดแกนใน 76.2 ม.ม. เพื่อให้สามารถตรวจสอบชิ้นงานที่ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 ม.ม. ได้

4. การออกแบบขนาดของลวดนำไฟฟ้า ผู้สร้างได้เลือกลวดขนาด 1.5 ม.ม. ที่เคลือบฉนวน เพื่อให้ทนทานต่อกระแสไฟตรงจากแบตเตอร์รี่ ขนาด 12 V. 9 Ah. ได้ ไม่ให้ลวดมีความต้านทานมากเกินไปจนเกิดความร้อนและความเสียหายของแบตเตอร์รี่ และให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กมากพอ โดยทั่วไปจะสามารถรับแรงได้ไม่น้อยกว่า 20 กิโลกรัม ผู้สร้างจึงเลือกความยาวของลวด 64 ม. พันรอบแกนอากาศที่เหล็กรองรับได้ 334 รอบ ดังรูป 3.3 จากการศึกษาดังในบทที่ 2 ทราบว่าอำนาจแม่เหล็กขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดของกระแสไฟฟ้า จำนวนของขดลวดผู้สร้างจึงได้สร้างขดลวดมา 2 ขด เพื่อเพิ่มจำนวนของขดลวด เพื่อเพิ่มสนามแม่เหล็กให้สูงขึ้นสามารถทดสอบชิ้นงานได้ยาวขึ้น ( เนื่องจากสนามแม่เหล็กยาวขึ้นนั้นเอง ) ดังนั้นขดลวดทั้งหมดจะยาว 128 เมตร พันรอบแกนอากาศได้จำนวนรอบทั้ง 2 รวม 668 รอบ หากต้องการทดสอบชิ้นงานขนาดเล็ก ก็สามารถเลือกใช้ขดลวดขดเดียวได้

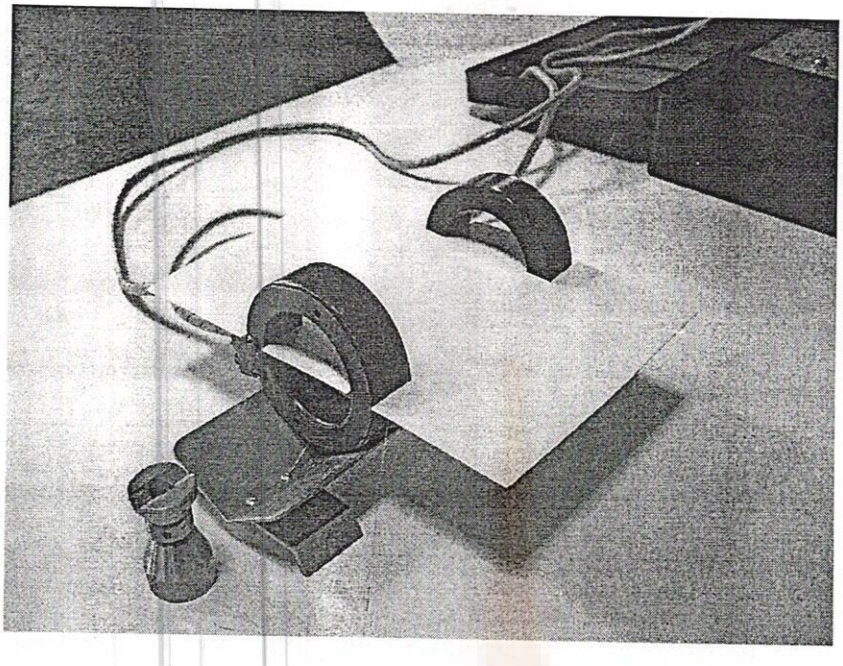


รูปที่ 3.3 ขดลวดที่เคลือบน้ำยาเพื่อให้ผิวเป็นฉนวน



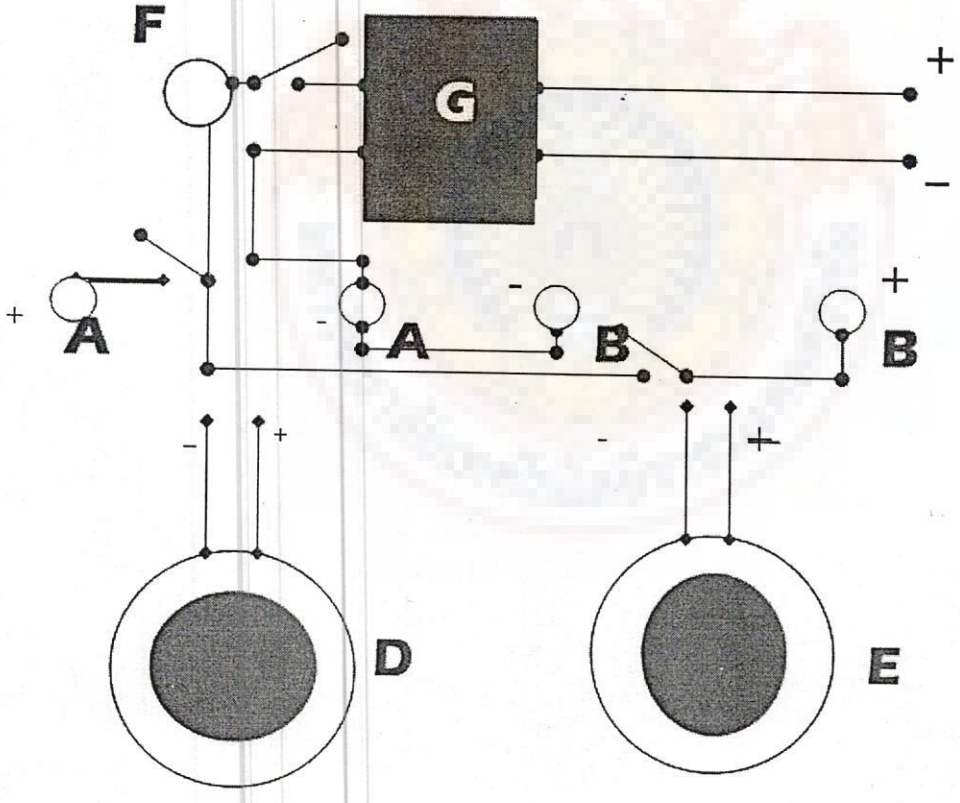
รูปที่ 3.4 ขดลวดภายหลังจากพันเสร็จเรียบร้อยแล้ว จำนวน 2 ขด

5. การออกแบบขาตั้งแกนขดลวด และ ขาตั้งชิ้นงาน เนื่องจากการทดสอบจะเกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ด้วย ดังนั้นขาตั้งและที่วางชิ้นงานจึงออกแบบใช้วัสดุที่ไม่มีอำนาจทางแม่เหล็กและสามารถปรับระดับได้



รูปที่ 3.5 ขาตั้งชิ้นงานและขาตั้งแกนขดลวด

**3.2 วงจรไฟฟ้า**




รูปที่ 3.5 วงจรไฟฟ้าสำหรับเครื่องทดสอบรอยร้าวที่สร้างขึ้น

จากรูป ที่ 3.5 ไฟฟ้าจะเข้าทางแบตเตอรี่ G เมื่อต้องการชาร์จแบตเตอร์รี่ก็ต่อไปขนาด 12 โวลท์ เข้าเพื่อชาร์ทแบตเตอร์รี่เก็บไว้ ตำแหน่ง F เป็นหลอดไฟเมื่อทำการเปิดเครื่อง ไฟจะแสดงสีแดงเกิดขึ้น เครื่องพร้อมที่จะทำงาน ตำแหน่ง A และ B จะเป็นส่วนที่จะต่อกับ Coil ตำแหน่ง D และ E เป็นCoil ที่ใช้วัดรอยร้าวของเพลา

# บทที่ 4

## การวิเคราะห์และการทดลอง

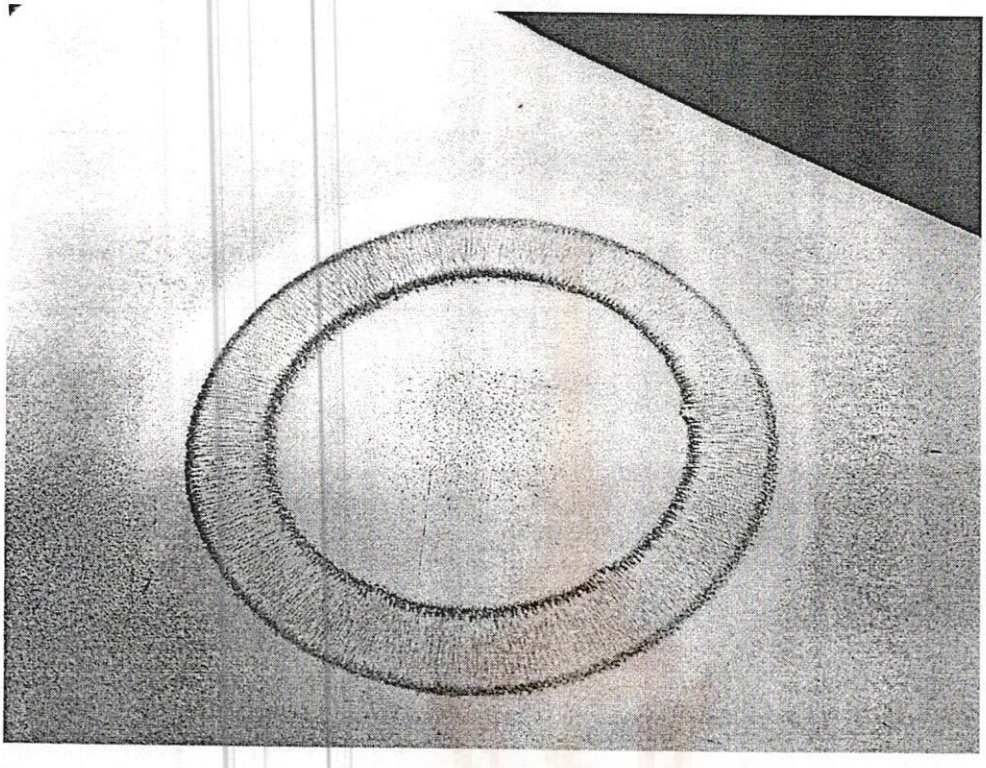
จากการดำเนินการจัดสร้างเครื่องทดสอบรอยร้าวด้วยอนุภาคแม่เหล็กแบบพกพาผู้สร้างได้ทำการทดลองสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1. ทิศทางของสนามแม่เหล็ก
2. ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นจากอำนาจแม่เหล็ก
3. ทดลองหาจุดบกพร่องของชิ้นงานเพลา

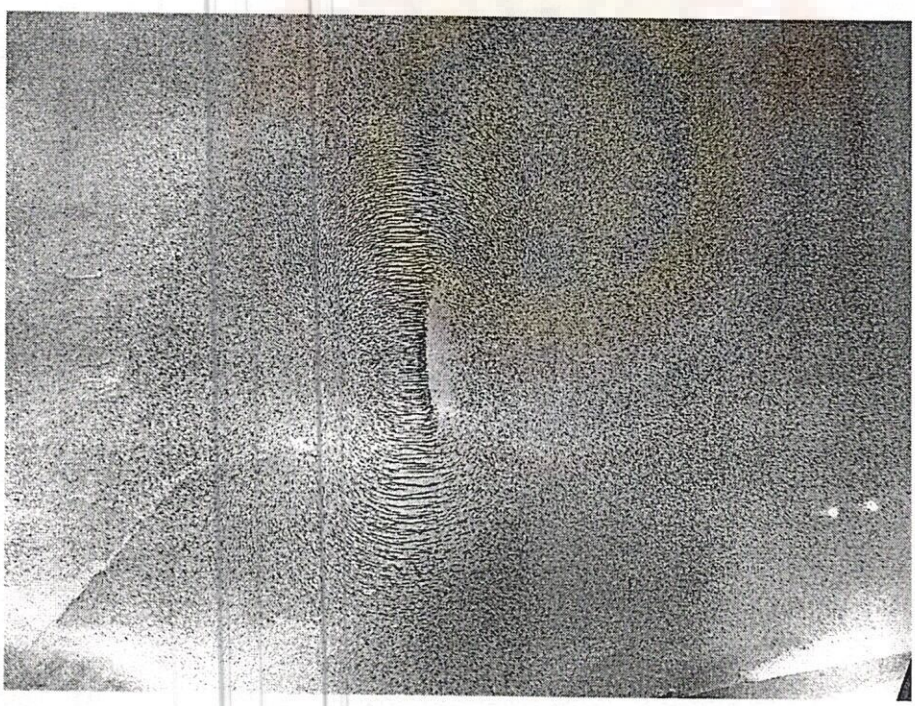
### 4.1 ทิศทางของสนามแม่เหล็ก

ผู้สร้างได้ทดลองโดยใช้ผงเหล็กโรยบนกระดาษขาวแล้วผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไป ในลักษณะต่าง ๆ กันได้ลักษณะของเส้นแรงแม่เหล็ก ดังภาพ

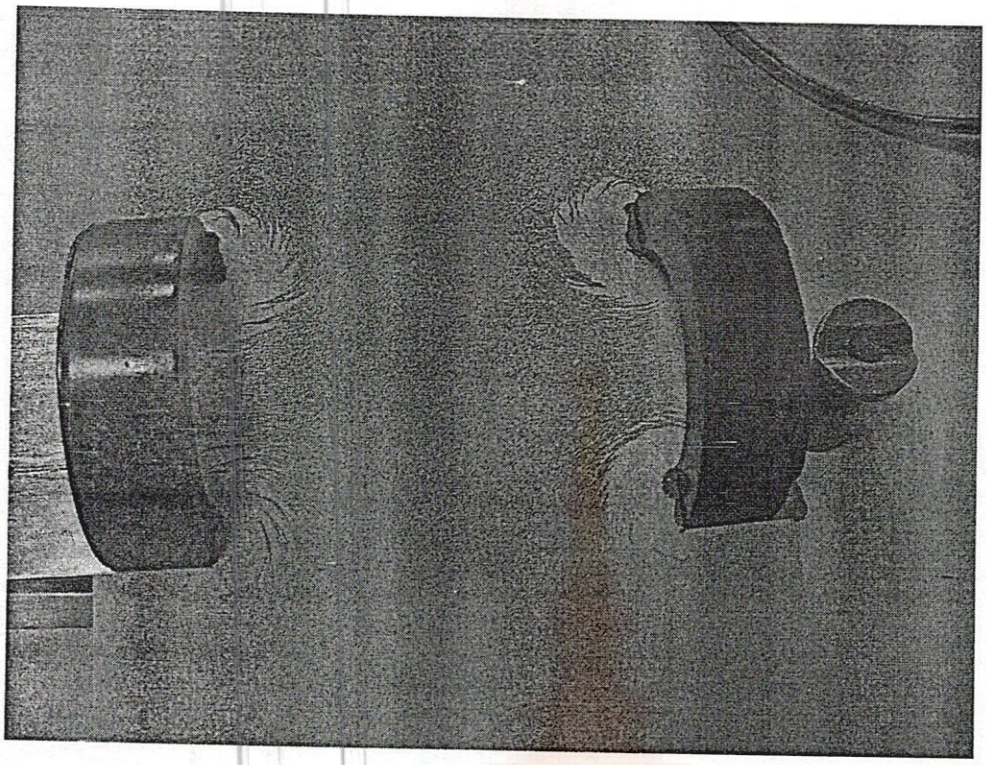
รูปที่ 4.1 ทดลองตามแนวยาว



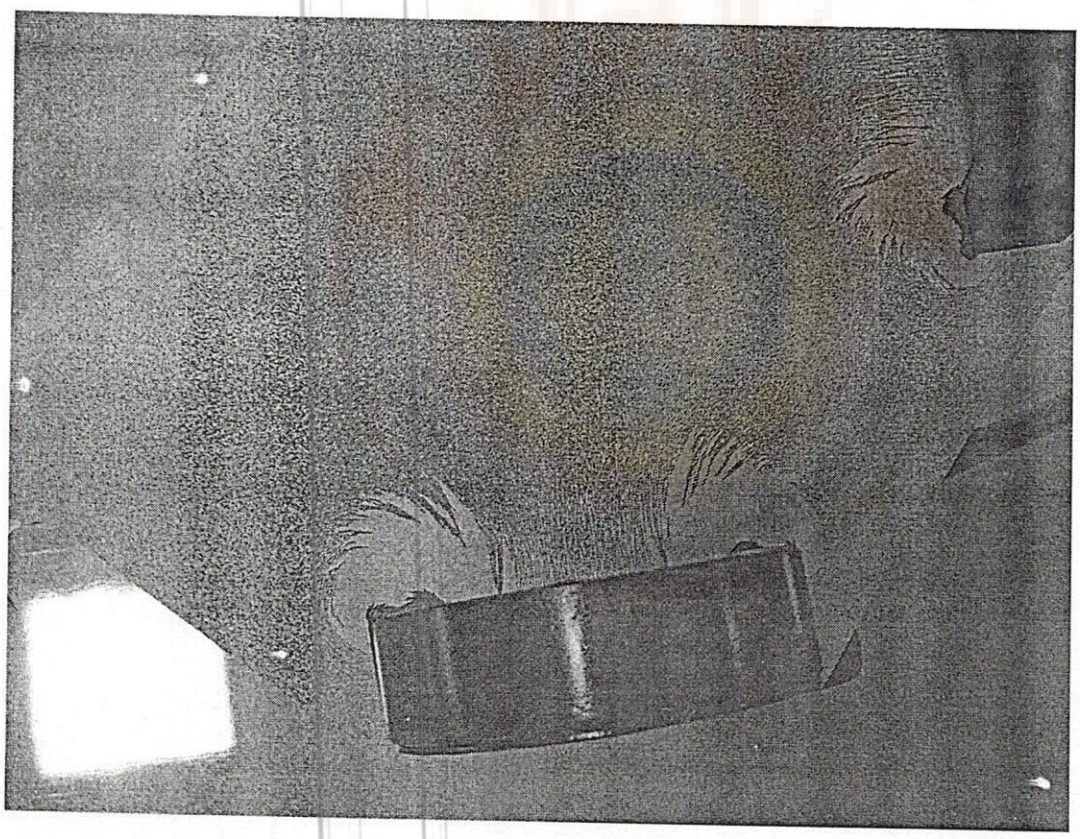
รูปที่ 4.2 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กตามแนวขวาง



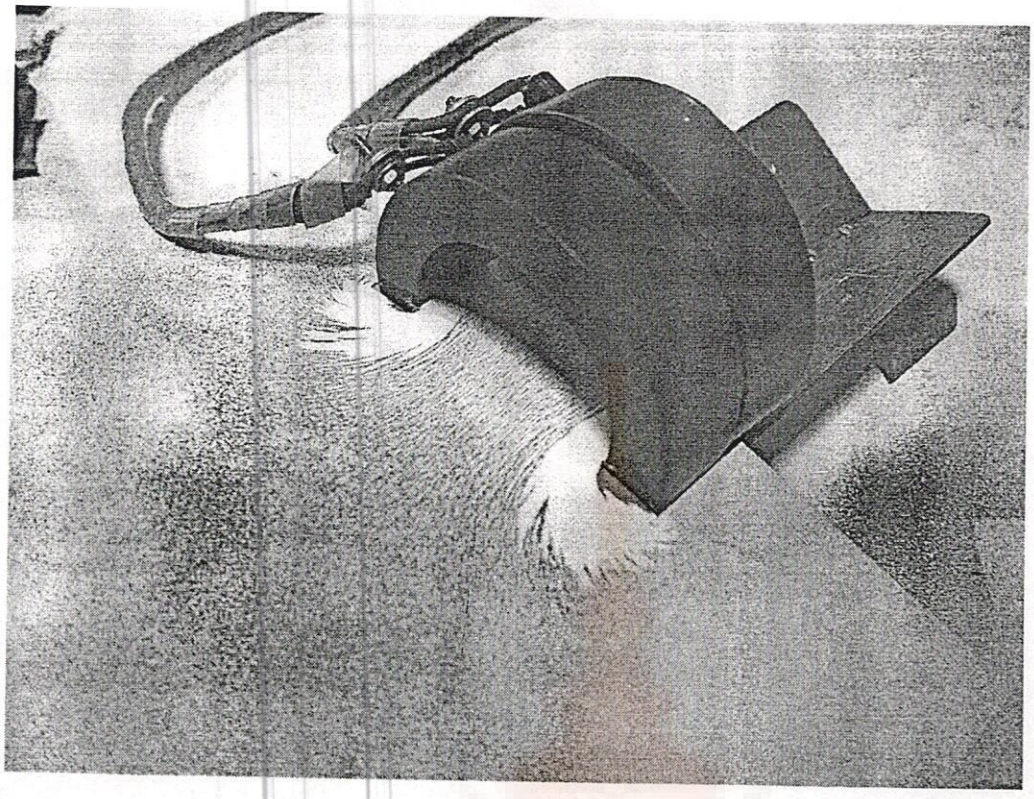
รูปที่ 4.3 เส้นแรงแม่เหล็กทางด้านข้าง



รูปที่ 4.4 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อใช้ Coil 2 ชุด หันหน้าเข้าหากัน



รูปที่ 4.5 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อใช้ Coil 2 ชุด ทำมุม 45 องศา เข้าหากัน



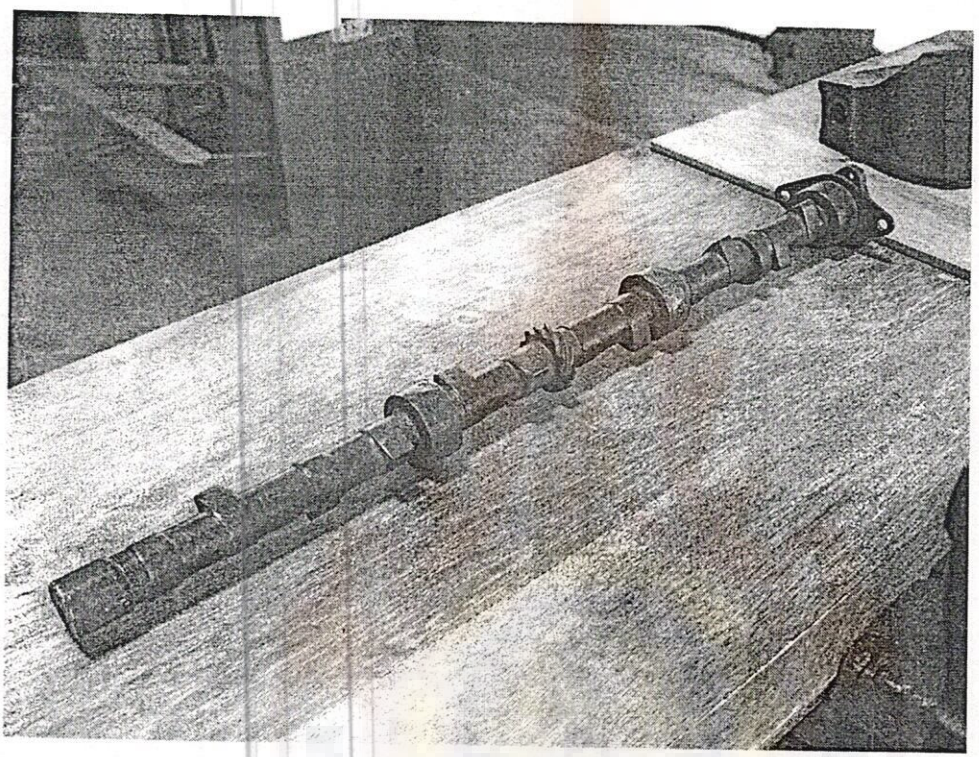
รูปที่ 4.5 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อใช้ Coil 2 ชุด ซ่อนกัน

ตารางสรุปผลการหาทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กและผลที่เกิดขึ้น

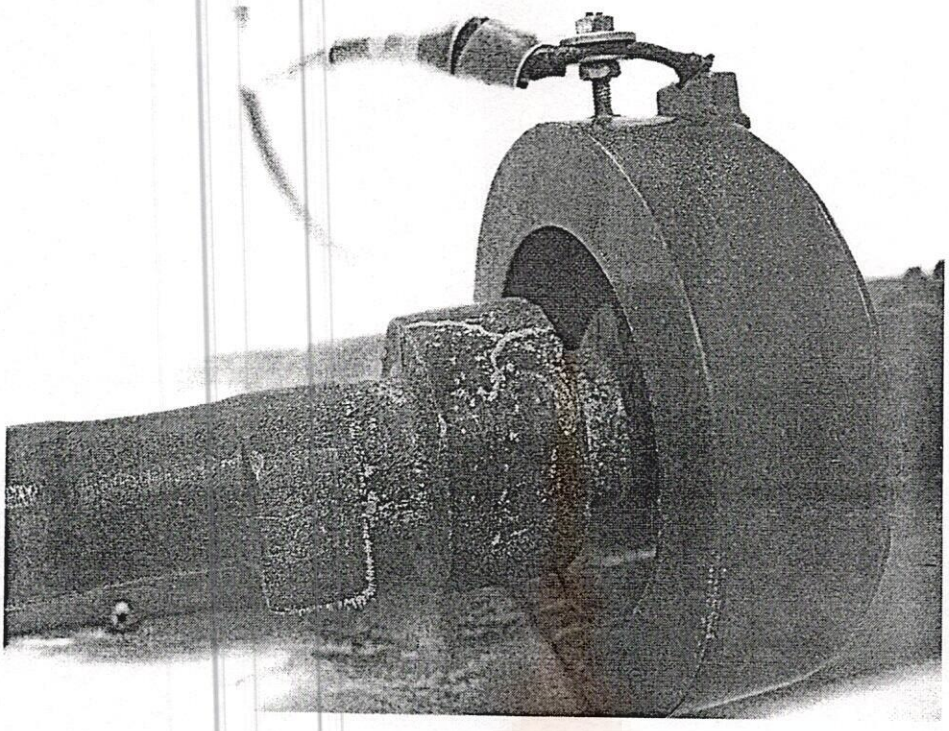
| ลักษณะการทดลอง | ผลการทดลอง |
|---|---|
| 1. ตรวจสอบผงเหล็กจากการปล่อยกระแสและผงเหล็ก | 1.ผงเหล็กแสดงเส้นแรงแม่เหล็กตามทฤษฎีดังรูปที่ 4.1 |
| 2. เส้นแรงแม่เหล็กตามแนวขวาง | 2. จะเกิดแม่เหล็กขึ้นรอบแกน |
| 3. ทดสอบแม่เหล็กด้านข้าง | 3. จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กเพียงด้านเดียว |
| 4. เมื่อใช้แกนแม่เหล็ก 2 ข้างหันเข้าหากัน | 4. เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น บริเวณกึ่งกลางจะเกิดการหักล้างของเส้นแรงแม่เหล็ก |
| 5. เมื่อใช้แกนแม่เหล็ก 2 ข้างหันทำมุมทางด้านต่าง ๆ กัน | 5. จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กตามทิศทางการหมุนของแกนลวด |
| 6. เมื่อใช้แกนแม่เหล็ก 2 ข้างหันไปในทิศทางเดียวกัน | 6. เกิดแรงแม่เหล็กมากขึ้นเส้นแรงแม่เหล็กยาวขึ้น |

4.2 ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นจากอำนวจแม่เหล็ก ผู้สร้างได้ทดลองปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ดึงแผ่นเหล็ก แล้วใช้ตาชั่งสปริงทำการวัดแรงดึง ที่แม่เหล็กสามารถรับได้ จากการทดสอบปรากฏใช้ขดลวดขดเดียวว่าสามารถรับแรงได้สูงสุดถึง 25 กิโลกรัม แต่ถ้ามีช่องว่างระหว่างขดลวดกับแผ่นเหล็ก ทำให้ความสามารถในการรับแรงจะลดลงตามระยะห่างที่เกิดขึ้น

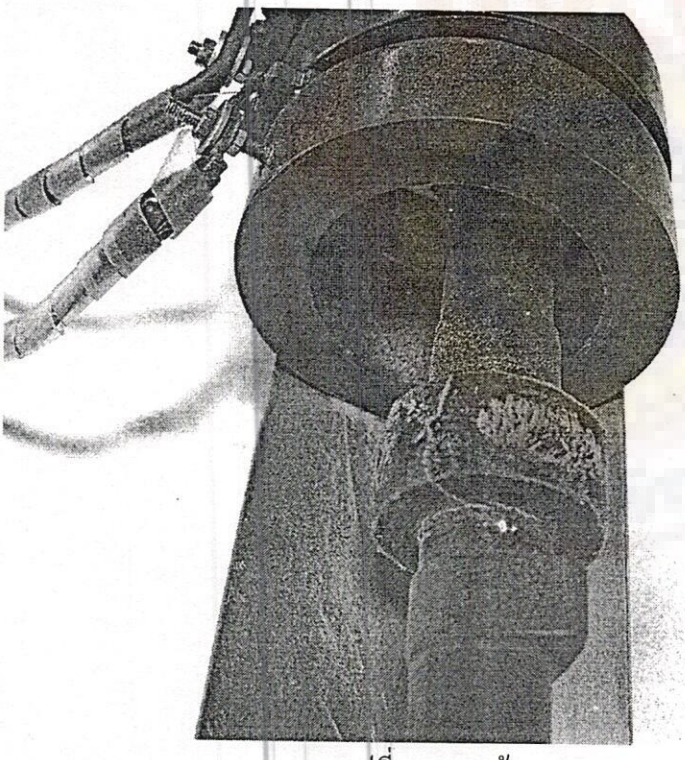
4.3 ทดลองหาจุดบกพร่องของชิ้นงานเพลา จากการทดลองทดสอบเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์เล็กในลักษณะต่าง ๆ สามารถให้รายละเอียดของข้อบกพร่อง ดังภาพ



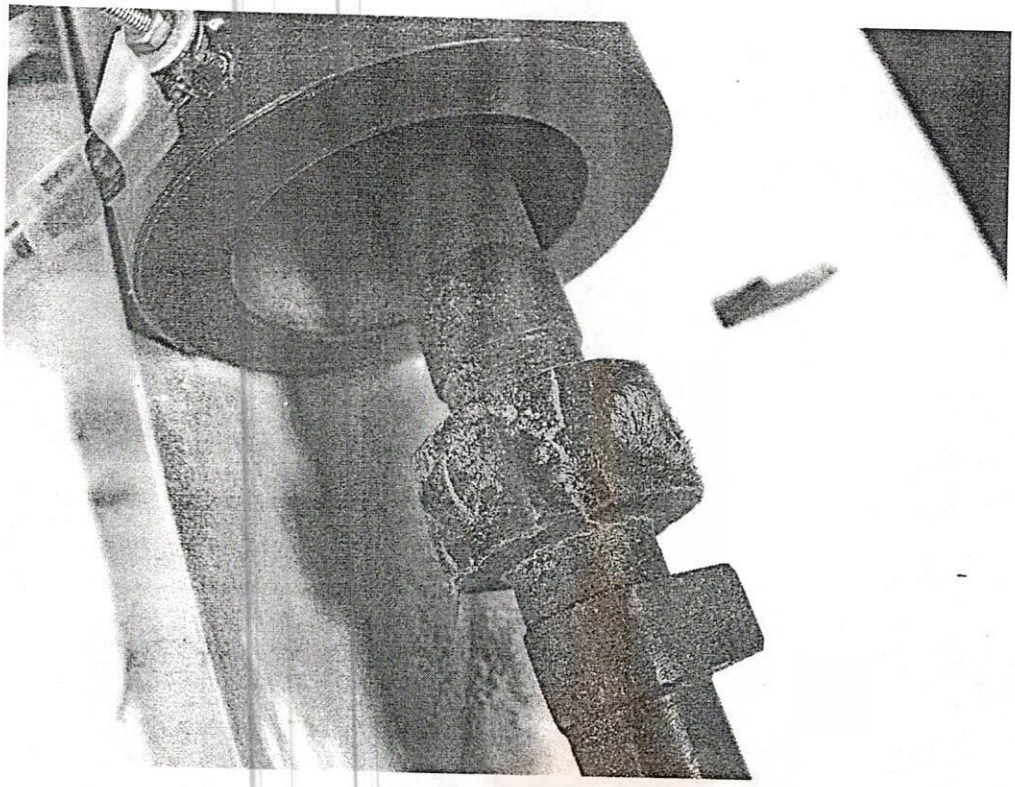
รูปที่ 4.6 รูปของเพลาข้อเหวี่ยงชิ้นงานที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 4.7 รอยร้าวของเพลา

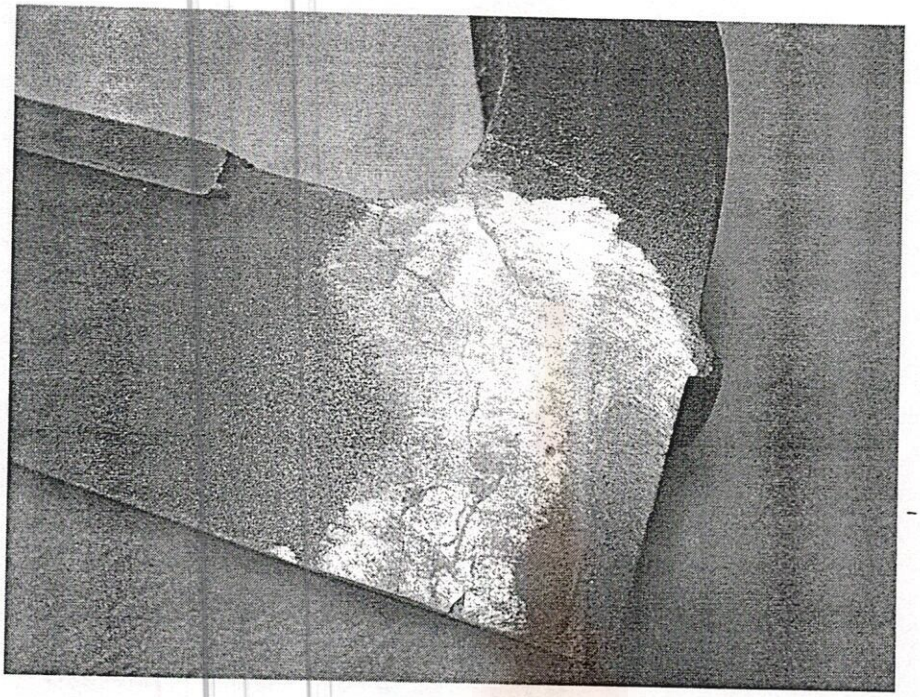


รูปที่ 4.8 รอยร้าวของเพลา



รูป 4.9 รอยร้าวของเพลาในจุดต่าง ๆ

รูปที่ 4.10 ชิ้นส่วนของปากกาจับชิ้นงาน



รูปที่ 4.11 รอยร้าวของปากกาจับชิ้นงาน

**4.4 ขั้นตอนในการใช้เครื่องตรวจสอบรอยร้าวด้วยวิธีอนุภาคแม่เหล็ก**

1. นำชิ้นงานที่จะทำการทดสอบวางลงบนเครื่องทดสอบ
2. กดปุ่ม “power” และปุ่ม “coil 1” หรือ “coil 2”
3. โรยผงแม่เหล็กไปที่ชิ้นงาน
4. ปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลประมาณ 7-10 วินาที แล้วจึงกดปุ่ม “power”
5. ถอดชิ้นงานไปตรวจดูรอยร้าว

# บทที่ 5
# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผล

การดำเนินงานออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบรอยร้าวด้วยวิธีอนุภาคแม่เหล็กนี้ มีวัตถุประสงค์หลักว่าจะเป็นแบบเคลื่อนที่ เหมาะที่จะใช้งานในบริเวณที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

ผลการทดลองของเครื่องสามารถใช้งานตรวจสอบรอยร้าวของเพลา สามารถทดสอบรอยร้าวทั้งแนวยาวได้เป็นอย่างดีและทดสอบแนวขวางได้ในระดับที่น่าพอใจ สามารถแสดงรอยร้าวให้เห็นได้

เครื่องสามารถนำไปใช้ในบริเวณที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าได้และแบตเตอรี่สามารถบรรจุและเก็บประจุได้

เครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกน้ำหนักเบา 5 กิโลกรัม

**ชุดควบคุมและระบบไฟฟ้าที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าในการทดสอบหารอยร้าว**

ชุดควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับชิ้นงาน โดยใช้แบตเตอร์รี่ ขนาด 12 โวลท์ 9 แอมป์ชั่วโมง จำนวน 1 ก้อน และขดลวดเหนี่ยวนำทำให้สามารถทดสอบหารอยร้าวบนชิ้นงานตามแนวขวางและตามแนวยาวได้พร้อมกันเมื่อปรับมุมของแกนลวดที่ 2 ให้ทำมุมที่ต่างกัน

**การออกแบบตัวเครื่องทดสอบ**

ลักษณะของเครื่องทดสอบมีขนาดกว้าง 0.24 เมตร ยาว0.435 เมตรและสูง 0.125 เมตร สามารถเคลื่อนย้ายได้โดยการเข็นทำให้มีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายไปทดสอบชิ้นงานตามจุดต่าง ๆ ได้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบและเครื่องจักร สิ่งที่มักหลีกเลี่ยงไม่ได้คือ ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น ออกแบบโดยไม่ได้ใช้ชิ้นส่วนมาตรฐาน หาชิ้นส่วนมาตรฐานตามท้องตลาดไม่ได้หรือความล่าช้าในการสั่งซื้ออุปกรณ์ เป็นต้น ทำให้มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องรวมไปถึงระยะเวลาในการสร้างเครื่องทดสอบที่ยาวขึ้น

**5.2.1 การลบอำนาจแม่เหล็กตกค้างบนชิ้นงาน**

หลังจากที่ทำการทดสอบหารอยร้าวบนชิ้นงานแล้วยังมีแม่เหล็กตกค้างบนชิ้นงาน ข้อเสนอแนะคือ

ก) ติดตั้งอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้า (Variat) เพิ่มชุดควบของเครื่องทดสอบเพื่อใช้ในการลบอำนาจแม่เหล็กตกค้างบนชิ้นงานทำได้โดยการค่อย ๆ ปรับแรงดันไฟฟ้าให้ลดลงทำให้กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับชิ้นงานค่อย ๆ ลดลงตามไปด้วย ซึ่งการที่ค่อย ๆ ลดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับชิ้นงานลงเป็นศูนย์นั้น เป็นวิธีลบอำนาจแม่เหล็กตกค้างได้วิธีหนึ่ง

ข) ถ้าไม่ติดตั้งอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้าและชิ้นงาน หลังจากการทำการทดสอบรอยร้าวแล้วไม่ต้องนำไปทำการตัดเฉือนหรือตกแต่งผิวอีกก็ให้ปล่อยชิ้นงานนั้นทิ้งไว้ประมาณหนึ่งชั่วโมง อำนาจแม่เหล็กที่ตกค้างบนชิ้นงานก็จะหายไปได้เองตามธรรมชาติของแม่เหล็กไฟฟ้า

**5.2.2 การจัดซื้ออุปกรณ์มาตรฐานบางตัวมีราคาค่อนข้างสูงมาก** ทำให้ต้นทุนในการสร้างตัวเครื่องทดสอบนี้สูงตามไปด้วย จึงมีความจำเป็นในการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเครื่องโดยการตัดอุปกรณ์ชิ้นนั้นออก ซึ่งในการตัดอุปกรณ์ชิ้นนั้นออกไปนั้นทำให้ต้องใช้วิธีการอื่นทดแทน แต่ลักษณะการทำงานโดยทั่วไปของการทดสอบยังเหมือนเดิม

**5.23 การออกแบบ ควรออกแบบให้เป็นชิ้นส่วนมาตรฐาน**

ชิ้นส่วนมาตรฐานที่สามารถหาซื้อได้ง่ายเพื่อความรวดเร็วในการทำงานและสามารถหาซื้อชิ้นส่วนทดแทนได้ง่าย เวลาชิ้นส่วนของเครื่องทดสอบเกิดการชำรุดเสียหาย

ในการทำงานถ้าชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบของเครื่องทดสอบบางชิ้นไม่มาตรฐานหรือไม่สามารถจัดซื้อได้ ทำให้ต้องทำชิ้นส่วนประกอบนั้นขึ้นมาเอง ในการออกแบบควรจะออกแบบให้ชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบนั้นสามารถทำได้ง่ายและรูปร่างไม่ซับซ้อน เพื่อความสะดวกในการทำงานและใช้งานได้ง่าย

**5.2.4 ระวังอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น** ในระหว่างการทำงานหรือขณะที่กำลังจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับชิ้นงานไม่ควรสัมผัสถูกชิ้นงานและชุดครอบขดลวด เพราะอาจเกิดอันตรายขึ้นได้

**5.2.5 เครื่องนี้เหมาะกับการใช้สำหรับการทดสอบเป็นการเบื้องต้น** เท่านั้นไม่ควรใช้กับงานที่มีความเสี่ยง เสนอแนะให้ใช้การทำสอบแบบอื่นร่วมด้วย

**5.2.6 การทดสอบควรกระทำในระยะเวลาที่ความเข้มของกระแสสูง** หากกระแสของไฟต่ำอาจทำให้ค่าที่ได้ผิดพลาดหรือไม่ชัดเจน เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการตรวจสอบอาจจะทำการเพิ่มแบตตเอร์รี่อีก 1 ลูกก็ได้

# บรรณานุกรม

ก่องกัญจน์ ภัทราคาญจน์. รศ.ธนกาญจน์ ภัทราคาญจน์. ไฟฟ้าและแม่เหล็ก. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2522

มงคล ทองสงคราม. ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 1 พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.จี. พริ้นติ้ง. 2540

ฟูจิอิ ซาโตะ. การทดสอบแบบไม่ทำลาย. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดเอชเอนการพิมพ์. 2530

สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ. บัณฑิต ใจซื่น การตรวจสอบงานเชื่อมโลหะ พิมพ์ครั้งที่ 1. วิยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ. 2531

สมนึก วัฒนะศรียกุล. การตรวจสอบวัสดุแบบไม่ทำลายด้วยอนุภาคแม่เหล็ก เอกสารประกอบการสอนวิชาโลหะวิทยา. ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ. 2530 (อัดสำเนา)

Boving, Knud G, NDE Handbook Non-destructive Examination Methods of Condition Monitoring, Corwall : Hortnolls, 1989

William H. Hayt, JR. Engineering Electromagnetics, Fifth Edittion, New York : McGraw-Hill, 1988

www.ndt.net\index.htm online เมื่อวันที่ 22 กันยายน 2547

www.**magnaflux**.com/ online เมื่อวันที่ 15 เมษายน 2547