# บทที่ 3
# อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในการทดลอง ต่อไปนี้ จะทำการทดลองเพื่อตรวจสอบ คุณสมบัติของโลหะแบบแผ่น เพื่อหาเทคนิควิธีในการเลือกโลหะที่จะใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่ง ได้ทำการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. การวัดหาค่าสภาพการนำไฟฟ้า
2. การทดสอบความแข็งของโลหะ
3. การวัดแรงดึง
4. การขัดเพื่อดูพื้นผิวและ การวิเคราะห์หาองค์ประกอบภายใน

## 3. 1. การวัดหาสภาพการนำไฟฟ้า

การออกแบบอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของโลหะแบบแผ่น จะต้องพิจารณาเงื่อนไข ดังนี้

1. สามารถนำไปวัดค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าของโลหะแบบแผ่นที่มีขนาดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง ในช่วงอุณหภูมิห้องปกติ
2. นำค่าความต้านทานไฟฟ้าของโลหะไปเป็นค่าเพื่อใช้ในการตรวจสอบโลหะ
3. สร้างเครื่องมือในการตรวจสอบโลหะแบบแผ่น โดยอาศัยผลของค่าความต้านทานไฟฟ้าของโลหะที่วัดได้ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ว่าเหล็กที่เหมาะสมในงานเจาะควรมีค่าสภาพต้านทานเป็นอย่างไร
4. เครื่องมือใช้ได้สะดวก รวดเร็ว และถูกต้อง ประหยัดเงินและเวลา และมีขนาดกะทัดรัดเหมาะสมกับแผ่นโลหะที่ต้องการวัด

ในการสร้างเครื่องมือสำหรับตรวจสอบแผ่นโลหะ ซึ่งอาศัยคุณสมบัติทางไฟฟ้า ซึ่งต้องการทราบค่าความต้านทานไฟฟ้าของโลหะ การที่จะวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของโลหะไม่สามารถใช้โอห์มมิเตอร์แบบธรรมดาวัดได้ จึงต้องอาศัยวิธีการวัดค่าสภาพความต้านทานแบบ 4 จุด ในการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า สภาพความต้านทานที่วัดได้จะขึ้นกับรูปทรงทางเรขาคณิตของแผ่นโลหะ เครื่องมือที่วัดหาค่าดังกล่าวจะประกอบด้วยหัววัดและฐานวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า ซึ่งหัววัดทำจากเหล็ก และฐานวัดทำจากไม้

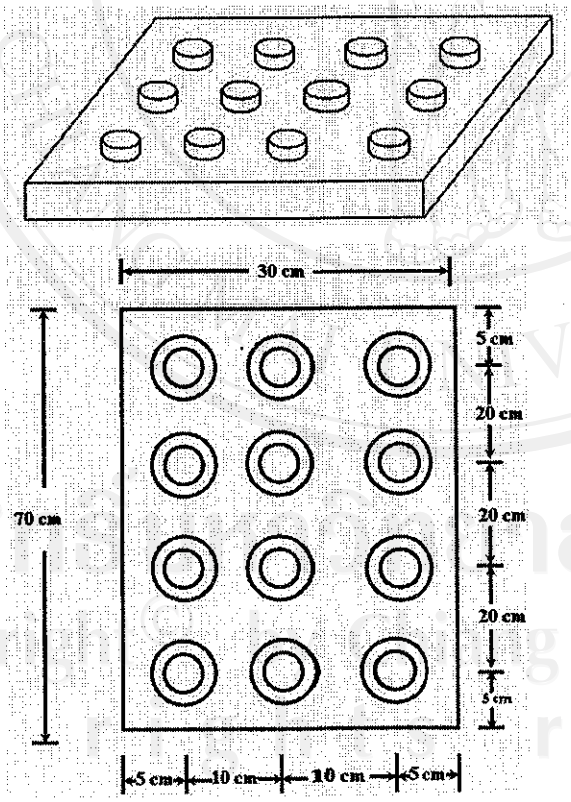
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของแผ่นโลหะ**

เพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กล่าวมา เทคนิควิธีการวัด คือ การวัดค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าแบบ 4 จุด ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวมีส่วนประกอบคือ

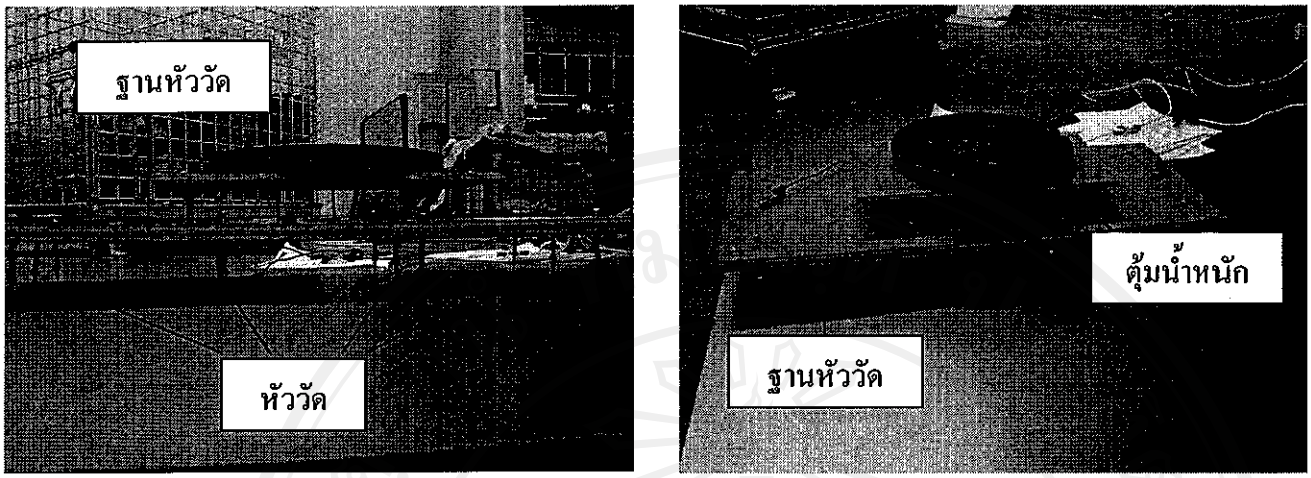
**หัววัด ( Probe head )**

หัววัดที่ใช้เป็นแบบ 4 ขา เรียงในแนวเดียวกัน โดยมีระยะห่างระหว่างขาที่เรียงกันแต่ละอันเท่า ๆ กัน โดยที่ออกแบบไว้มีค่า 20 เซนติเมตร ซึ่งจะทำให้ค่า $2\pi S$ มีค่าเท่ากับ หนึ่งหน่วย และค่า $\rho = \frac{V}{I}$ หรือค่าความต้านทาน ซึ่งค่าดังกล่าวนี้จะสะดวกในการคำนวณ สำหรับหัววัดที่ออกแบบในการทดลองนี้ ทำด้วยเหล็ก ที่มีขนาดความยาว 7 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และติดสปริงที่มีขนาดกับขา ส่วนฐานวัด ทำด้วยไม้ซึ่งมีความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร และหนา 2 เซนติเมตร สำหรับแผ่นไม้ เจารูให้มีระยะห่างกัน 20 เซนติเมตร เท่า ๆ กัน เพื่อสามารถที่จะสอดขาวัดซึ่งทำจากโลหะได้ ดังแสดงในรูป




**รูป 3.1** แสดงฐานของหัววัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบสี่จุด

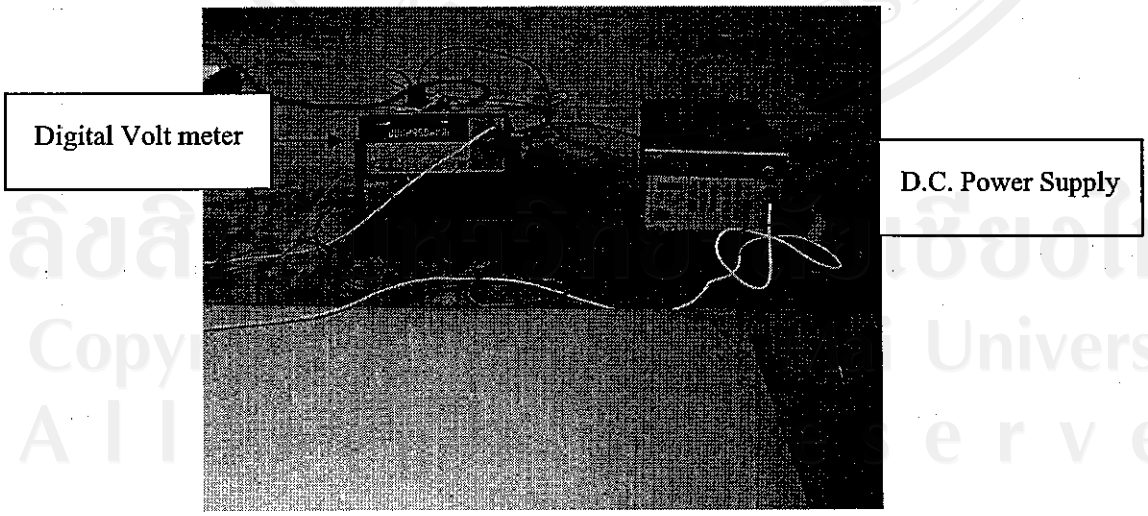
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




**รูป 3.2** หัววัดที่สร้างขึ้นเองพร้อมกับประกอบบนฐานวัด

**รายละเอียดของเครื่องมือวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าของแผ่นโลหะ**

1. D.C. Power Supply ที่ปรับกระแสได้ขนาด 0 – 18 แอมแปร์ รุ่น TTi TSX 1820P จำนวน 1 เครื่อง
2. Digital Volt meter ขนาด 6 ตำแหน่ง ของบริษัท KEITHLEY 196 System DDM จำนวน 1 เครื่อง
3. สายไฟ พร้อมปากคีบ จำนวน 6 เส้น
4. หัววัด Four Point Probe ที่มีระยะห่างระหว่างจุดสัมผัส เท่ากับ 20 เซนติเมตร

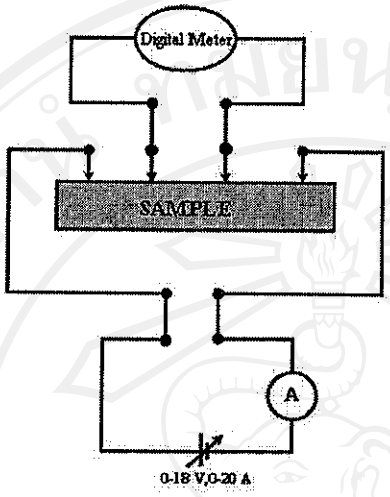



**รูป 3.3** แสดง D.C. Power Supply และ Digital Volt meter

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**3.1.2 วงจรวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าโดยวิธีวัดแบบ 4 จุด ( Measuring Circuit )**

วงจรทางไฟฟ้าที่ใช้วัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของแผ่นโลหะ จะแสดงดังรูป ซึ่งประกอบด้วย เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ปรับค่าได้ ตั้งแต่ 0 – 18 โวลต์ จ่ายกระแสสูงสุด 20 แอมแปร์ สำหรับการวัดความต่างศักย์ตกคร่อม probe คู่ใน ใช้ Digital Multimeter ที่วัดได้ระเอียดถึง $10^{-6}$ โวลต์




**รูป 3.4** แสดง วงจรการวัดแบบสี่จุด

**3.2 วิธีการทดลอง**

ออกแบบอุปกรณ์สำหรับ วัดหาค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของโลหะแบบ 4 จุด

นำอุปกรณ์ที่วัด ไปวัดหาค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าของโลหะ โดยมีการทดลองกับโลหะ ทั้ง 3 ประเภท คือ UCC , PREMIUM , NHK ที่มีความหนา 1.2 มิลลิเมตร และ 1.6 มิลลิเมตร

**วิธีวัดหาค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของโลหะ มีขั้นตอนดังนี้**

1. นำโลหะแบบแผ่นที่ต้องการศึกษาไปวางบนแผ่นไม้ ใช้แอลกอฮอล์เช็ดน้ำมันที่เคลือบที่ผิวด้านที่จะทำการวัดออกให้หมด

2. นำโลหะแบบแผ่นมาวัดหาค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า โดยวิธีวัดแบบ 4 จุด บนฐานวัด โดยผ่านกระแสค่าต่าง ๆ ให้กับขา Probe คู่นอก และวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมระหว่างขา Probe คู่ใน

3. อ่านและบันทึกค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ที่วัดได้ โดยปรับค่ากระแสไฟฟ้า ให้เพิ่มขึ้น จาก 2 , 4 , 6 , 8 , 10 , 12 แอมแปร์ ตามลำดับ จากเครื่องมือ Digital Multimeter

4. ทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนโลหะ ทั้ง 3 ชนิด หลาย ๆ ตัวอย่าง จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของโลหะแต่ชนิด

5. เขียนกราฟระหว่าง กระแสไฟฟ้าที่ใช้ และค่าเฉลี่ยของความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ของโลหะแต่ละชนิด และคำนวณหาค่าความชันของกราฟที่ได้ แล้วเปรียบเทียบกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

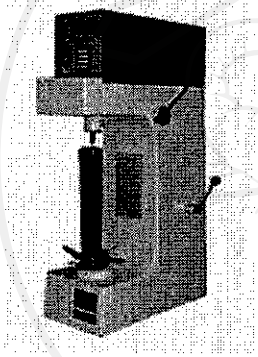
**3.3. การทดสอบความแข็ง ( Hardness Test )**

**อุปกรณ์ที่ใช้วัดความแข็งของโลหะ**

เครื่องวัดความแข็งของโลหะ ของบริษัท Brooks Inspection Equipment Ltd. Colchesrter , England

**วิธีทำการทดลอง**

1. ตัดตัวอย่างโลหะให้มีขนาดกว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร แต่ละชนิด จำนวน 4 แผ่น
2. ทำการวัดความแข็งของโลหะโดยเครื่องมือวัดความแข็งแบบ วิกเกอร์ ( Vicker Hardness Test ) โดย ในหนึ่งตัวอย่างทำการวัด 12 จุด
3. ทำการวัดซ้ำโดยเปลี่ยนโลหะทั้ง 3 ชนิด บันทึกผลที่ได้



**รูป 3.5** เครื่องมือวัดความแข็งของวัตถุแบบ วิกเกอร์

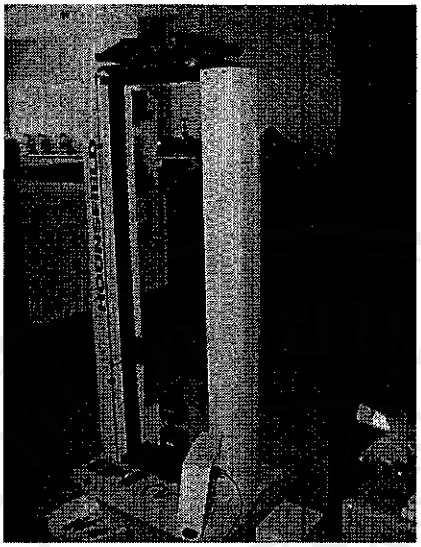
**3.4. การทดสอบแรงดึง (Tension Test)**

เครื่องมือวัดความแข็งแรงของโลหะ ใช้ของบริษัท **HOUNDFIELD**

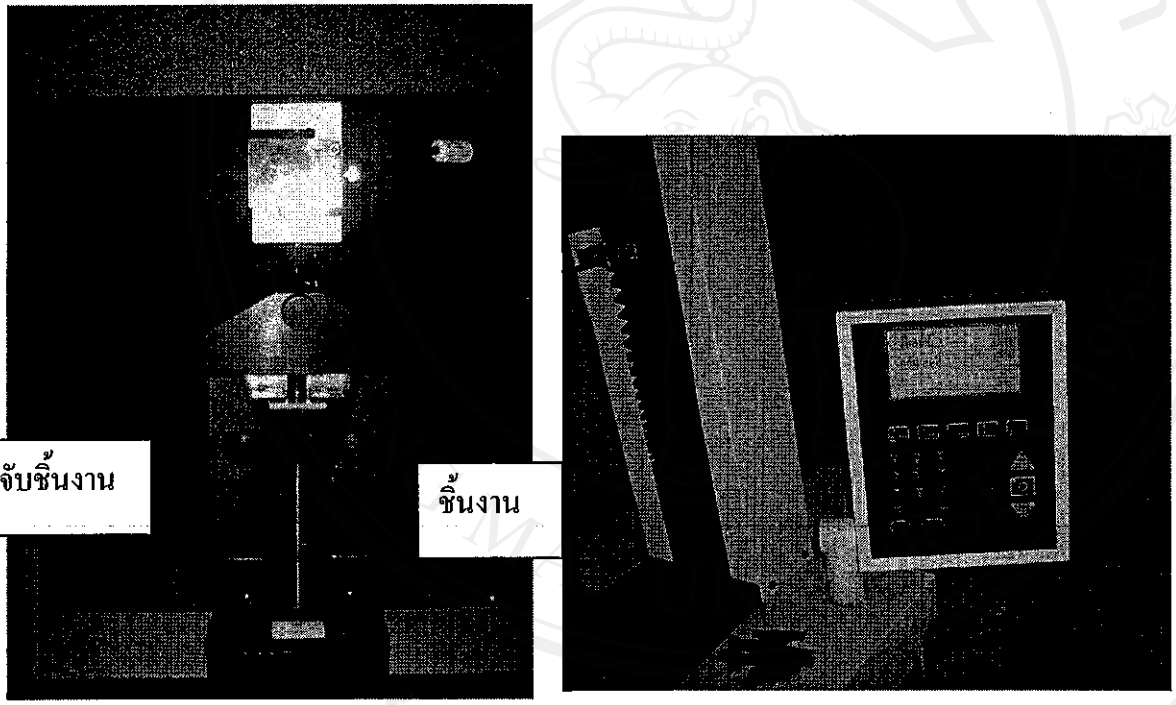
**วิธีทำการทดลอง**

1. ตัดตัวอย่างชิ้นงานให้มีขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 12 ชิ้น
2. นำชิ้นงานไปทดสอบโดยใช้เครื่องวัดความแข็งแรง ดังรูป
3. การปรับเครื่อง มีรายละเอียด ดังนี้
   - 3.1 Load Range , N , 8000
   - 3.2 Extension Range , mm , 50.00
   - 3.3 Speed , mm/min , 50.00
   - 3.4 Sample Length , mm , 60.0
   - 3.5 Preload , N , 10.00
4. บันทึกค่าที่วัดได้ นำมาหาค่าเฉลี่ยของความแข็งของโลหะในแต่ละ ประเภท พร้อมทั้ง แสดงกราฟที่ได้จากเครื่องมือวัด
5. นำผลที่วัดได้มา วิเคราะห์หาค่าความแตกต่างของโลหะทั้งสามประเภท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



**รูป 3.6** เครื่องมือทดสอบแรงดึงของวัสดุ




**รูป 3.7** แสดงการทดสอบแรงดึง

**3.5. การขัดเพื่อดูพื้นผิวและ การวิเคราะห์หาองค์ประกอบภายใน**

**การขัดดูพื้นผิว**

นำตัวอย่างของโลหะ ทั้งสามตัวอย่าง ไปขัดดูพื้นผิวโลหะโดยใช้เครื่องขัดผิวโลหะ ขนาดความละเอียดสูง เพื่อดู Grain Boundary

**การวิเคราะห์ โดยใช้วิธีการวิธีวิเคราะห์ EDS.**

นำโลหะแต่ละชนิด ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบภายในโดยใช้วิธีวิเคราะห์ EDS

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved