บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการพัฒนาเครื่องวัดความหนาของแผ่นโลหะด้วยเทคนิคการส่งผ่านรังสีสำหรับควบคุมเครื่องรีดโลหะแบบรีดเย็นและนำไปทดสอบการทำงานโดยติดตั้งกับเครื่องรีดโลหะเพื่อปรับสมรรถนะ เครื่องรีดโลหะจากระบบควบคุมด้วยแรงคนให้เป็นระบบอัตโนมัติ ได้ข้อมูลสรุปดังนี้

1. ผลการพัฒนาเครื่องต้นแบบนี้พบว่า มีความเป็นไปได้ในการที่จะพัฒนาระบบวัดความหนาของแผ่นโลหะด้วยเทคนิคการส่งผ่านรังสี โดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่หาได้ภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีเท่านั้นที่จำเป็นต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศโดยตรง นอกจากนี้ในปัจจุบันผู้นำเข้าอุปกรณ์และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ที่ทันสมัยและคุณภาพสูง ทำให้การออกแบบเพื่อประกอบเครื่องมือวัดมีขนาดกระทัดรัด และมีความเชื่อมั่นในการทำงานสูงขึ้น

2. การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของระบบวัดและประมวลผลการวัดปริมาณรังสีจะช่วยลดความซับซ้อนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ลง รวมทั้งลดการสูญเสียเวลาในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และแผ่นพิมพ์วงจร ทำให้ประหยัดนอกจากนี้ยังสามารถออกแบบโปรแกรมให้แสดงข้อความโต้ตอบกับผู้ใช้งานในทุกขั้นตอน ทำให้การใช้งานสะดวกขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้จะมีโปรแกรมภาษาเบสิก (MCS BASIC-52) ภายในตัวช่วยให้การเขียนโปรแกรมคำนวณและโปรแกรมสนับสนุนการใช้งานต่างๆ ง่ายขึ้น

3. ผลทดสอบการทำงานของเครื่องวัดความหนาของแผ่นโลหะด้วยเทคนิคการส่งผ่านรังสีที่พัฒนาขึ้นพบว่า

3.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงสามารถปรับค่าได้ต่อเนื่องจาก 0 ถึง 1200 โวลต์ และจ่ายกระแสได้สูงสุด 1.2 มิลลิแอมแปร์ ขณะที่มีศักดาระลอกคลื่นน้อยกว่า 5 มิลลิโวลต์ ด้านทางเข้าสัญญาณของวงจรขยายสัญญาณพัลส์สามารถรับสัญญาณพัลส์ขาลบ โดยปรับอัตราขยายสัญญาณจากภาคขยายส่วนหน้าได้ 20 : 1 และภาคขยายหลักให้สัญญาณทางออกในรูปยูนิโพลาที่มีความกว้างพัลส์ 1.0 ไมโครวินาที ที่ความสูงของพัลส์ 0 ถึง 10 โวลต์ ในส่วนของวงจรวิเคราะห์พลังงานแบบช่องเดี่ยวทำงานแบบ window mode โดยศักดาไฟฟ้าอ้างอิง LLD ปรับค่าได้จาก 0 ถึง 10 โวลต์ มีความเป็นเชิงเส้นของสเกลปรับค่า 1.0 และศักดาไฟฟ้าอ้างอิง ΔE ปรับค่าได้จาก 0 ถึง 10โวลต์ หรือ 0 ถึง 1 โวลต์ มีความเป็นเชิงเส้นของสเกลปรับค่า 1.0 ส่วนสุดท้ายของระบบวัดรังสี

คือ เรตมิเตอร์ สามารถเลือกค่าเต็มสเกลของการวัดอัตรานับรังสีได้จาก 100 cps, 1 kcps; 10kcps และ 100 kcps และปรับค่าคงที่เวลาในการตอบสนองการวัดได้ต่อเนื่องจาก 0.05 ถึง 0.3 วินาที

3.2 วงจรแปลงสัญญาณเชิงตัวเลข สามารถรับสัญญาณทางเข้าได้ 0 ถึง 10 โวลต์ แปลงเป็นสัญญาณเชิงตัวเลขด้วยความละเอียด 8 บิต มีความเป็นเชิงเส้นของการแปลงสัญญาณ 0.9999

3.3 ระบบประมวลข้อมูลวัดรังสีทำงานด้วยโปรแกรมควบคุม และโปรแกรมสนับสนุนการใช้งานที่บันทึกในหน่วยความจำถาวร (EPROM ขนาด 32 กิโลไบต์) สามารถแสดงผลการวัดค่าความหนา และข้อความแสดงขั้นตอนการทำงานบนจอ LCD รวมทั้งเปรียบเทียบค่าความหนาที่ตั้งไว้กับค่าความหนาที่วัดได้ ส่งผลต่างของสัญญาณความคลาดเคลื่อนผ่านการทำงานของรีเลย์ (relay) เพื่อใช้ปรับแก้ระบบสกรูดาวน์ของเครื่องรีดโลหะ

3.4 เครื่องวัดความหนาของแผ่นโลหะสามารถแสดงผลการวัดความหนาของแผ่นโลหะที่กำลังรีดออกจากเครื่องรีดได้ต่อเนื่อง ขณะเดียวกันสามารถส่งสัญญาณปรับแก้ความคลาดเคลื่อนความหนาของระบบสกรูดาวน์โดยการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างรีเลย์กับระบบสวิตช์ควบคุมด้วยแรงคนเดิมซึ่งเป็นการปรับสมรรถนะเครื่องรีดโลหะเดิมให้มีการควบคุมความหนาต่อเนื่องอัตโนมัติ

4. จากการใช้ต้นกำเนิดรังสี Am-241 พลังงาน 60 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ความแรงรังสี 3.7×10^9 เบคเคอเรล บรรจุในภาชนะกำบังรังสีซึ่งเจาะช่องบังคับลำรังสีขนาด 2.5 มิลลิเมตร ร่วมกับหัววัดรังสีโซเดียมไอโอไดด์ (ทัลเลียม) ขนาด 1" x 1" เจาะช่องรับรังสีขนาด 6 มิลลิเมตร จัดระบบวัดแบบส่งผ่านรังสี ติดตั้งระบบวัดกับเครื่องรีดโลหะรุ่นเก่า ทำการทดสอบการรีดโลหะในช่วงความหนา 0.25, 0.38 และ 0.45 มิลลิเมตร ด้วยความเร็วในการรีด 25 m/min พบว่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า $\pm$ 0.01 มิลลิเมตรเทียบกับความคลาดเคลื่อนเดิมควบคุมด้วยแรงคนซึ่งจะใช้การปรับด้วยการควบคุมสวิตช์ของระบบสกรูดาวน์ทำให้ความหนาแต่ละแผ่นมีความคลาดเคลื่อนต่างกันมากถึง $\pm$ 0.02 มิลลิเมตร เมื่อมีการควบคุมจะทำให้การรีดแต่ละครั้งมีความคลาดเคลื่อนของความหนาอยู่ในพิกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 ลักษณะพิกัดของเครื่อง

1. อุปกรณ์วัดส่วนหน้า

หัววัดรังสี	-โซเดียมไอโอไดด์(ทัลเลียม) ขนาด 1" x 1" บังคับช่องวัดลำรังสีขนาด 3 มิลลิเมตร
ต้นกำเนิดรังสี	-Am-241 ความแรง 3.7×10^9 เบคเคอเรล บรรจุในภาชนะกำบังรังสีเจาะช่องบังคับลำรังสีขนาด 2.5 มิลลิเมตร

2. ระบบวัดรังสี

แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง	-ปรับศักดาไฟฟ้าได้ต่อเนื่องจาก 0 ถึง 1200 โวลต์ ที่กระแสสูงสุด 1.2 มิลลิแอมแปร์ -มี load regulation 0.083% และแรงดันระลอกคลื่นน้อยกว่า 5 มิลลิโวลต์
วงจรขยายสัญญาณพัลส์	-รับสัญญาณขาลบ -ปรับอัตราขยายได้ 20 : 1 -ให้สัญญาณทางออกขนาด 0 ถึง10 โวลต์แบบพัลส์ยูนิโพลา ซึ่งมีความกว้างพัลส์ 1.0 ไมโครวินาที -ปรับ PZ และ BLR ได้
วงจรวิเคราะห์พลังงานแบบช่องเดี่ยว	-ทำงานแบบ window mode -ศักดาไฟฟ้าอ้างอิง LLD ปรับค่าได้จาก 0 ถึง 10 โวลต์ มีความเป็นเชิงเส้นของสเกล 0.999 -ศักดาไฟฟ้าอ้างอิง ΔEเลือกปรับค่าได้จาก 0 ถึง 1 โวลต์ หรือ 0 ถึง 10 โวลต์ มีความเป็นเชิงเส้นของสเกล -สัญญาณทางออกเป็นสัญญาณลอจิก มีความกว้างพัลส์ 0.5 ไมโครวินาที
เรตมิเตอร์	-สามารถเลือกอัตรานับรังสีเต็มสเกลได้จาก 100, 1k, 10 k และ 100 kcps -ปรับค่าคงที่เวลาตอบสนองการวัดได้ต่อเนื่องจาก 0.05 ถึง 0.3 วินาที -ให้สัญญาณทางออก 0 ถึง 1 โวลต์
3. ระบบประมวลข้อมูลวัด	-ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น CPAT-32 พร้อมโปรแกรมเบสิก MCS-BASIC-52 -โปรแกรมของระบบประกอบด้วย โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบโปรแกรมคำนวณและโปรแกรมสนับสนุนการใช้งาน บรรจุใน ROM ขนาด 32 kB
4. ระบบเชื่อมโยงสัญญาณกับระบบสกรูดาวน์	-บังคับทิศทางของระบบด้วยรีเลย์ 2 ชุด แสดงผลด้วย LED โดยเชื่อมโยงกับระบบสกรูดาวน์ผ่านหน้าสัมผัสของรีเลย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. ปัญหาในการออกแบบและประกอบเครื่องต้นแบบที่พบ ได้แก่ การจัดหาอุปกรณ์ด้านไฟฟ้าศักดาสูงซึ่งหาค่อนข้างยาก การออกแบบและสร้างวงจรแผ่นพิมพ์มีปัญหาทั้งด้านความชำนาญในการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปและต้นทุนในการทำแผ่นพิมพ์วงจร 2 หน้า ยังคงมีราคาสูงมากถึงตารางนิ้วละ 100 บาท นอกจากนี้ในการออกแบบประกอบให้ระบบมีขนาดกระทัดรัด มักประสบปัญหาเรื่องการรบกวนของสัญญาณทั้งส่วนของแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง วงจรขยายสัญญาณ ซึ่งต้องออกแบบภาชนะป้องกันสัญญาณรบกวนอย่างมิดชิด ทำให้การประกอบทำได้ลำบาก

2. การใช้ ADC ความละเอียด 8 บิต ในการแปลงข้อมูลเชิงตัวเลข จะทำให้มีข้อจำกัดในด้านความละเอียดของการแสดงค่าความหนาและการควบคุมความหนาให้ได้ความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า $\pm$ 0.01 มิลลิเมตร เนื่องจาก ADC จะไม่ตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณจากเรดมิเตอร์ที่อยู่ใน $\pm$ 4 mV

3. การติดตั้งเครื่องวัดที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการตัดต่อของหน้าสัมผัส และอุปกรณ์แม่เหล็กที่ใช้กระแสสูงซึ่งจะเป็นแหล่งกำเนิดสไปค์ (spike) ที่จะเข้ามารบกวนการทำงานของระบบ และโปรแกรมหยุดทำงาน นอกจากป้องกัน แล้วจะต้องลดการเกิดสัญญาณรบกวนจากแหล่งกำเนิดดังกล่าวด้วย

4. ปัญหาของการวิจัยที่เกิดจากความต้องการของอุตสาหกรรมเป็นปัญหาที่มีคุณค่า แต่ข้อจำกัดของการดำเนินงานอยู่ที่เวลาในการวิจัยซึ่งมักจะเกิดความล่าช้า ทั้งด้านปัญหาการออกแบบสร้าง การจัดหาอุปกรณ์ ไม่สามารถกำหนดงานให้เสร็จตามที่กำหนดได้ ในขณะที่อุตสาหกรรมนั้นเป็นธุรกิจที่ต้องดำเนินอย่างต่อเนื่อง การนัดหมายเพื่อหาข้อมูลทดสอบระบบจะต้องมีความแน่นอนและให้คำตอบทันที จึงทำให้เกิดอุปสรรคในความร่วมมือที่ต้องมีการแก้ไข

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. เครื่องวัดและควบคุมความหนาของโลหะที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปติดตั้งเข้ากับเครื่องรีดโลหะรุ่นเก่า และเชื่อมโยงสัญญาณควบคุมเข้ากับสวิตช์ควบคุมเพื่อให้ระบบสกรูดาวน์มีการปรับแก้ความหนาอย่างต่อเนื่อง จะเป็นแนวทางในการปรับสมรรถนะของเครื่องรีดโลหะรุ่นเก่าให้ทำงานในระบบอัตโนมัติ เป็นการควบคุมคุณภาพของแผ่นโลหะรีดให้มีความหนาสม่ำเสมอ

2. ควรใช้ ADC ในการแปลงข้อมูลเชิงตัวเลขจากเรดมิเตอร์ให้มีความละเอียดสูงกว่านี้เป็น 10 หรือ12 บิต เพื่อจะปรับแก้ความคลาดเคลื่อนและแสดงผลได้ละเอียดกว่า $\pm$0.01 มิลลิเมตร

3. เครื่องวัดและควบคุมความหนาที่ใช้งานในโรงงานควรออกแบบเป็นโมดุลอิสระ เพื่อสะดวกและลดเวลาในการซ่อมบำรุง เมื่อเกิดปัญหาขัดข้อง

4. เครื่องวัดความหนาที่ใช้เทคนิคการส่งผ่านรังสีควรใช้กับการวัดที่แผ่นโลหะมีส่วนผสมของเนื้อโลหะไม่แตกต่างกัน ถ้าเนื้อโลหะแตกต่างกันจะมีผลให้การควบคุมความหนาคลาดเคลื่อนไปเนื่องจากค่า μ จะเปลี่ยนแปลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย