

836

การพัฒนาระบบควบคุมความหนาแบบนิวคลีโอนิก  
สำหรับเครื่องรีดโลหะแผ่นบาง



นายเดโช ทองอร่าม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-631-953-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16460219

DEVELOPMENT OF A NUCLEONIC THICKNESS CONTROL SYSTEM  
FOR A THIN SHEET ROLLING MILLS MACHINE



MR.DECHO THONG-ARAM

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-631-953-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์                      การพัฒนาระบบควบคุมความหนาแบบนิวคลีโอนิกสำหรับเครื่องรีดโลหะ  
แผ่นบาง

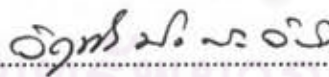
โดย    นายเดโช ทองอร่าม  
ภาควิชา                                        นิวเคลียร์เทคโนโลยี  
อาจารย์ที่ปรึกษา                          รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม                      ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

  
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ กุงสุวรรณ )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการสอบ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว )

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
( รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช )

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ )

  
.....กรรมการ  
( อาจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์ )



พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

เดโช ทองอร่าม : การพัฒนาระบบควบคุมความหนาแบบนิวคลีโอนิกสำหรับเครื่องรีดโลหะแผ่นบาง (Development of a Nucleonic Thickness Control System for a Thin Sheet Rolling Mills Machine) อ.ที่ปรึกษา : รศ.วิรุฬห์ มังคละวิรัช, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.สุวิทย์ ปุณณชัยยะ, 124 หน้า. ISBN 974-631-953-1

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องวัดความหนาของแผ่นโลหะด้วยเทคนิคนิวเคลียร์โดยใช้ระบบวัดแบบส่งผ่านรังสี เพื่อนำไปควบคุมระบบสกรูดาวน์ (screw down) ของลูกรีดในเครื่องรีดโลหะแบบรีดเย็นที่ระบบกลลิกหรือจากการใช้งานเป็นเวลานานและขาดความแม่นยำ ไม่สามารถปรับแก้ด้วยการใช้แรงงานคนได้ ให้สามารถ ปรับแก้ความหนาต่อเนื่องในระบบอัตโนมัติ เครื่องวัดความหนาที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน ดังนี้ เกจวัดความหนาแบบส่งผ่านรังสี ระบบวัดรังสี ระบบแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข ไมโครคอนโทรลเลอร์ และระบบเชื่อมโยงสัญญาณ

จากผลการนำเครื่องวัดความหนาด้วยเทคนิคนิวเคลียร์ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ต้นกำเนิดรังสี Am-241 (พลังงาน 60 keV) มีความแรงรังสี  $3.7 \times 10^9$  เบคเคอเรลร่วมกับหัววัดรังสีชนิดโซเดียมไอโอไดด์ (ทลเลียม) ขนาด 1" x 1" ติดตั้งเข้ากับเครื่องรีดโลหะแบบรีดเย็นรุ่นเก่าที่มีระบบสกรูดาวน์ลูกรีด ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ และทำการรีดแผ่นทองเหลืองในช่วงความหนา 0.1 ถึง 0.5 mm ด้วยความเร็ว 25 m/min. พบว่าความหนาของแผ่นทองเหลืองที่รีดออกมามีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า  $\pm 0.01$  mm เมื่อเทียบกับก่อนติดตั้งเครื่องวัดจะมีความคลาดเคลื่อนถึง  $\pm 0.02$  mm ผลการวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการปรับสมรรถนะของเครื่องรีดโลหะรุ่นเก่าที่มีอยู่ในประเทศ ให้สามารถมีระบบควบคุมอัตโนมัติที่ทันสมัยขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาควิชา.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี  
สาขาวิชา.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี  
ปีการศึกษา.....2537

ลายมือชื่อนิสิต.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

# # C417942 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD: NUCLEAR TRANSMISSION TECHNIQUE/ THICKNESS GAUGING/ COLD ROLLING MILLS/ ON-LINE PROCESS/NUCLEONIC CONTROL

DECHO THONG-ARAM : DEVELOPMENT OF A NUCLEONIC THICKNESS CONTROL SYSTEM FOR A THIN SHEET ROLLING MILLS MACHINE. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. VIRUL MANGCLAVIRAJ, THESIS CO-ADVISOR : ASST. PROF. SUVIT PUNNACHAIYA 124 pp. ISBN 974-631-953-1

A nuclear transmission thickness gauging is developed. It is used to control the thickness of the sheet metal production in the cold rolling mills. Owing to the wear of the mechanical parts due to long service life the thickness accuracy control in the machine deteriorates resulting adverse effects in quality control manipulated manually by the operator. Thus the need of an automatic thickness control for the machine is inevitable. The main parts of the nuclear thickness gauge are: radiation source, radiation detection system, analog to digital converter, microcontroller and interfaces.

A thickness gauge with Am-241 of  $3.7 \times 10^9$  Bq. as radiation source together with a 1" x 1" NaI (TI) as radiation detector is installed on an old version cold rolling mills producing brass sheets of thickness ranging from 0.1 to 0.5 mm with a feeding speed of 25 m/min. It is found that with nuclear thickness gauge the brass sheet thickness can be controlled with a deviation of  $\pm 0.01$  mm in comparison with  $\pm 0.02$  mm resulting from conventional thickness control. Thus the performance of the old version cold rolling mills can be improved through the development of an automatic nuclear electronic thickness gauging.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเทคโนโลยี

สาขาวิชา วิศวกรรมเทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนเป็นอย่างดีจาก  
รองศาสตราจารย์วิรุฬห์ มังคละวิรัช ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิทย์ ปุณณชัยยะ และอาจารย์นฤปวิจัก  
เงินวิจิตร ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำในด้านต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินงาน ผู้เขียน  
ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อคณาจารย์ทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ คุณพรชัย หาญสิทธิวงศ์ ผู้จัดการห้างหุ้นส่วนจำกัด บริพัตรโลหะกิจ ที่ให้  
ความอนุเคราะห์ในด้านข้อมูลพร้อมทั้งเอื้อเพื่อให้ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบที่โรง  
งาน รวมทั้งขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี  
ที่ได้ให้ยืมเครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ในการดำเนินการทดลองครั้งนี้ และขอขอบคุณ คุณสายชล  
พิมพ์มงคล คุณรัฐภูมิ ไคกศิริ ที่ช่วยออกแบบหน้าปัทม์และกล่องเครื่องมือ ขอขอบคุณ คุณกิตติ  
ประเสริฐศิลป์ ที่ช่วยเขียนวงจรและออกแบบลายแผ่นวงจรพิมพ์

ขอขอบคุณอย่างมากสำหรับ คุณศิริเวช รัตนสุวรรณ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการพิมพ์  
ต้นฉบับวิทยานิพนธ์จนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ และคอยให้ความสนับสนุนในการดำเนินงานด้วยดีมาตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ที่เคารพรักอย่างยิ่งของกระผมที่ให้ความรัก การอบ  
รมสั่งสอน การดูแลเอาใจใส่อย่างอบอุ่นสุดจะหาที่เปรียบได้ ขอขอบพระคุณพี่ชายคนเดียวของกระผม  
ที่ให้ความรักและความสนับสนุนอย่างดีมาโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2. การควบคุมความหนาของแผ่นโลหะแบบรีดเย็น.....	4
2.1 เครื่องรีดโลหะแบบรีดเย็น.....	5
2.2 การวัดและการควบคุมความหนาด้วยเทคนิคการส่งผ่านรังสี.....	14
3. การดำเนินการวิจัย.....	24
3.1 ข้อมูลพื้นฐานของการพัฒนาระบบควบคุมความหนา ของแถบโลหะแบบรีดเย็น.....	24
3.2 การพัฒนาเครื่องวัดความหนาของแผ่นโลหะ สำหรับควบคุมเครื่องรีดโลหะ.....	24
3.3 การออกแบบระบบวัดและควบคุมความหนา.....	27
3.4 การออกแบบระบบประมวลผล.....	42
3.5 การออกแบบระบบเชื่อมโยงสัญญาณ.....	44
3.6 การออกแบบโปรแกรม.....	47
4. การทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่อง.....	50
4.1 การทดสอบระบบวัดปริมาณรังสี.....	50
4.2 การทดสอบวงจรแปลงสัญญาณเชิงตัวเลข ADC.....	65
4.3 การทดสอบระบบประมวลผลข้อมูลความหนาของแผ่นโลหะ.....	67
4.4 การทดสอบการควบคุมความหนาของแผ่นโลหะกับเครื่องรีดโลหะ.....	71

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	74
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	74
5.2 ลักษณะพิกัดของเครื่อง.....	75
5.3 ปัญหาและอุปสรรค.....	77
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	77
รายการอ้างอิง.....	79
ภาคผนวก ก.....	81
ภาคผนวก ข.....	87
ภาคผนวก ค.....	95
ภาคผนวก ง.....	123
ประวัติผู้เขียน.....	124

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการพัฒนาความเร็วของระบบสกรูดาวน์.....	10
2.2 ดันกำเนิดรังสีแกมมา.....	15
3.1 รายละเอียดของตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ต.....	42
4.1 ผลการทดสอบความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุด.....	53
4.2 ผลทดสอบความเป็นเชิงเส้นของสเกลปรับศักดาไฟฟ้า.....	54
4.3 ผลทดสอบความเสถียรของศักดาไฟฟ้าทางออก.....	55
4.4 ผลทดสอบความเป็นเชิงเส้นของอัตราขยายแบบดิฟเฟอเรนเชียล.....	58
4.5 ผลทดสอบความเป็นเชิงเส้นของสเกล LLD.....	61
4.6 ผลทดสอบความเป็นเชิงเส้นของสเกล $\Delta E$ .....	61
4.7 ผลทดสอบความเป็นเชิงเส้นของเรดมิเตอร์.....	64
4.8 ผลทดสอบการแปลงสัญญาณเชิงตัวเลขของวงจร ADC .....	66
4.9 ผลทดสอบการวัดความหนาและปริมาณความเข้มข้น.....	69
4.10 ผลทดสอบการวัดความหนาแผ่นทองเหลืองที่ความหนาต่าง ๆ .....	70
4.11 ผลทดสอบความสามารถในการแจกแจงความหนาของเครื่องวัด.....	70
4.12 ผลการควบคุมความหนาของแผ่นโลหะ.....	72

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 การรีดโลหะรูปทรงต่างๆ และแผ่นโลหะ.....	4
2.2 เครื่องรีดโลหะแบบรีดเย็น.....	6
2.3 การจัดระบบลูกรีดโลหะของเครื่องรีดชนิดต่างๆ .....	6
2.4 แรงกระทำระหว่างการรีดโลหะ.....	7
2.5 เส้นกราฟคุณลักษณะอีลาสติกและพลาสติกของการรีดโลหะ.....	8
2.6 ระบบควบคุมความหนาของเครื่องรีดโลหะ.....	9
2.7 เส้นกราฟความสัมพันธ์ของระยะสกรูดานอันเนื่องมาจาก ความหนาของแถบโลหะเริ่มต้นเปลี่ยนแปลง.....	11
2.8 เส้นกราฟความสัมพันธ์ของระยะสกรูดานอันเนื่องมาจาก ความแข็งของเนื้อโลหะเปลี่ยนแปลง.....	12
2.9 เส้นกราฟความสัมพันธ์ของระยะสกรูดานอันเนื่องมาจาก จักรกลการรีดไม่ได้ศูนย์.....	13
2.10 อันตรกิริยาของรังสีปฐมภูมิกับตัวกลางใด ๆ.....	15
2.11 การจัดระบบวัดปริมาณความเข้มรังสีแบบส่งผ่านรังสี.....	16
2.12 แผนภาพของระบบควบคุมความหนาของเครื่องรีดโลหะ ด้วยเทคนิคการส่งผ่านรังสี.....	18
2.13 เส้นกราฟความสัมพันธ์ของอัตรานับจากเรตมิเตอร์และ ค่าที่เกิดจริงในการเปลี่ยนแปลงแบบแรมพ์.....	19
3.1 แผนภาพการทำงานของระบบวัดและควบคุมความหนาของแผ่นโลหะ.....	25
3.2 การติดตั้งหัววัดและต้นกำเนิดรังสี.....	27
3.3 วงจรของฐานหลอดทวีคูณอิเล็กตรอน.....	28
3.4 แผนภาพการทำงานของแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง.....	29
3.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง.....	31
3.6 แผนภาพการทำงานของวงจรขยายสัญญาณพัลส์.....	32
3.7 วงจรขยายสัญญาณพัลส์.....	33
3.8 แผนภาพการทำงานของวงจรวิเคราะห์ความสูงของพัลส์.....	34
3.9 วงจรวิเคราะห์ความสูงของพัลส์แบบช่องเดี่ยว.....	36
3.10 แผนภาพการทำงานของวงจรเรตมิเตอร์.....	37
3.11 วงจรเรตมิเตอร์.....	39
3.12 แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำ.....	41

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.13 แผนภาพการต่อใช้งานของพอร์ต EXP4 .....	43
3.14 แผนภาพการต่อพอร์ต EXP3 เพื่อควบคุมลูกรีด.....	43
3.15 แผนภาพการต่อวงจรคีย์บอร์ดเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	43
3.16 วงจรถอดรหัสคีย์บอร์ด.....	44
3.17 แผนภาพการทำงานของวงจร ADC.....	44
3.18 วงจรเชื่อมโยงสัญญาณข้อมูลวัดรังสี.....	45
3.19 วงจรเชื่อมโยงสัญญาณควบคุมระบบ.....	46
3.20 โฟลวชาร์ตขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม.....	47
3.21 ภาพถ่ายด้านหน้าของเครื่องวัดและควบคุมความหนา ของแผ่นโลหะที่พัฒนาขึ้น.....	48
3.22 ภาพถ่ายด้านหลังของเครื่องวัดและควบคุมความหนา ของแผ่นโลหะที่พัฒนาขึ้น.....	48
3.23 การติดตั้งอุปกรณ์และแผ่นวงจรภายในเครื่อง.....	49
3.24 ชุดเครื่องวัดและควบคุมความหนาของแผ่นโลหะ.....	49
4.1 แผนภาพการจัดอุปกรณ์ทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง.....	51
4.2 เส้นกราฟความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและศักดาไฟฟ้า ของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง.....	53
4.3 เส้นกราฟความสัมพันธ์ของสเกลบนหน้าปัทม์และ ศักดาไฟฟ้าของวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง.....	54
4.4 เส้นกราฟแสดงความเสถียรของศักดาไฟฟ้าทางออก.....	55
4.5 ขนาดของศักดาอะนาล็อกคลื่น.....	56
4.6 แผนภาพการจัดอุปกรณ์ทดสอบวงจรขยายสัญญาณพัลส์.....	57
4.7 รูปสัญญาณพัลส์ทางเข้าและออกจากวงจรขยายสัญญาณพัลส์.....	58
4.8 เส้นกราฟความเป็นเชิงเส้นของอัตราขยายซึ่งทดสอบ แบบดิฟเฟอเรนเชียล.....	59
4.9 แผนภาพการจัดอุปกรณ์ทดสอบวงจรวิเคราะห์พลังงานแบบช่องเดี่ยว.....	60
4.10 เส้นกราฟความเป็นเชิงเส้นของสเกลศักดาไฟฟ้าอ้างอิง LLD และ $\Delta E$ .....	62
4.11 สเปกตรัมของ Am-241 วิเคราะห์ด้วยวงจรวิเคราะห์พลังงาน แบบช่องเดี่ยวที่พัฒนาขึ้น.....	62
4.12 แผนภาพการจัดอุปกรณ์ทดสอบเรตมิเตอร์.....	63

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13	เส้นกราฟความเป็นเชิงเส้นของเรตมิเตอร์..... 65
4.14	แผนภาพการจับอุปกรณ์ทดสอบวงจรแปลงสัญญาณเชิงตัวเลข..... 65
4.15	เส้นกราฟความเป็นเชิงเส้นของการแปลงสัญญาณเชิงตัวเลข ของวงจร ADC..... 67
4.16	แผนภาพการจับอุปกรณ์ทดสอบการประมวลผลข้อมูลความหนา..... 67
4.17	เส้นกราฟความสัมพันธ์ของค่าความหนาแผ่นทองเหลือง และความเข้มรังสีจากเรตมิเตอร์..... 69
4.18	แผนภาพการติดตั้งระบบควบคุมความหนาเข้ากับเครื่องรีดโลหะ..... 71
4.19	ภาพถ่ายเครื่องรีดโลหะแบบรีดเย็นก่อนติดตั้งระบบควบคุมความหนา..... 72
4.20	ภาพถ่ายเครื่องรีดโลหะแบบรีดเย็นหลังติดตั้งระบบควบคุมความหนา..... 73
4.21	แถบโลหะทองเหลืองที่รีดจากเครื่องรีดโลหะ..... 73

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย