

การควบคุมแบบใหม่ของระบบควบคุมความหนืดโนมิติในชุดแท่นรีดเย็นแบบต่อเนื่อง



นายเนติวุฒิ ม้ารุ่งอรุณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-5902-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A NEW CONTROL LOGIC OF AUTOMATIC GAUGE CONTROL SYSTEM IN TANDEM COLD MILL



Mr. Netiwut Marung-aroon

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

Department of Metallurgical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-5902-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การควบคุมแบบใหม่ของระบบควบคุมความหนาอัตโนมัติในชุดแท่นรีด  
เย็นแบบต่อเนื่อง

โดย

นายเนติวุฒิ ม้ารุ่งอรุณ

สาขาวิชา

วิศวกรรมโลหการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศรีเจริญชัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... คนบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัญศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชاکกร จารุพิสิฐธร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศรีเจริญชัย)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไสว ด่านชัยวิจิตร)

เนติวุฒิชัย ม้ารุ่งอรุณ : การควบคุมแบบใหม่ของระบบควบคุมความหนาอัตโนมัติในชุดแท่นรีดเย็นแบบต่อเนื่อง ( A NEW CONTROL LOGIC OF AUTOMATIC GAUGE CONTROL SYSTEM IN TANDEM COLD MILL ) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศรีเจริญชัย 120 หน้า, ISBN 974-17-5902-9

ความต้องการสำหรับการควบคุมคราวน์และความเรียบของแผ่นโลหะในการรีดเป็นสิ่งที่จะต้องให้ความสนใจในการรีดเหล็กแผ่นคุณภาพสูง การเปลี่ยนแปลงโพไฟล์ของแผ่นโลหะมีผลต่อคุณภาพทางเรขาคณิตและการควบคุมรูปร่างของแผ่นโลหะ เนื่องจากรูปร่างของแผ่นโลหะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโพไฟล์ของแผ่นโลหะ การหาโพไฟล์แผ่นโลหะได้อย่างแม่นยำมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมคราวน์และรูปร่างของแผ่นโลหะ งานวิจัยนี้อธิบายถึงวิธีการหาการควบคุมโพไฟล์และรูปร่างของแผ่นโลหะในแท่นรีดเย็นแบบหกลูกรีดโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ชุดแท่นรีดถูกจำลองโดยแบบจำลองการโก่งตัวในช่วงย่อยของคาน ลูกรีดถูกแบ่งช่วงย่อยและคำนวณหา Influence coefficient ของการโก่งตัวและยุบตัวของลูกรีดโดยสมการสำหรับการโก่งตัวของคานอย่างง่าย นอกจากนี้ในระบบสมการยังรวมถึงสมการความสอดคล้องซึ่งได้จากคู่ของผิวหน้าที่มีการสัมผัสกันในบริเวณที่สัมผัสกัน และรวมถึงสมการสมดุลของแรงและการสมดุลของโมเมนต์ในแต่ละลูกรีด สมการทั้งหมดสามารถที่จะจัดรูปแบบและสร้างระบบสมการให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ได้ การแก้ระบบเมตริกซ์นำไปสู่คำตอบของโพไฟล์ของแผ่นโลหะและ ค่า I-Unit

การประยุกต์ใช้แบบจำลองนี้ทำให้ง่ายที่จะเข้าใจพฤติกรรมของชุดแท่นรีด แบบจำลองนี้สามารถตรวจสอบความสามารถในการควบคุมของอุปกรณ์ควบคุมโพไฟล์และรูปร่างกล่าวคือการดัดที่ Intermediate roll การดัดที่ work roll การเลื่อนของ intermediate roll และพารามิเตอร์อื่นๆ เพื่อที่จะเลือกเงื่อนไขการรีดที่เหมาะสมที่สุด

ภาควิชา วิศวกรรมโลหการ

สาขาวิชา วิศวกรรมโลหการ

ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนิสิต.....*อนัญญา อธิบูรณ์*.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*Prall*.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# # 4470383321 : MAJOR METALLURGICAL ENGINEERING

KEYWORD : STRIP PROFILE AND SHAPE CONTROL / ROLLING SIMULATION

NETIWUT MARUNGARON : A NEW CONTROL LOGIC OF AUTOMATIC GAUGE CONTROL SYSTEM IN TANDEM COLD MILL. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. PRASONK SRICHAREONCHA I ( D.ENG ), 120 pp. ISBN 974-17-5902-9

The requirement for strip crown and flatness control in strip rolling are becoming strict for high-quality steel rolling. The change of strip profile affects strip geometry quality and shape control. Since strip shape control is conducted by altering strip profile, the accurate estimation of strip profile plays the important role on crown and shape control. This paper describes the way to estimate strip profile and shape control in six-high cold mills by computer simulation model. The mills are simulated by slit beam deflection model. The rolls are divided in to a number of segments and calculate the influence coefficient of roll deflection and indentation base on equation for deflection of a simple beam. In addition, the equation system includes the compatibility equation that derived from matching surface in contact zone, and equilibrium equation for force and moment balance in each roll. All equations can set and establish the matrix system. Solving matrix system leads to the answer of strip profile and I-Unit.

Application of this model facilitates understanding of mill behavior. This model can investigate the control capability of control devices namely, intermediate roll bender, work roll bender, intermediate roll shifting, and other parameters to select the optimal rolling condition.

Department Metallurgical Engineering

Field of study Metallurgical Engineering

Academic year 2004

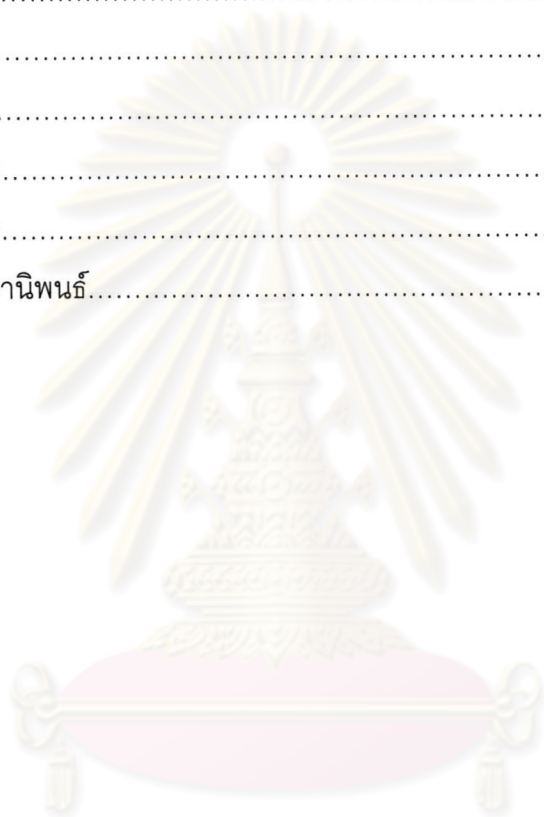
Student's signature *Netiwut Marungaron*

Advisor's signature *Prasonk Srichareoncha*

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
- ความสำคัญของงานวิจัย.....	1
- วัตถุประสงค์.....	1
- ขอบเขตการศึกษา.....	2
- ประโยชน์ของงานวิจัย.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
- นิยามโพรไฟล์ของแผ่นโลหะ.....	4
- ความสัมพันธ์ระหว่างโพรไฟล์และรูปร่างของแผ่นโลหะ.....	7
- แบบจำลองการเกิดการแปรรูปของลูกรีด.....	9
- ทฤษฎีวิเคราะห์การเกิดการโก่งตัวของลูกรีด.....	9
- การวิเคราะห์แปรรูปของลูกรีดในแท่นรีดแบบ 6 ลูกรีด.....	13
3 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	27
- ข้อมูลพื้นฐานในการรีด.....	27
- สมการจากความสอดคล้องของการแปรรูปและสมมูลสถิติของลูกรีด.....	30
- ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม.....	32
- การคำนวณและวิเคราะห์ผล.....	35
4 ผลการคำนวณ.....	36
- ผลของความกว้างของแผ่นโลหะในการรีดที่มีต่อโพรไฟล์.....	37
- ผลของความกว้างของแผ่นโลหะที่มีต่อรูปร่างในการรีด.....	40
- ผลของการให้แรงดัดที่ Work roll ต่อโพรไฟล์และรูปร่างของแผ่นโลหะ.....	43
- ผลของการให้แรงดัดที่ Intermediate roll ต่อโพรไฟล์และรูปร่างของแผ่นโลหะ.....	49

- ผลของการให้แรงดัดที่ Work roll และ Intermediate roll ต่อโพรไฟล์และรูปร่างของแผ่นโลหะ.....	57
- ผลของ Intermediate roll shifting ต่อโพรไฟล์และรูปร่างของแผ่นโลหะ.....	59
5 บทสรุป.....	65
รายการอ้างอิง.....	68
ภาคผนวก.....	70
- ภาคผนวก ก.....	71
- ภาคผนวก ข.....	109
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	120



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

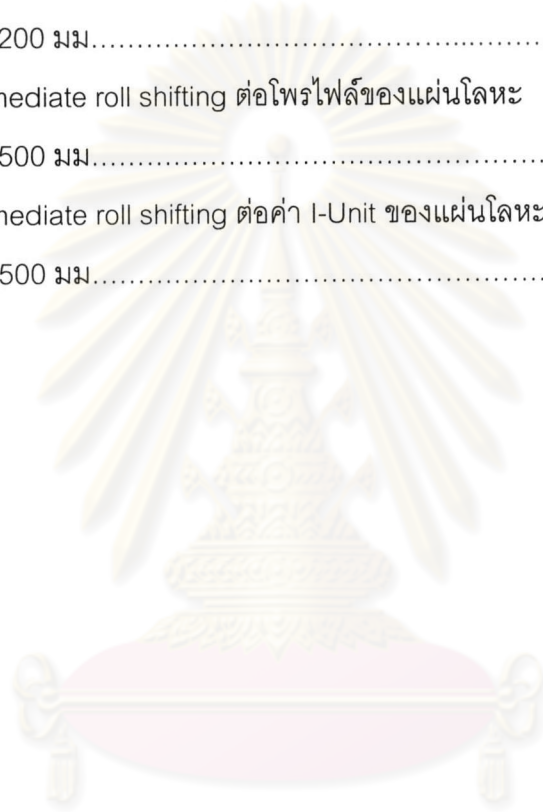
## สารบัญญภาพ

ภาพประกอบ รูปที่	หน้า
2.1	ลักษณะทางเรขาคณิตของแผ่นโลหะที่ผ่านการรีด.....4
2.2	การเกิดการโก่งตัวของลูกรีดเมื่อรับแรงในการรีด.....5
2.3	การเกิดการยุบตัวที่ผิวหน้าที่สัมผัสกันระหว่างชิ้นงานกับ Work roll และระหว่าง Backup roll กับ Work roll.....6
2.4	การนิยามรูปร่างของแผ่นโลหะ.....7
2.5	การเกิดการโก่งตัวของลูกรีดเมื่อรับแรงในการรีด.....9
2.6	แบบจำลองการพิจารณาแบ่งช่วงย่อยบนลูกรีด.....10
2.7	Band of pressure on semi-infinite body .....11
2.8	การเกิด roll flattening ของลูกรีด.....13
2.9	ชุดแท่นรีดแบบ 6 ลูกรีด.....13
2.10	แผนภาพอิสระของชุดลูกรีด.....14
2.11	การขยับตัวในแนวตั้งของ Intermediate roll.....18
2.12	การขยับตัวในแนวตั้งของ Work roll.....19
2.13	แรงที่กระทำบน Intermediate roll.....25
2.14	แรงที่กระทำบน Work roll.....26
3.1	พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับขนาด และลักษณะทางเรขาคณิตของชุดลูกรีดชนิด 6 ลูกรีด.....28
3.2	แผนภาพแสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง.....35
4.1.1	โพรไฟล์ของแผ่นโลหะที่ความกว้างต่างๆกัน.....38
4.1.2	การกระจายของแรงที่เกิดขึ้นบนแผ่นโลหะที่ความกว้างต่างกัน.....38
4.1.3	เปรียบเทียบการเกิดการโก่งตัวของ work roll ในบริเวณที่สัมผัสกับแผ่นโลหะ ที่ความ กว้าง 800 มม. และ 1500 มม.....39
4.2.1	เปรียบเทียบค่า I-Unit ของแผ่นโลหะในการรีด ที่ความกว้าง 800, 1000, 1200, และ 1500 มม.. ตามลำดับ.....42
4.3.1	ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดัดที่มีต่อโพรไฟล์ ของแผ่นโลหะความกว้าง 800 มม.....46
4.3.2	ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดัดที่มีต่อค่า I-Unit



	ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 800 มม.....	46
4.3.3	ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดัดที่มีต่อโพรไฟล์ ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 1200 มม.....	47
4.3.4	ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดัดที่มีต่อค่า I-Unit ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 1200 มม.....	47
4.3.5	ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดัดที่มีต่อโพรไฟล์ ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 1500 มม.....	48
4.3.6	ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดัดที่มีต่อค่า I-Unit ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 1500 มม.....	48
4.4.1	ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดัดที่ Intermediate roll ต่อโพรไฟล์ ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 800 มม.....	53
4.4.2	เปรียบเทียบผลของแรงดัดที่มีต่อโพรไฟล์ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 800 มม. เมื่อมีการให้แรงดัดที่ work roll และ intermediate roll ขนาด 70 ตัน.....	53
4.4.3	ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดัดที่ Intermediate roll ต่อโพรไฟล์ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 1200 มม.....	54
4.4.4	ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดัดที่ Intermediate roll ต่อโพรไฟล์ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 1500 มม.....	54
4.4.5	ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดัดที่ Intermediate roll ต่อค่า I-Unit ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 800 มม.....	55
4.4.6	ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดัดที่ Intermediate roll ต่อค่า I-Unit ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 1200 มม.....	55
4.4.7	ผลของการเปลี่ยนแปลงแรงดัดที่ Intermediate roll ต่อค่า I-Unit ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 1500 มม.....	56
4.5.1	ผลของการให้แรงดัดที่ work roll และ intermediate roll ต่อโพรไฟล์ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 800 มม.....	58
4.5.2	ผลของการให้แรงดัดที่ work roll และ intermediate roll ต่อรูปร่างของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 800 มม.....	58
4.6.1	ผลของ Intermediate roll shifting ต่อโพรไฟล์ของแผ่นโลหะที่ความกว้าง 800 มม.....	62

4.6.2	ผลของ Intermediate roll shifting ต่อค่า I-Unit ของแผ่นโลหะ ที่ความกว้าง 800 มม.....	62
4.6.3	ผลของ Intermediate roll shifting ต่อโพรไฟล์ของแผ่นโลหะ ที่ความกว้าง 1200 มม.....	63
4.6.4	ผลของ Intermediate roll shifting ต่อค่า I-Unit ของแผ่นโลหะ ที่ความกว้าง 1200 มม.....	63
4.6.5	ผลของ Intermediate roll shifting ต่อโพรไฟล์ของแผ่นโลหะ ที่ความกว้าง 1500 มม.....	64
4.6.6	ผลของ Intermediate roll shifting ต่อค่า I-Unit ของแผ่นโลหะ ที่ความกว้าง 1500 มม.....	64



## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ตารางข้อมูลพารามิเตอร์ลักษณะของลูกรีดและแผ่นโลหะ.....	29
3.2 ตารางข้อมูลของแรงที่ใช้ในการรีด.....	30



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย