

บทที่ 3

ขั้นตอนการทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การสร้างแบบจำลองนี้มีขั้นตอนหลักๆดังนี้

- 3.1.รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการรีดและทำเป็นตารางข้อมูลเริ่มต้น
- 3.2.เลือกสมการหลักในการทำแบบจำลอง
- 3.3.เขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic for Application ใน Microsoft Excel 97
- 3.4.ทำการคำนวณและวิเคราะห์ผล

3.1.ข้อมูลพื้นฐานในการทำแบบจำลอง

ข้อมูลพื้นฐานหลักที่ใช้ในการทำแบบจำลองสามารถที่จะพิจารณาจากรูปที่ 3.1 ซึ่งได้แสดงพารามิเตอร์หลักที่ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่นำไปใช้ทำแบบจำลอง โดยที่ข้อมูลจะประกอบด้วย

3.1.1. ข้อมูลที่เป็นลักษณะทางเรขาคณิต (Geometrical parameters) ของลูกรีดและแผ่นโลหะได้แก่

พิจารณาที่ Backup roll

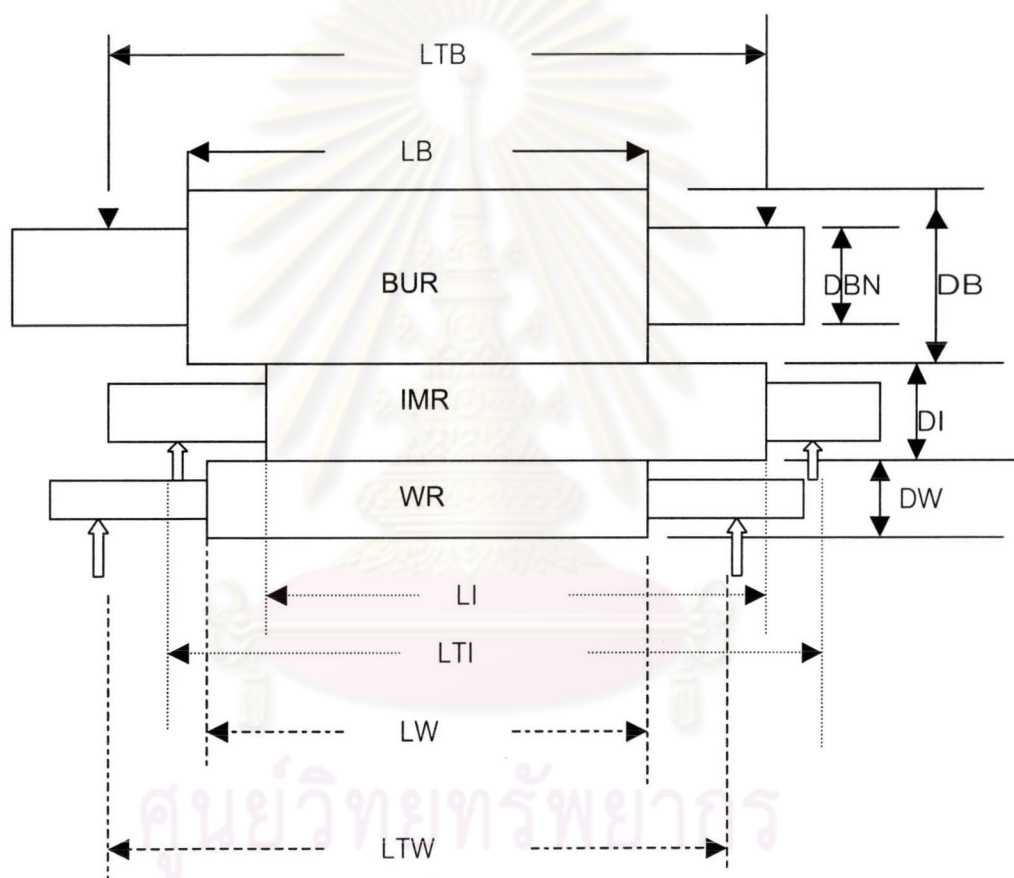
- เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของ Backup roll (backup roll barrel diameter), DB (มม.)
- เส้นผ่าศูนย์กลางส่วนคอของ Backup roll (backup roll neck diameter), DBN (มม.)
- ความยาว Backup roll (backup roll barrel length), (LB) (มม.)
- ระยะห่างระหว่าง Bearings ของ backup roll (distance between backup roll bearing), LTB (มม.)

พิจารณาที่ Intermediate roll

- เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของ Intermediate roll (intermediate roll barrel diameter), (DI) (มม.)
- ความยาว Intermediate roll (intermediate roll barrel length), (LI) (มม.)
- ระยะห่างระหว่าง Bearing ของ Intermediate roll (distance between intermediate roll bearing), (LTI) (มม.)

พิจารณาที่ Work roll

- เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของ Work roll (work roll barrel diameter), (DW)(มม.)
- ความยาวของ Work roll (Work roll barrel length), (LW)(มม.)
- ระยะห่างระหว่าง Bearing ของ work roll (distance between work roll bearing), (LTW)(มม.)



รูปที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับขนาดและลักษณะทางเรขาคณิตของชุดลูกรีดชนิด 6 ลูกรีด

นอกจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับขนาดและมิติของลูกรีดจากในรูปที่ 3.1 แล้วยังมีข้อมูลที่เป็นรายละเอียดในเรื่องลักษณะและสมบัติต่างๆของลูกรีดและแผ่นโลหะที่จะนำไปใช้ในการคำนวณดังที่ได้แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลพารามิเตอร์ลักษณะของลูกรีดและแผ่นโลหะ

Backup roll	ชื่อตัวแปร
Young's modulus of BUR (กก./มม.2)	EB
BUR-Crown diameter (มม.)	CRBC
Intermediate roll	
Young's modulus of IMR (กก./มม.2)	EI
IMR Crown diameter (มม.)	CRIC
IMR Taper diameter (มม.) (left)	TPIL
IMR Taper diameter (มม.) (right)	TPIR
IMR Flat length (มม.) (left)	LTIL1
IMR Flat length (มม.) (right)	LTIR1
IMR Taper length (มม.) (left)	LTIL2
IMR Taper length (มม.) (right)	LTIR2
Work roll	
Young's modulus of WR (กก./มม.2)	EW
WR Crown diameter (มม.)	CRWC
WR Taper diameter (มม.) (left)	TPWL
WR Taper diameter (มม.) (right)	TPWR
WR Flat length (มม.) (left)	LTWL1
WR Flat length (มม.) (right)	LTWR1
WR Taper length (มม.) (left)	LTWL2
WR Taper length (มม.) (right)	LTWL2
Strip	
Young's modulus of strip (กก./มม.2)	ES
ความกว้าง Width (มม.)	swd
ความหนาเริ่มต้น (Initial thickness) (มม.)	HIMO
ความหนาขาเข้า (Inlet thickness) (มม.)	HIM
ความหนาขาออก (Outlet thickness) (มม.)	HOM
Center crown (มม.)	scr
Edge drop	DHE
Edge drop length (มม.)	LEDRP
Shape change coefficient	ALPH1

3.1.2 ข้อมูลของแรงที่ใช้ในการรีด (Force parameters).

นอกจากข้อมูลทางด้านขนาด มิติ และคุณสมบัติของลูกรีดและแผ่นโลหะแล้วยังมีข้อมูลของแรงต่างๆ ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญที่จะนำไปใช้ในการคำนวณเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงในแบบจำลอง ข้อมูลของแรงแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลของแรงที่ใช้ในการรีด

Operation	ชื่อตัวแปร
Rolling force (ตัน.)	PT
Bender at the bearing of IMR (ตัน.) (left)	TJIL
Bender at the bearing of IMR (ตัน.) (right)	TJIR
Bender at the bearing of WR (ตัน.) (left)	TJWL
Bender at the bearing of WR (ตัน.) (right)	TJWR
Friction coefficient	AMU
Back tension (กก./มม.2)	TB
Front tension (กก./มม.2)	TF
Poison's ratio	ANU

สามารถที่จะหาและเก็บรวบรวมข้อมูลเหล่านี้ได้จาก ตารางการรีดและบันทึกของการรีดจริงในโรงงาน ซึ่งโรงงานได้เก็บข้อมูลเหล่านี้ไว้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยที่ข้อมูลการรีดจริงจากโรงงานเหล็กแผ่นรีดเย็นไทยได้รวบรวมไว้ในภาคผนวก

3.2. สมการจากการแปรรูปของลูกรีดและสมการสมดุลสถิตของชุดลูกรีด

สมการหลักจากการแปรรูปและสมดุลสถิตของลูกรีดซึ่งนำมาใช้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีด้วยกัน 7 สมการหลัก ซึ่งใน 3 สมการแรกเป็นสมการความสอดคล้องในบริเวณที่สัมผัสกันระหว่าง Backup roll กับ Intermediate roll ระหว่าง Intermediate roll กับ Work roll และ ระหว่าง Work roll กับ แผ่นโลหะ ส่วนอีก 4 สมการที่เหลือนั้นเป็นสมการสมดุลของแรงและโมเมนต์ที่ Intermediate roll และที่ Work roll ดังต่อไปนี้

3.2.1 สมการความสอดคล้องในบริเวณที่สัมผัสระหว่าง Backup roll และ Intermediate roll

$$\sum_{j=1}^{nz} [CAB(i, j).DZ(j) + CSB(i, j)].PBB(j) - \sum_{j=1}^{nub} [CAIBB(i, j).DUB(j) + CSIB(i, j)].PBI(j) + \sum_{j=1}^{nuw} [CAIBW(i, j).DUW(j)].PRI(j) + \sum_{i=1}^{nub} YGI(i) = 0$$

3.2.2 สมการความสอดคล้องในบริเวณที่สัมผัสระหว่าง Intermediate roll และ Work roll

$$- \sum_{j=1}^{nub} [CAIWB(i, j).DUB(j)].PBI(j) + \sum_{j=1}^{nuw} [CAIWW(i, j).DUW(j) + CSIW(i, j)].PRI(j) - \sum_{j=1}^{nxxi} [CAWII(i, j).DXXI(j) + CSWI(i, j)].PRW(j) + \sum_{j=1}^m [CAWIS(i, j).DX(j)].PS(j) + \sum_{i=1}^{nuw} YGI(i) + \sum_{i=1}^{nxxi} YG(i) = 0$$

3.2.3 สมการความสัมพันธ์ระหว่างแรงรีดกับความหนา

$$PS(j) + \frac{\partial P}{\partial h} \cdot \Delta h(j) = PS_0$$

3.2.4 สมการสมดุลของแรงที่ Intermediate roll

$$- \sum_{j=1}^{nub} PBI(j) \cdot DUB(j) + \sum_{j=1}^{nuw} PRI(j) \cdot DUW(j) = -(JIL + JIR)$$

3.2.5 สมการสมดุลของโมเมนต์ที่ Intermediate roll

$$- \sum_{j=1}^{nub} DUB(j) \cdot (ub(j) + LJI) \cdot PBI(j) + \sum_{j=1}^{nuw} DUW(j) \cdot (uw(j) + LJI) \cdot PRI(j) = -(JIR \cdot LTI)$$

3.2.6 สมการสมดุลของแรงที่ Work roll

$$- \sum_{j=1}^{n_{xxi}} DXXI(j).PRW(j) + \sum_{j=1}^m DX(j).PS(j) = -(JWL+JWR)$$

3.2.7 สมการสมดุลของโมเมนต์ที่ Work roll

$$- \sum_{j=1}^{n_{xxi}} DXXI(j).(xxi(j) + LJ).PRW(j) + \sum_{j=1}^m DX(j).(x(j) + LJ).PS(j) = -(JWR*LTW)$$

สมการหลักที่ได้จากสมการความสอดคล้องจากการแปรรูปของลูกรีดในส่วนที่สัมผัสกันระหว่างลูกรีด และระหว่างลูกรีดกับชิ้นงาน รวมถึงสมการสมดุลสถิตของ Intermediate roll และ Work roll มีทั้งสิ้น 7 สมการหลักโดยที่มีตัวแปรหลักที่ไม่ทราบค่า ได้แก่ตัวแปรที่เป็นแรง, P และความหนา Δh ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของการแปรรูป (influence coefficient) รวมถึงค่าของอนุพันธ์ของแรงกับความหนา ($\partial P / \partial h$) และค่าแรงเริ่มต้นในการรีด (PS_0) สามารถหาค่าได้โดยใช้ทฤษฎีการรีดเขียนโปรแกรมย่อย (Subroutine) ที่เขียนขึ้นเพื่อหาค่าตอบก่อนจะนำค่าที่ได้ไปสร้างเมตริกซ์ ในการคำนวณแก้สมการหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า นั้นจำเป็นต้องแก้สมการทั้งหมดพร้อมกันโดยใช้เมตริกซ์ช่วยในการหาค่าตอบของตัวแปร ซึ่งขนาดของเมตริกซ์นั้นขึ้นอยู่กับจำนวนช่องที่แบ่งในแต่ละลูกรีดและจำนวนช่องในบริเวณที่มีการสัมผัสระหว่างลูกรีดกับลูกรีดและระหว่างลูกรีดกับแผ่นโลหะ

3.3. ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

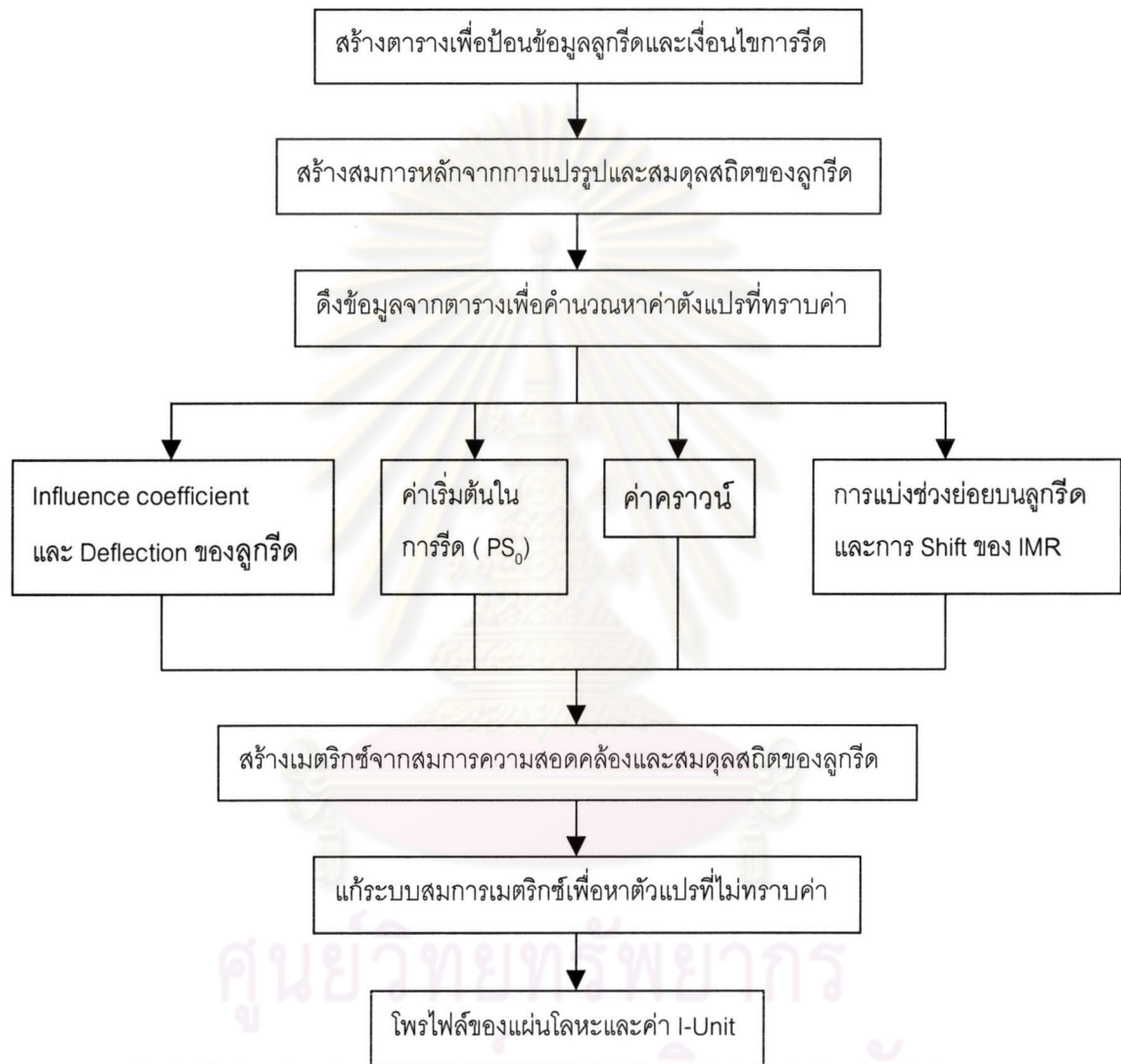
ในงานวิจัยนี้เป็นการจำลองในแท่นรีดชนิด 6 ลูกรีดโดยใช้สมการ ทฤษฎีและข้อมูลต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้ว นำมาเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะคำนวณหาโพไฟล์และการควบคุมรูปร่างของแผ่นโลหะโดยข้อมูลที่ได้นี้จะเป็นข้อมูลของตัวแปรที่ทราบค่า ซึ่งนำมาคำนวณเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าในเมตริกซ์ สามารถแสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลองได้ในรูปที่ 3.2 รายละเอียดของโปรแกรมแสดงไว้ในภาคผนวก โดยมีโปรแกรมหลักดังนี้

3.3.1 โปรแกรม Main เป็นโปรแกรมหลักในการคำนวณ โดยจะไปเรียกโปรแกรมย่อยต่างๆเพื่ออ่านข้อมูล และคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการเช่นค่า influence coefficient แล้วนำไปสร้างเมตริกซ์ด้วยการเรียกโปรแกรม DFUNC และหาคำตอบของตัวแปรที่ไม่ทราบค่าด้วยโปรแกรม gauss และนำค่าที่ได้แทนในสมการหลักเพื่อหาคำตอบ

3.3.2 โปรแกรม Datin เป็นโปรแกรมที่ทำการอ่านข้อมูลที่ได้จากลูกรีดและการรีดแล้วจากนั้นทำการดึงข้อมูลที่ได้รับไปและเรียกใช้โปรแกรมย่อย เพื่อคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น โปรแกรม Division ซึ่งใช้ในการแบ่งช่วงบนลูกรีดและแบ่งช่วงในบริเวณที่สัมผัสกัน โปรแกรม ROFOC เป็นโปรแกรมหาแรงในการรีด(PS_0) โดยใช้ทฤษฎีในการรีดและสมการของ Hill โปรแกรม scrown เพื่อหาคราบน้ำของแผ่นโลหะในขาเข้า และ โปรแกรม CROWN เพื่อหาคราบน้ำของลูกรีดเป็นต้น

3.3.3 โปรแกรม DFUNC เป็นโปรแกรมสร้างเมตริกซ์จากข้อมูลที่อ่านและคำนวณได้จากโปรแกรม Datin

3.3.4 โปรแกรม gauss เป็นโปรแกรมการแก้สมการของเมตริกซ์เพื่อหาค่าของตัวแปรที่ไม่ทราบค่าด้วยหลักการการแก้สมการในรูปเมตริกซ์ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขโดยใช้การกำจัดแบบเกาส์ (Gauss elimination)



รูปที่ 3.2 แผนภาพขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง

3.4. การคำนวณและวิเคราะห์ผล

3.4.1 ทำการคำนวณโดยใช้สภาพเงื่อนไขข้อมูลให้สอดคล้องกับการรีดจริงมากที่สุด แล้วทำการหาผลของการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ในการรีดต่างๆที่มีต่อโพรไฟล์และรูปร่างของแผ่นโลหะ

3.4.2 เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงความกว้างของแผ่นโลหะในการรีดที่มีต่อโพรไฟล์และรูปร่างเมื่อแผ่นโลหะมีขนาดความกว้าง 800, 1000, 1200, และ 1500 มม

3.4.3 เปรียบเทียบผลของการให้แรงดัดที่ work roll ต่อโพรไฟล์และรูปร่างของแผ่นโลหะเมื่อมีเงื่อนไขการรีดที่ความกว้าง 800, 1000, 1200, และ 1500 มม. และทำนายค่าของแรงดัดที่เหมาะสมของแต่ละเงื่อนไขการรีดที่มีค่าของแรงดัดต่างๆกัน

3.4.4 เปรียบเทียบผลของการให้แรงดัดที่ intermediate roll ต่อโพรไฟล์และรูปร่างของแผ่นโลหะที่ความกว้างของแผ่นโลหะ 800, 1000, 1200, และ 1500 มม.และเปรียบเทียบกับ การให้แรงดัด work roll

3.4.5 พิจารณาโพรไฟล์และรูปร่างของแผ่นโลหะเมื่อมีการให้แรงดัดทั้งที่ work roll และ intermediate roll ร่วมกัน

3.4.6 เปรียบเทียบผลของ intermediate roll shifting ที่มีต่อโพรไฟล์และรูปร่างของแผ่นโลหะเมื่อมีเงื่อนไขในการรีดที่ความกว้าง 800, 1200, และ 1500 มม.