การคำนวณการตัดแผ่นเหล็กม้วนในอุตสาหกรรมการผลิตท่อเหล็กกล้า

นาย วิสิทธิ์ กันตรัตนากุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974 - 635 - 370 - 5
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17138632

CALCULATION FOR SHEET METAL COIL CUTTING IN THE STEEL PIPE INDUSTRY

Mr. Wisit Kantarattanakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate School

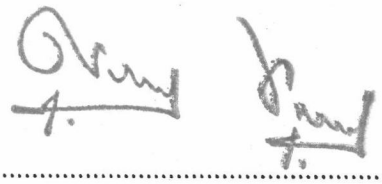
Chulalongkorn University

Academic Year 1996

ISBN 974 - 635 - 370 - 5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**การคำนวณการตัดแผ่นเหล็กม้วนในอุตสาหกรรมการผลิตท่อเหล็กกล้า**
โดย	นาย วิสิทธิ์ กันตรัตนากุล
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต



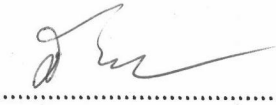
.....

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณบดีคณะแพทย์ศาสตร์

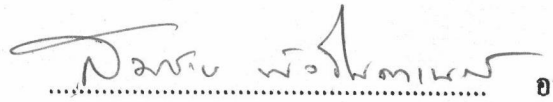
รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ชอุ่ม มลิลา)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

วิสิทธิ์ กันตรัตนากุล : การคำนวณการตัดแผ่นเหล็กม้วนในอุตสาหกรรมการผลิตท่อเหล็กกล้า (CALCULATION FOR SHEET METAL COIL CUTTING IN THE STEEL PIPE INDUSTRY) อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร , 124 หน้า.

ISBN 974-635-370-5

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการตัดแผ่นเหล็กและลดเศษโลหะจากการตัดแผ่นเหล็กในอุตสาหกรรมการผลิตท่อเหล็กกล้า โดยวิทยานิพนธ์นี้ได้แบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การคำนวณความกว้างแผ่นเหล็ก (Strip) สำหรับการผลิตท่อกลม ในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการคำนวณความกว้างแผ่นเหล็กก่อนการตัดเป็นท่อกลม และได้ทำการทดลองเพื่อหาระยะเผื่อที่เหมาะสมสำหรับการผลิตท่อกลม โดยทำการทดลองการคำนวณความกว้างแผ่นเหล็กสำหรับการผลิตท่อขนาด 3 นิ้ว ที่มีความหนา 4.0 มิลลิเมตร ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ความกว้างแผ่นเหล็ก (Strip) ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตท่อขนาด 3 นิ้ว ความหนาผนังท่อ 4.0 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 272 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดเดิมที่โรงงานใช้อยู่คือ 273 มิลลิเมตร จะสามารถลดความกว้างของแผ่นเหล็ก (Strip) ลงได้ 1 มิลลิเมตร หรือคิดเป็น 0.032 กิโลกรัม ต่อ เมตร

2. การคำนวณการจัดวางแผ่นเหล็ก (Strip)ลงบนเหล็กม้วน (Coil)ในการวิจัยได้ทำการศึกษาวิธีการคำนวณการจัดวางแผ่นเหล็ก (Strip) บนเหล็กม้วน (Coil) ด้วยวิธี Trial & Error และได้จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณการจัดวางแผ่นเหล็ก (Strip) บนเหล็กม้วน (Coil) ด้วยวิธีการ Trial & Error ไว้ด้วย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C616453 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: STRIP / BENDING

WISIT KANTARATTANAKUL : CALCULATION FOR SHEET METAL COIL CUTTING IN THE STEEL PIPE INDUSTRY . THESIS ADVISOR : DR. SOMCHAI PUAJINDANETR , 124 PP. ISBN 974-635-370-5

THE OBJECTIVE OF THIS STUDY WAS TO FIND OUT THE CUTTING COIL STEEL METHOD AND REDUCE SCRAP FROM COIL STEEL CUTTING IN PIPE MANUFACTURING INDUSTRY. THE STUDY WAS DEVIDED INTO TWO PARTS AS FOLLOWING :

1. THE STRIP WIDTH CALCULATION OF PIPE FORMING, THE METHOD OF STRIP WIDTH CALCULATION WAS STUDIED AND IMPLEMENT INTO THE PIPE PRODUCTION LINE IN ORDER TO FIND OUT THE SUITABLE BENDING ALLOWANCE FOR THE PIPE WHICH IS THE 3" OF NORMINAL SIZE AND 4 MM. OF WALL THICKNESS. THE RESULT OF THIS STUDY SHOWED THAT THE THE STRIP WIDTH FOR PRODUCING PIPE WAS 272 MM. WHEREAS THE EXISTING STRIP WIDTH WAS 273 MM. THEREFORE , THE STRIP WIDTH OF THE PIPE NORMINAL SIZE OF 3" COULD BE DECREASED 1 MM. OR THE WEIGHT COULD BE REDUCED 0.032 KG PER METER.

2. THE CALCULATION OF STRIP SIZE LAYOUT OF STEEL COIL THE COMPUTER PROGRAM OF THE CALCULATION OF THE STRIP SIZE LAYOUT USING THE TRIAL AND ERROR TECHNIQUE WAS PERFORMED TO OPTIMIZE THE NUMBER OF STEEL COILS BEFORE PRODUCING THE PIPES.

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต วิสิทธิ์ กันตรัตนากุล

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา สมชัย พัวไพบูลย์

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งในการให้คำแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่องตลอดจนให้กำลังใจจาก ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และควบคุมการทำวิจัยนี้ รวมทั้งได้รับการตรวจสอบแก้ไขเพื่อความถูกต้องจากคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อันประกอบด้วย ศ.ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ รศ.ชอุ่ม มลิลา รศ. สมชาย พวงเพิกศึก ผู้วิจัยจึงใคร่ขอถือโอกาสขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้ง 4 เป็นอย่างสูง ไว้ ณ ที่นี้ด้วย และทั้งนี้ต้องขอขอบคุณ คุณ สมพล ว่องศรียานนท์ ที่ให้ความกรุณาแก่ผู้ทำวิจัยเข้าไปศึกษา และทำวิจัยในโรงงานตัวอย่าง

อนึ่ง ในการจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ยุ่งยากขั้นตอนหนึ่งนั้น ได้รับความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก คุณ รัชฌานันท์ รักแพง ในการพิมพ์ต้นฉบับ และเป็นกำลังใจจนกระทั่งเสร็จ เป็นรูปเล่มสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงใคร่ขอถือโอกาส ขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

วิสิทธิ์ กันตรัตนากุล

กุมภาพันธ์ 2540

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ช
สารบัญรูป..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5
บทที่ 3 กระบวนการผลิตและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์..... 30
บทที่ 4 การคำนวณความกว้างแผ่นเหล็กในการผลิตท่อกลม และ โปรแกรมคอมพิวเตอร์..... 46
บทที่ 5 วิธีการทดลอง..... 56
บทที่ 6 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล..... 61
บทที่ 7 วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย..... 75
รายการอ้างอิง..... 77
ภาคผนวก..... 78
ภาคผนวก ก..... 79
ภาคผนวก ข..... 103
ภาคผนวก ค..... 109
ประวัติผู้เขียน..... 124

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ตำแหน่งเส้นกลาง λ และอัตราส่วน R/t ของการดัดรูปตัววี และรูปตัวยู	9
2-2	Die opening factor k	15
2-3	รัศมีการดัดน้อยที่สุดสำหรับการดัด 90°	19
3-1	ขนาดระบุ เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว ความหนาของผนังท่อ มวลต่อเมตร และเกณฑ์ ความคลาดเคลื่อนของท่อเหล็กประเภท 1	34
3-2	ขนาดระบุ เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว ความหนาของผนังท่อ มวลต่อเมตร และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของท่อเหล็กประเภท 2	35
3-3	ขนาดระบุ เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว ความหนาของผนังท่อ มวลต่อเมตร และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของท่อเหล็กประเภท 3	36
3-4	ขนาดระบุ เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว ความหนาของผนังท่อ มวลต่อเมตร และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของท่อเหล็กประเภท 4	37
3-5	ตารางแจกแจงน้ำหนักท่อความหนา 1.2 มม.ที่ขายในเดือน มกราคม - ตุลาคม 2538	41
3-6	ตารางแจกแจงน้ำหนักท่อความหนา 1.5 มม.ที่ขายในเดือน มกราคม - ตุลาคม 2538	41
3-7	ตารางแจกแจงน้ำหนักท่อความหนา 1.8 มม.ที่ขายในเดือน มกราคม - ตุลาคม 2538	41
3-8	ตารางแจกแจงน้ำหนักท่อความหนา 2.0 มม.ที่ขายในเดือน มกราคม-ตุลาคม 2538	42
3-9	ตารางแจกแจงน้ำหนักท่อความหนา 2.2 มม.ที่ขายในเดือน มกราคม-ตุลาคม 2538	42
3-10	ตารางแจกแจงน้ำหนักท่อความหนา 2.5 มม.ที่ขายในเดือน มกราคม-ตุลาคม 2538	43
3-11	ตารางแจกแจงน้ำหนักท่อความหนา 2.8 มม.ที่ขายในเดือน มกราคม - ตุลาคม 2538	43
3-12	ตารางแจกแจงน้ำหนักท่อความหนา 3.0 มม.ที่ขายในเดือน มกราคม-ตุลาคม 2538	44

ตารางที่ หน้า

3-13	ตารางแจกแจงน้ำหนักท่อความหนา 3.5 มม.ที่ขายในเดือน มกราคม-ตุลาคม 2538	44
3-14	ตารางแจกแจงน้ำหนักท่อความหนา 4.0 มม.ที่ขายในเดือน มกราคม-ตุลาคม 2538	45
3-15	แสดงลำดับความสำคัญของท่อใน 4 ลำดับแรกตามปริมาณการขาย	45
4-1	แสดงผลการคำนวณความกว้างของแผ่นเหล็ก(Strip) ที่ใช้ในการผลิตท่อขนาด ต่างๆ	49
4-1(ต่อ)	แสดงผลการคำนวณความกว้างของแผ่นเหล็ก(Strip) ที่ใช้ในการผลิตท่อขนาดต่างๆ	50
6-1	แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ 3″ ความหนาผนังท่อ 4.0 มม. ที่ผลิตโดยใช้ ความกว้างแผ่นเหล็ก 273 มม.	63
6-1 (ต่อ)	แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ 3″ ความหนาผนังท่อ 4.0 มม. ที่ผลิตโดยใช้ ความกว้างแผ่นเหล็ก 273 มม.	64
6-2	แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ 3″ ความหนาผนังท่อ 4.0 มม. ที่ผลิตโดยใช้ ความกว้างแผ่นเหล็ก 272 มม.	65
6-2 (ต่อ)	แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ 3″ ความหนาผนังท่อ 4.0 มม. ที่ผลิตโดยใช้ความกว้างแผ่นเหล็ก 272 มม.	66
6-3	แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ 3″ ความหนาผนังท่อ 4.0 มม. ที่ผลิตโดยใช้ความกว้างแผ่นเหล็ก 271 มม.	67
6-3 (ต่อ)	แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ 3″ ความหนาผนังท่อ 4.0 มม. ที่ผลิตโดยใช้ความกว้างแผ่นเหล็ก 271 มม.	68
6-4	แสดงน้ำหนักของเศษโลหะที่เหลือจากการตัดเหล็กม้วน(Coil) ระหว่างเดือน มีนาคม 2538 - เดือน พฤษภาคม 2538	61
6-5	แสดงน้ำหนักของเศษโลหะที่เหลือจากการตัด Coil ระหว่างเดือน มิถุนายน 2538 - เดือน กันยายน 2538	62
6-6	แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองความกว้างหน้าเหล็กขนาด 273, 272 และ 271 ตามลำดับ	69
ข-1	แสดงการแจกแจงความถี่เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ผลิต โดยใช้เหล็กกว้าง 273 มม.	106

ตารางที่ หน้า

ข-2	แสดงการแจกแจงความถี่ของน้ำหนัก/ความยาวท่อที่ผลิต โดยใช้เหล็กกว้าง 273 มม.	106
ข-3	แสดงการแจกแจงความถี่ของความหนาผนังท่อที่ผลิต โดยใช้เหล็กกว้าง 273 มม.	106
ข-4	แสดงการแจกแจงความถี่เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ผลิต โดยใช้เหล็กกว้าง 272 มม.	107
ข-5	แสดงการแจกแจงความถี่ของน้ำหนัก/ความยาวท่อที่ผลิต โดยใช้เหล็กกว้าง 272 มม.	107
ข-6	แสดงการแจกแจงความถี่ของความหนาผนังท่อที่ผลิต โดยใช้เหล็กกว้าง 272 มม.	107
ข-7	แสดงการแจกแจงความถี่เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ผลิต โดยใช้เหล็กกว้าง 271 มม.	108
ข-8	แสดงการแจกแจงความถี่ของน้ำหนัก/ความยาวท่อที่ผลิต โดยใช้เหล็กกว้าง 271 มม.	108
ข-9	แสดงการแจกแจงความถี่ของความหนาผนังท่อที่ผลิต โดยใช้หลักกว้าง 271 มม.	108
ค-1	แสดงผลการคำนวณโดยวิธีการ Trial & Error	109

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	แสดงขั้นตอนการทำงานของงานวิจัย	4
2-1	การแบ่งแยกประเภทกรรมวิธีของการดัด	6
2-2	ตัวอย่างรูปแบบการดัดโดยเครื่องมือดัด(Tool) เคลื่อนที่ในแนวตรง (a) Free or air bending (b) Free round bending (c) Die round bending (e)Draw bending (f) Edge rolling (g) Bending by buckling	7
2-3	ตัวอย่างการดัดโดยเครื่องมือดัด(Tool) เคลื่อนที่ในลักษณะหมุน (a) Roll bending (b) Section rolling (c) Roller straightening (d) Corrugation (e) Folding (f) Wiper bending	7
2-4	การดัดมุมคม	8
2-5	การดัดมุมมน	8
2-6	ตำแหน่งของ Neutral Axis	11
2-7	โลหะที่ถูกดัดเป็นวงกลม	11
2-8	แสดงภาพตัดขวางของโลหะดัด	12
2-9	อัตราส่วนการดีดกลับของวัสดุชิ้นงานชนิดต่างๆ ตามค่ารัศมีการดัดที่ใช้	13
2-10	(b) Air bend (c) U-channel bend (d) Cantilever bend	14
2-11	แสดงขนาดของ die	15
2-12	Grain Direction ที่ขนานกับแนวที่ทำการดัด	16
2-13	Grain Direction ที่ทำมุม 90° กับแนวที่ทำการดัด	16
2-14	การทำงานดัดด้วยรัศมีดัดขนาดเล็ก	17
2-15	รอยแตกหลังการดัด 180°	17
2-16	แสดงการดัดพับ (Fold bending Test)	18
2-17	แสดงวิธีการพับกลับไปกลับมา (To and fro bending Test)	19

รูปที่		หน้า
2-18	(A)การพับโดยใช้ Die สอดอยู่ภายใน a แบบขอบแหลม b เป็นรูปตัว Z และมีขอบแหลม C แบบคอห่าน (Gooseneck) d แบบมีส่วนโค้ง (B)ตัวอย่างการผลิตชิ้นงานที่ทำจากโลหะแผ่นโดยใช้เครื่องพับ A) การพับ B)การตัด	20
2-19	ภาพตัดขวางของตัวพับ (Courtesy of RHEINHARDT)	21
2-20	เครื่องจักรสำหรับขึ้นรูปโดยใช้ลูกกลิ้ง	22
2-21	หลักเกณฑ์การขึ้นรูปโดยใช้ลูกกลิ้ง (A) ขึ้นรูปโดยใช้ลูกกลิ้ง 2 ตัว ใน 1 Section (B) ขึ้นรูปโดยใช้ลูกกลิ้ง 4 ตัว ใน 1 Section	23
2-22	การขึ้นรูปกรอบประตูโดยใช้ลูกกลิ้งจำนวน 6 ขั้นตอน	23
2-23	การใช้ลูกกลิ้งขึ้นรูปชิ้นงานโดยมีหน้าตัดที่แตกต่างกัน (A) รูปหน้าตัด เปิดA1 พับ A2 ม้วนขอบ A3 พับ, ม้วนขอบ,ทำปีก (B) รูปหน้าตัดกึ่งปิด B1 ดัด B2 พับ, ทำปีก B3 ม้วนขอบ (C) รูปหน้าตัดปิด C1 ไม่มีรอยต่อ C2 พับ C3 เชื่อมติด C4 พับโดยมีชิ้นงาน 2 ชิ้น	24
2-24	เปรียบเทียบระหว่างการดัดด้วยวิธี Press Break , การพับ , การขึ้นรูปด้วยลูกกลิ้ง	25
2-25	ขั้นตอนการดัดโดยใช้ลูกกลิ้ง 3 ลูก	26
2-26	ข้อบกพร่องเนื่องมาจากการดัดด้วยลูกกลิ้ง (a) ปลายทั้งสองด้านไม่ถูกต้อง (b) ปลายทั้งสองด้านมากเกินไป	26
2-27	โครงสร้างของเครื่องดัดซึ่งใช้ลูกกลิ้ง 3 ลูก (a) ลูกกลิ้งตัวบน (b) ลูกกลิ้งตัวล่าง (c) Tilting Bearing Post (d) Swivelling Bearing Post (e) Back-upRoll (f) Tilting-Device (g) Swivelling-Device (h) Main Drive	27
2-28	ขั้นตอนการดัดโดยใช้ลูกกลิ้ง 4 ลูก	27
3-1	แสดงกระบวนการผลิตท่อ	33
3-2	แสดงการทดสอบการดัดโค้ง	39
3-3	แสดงการทดสอบการกดแบน	40
4-1	แสดงภาพตัดขวางของท่อที่ทำการผลิต	47
4-2	แสดงพื้นที่สำหรับการเผื่อของการดัดขึ้นรูปท่อกลม	48

รูปที่ หน้า

4-3	แสดงแผนภูมิการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยวิธี Trial & Error	54
5-1	แสดงการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	58
5-2	แสดงการวัดความหนาผนังท่อ	58
5-3	แสดงการหาน้ำหนัก/ความยาว(1 เมตร)	59
5-4	แสดงการทดสอบการกดแบน	59
6-1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความกว้างแผ่นเหล็ก(Strip) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	70
6-2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความกว้างแผ่นเหล็ก(Strip) และน้ำหนัก/ความยาว(1 เมตร)	71
6-3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความกว้างแผ่นเหล็ก(Strip) และความหนาผนังท่อ	72
6-4	แสดงร้อยละของเศษโลหะจากการตัดก่อน และหลังการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	74
ก-1	แสดงผลการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์	100