



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการบิดงอ
ในการผลิตเหล็กเส้นในโรงงานรีดเหล็กกล้า
**Quality Improvement for reduce distortion
in Steel Rolling Process in Steel bar Factory**

โดย

นาย อีรยุทธ กาญจน์แสงทอง

30 กันยายน 2553

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการบิดงอในการผลิตเหล็กเส้นใน โรงงานรีดเหล็กกล้า กรณีศึกษา บริษัท กรุงเทพ ผลิตภัณฑ์เหล็ก (BSI) จำกัด (มหาชน)
ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์	นายกานต์ จันทคราม
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ธีรยุทธ กาญจนแสงทอง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาในกระบวนการผลิตเหล็กแท่งด้วยเครื่องจักรเป็นเหล็กแท่งกึ่งสำเร็จรูป(Billet) ที่ไม่ได้มาตรฐานตามความต้องการของผู้ผลิต และเหล็กที่บิดเอียง (Rhomboidity) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมากในการผลิตทั้งยังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการแตกภายใน (Inner Crack) โดยจากการศึกษาได้ใช้ทฤษฎีของการวิเคราะห์ของการศึกษางาน (Work study) เพื่อออกแบบสภาวะการทำงานแบบใหม่ โดยการผลิตภายหลังจากการออกแบบสภาวะการทำงานแบบใหม่ส่งผลทำให้เหล็กแท่งบิดเอียงลดลง 2.16 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : การปรับปรุง, ขบวนการรีด, เหล็กเส้น, การบิดงอ

Name of Project	Quality Improvement for reduce distortion in Steel Rolling Process in Steel bar Factory Case study :Bangkok Steel Industrial (BSI) Co., Ltd
Student Name	Mr. Karn Jantacram
Division of	Industrial Engineering
Academic Year	2010
Advisor Name	MR. Teerayut Kanchanasangtong

Abstract

This research aims to reduce the billet production machines. Semi-finished steel bar (Billet) non-standard requirements of the manufacturer. Tilt and twist steel. (Rhomboidity), which is a problem in the manufacturing and is also one of the reasons causing the difference in (Inner Crack) The study was based on theory of analysis of the study work (Work study) to design conditions. new work. By production after the design operating conditions result in a new twist steel bar tilt down 2.16 percent.

Keyword : Improvement, Rolling Process, Steel bar, distortion

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ธีรยุทธ กาญจนแสงทอง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ และแนวทางในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนแนวคิดในการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานให้ลุล่วงไปด้วยดี นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัทกรุงเทพผลิตเหล็ก จำกัด มหาชนตลอดจนพนักงาน ที่ได้นำข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสุด คือ บิดา มารดา ซึ่งคอยเป็นกำลังใจให้ในทุกโอกาส และสนับสนุนในทุกเรื่อง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่คณะผู้วิจัยในครั้งนี้ และด้วยการสนับสนุนของทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการอุตสาหกรรมและวิจัย สำหรับปริญญาดรี ประจำปี 2553 ประโยชน์อันใดที่เกิดจากการทำโครงการงานวิจัยนี้ ย่อมเป็นผลจากความกรุณาของทุกท่านที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทางกลุ่มผู้จัดทำโครงการ จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 จุดประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 บทนำ	4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 การดำเนินงาน	38
3.1 บทนำ	38
3.2 การวางแผนงาน	38
3.3 ผลลัพธ์ที่นำมาศึกษา	42
3.4 ชิ้นส่วนที่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข	43
3.5 วิธีการแก้ไข	43
3.6 การออกแบบใบตรวจเช็ค	44
3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด	44
3.8 วิธีการวัดและเก็บข้อมูล	45
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	46
4.1 บทนำ	46
4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ	46
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงการ	52
5.1 สรุปผลการทดสอบและอภิปราย	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	52

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ	53
เอกสารอ้างอิง	54

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การรวมตัวและปล่อยพลังงานออกมาของธาตุต่างๆ	9
2 ส่วนผสมของเกรดเหล็ก	9
3 แสดงชื่อ ขนาด มวล ของเหล็กข้ออ้อย	24
4 แสดงมวลต่อเมตรและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของเหล็กข้ออ้อย	24
5 แสดงช่วงระหว่างบั้ง ส่วนสูง และความกว้างของช่องว่างหรือของกริบ	25
6 แสดงความคลาดเคลื่อนสำหรับความยาว	25
7 แสดงส่วนประกอบทางเคมี	26
8 ความต้านแรงดึง ความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดของเหล็กข้ออ้อย	27
9 ตัวอย่างการปรับปรุง	34
10 ตารางวางแผนการดำเนินโครงการ	39

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1	เศษเหล็กเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต
2	ถังใส่เศษเหล็ก
3	ลักษณะการหลอมของเศษเหล็ก
4	การฟั่นออกซิเจน และ คาร์บอน
5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Carbon กับ Oxygen ในเหล็กที่อุณหภูมิ 1600 °C
6	การเทน้ำเหล็กออกจากเตาแบบ Sprout
7	การเทน้ำเหล็กออกจากเตาแบบ Bottom Tapping
8	กรรมวิธีการผลิต Con – Cast เหล็กกล้าคาร์บอน
9	การเคลื่อนย้ายถัง Ladle (L/D) จากเตาไฟฟ้า(EAF) สู่อุปกรณ์หล่อแบบต่อเนื่อง (CCM)
10	ถังทันดิส (Tundish)
11	ท่อส่งน้ำและหัวสเปรย์พ่นน้ำ
12	Strand Guide For Rigid Dummy Bar
13	Dummy Bar Head
14	รีจิดดัมมี่บาร์
15	Rigid Dummy Bar Storage
16	Withdrawal
17	Straightener
18	Hydraulic Shear
19	ชุดกวาดบิลเลท
20	Billet TurnTable
21	Cooling Bed และ Billet Yard
22	เหล็กข้ออ้อย
23	แสดงตัวอย่างบั้งและช่องว่างหรือครีบของเหล็กข้ออ้อย
24	แสดงกระบวนการผลิตเหล็กเส้นข้ออ้อย
25	วงจรเคมี
26	แผนภูมิพาเรโต

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
27 การใช้แผนภูมิพาเรโตวิเคราะห์ความพึงพอใจของลูกค้า	35
28 การปรับปรุงความพึงพอใจโดยใช้แผนภูมิพาเรโต	35
29 แผนภูมิแก้างปลา	36
30 แสดงวิธีการดำเนินโครงการ	40
31 เลือกทำการแก้ปัญหาที่การบิดเบี้ยวของเหล็กแท่ง Rhomboidity	41
32 ฟังแก้างปลา (fish – bone diagram) หรือผังเหตุและผล (Cause – Effect diagram)	41
33 Billet ตัวอย่าง ที่ผ่านการคัดกรองเพื่อดูจุดบกพร่อง (Defect)	42
34 Dummy Bar Guide	43
35 การปรับปรุงแก้ไข Guide ใต้ Mould	43
36 ใบตรวจเช็คค่า Rhomboidity	44
37 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์	44
38 คาลิปเปอร์	44
39 การวัดเพื่อคำนวณหาค่าความบิดเบี้ยวของเหล็กแท่ง	45
40 ตัวอย่างการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ Rhomboidity โดยใช้ Microsoft Excel	45
41 Guide ใต้ Mould	46
42 ตัวอย่างการเก็บข้อมูล เดือนกรกฎาคม	47
43 กราฟข้อมูลก่อนทำการปรับปรุง	48
44 กราฟแท่งแสดงความบิดเบี้ยวเฉลี่ยในแต่ละวันก่อนปรับปรุง	48
45 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลเดือนสิงหาคม	49
46 กราฟข้อมูลหลังจากทำการปรับปรุง	50
47 กราฟแท่งแสดงความบิดเบี้ยวเฉลี่ยในแต่ละวันหลังปรับปรุง	50
48 กราฟแท่งเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างก่อนปรับปรุงกับหลังปรับปรุง	51
49 การปรับปรุง Guide ใต้ Mould	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

Con-cast ได้เริ่มนำมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1895 คิดค้นโดย SIR Henry Bessemer หลักการของการผลิตนี้คือ เทน้ำโลหะเหลวลงในลูกรีดที่วางขนานกันสองลูกมีน้ำหล่อเย็นอยู่ภายใน

Bessemer ได้ทดลองผลิตชิ้นงานออกมาได้เป็นเพียงโลหะแผ่นแบนๆเล็กๆ เท่านั้น ในสมัยนั้นความรู้ทางด้านนี้ยังมีไม่มาก กรรมวิธีนี้ยากแก่การควบคุม ค่าอุปกรณ์แพง ดังนั้นความรู้ต่างๆ ที่จะนำมาใช้ยังไม่พอสำหรับการแก้ปัญหา

ต่อมาได้มีผู้นำเอาแนวความคิดของ Bessemer มาปรับปรุงใหม่และได้มีกรรมวิธีใหม่ๆ เกิดขึ้น เช่น Evanov (Russia) 1905, Duter (Germany) 1909, Junghans (Germany) 1933 .

ในช่วง ค.ศ. 1930 – 1940 กรรมวิธีนี้สามารถผลิตพวก Non-ferrous ได้ หลังจากนั้นได้มีการเอาวิธีการของ Non-ferrous มาใช้ในการผลิตเหล็กเหนียว ในปี 1943 Junghans ได้แสดงวิธีใหม่ คือ เอาเหล็กหล่อจากเตา Bessemer Converter เทลงในเครื่องแบบ Vertical machine งานชิ้นนี้เป็นงานเริ่มแรกที่ดีมาก และเป็นที่สนใจอย่างมากในขณะนั้น

หลักการในการทำงานก็คือ น้ำโลหะจะไหลจากเบ้าพัก (Tundish) ลงมาในแนวตั้งสู่แบบหล่อที่ทำด้วยทองแดง และหล่อเย็นด้วยน้ำ แบบหล่อนี้ต้องรับความร้อนจากน้ำโลหะเพียงพอที่จะให้ผิวโลหะแข็งตัวก่อนออกจากแบบหล่อ โลหะจะผ่านเข้าไปสู่ Cooling zone ทางด้านล่างแบบหล่อ ซึ่งจะทำให้ตรงกลางของเหล็กแข็งตัวทั้งหมดทางด้านล่างจะมี Roller สำหรับดึงเหล็กที่แข็งตัวหมดแล้วเคลื่อนที่ไปสู่ Withdarwal rollers ซึ่งจะตัดให้เหล็กที่เป็นเส้นตรงและเคลื่อนที่มาสู่ Tilting basket ก่อนจะถูกตัดให้ได้ความยาวตามต้องการด้วย เครื่องตัด (Hydraulic Shear)

1.2 ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันในกระบวนการผลิตเหล็กแท่งด้วยเครื่องจักร Continuous casting machine (CCM) ได้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการบิดเอียงของเหล็กแท่ง (Rhomboidity) ซึ่งปัญหาอาจเกิดได้หลายสาเหตุ แต่หนึ่งในสาเหตุที่ทำให้แท่งเหล็กบิดเอียง คือ การหล่อเย็นแท่ง billet ไม่สม่ำเสมอ ทำให้การเย็นตัวของแท่ง Billet ในแต่ละจุดเย็นตัวไม่พร้อมกัน เป็นผลใน billet บิดเอียง

ซึ่งหากอัตราการเอียงของรูปทรงสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (Rhomboidity) ถ้าเกิน 3% จะมีผลทำให้ยากในการรีดร้อน และเกิดการแตกภายในบริเวณด้านข้างของ Billet ซึ่งการแตกภายในหากเกิดใกล้ผิวหน้าตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป จะเป็นผลทำให้เกิดรอยแตกเป็นทางยาวเมื่อนำไปรีดเป็นเหล็กเส้น

1.3 จุดประสงค์ของโครงการ

- 1.3.1 เพื่อลดปัญหาการเกิด Rhomboidity
- 1.3.2 เพื่อลดการแตกภายในอันเนื่องมาจากการเย็นตัวที่ไม่สม่ำเสมอ
- 1.3.3 เพื่อลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต
- 1.3.4 เพื่อให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

1.4 ขอบเขตโครงการ

- 1.4.1 ทำการปรับปรุง Dummy Bar Guide เพื่อการ Flow ของน้ำที่สม่ำเสมอยิ่งขึ้น
- 1.4.2 ลดปัญหาการเกิด Rhomboidity

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.5.1 ศึกษาข้อมูลการทำงานของ Continuous Casting Machine
- 1.5.2 ศึกษากระบวนการหล่อเย็นของแท่ง Billet
- 1.5.3 จัดเก็บ บันทึกข้อมูล และกระบวนการทำงาน
- 1.5.4 วิเคราะห์ข้อมูลและปัญหา
- 1.5.5 สรุปหาแนวทางแก้ไข
- 1.5.6 ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข
- 1.5.7 สรุปผลการดำเนินโครงการ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 เพื่อเรียนรู้กระบวนการหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous casting Machine)
- 1.6.2 ลดเปอร์เซ็นต์ของเสีย Rhomboidity
- 1.6.3 ลดการแตกภายในอันเนื่องมาจากการเย็นตัวที่ไม่สม่ำเสมอ

บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

กระบวนการผลิตเริ่มตั้งแต่การจัดเตรียมวัตถุดิบหลัก คือ เศษเหล็ก ซึ่งจะมีการจัดเก็บไว้ในโรงเก็บเศษเหล็กที่มีโครงสร้างแข็งแรง มีหลังคาปิดมิดชิดเพื่อป้องกันมิให้เศษเหล็กทรุดตัวลงในพื้นดิน และป้องกันการสูญหาย

เศษเหล็กดังกล่าวจะถูกนำไปเข้าเครื่องย่อยเศษเหล็ก (Scrap Shearing Machine) ซึ่งจะตัดย่อยให้เศษเหล็กมีขนาดเล็กลง แล้วจึงนำเศษเหล็กไปลงในเตาหลอมเหล็กไฟฟ้า (Electric Arc Furnace - EAF) เศษเหล็กจะถูกหลอมเป็นน้ำเหล็กโดยใช้ออกซิเจนเป็นตัวเร่งการหลอมละลายให้เร็วขึ้น ในระหว่างการหลอมจะมีการเติมส่วนผสมประเภทต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำเหล็ก

เมื่อน้ำเหล็กผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยเครื่อง สเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer) แล้วจะเทน้ำเหล็กลงสู่ถังรับน้ำเหล็ก (Ladle) เพื่อนำไปหล่อเป็นเหล็กแท่งโดยเครื่องหล่อเหล็กแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting Machine) น้ำเหล็กจะผ่านท่อโมลด์ (Mould) และแข็งตัวเป็นเหล็กแท่งบิลเล็ต ซึ่งจะถูกปรับให้เป็นแท่งตรงด้วยเครื่องดัด (Straightening Machine) และผ่านเข้าสู่เครื่องตัด (Cutting Machine) เพื่อตัดให้ได้ความยาวตามที่กำหนด ต่อจากนั้นจึงนำบิลเล็ตที่ผลิตได้ไปจัดเก็บไว้ในลานเก็บบิลเล็ต (Billet Yard) เพื่อรอการรีดเป็นเหล็กเส้นต่อไป

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้า (Steel production process)

โรงงานผลิตเหล็กในประเทศไทยจัดเป็นโรงงานขนาดเล็ก เนื่องจากไม่ได้ดูลงแร่เหล็กแต่ผลิตเหล็กจากการหลอมเศษเหล็ก (Scrap) ในเตาหลอมไฟฟ้า

ในการหลอมด้วยเตาไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนเพื่อทำให้เหล็กหลอมละลาย โดยใช้หลักการเดียวกับฟ้าผ่า หรือ การเชื่อมโลหะ คือสร้างความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง Electrode และ เศษเหล็ก/น้ำเหล็ก ความต่างศักย์นี้จะมีค่าสูงมาก (มากกว่า 500 โวลต์) ทำให้เกิด Arc column มีลักษณะคล้ายลำแสงสายฟ้า ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า 2000 องศาเซลเซียส Arc column จะวิ่งจากปลาย Electrode สู่ผิวของน้ำเหล็ก ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนไปสู่ น้ำเหล็ก

O เศษเหล็ก (Scrap)

ในการคัดเลือกเศษเหล็กต้องคำนึงถึง

- ส่วนผสมของเศษเหล็ก ควรเลือกเศษเหล็กที่ส่วนผสมทางเคมีใกล้เคียงกับกับผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต เพื่อเป็นการประหยัดการเติมแร่
- ระดับของปริมาณ Residual element เช่น CU S Cr Mo ถ้าธาตุเหล่านี้มากเกินไปจะส่งผลเสียต่อกระบวนการหล่อและคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- Bulk density และขนาดของเศษเหล็ก ซึ่งมีผลอย่างมากต่อเวลาและพลังงานที่ใช้ในการหลอม
- ปริมาณสนิม และสิ่งเจือปนอื่น เช่น ทราย คราบน้ำมัน ฝุ่น สีเคลือบ หากมีมากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อ ปริมาณน้ำเหล็กหลังจากหลอม (Yield) และ พลังงานที่ใช้ในการหลอม



รูปที่ 1 เศษเหล็กเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต

O Flux

ในกระบวนการหลอมเหล็กด้วยเตาไฟฟ้าจะมีการเติม Flux เพื่อควบคุมและปรับส่วนผสมของ Slag ให้มีสภาพที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการสึกกร่อนของ Refractory การทำ Refining และการทำ Slag Foaming โดยทั่วไป Flux ที่นิยมใช้คือ

- Lime (CaCO_3) หรือ Burnt Lime (CaO)
- Dolomite ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) หรือ Burnt Dolomite ($\text{CaO} \cdot \text{MgO}$)
- Magnesite (MgO) หรือ Burnt Magnesite (MgO)

O Carbon

การใส่ Carbon เข้าไปในกระบวนการหลอมเหล็กมีจุดประสงค์เพื่อ

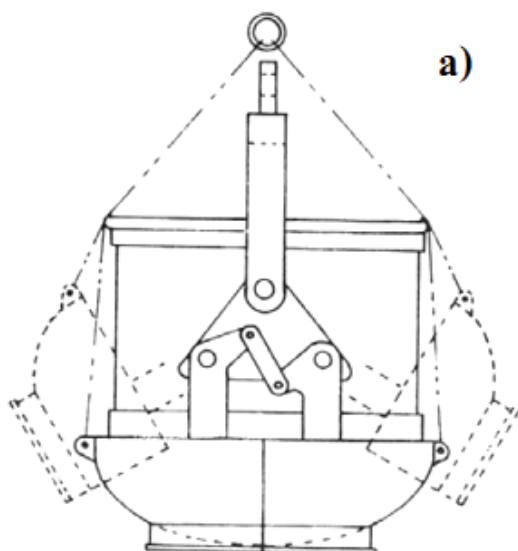
- ปรับปริมาณ Carbon ในน้ำเหล็กให้สอดคล้องเข้ากับมาตรฐานผลิตภัณฑ์
- ให้ Carbon ทำปฏิกิริยากับ Oxygen เกิดเป็นความร้อนช่วยในการหลอมเหล็ก
- ทำให้เกิด Slug Foaming

การเติม Carbon เข้าไปในกระบวนการหลอมสามารถเติมได้ 2 ลักษณะ คือ

- วิธีที่เรียกว่า Charge Carbon คือการเติม Carbon เข้าไปพร้อมเศษเหล็ก เพื่อให้ปริมาณ Carbon ในน้ำเหล็กก่อนทำการ Refining (Melt-in Carbon) มีค่าสูงกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณ Carbon ที่เกินมานี้จะต้องไปทำปฏิกิริยากับ Oxygen ในช่วง Refining วิธีนี้จะค่อนข้างจะควบคุมปริมาณ Carbon ในน้ำเหล็กค่อนข้างยาก
- วิธีที่เรียกว่า Inject Carbon คือการฉีด Carbon ผ่านท่อเข้าไปสู่น้ำเหล็ก หรือ Slag ในช่วง Refining เพื่อปรับปริมาณ Carbon หรือทำ Slag Foaming วิธีนี้จะใช้ Coke ขนาดเล็กเพื่อที่จะให้ Coke ทำปฏิกิริยาได้เร็ว และสามารถคุมปริมาณ Carbon ได้อย่างแม่นยำ

O ใส่วัตถุดิบลงในเตาหลอมไฟฟ้า (Furnace Charging)

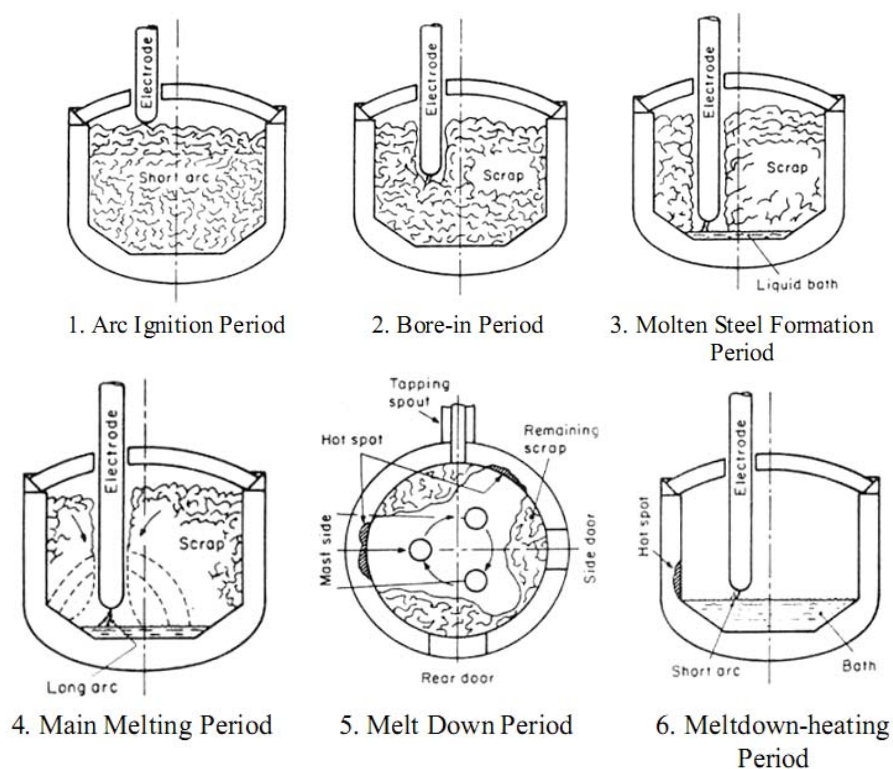
วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการหลอมเหล็กด้วยเตาไฟฟ้าคือ เศษเหล็ก (Scrap) ในขั้นตอนแรก เศษเหล็กจะถูกบรรจุใส่ถังเศษเหล็กในลักษณะเรียงเป็นชั้นๆ โดยคัดเลือกเหล็กให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ การเรียงเศษเหล็กเป็นชั้นๆ นั้นก็เพื่อให้การหลอมนั้นรวดเร็วสม่ำเสมอโดยจะใส่เศษเหล็กที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุดไว้ที่ก้นเตาเพราะต้องรองรับน้ำหนักของเศษเหล็กทั้งหมดแล้วในชั้นต่อมาจะใส่เศษเหล็กที่มีความหนาแน่นมากและความหนาแน่นปานกลางตามลำดับ โดยชั้นบนสุดจะใส่เหล็กแผ่นบาง เพื่อให้แท่ง Electrode แท่งจมลงไปในเศษเหล็กได้อย่างรวดเร็วในช่วงแรกเพื่อป้องกันความร้อนจาก Electrode ทำลาย Refractory ที่ผนังเตา เมื่อบรรจุเศษเหล็กเรียบร้อยแล้ว ถึงในเศษเหล็กจะถูกยกมาเหนือเตาหลอม แล้วเปิดก้นถังเทเศษเหล็กใส่เตา ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ถังใส่เศษเหล็ก

- ขั้นตอนการหลอมเหล็ก

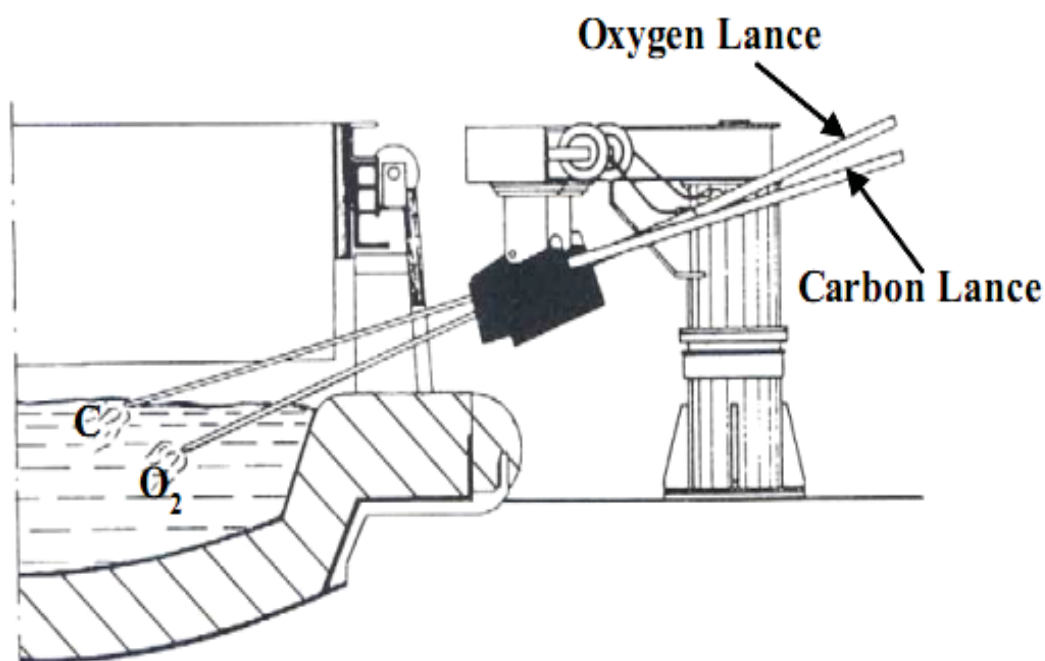
หลังจากเศษเหล็กใส่เตาเรียบร้อยแล้ว จะทำการปิดฝาเตา ลดระดับแท่ง Electrode ทั้ง 3 แท่งลงมาใกล้กับเศษเหล็ก และให้กระแสไฟฟ้ากับแท่ง Electrode เพื่อทำการหลอมโดยขั้นตอนย่อยในการหลอม แบ่งได้ดังนี้



รูปที่ 3 ลักษณะการหลอมของเศษเหล็ก

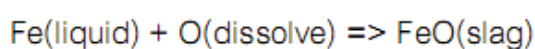
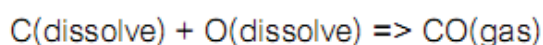
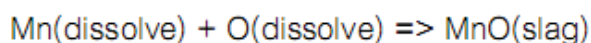
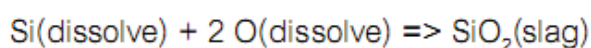
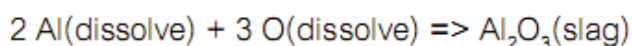
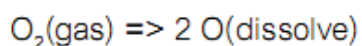
O ขั้นตอนการกำจัดสิ่งสกปรกออก (Refining)

เป็นขั้นตอนหลังจากที่เศษเหล็กหลอมละลายหมดแล้ว โดยขั้นตอนนี้จะเป็นการลดและควบคุมปริมาณธาตุต่างๆ ในน้ำเหล็กให้เหมาะสมกับความต้องการ การลดธาตุที่ไม่ต้องการลงทำได้โดยพ่น Oxygen ผ่านท่อ (Lance) ลงไปในน้ำเหล็ก โดย Oxygen จะละลายในน้ำเหล็กไปทำปฏิกิริยากับธาตุต่างๆ และจะเกิดเป็นความร้อนช่วยในการหลอม ดังนี้



รูปที่ 4 การพ่นออกซิเจนและคาร์บอน

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการฉีด Oxygen ในกระบวนการผลิตเหล็กด้วยเตาหลอมไฟฟ้า



ตารางที่ 1 การรวมตัวและปล่อยพลังงานออกมาของธาตุต่างๆ

Chemical reactions in the steel melt					Reaction enthalpy	
Si	+	O ₂	→	SiO ₂	- 8.94 kWh/kg _{Si}	- 11.20 kWh/m ³ O ₂
Mn	+	0.5 O ₂	→	MnO	- 1.93 kWh/kg _{Mn}	- 9.48 kWh/m ³ O ₂
2 Cr	+	1.5 O ₂	→	Cr ₂ O ₃	- 3.05 kWh/kg _{Cr}	- 9.42 kWh/m ³ O ₂
2 Fe	+	1.5 O ₂	→	Fe ₂ O ₃	- 2.05 kWh/kg _{Fe}	- 6.80 kWh/m ³ O ₂
Fe	+	0.5 O ₂	→	FeO	- 1.32 kWh/kg _{Fe}	- 6.58 kWh/m ³ O ₂
C	+	0.5 O ₂	→	CO	- 2.55 kWh/kg _C	- 2.73 kWh/m ³ O ₂
2 Al	+	1.5 O ₂	→	Al ₂ O ₃	- 5.29 kWh/kg _{Al}	- 13.84 kWh/m ³ O ₂
Mo	+	O ₂	→	MoO ₂	- 1.70 kWh/kg _{Mo}	- 7.29 kWh/m ³ O ₂
S	+	O ₂	→	SO ₂	- 2.75 kWh/kg _S	- 3.94 kWh/m ³ O ₂
2 P	+	2.5 O ₂	→	P ₂ O ₅	- 5.54 kWh/kg _P	- 8.58 kWh/m ³ O ₂
Chemical reactions in the gas phase					Reaction enthalpy	
C	+	O ₂	→	CO ₂	- 9.10 kWh/kg _C	- 4.88 kWh/m ³ O ₂
CO	+	0.5 O ₂	→	CO ₂		- 7.01 kWh/m ³ O ₂
H ₂	+	0.5 O ₂	→	H ₂ O		- 5.99 kWh/m ³ O ₂

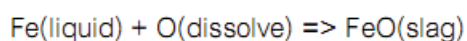
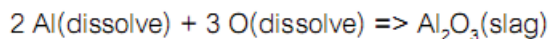
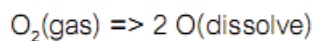
โดย Oxygen ที่ละลายในน้ำเหล็กจะไปปฏิกิริยากับธาตุต่างๆ เกิดเป็นสารประกอบ Oxide ซึ่งลำดับการเกิดสารประกอบ Oxide ของธาตุเหล่านี้ขึ้นอยู่กับ Affinity หากมีมากก็จะดึงดูด Oxygen มาได้มารวมกับธาตุนั้นได้ก่อนธาตุอื่น

และในช่วงนี้จะมีการเติมธาตุต่างๆ เพื่อให้ได้ส่วนผสมตามที่ต้องการ

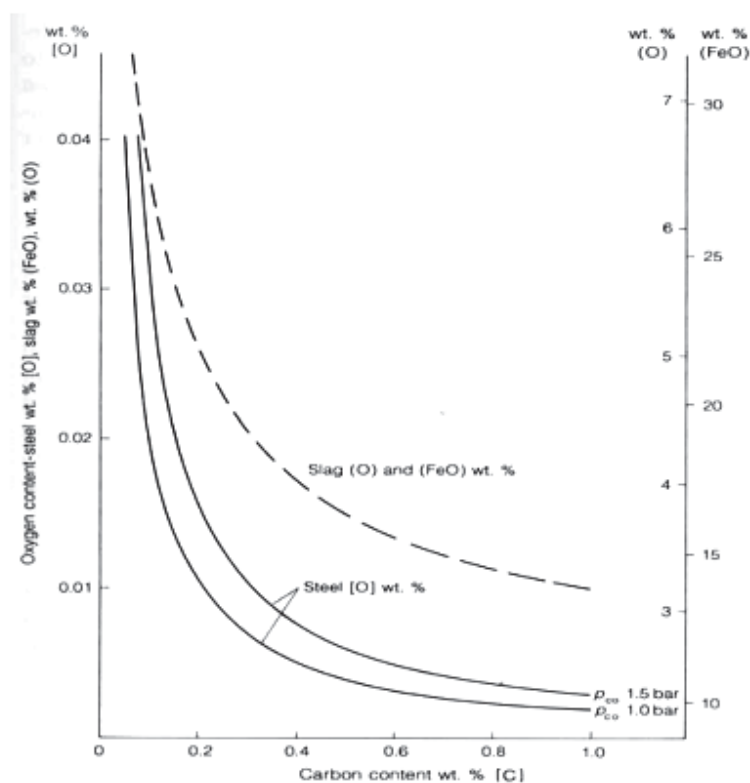
ตารางที่ 2 ส่วนผสมของเกรดเหล็ก

เกรด	ขนาด	ส่วนผสมทางเคมี								
		%C	%Si	%S	%P	%Mn	%Sn	%Cu	%Cr	CE
SR 24	RB 9	0.20 ± 0.05	0.20 ± 0.05	≤ 0.058	≤ 0.058	0.40 - 1.00	≤ 0.12	≤ 0.40	≤ 0.60	≥ 0.25
SD 30	DB 10 - 12	0.25 ± 0.02	0.20 ± 0.05	≤ 0.058	≤ 0.058	0.70 ± 0.05	≤ 0.12	≤ 0.40	≤ 0.60	0.34 - 0.40
SD 30	DB 16 - 20	0.26 ± 0.02	0.20 ± 0.05	≤ 0.058	≤ 0.058	0.80 ± 0.05	≤ 0.12	≤ 0.40	≤ 0.60	0.37 - 0.42
SD 30	DB 25 - 28	0.26 ± 0.02	0.25 ± 0.05	≤ 0.058	≤ 0.058	0.90 ± 0.05	≤ 0.12	≤ 0.40	≤ 0.60	0.38 - 0.44
SD 40	DB 10 - 12	0.33 ± 0.03	0.25 ± 0.05	≤ 0.058	≤ 0.058	0.95 ± 0.05	≤ 0.12	≤ 0.40	≤ 0.60	0.45 - 0.53
SD 40	DB 16 - 20	0.35 ± 0.03	0.25 ± 0.05	≤ 0.058	≤ 0.058	1.10 ± 0.10	≤ 0.12	≤ 0.40	≤ 0.60	0.49 - 0.58
SD 50	DB 12	0.34 ± 0.02	0.25 ± 0.05	≤ 0.058	≤ 0.058	0.95 ± 0.05	≤ 0.12	≤ 0.40	≤ 0.60	0.46 - 0.55
SD 50	DB 16	0.34 ± 0.02	0.25 ± 0.05	≤ 0.058	≤ 0.058	1.00 ± 0.05	≤ 0.12	≤ 0.40	≤ 0.60	0.46 - 0.58
เหล็ก QTB										
เหล็ก QTB		0.25 - 0.03	0.25 - 0.05	≤ 0.040	≤ 0.040	0.90 - 0.10	≤ 0.10	≤ 0.30	≤ 0.60	0.35 - 0.45

ลำดับของธาตุที่มี Affinity กับ Oxygen จากมากไปสู่น้อย



Oxide เหล่านี้จะลอยตัวขึ้นมาและรวมตัวกันเป็นชั้นปกคลุมน้ำเหล็กเรียกว่า Slag ช่วยป้องกันไม่ให้ น้ำเหล็ก ได้รับ Oxygen จากอากาศ และช่วยป้องกันการสูญเสียความร้อนของน้ำเหล็ก อีกทั้งยังช่วย ป้องกันความร้อนจากแท่ง Electrode ที่จะมาทำลาย Refractory ที่ผนังเตา



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนกับออกซิเจนในเหล็ก ที่อุณหภูมิ 1600 C°

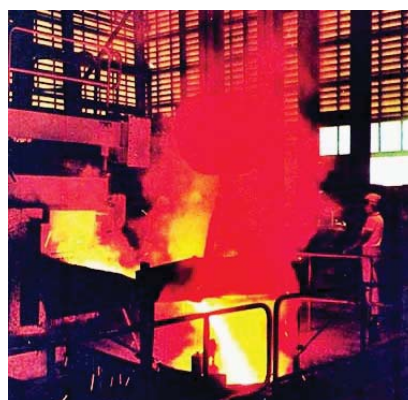
O ขั้นตอนการริน Slag ออกจากเตาไฟฟ้า (De-Slagging)

หลังจากน้ำเหล็กได้ส่วนผสมตามที่ต้องการแล้ว เตาไฟฟ้าจะถูกเอียงมาข้างหน้าประมาณ 15 – 20 องศา เพื่อริน Slag ออกทางประตูด้านเตาหน้าที่เรียกว่า Slag door โดยเหลือ Slag ไว้เล็กน้อย ที่เพียงพอต่อการปกคลุมน้ำเหล็กไม่ให้สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ

O ขั้นตอนการเทน้ำเหล็กออกจากเตาหลอมไฟฟ้า

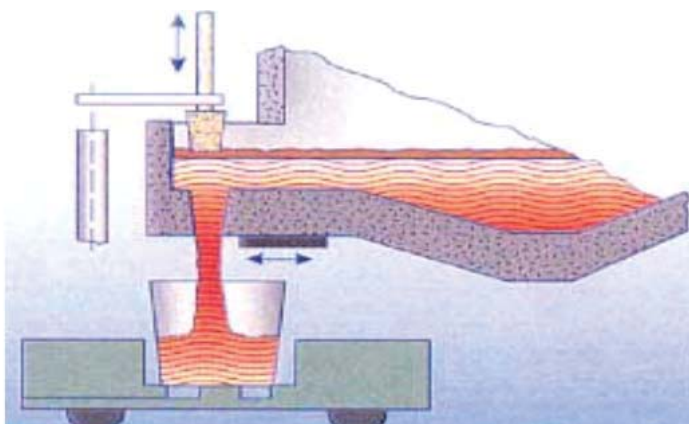
เมื่อน้ำเหล็กได้ส่วนผสมและอุณหภูมิตามที่ต้องการแล้ว น้ำเหล็กจะถูกเทออกจากเตา การเทน้ำเหล็กจะมีอยู่ 2 แบบหลักๆ คือ

- แบบ Sprout ซึ่งเป็นแบบดั้งเดิม โดยจะเอียงเตาด้านหลังประมาณ 45 องศา



รูปที่ 6 การเทน้ำเหล็กออกจากเตาแบบ Sprout

- แบบ Eccentric Bottom Tapping เป็นแบบใหม่ซึ่งมีรูเทอยู่ข้างล่าง โดยเอียงเตาประมาณ 15 – 20 องศา

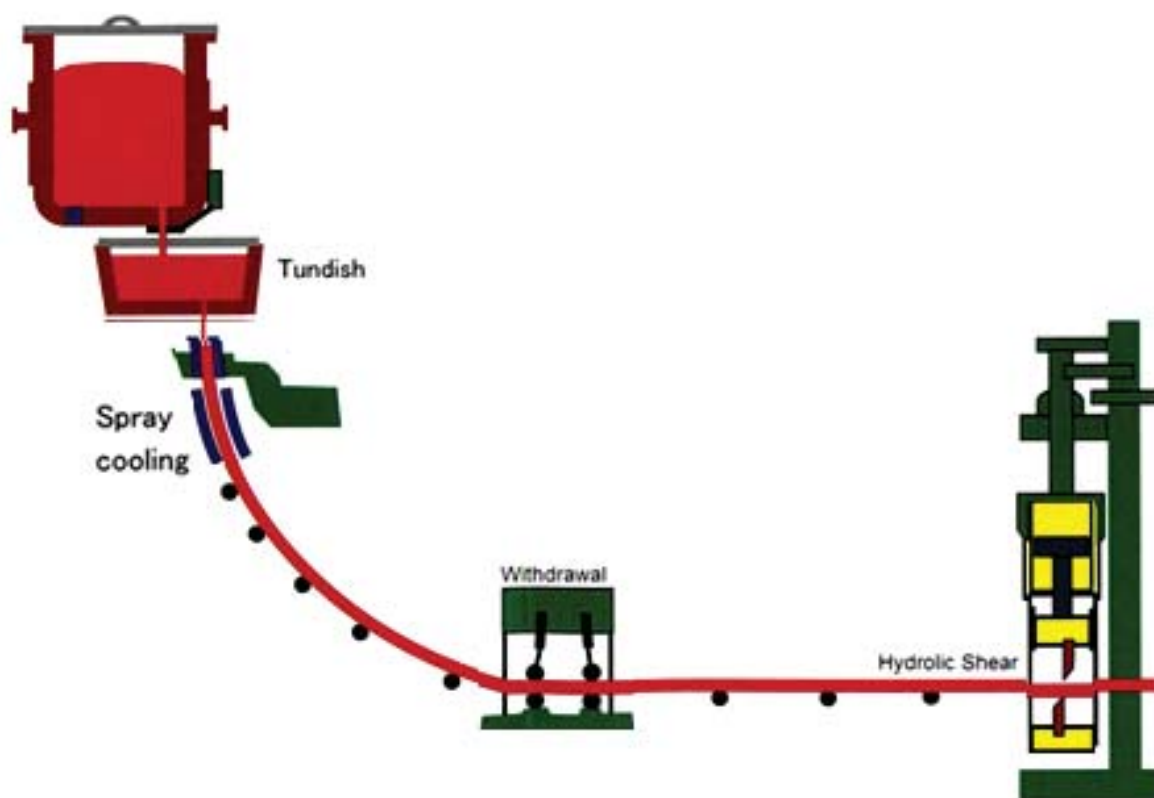


รูปที่ 7 การเทน้ำเหล็กออกจากเตาแบบ Bottom Tapping

- การหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting of Steel)

Basic Principle

กรรมวิธี Con-cast ของเหล็กเหนียวนี้ เครื่องจักรจะวางอยู่ในแนวตั้งน้ำโลหะจะถูกเทจากเบ้า (Ladle) ลงสู่เบ้าพัก (Tundish) การไหลของน้ำโลหะนี้จะต้องสัมพันธ์กับการแข็งตัวของน้ำโลหะ น้ำโลหะจะไหลจากเบ้าพัก (Tundish) ลงมาในแนวตั้งสู่แบบที่ทำด้วยทองแดง และหล่อเย็นด้วยน้ำ แบบหล่อนี้ต้องรับเอาความร้อนจากน้ำโลหะได้เพียงพอที่จะทำให้ผิวโลหะแข็งตัวก่อนที่จะออกจากแบบหล่อ ต่อมาโลหะจะผ่านเข้าสู่ Cooling Zone ทางด้านล่างแบบหล่อ ช่วงนี้จะทำให้แกนกลางของเหล็กแข็งตัวทั้งหมด ทางด้านล่างจะมี Roller สำหรับดึงโลหะที่แข็งตัวหมดแล้วลงมาเรื่อยๆ ส่วนความยาวของเหล็กนั้นจะใช้ Tilting basket เป็นตัวรับ เพื่อปรับความยาวได้ตามต้องการ Tilting basket จะสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ ตรง Tilting basket จะมีหัว torch ใช้ในการตัดแบ่งเหล็กให้ขาดตามความยาวที่ต้องการ



รูปที่ 8 กรรมวิธี Con – Cast เหล็กกล้าคาร์บอน

■ Ladle

เบ้าที่ใช้มีอยู่ 2 ชนิด ด้วยกันคือ

- bottom pouring
- Lip-Syphon-pour ladle

การเลือกเบ้าเตาจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ถ้าเป็น Bottom pour ladle จะเป็นอุปกรณ์อย่างมากในการประกอบ Stopper-rod แต่ก็แก้ไขได้โดยใช้ Ceramic coating ใสรอบๆ Stopper ส่วน Lip-Syphon-pour ladle จะควบคุมการของน้ำโลหะระหว่างเบ้ากับ Mold ได้ดีกว่า แต่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการซ่อมบำรุงจะสูงกว่า Bottom pouring ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งของ Lip-Syphon-pour ladle คือ Slag อาจจะปนกับน้ำโลหะเข้าไปสู่ Tundish ได้เนื่องจาก Slag จะลอยอยู่ที่ผิวน้ำโลหะ แต่ก็สามารถแก้ไขได้โดยใช้สารที่จับ Slag



Ladle

รูปที่ 9 การเคลื่อนย้ายถังLadle (L/D) จากเตาไฟฟ้า(EAF) สู่อุปกรณ์หล่อแบบต่อเนื่อง (CCM)

■ Tundish (T/D) ถังรับน้ำเหล็ก

ถังทันดิส(Tundish) คือถังที่รองรับน้ำเหล็กจากถังเลดเคิล (Ladle) แล้วให้น้ำเหล็กไหลลงสู่ Mould เพื่อทำการ Cast โดยผ่านรู Tundish Nozzle ซึ่งมีอยู่ 3 รู สำหรับ Con-Cast 3 Stands

การใช้ Tundish มีจุดประสงค์อยู่ 3 อย่างคือ

2.3.1 ควบคุมการไหลของน้ำเหล็ก

2.3.2 เป็น Guide ที่จะให้น้ำโลหะไหลเข้า Mold

2.3.3 เป็นตัวกระจายให้น้ำโลหะเข้า Mold ในกรณีที่มี Mould มากกว่า 1 ตัว

ระดับน้ำเหล็กในถังทันดิสขณะทำการ Cast ประมาณ 450 mm. น้ำหนัก 7 ตัน

ระดับน้ำเหล็กในถังทันดิสสูงสุด ประมาณ 520 mm. น้ำหนัก 8 ตัน



รูปที่ 10 ถังทันดิส (Tundish)

■ MOULD แบบหล่อ

- Mold Assembly ส่วนประกอบของโมล

1. ท่อทองแดงที่เคลือบผิวข้างในด้วยโครเมียม
2. Water Jacket มีระยะห่างจากผิวด้านนอกของโมลประมาณ 4 mm. เพื่อให้ น้ำจาก Primary เข้าไปหล่อเลี้ยง Mould ขณะทำการ Cast
3. Mould Casting (เสื้อโมล) ซึ่งจะมีท่อน้ำเข้าน้ำออกอยู่ข้างล่าง
4. หน้าแปลนกับซิลที่ติดอยู่ใต้ Mould
5. ฝาครอบ Mould ช่วยป้องกันไม่ให้ Mould เสียหายจากลำน้ำเหล็กที่กระจาย
6. ฝาน้ำมัน Mould
7. MS – Mould (multi – stage mould)
8. หัวฉีดมุมดันสูง

- Mould Oscillation (ตัวเขย่าโมล)

โมลออสซิลเลชัน จะเคลื่อนที่ ขึ้น-ลง ในแนวรัศมีของเครื่องจักรซึ่งสามารถปรับความถี่ (frequency) และระยะ ขึ้น-ลง (stroke) ได้

FREQUENCY มี 2 Speed คือ

LOW 100 stroke / min.

High 150 stroke / min.

STROKE มีตั้งแต่ 0 – 24 mm.

โดยปกติมี Billet ขนาดหน้าตัด 100 – 110 mm. จะตั้ง Stroke ที่ 12.5 mm. Frequency ที่ 150 Stroke / min.

การเคลื่อนที่ ขึ้น-ลง ของ Mould Oscillation เพื่อ

1. ช่วยให้อัตราการเย็นตัวของผนังหรือเปลือกของเหล็กแท่งใน Mould เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ
2. ช่วยไม่ให้ผิวนอกหรือผนังของเหล็กติดกับ Mould
3. ช่วยทำให้ผิวนอกหรือผนังของเหล็กแท่ง เรียบ ไม่ขรุขระ

- Mould Lubrication Unit (ระบบน้ำมันโมล)

น้ำมัน โมลใช้สำหรับหล่อลื่น เพื่อไม่ให้ผิวของน้ำเหล็กติดกับโมลและช่วยให้ผิว Billet เรียบยิ่งขึ้น ระบบของน้ำมัน โมลจะมีมอเตอร์ปั้มน้ำมัน โมลให้ไหลไปตามท่อน้ำมัน โมลและแยกเข้าที่ฝาน้ำมัน โมลไหลออกด้านข้างของโมลทั้ง 4 ด้าน

ความจุของแท่งน้ำมัน โมล 250 ลิตร

อัตราการไหลของน้ำมัน โมลอยู่ระหว่าง 16 – 26 cm³/min/stand (4 - 6.5 cm³/min/mould surface)

■ Water System (ระบบน้ำ)

- Primary Cooling

น้ำไฟรมารี ใช้สำหรับถ่ายเทความร้อนของน้ำเหล็กจากทองแดง (Mould) ในระหว่างทำการ Cast เพื่อให้เหล็กแข็งตัวเป็นแท่ง Billet

น้ำไฟรมารีจะเป็นระบบปิด คือไหลวนไปตามระบบ และมีการปรับสภาพน้ำให้ได้ตามที่มาตรฐานกำหนด โดยใช้วิธีทางเคมี

FLOW MAX.	1500	l/min.
PRESSURE	5	bar (max 6 bar) at moule inlet
PRESSURE DROP	1.7	bar for 10 m/sec water velocity in the mould
	2.5	bar for 10 m/sec water velocity in the mould
TEMPERATURE (INLET)	max. 40	องศา
TEMPERATURE	6	องศา (max. 10 องศา)

- Secondary Cooling

น้ำเช็กกันดรีคูลลิ่ง ใช้สำหรับหล่อเย็น billet ตั้งแต่ billet เริ่มออกจาก Mould ไปจนถึงชุดวิชรอวอล (Withdrawal roll)

เมื่อชิ้นงานเคลื่อนที่ออกจาก Mold การแข็งตัวของ billet จะแข็งตัวทั้งหมดใน Secondary cooling zone โดยการใช้ น้ำฉีดซึ่งเหตุผลที่ต้องใช้ Secondary cooling zone ก็เพราะว่า

- 2.6.1 เพิ่มอัตราการแข็งตัวได้แบบหล่อ ซึ่งจะลดระยะของ Withdrawal roll ลง
- 2.6.2 ปรับปรุงโครงสร้างงานหล่อ (AC cast)
- 2.6.3 ป้องกันการโป่งหรือการโตออกของชิ้นงานหลังจากออกจาก Mold
- 2.6.4 ป้องกันการกระจายความร้อนไปบริเวณอื่น

สำหรับน้ำหล่อเย็นในระบบเช็กกันดรีคูลลิ่งจะเป็นระบบปิด คือมีการไหลวนกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดสิ่งสกปรกและการ Cooling ที่ดี ก่อนจะนำกลับมาใช้ใหม่

ข้อมูลระบบน้ำ

PRESSURE AT WATER BATTERY	7 - 8 bar.
FLOW RATE SPRAY SYSTEM	2100 l/min. (3 strands)
TEMPERTURE INLET	max. 40 องศา
TEMPERTURE RISE	appvax 20 องศา



รูปที่ 11 ท่อส่งน้ำและหัวสเปรย์พ่นน้ำ

■ DUMMY BAR

- Strand Guide For Rigid Dummy Bar (คัมมี่บาร์ไกด์)

คัมมี่บาร์ไกด์ประกอบด้วยโรลเลอร์ 2 ตัว ทำหน้าที่ประคอง เพื่อให้รีจิดคัมมี่บาร์สามารถเคลื่อนที่เข้าไปในโมลได้โดยไม่ชน และช่วยประคองบิลเล็ทร้อนที่เพิ่ง Cast ออกมา คัมมี่บาร์ไกด์ มีอยู่ 2 ชุด คือด้านบนและด้านล่างของ Rpray Zone 2



Dummy Bar Guide

รูปที่ 12 Strand Guide For Rigid Dummy Bar

- **Dummy Bar Head (หัวดัมมี่บาร์)**

หัวดัมมี่บาร์จะออกแบบเป็นลักษณะ T – TYPE จะประกอบกับชุด ริจิดดัมมี่บาร์ที่หัว เพื่อเป็นตัวดึง billet ออกจาก Mould ขณะเริ่ม Cast

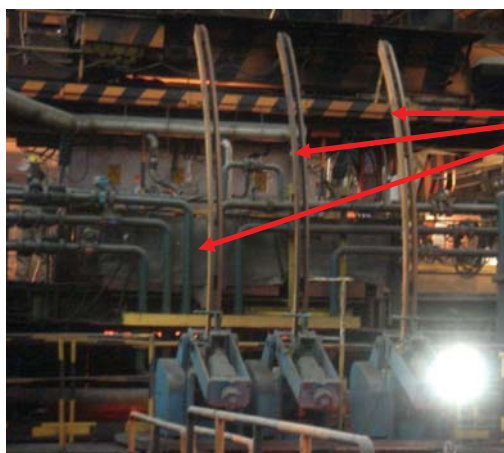


Dummy Bar Head

รูปที่ 13 Dummy Bar Head

- **Rigid Dummy Bar Main ARC (ริจิดดัมมี่บาร์)**

ริจิดดัมมี่บาร์จะมีลักษณะโค้ง ซึ่งรัศมีวงนอกเท่ากับ 4000 mm. หน้าตัดกว้าง 140 mm. สูง 120 mm. และมีความยาวซึ่งวัดเป็นมุมได้ 103 องศา



Dummy Bar

รูปที่ 14 ริจิดดัมมี่บาร์

- Rigid Dummy Bar Storage (ชุดเก็บรีจิดัมมีบาร์)

Rigid Dummy Bar Storage ทำหน้าที่เก็บรีจิดัมมีบาร์หรือขับดัมมีบาร์เข้าและออก



รูปที่ 15 Rigid Dummy Bar Storage

■ Withdrawal And Straighetener Unit

- Withdrawal

Withdrawal จะอยู่ติดห้อง Apron จะใช้ขับขับรีจิดัมมีบาร์เข้าออก และ ขับ billet Withdrawal ประกอบด้วย roller ลูกบน 1 ลูก ลูกล่าง 1 ลูก ซึ่งจะถูกขับด้วย AC Motors Motors ที่ขับ roller ลูกล่างจะมี Tachogenerator เป็นตัวควบคุมความเร็ว และมีชุด Pulse counter ใช้นับรอบ motors เพื่อหาความยาวของ billet

Motors หมุน 1 รอบมีค่าเท่ากับ 2 Pulses

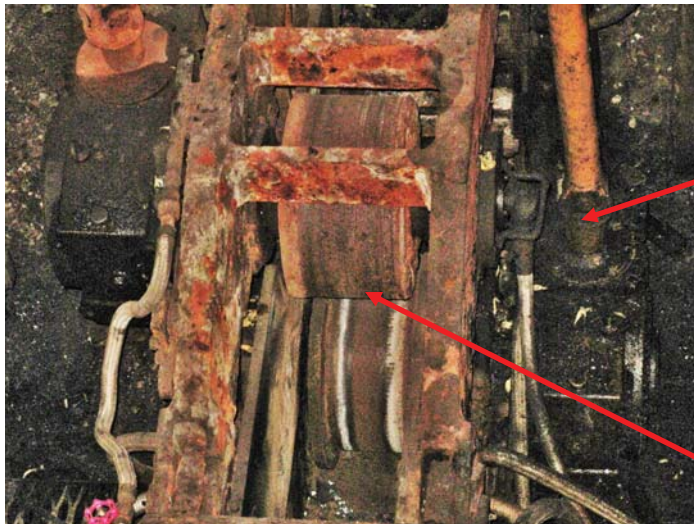
1 Pulses = 2.077 mm.

2 Pulese = 4.154 mm.

Motors หมุน 1 รอบ billet จะมีความยาว 4.154 mm. (billet ร้อน)

* เนื่องจาก billet เย็นตัวแล้วจะสั้นลง จึงคิดสูตรได้ดังนี้

สูตร ความยาวของ billet เย็น = ความยาวของ billet ร้อน / 1.016



Pulse Counter

Withdrawal Roll

รูปที่ 16 Withdrawal

- Straighetener

Straighetener จะอยู่ก่อนถึง Intermediate Roller Table มีหน้าที่ขับเคลื่อน billet เข้าไปสู่ Shear และ คัดให้ billet ที่โค้งให้ตรง



Straighetener

รูปที่ 17 Straighetener

■ Cutting Billet by Shear

ในการตัด billet ระบบเหยียร์ของ CCM 1 คือ Hydraulic Shear เมื่อเหล็กเคลื่อนออกมาจาก Withdrawal Roll จะถูกตัดด้วย Hydraulic Shear ให้ได้ความยาวตามต้องการ โดยมีคบนจะอยู่ในตำแหน่งเดิมตลอด ใบมีดล่างจะยกขึ้นตัดขณะตัดใบมีดจะเอียงไปข้างหน้าทำมุม 6 องศา

ข้อมูลของไฮดรอลิกเหยียร์

Max. CUTTING FORCE	210	TONS.
Max. CUTTING SECTION	130 X 130	mm. Sq
TEMPERATURE OF THE BILLET		
WHEN CUTTING MUST BE APPROX	900	°C



รูปที่ 18 Hydraulic Shear

■ Billet Cross Transfer (ชุดกวาดบิลเล็ท)

ชุดกวาดบิลเล็ท ทำหน้าที่ดันแท่งบิลเล็ทจาก Upper Level Storage Area ไปยังชุด Billet Turning Table ชุดกวาดบิลเล็ทจะสามารถดัน billet ไปข้างหน้าได้เพียงทิศทางเดียว โดยใช้แขน Pusher Arms ซึ่งต่อลงมาจากชุดเคลื่อนที่ ถ้าชุดเคลื่อนที่ถอยหลัง Pusher Arms จะสามารถพับได้



รูปที่ 19 ชุดกวาดบิลเล็ท

■ Billet TurnTable

เป็นเครื่องจักรส่วนที่ทำงานขนส่ง billet ต่อจากชุด Coss Transfer โดยการพา billet หมุนทำมุม 90° จากตำแหน่ง Charging Position ไปยังตำแหน่ง Delivery Position



รูปที่ 20 Billet Turn Table

■ Pusher Type Cooling Bed

ทำหน้าที่รองรับบิลเล็ตที่ร้อน โดยการผลักบิลเล็ตที่ร้อนไปยัง Cooling Bed ภายในท่อ Cooling Bed จะมีน้ำจาก Secondary หล่อเย็นอยู่ เครนยกจะบิลเล็ตไปเก็บที่กองเพื่อรอนำไปเข้าโรงรีดต่อไป



รูปที่ 21 Cooling Bed และ Billet Yard

● การผลิตเหล็กเส้น

โรงงานได้ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง ซึ่งผลิตและจำหน่ายตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งจะผลิตตามการสั่งซื้อของลูกค้า โดยชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ทำหารผลิตและจัดจำหน่ายให้กับลูกค้าดังนี้

- เหล็กเส้น

เหล็กเส้นกลม ทำขึ้นจากเหล็กแท่ง ด้วยกรรมวิธีรีดร้อน โดยไม่มีขบวนการแปรรูปมาก่อน มาตรฐานของเหล็กเส้นกลมนี้กำหนดคุณภาพ ขนาด มวล และเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นกลมที่โรงงานผลิตคือ

- RB 12 = 12 mm.

- RB 15 = 15 mm.

- RB 19 = 19 mm.

- ขนาดพิเศษ = ตามความต้องการของลูกค้า

- เหล็กข้ออ้อย

เป็นเหล็กเส้นใช้เสริมคอนกรีตในการก่อสร้าง มีบั้งและอาจมีครีบทึบผิว เพื่อเสริมกำลังยึดระหว่างเหล็กเส้นกับเนื้อคอนกรีต ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กข้ออ้อยที่โรงงานผลิตคือ

- DB 12 = 12 mm.

- DB 16 = 16 mm.

- DB 20 = 20 mm.

- DB 25 = 25 mm.

- DB 28 = 28 mm.

- DB 32 = 32 mm.

- ขนาดพิเศษ = ตามความต้องการของลูกค้า



รูปที่ 22 เหล็กข้ออ้อย

● คุณภาพ

เหล็กข้ออ้อยแบ่งส่วนประกอบทางเคมีและสมบัติทางกลได้เป็น 3 ชั้นคุณภาพ

- SD 30
- SD 40
- SD 50

ขนาด มวลและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนต่างๆ ของเหล็กเส้นข้ออ้อย

ตารางที่ 3 แสดงชื่อขนาด ขนาดระบุ และมวลระบุ ของเหล็กข้ออ้อย

ชื่อขนาด	ขนาดระบุ		มวลระบุ กก./เมตร
	เส้นผ่านศูนย์กลาง มิลลิเมตร	พื้นที่หน้าตัดระบุ ตารางมิลลิเมตร	
DB 10	10	78.54	0.616
DB 12	12	113.1	0.888
DB 16	16	201.06	1.578
DB 20	20	314.16	2.466
DB 22	22	380.13	2.984
DB 25	25	490.87	3.853
DB 28	28	615.75	4.834
DB 32	32	804.25	6.315
DB 36	36	1017.88	7.99
DB 40	40	1256.64	9.865

หมายเหตุ : 1.พื้นที่หน้าตัดระบุตารางที่มิลลิเมตร = $3.14 \times (\text{เส้นผ่านศูนย์กลางระบุเป็น มิลลิเมตร})^2 / 4$

2. มวลระบุ กิโลกรัมต่อเมตร มีค่าเท่ากับ $0.007 / 85$ (พื้นที่หน้าตัดระบุตารางที่ มิลลิเมตร)

ตารางที่ 4 แสดงขนาดมวลต่อเมตร และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของเหล็กข้ออ้อย

ชื่อขนาด	มวลระบุ กก./เมตร	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ร้อยละ	
		ต่อเส้น	เฉลี่ย 5 เส้น
DB 10	0.616	±6	±5
DB 12	0.888	±6	±5
DB 16	1.578	±6	±5
DB 20	2.466	±5	±4
DB 22	2.984	±5	±4
DB 25	3.853	±5	±4
DB 28	4.834	±5	±4
DB 32	6.315	±4	±3.5
DB 36	7.99	±4	±3.5
DB 40	9.865	±4	±3.5

ตารางที่ 5 แสดงช่วงระหว่างบั้ง ส่วนสูงของบั้ง และความกว้างของช่องว่างหรือของคืบ

ชื่อขนาด	ช่วงระหว่างบั้งสูงสุด	ส่วนสูงของบั้ง		ผลรวมของความกว้าง ของช่องว่าง หรือของคืบสูงสุด
		ต่ำสุด	สูงสุด	
DB 10	7	0.4	0.8	7.9
DB 12	8.4	0.5	1	9.4
DB 16	11.2	0.7	1.4	12.6
DB 20	14	1	2	15.7
DB 22	15.4	1.1	2.2	17.3
DB 25	17.5	1.3	2.6	19.7
DB 28	19.6	1.4	2.8	22
DB 32	22.4	1.6	3.2	25.2
DB 36	25.2	1.8	3.6	28.3
DB 40	28	2	4	31.4

หน่วยเป็นมิลลิเมตร ความยาวของเหล็กข้ออ้อยในแต่ละมัดต้องยาวเท่ากัน โดยจะ
คลาดเคลื่อนที่ผู้ทำกำหนดไว้ที่ ตารางที่ 4

ตารางที่ 6 แสดงเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับความยาว

ความยาว	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
ไม่เกิน 10 เมตร	ส่วนเกิน : 55 มิลลิเมตร ส่วนขาด : ไม่มี
เกิน 10 เมตร	ส่วนเกิน : 55 มิลลิเมตร บวก 5 มิลลิเมตร ทุกๆ ความยาว 1 เมตร ที่มากกว่า 10 เมตร แต่รวมกันแล้ว ไม่เกิน 120 มิลลิเมตร ส่วนขาด : ไม่มี

- วัสดุ

เหล็กข้ออ้อยต้องทำจากเหล็กกล้าที่มีส่วนผสมทางเคมีเมื่อวิเคราะห์จากเบ้าตาม ตารางที่ 5 และตารางที่ 7 แสดงส่วนประกอบทางเคมี

ตารางที่ 7 แสดงส่วนประกอบทางเคมี

ชั้นคุณภาพ	ส่วนประกอบทางเคมี ร้อยละ โดยน้ำหนักสูงสุด				
	คาร์บอน	แมงกานีส	ฟอสฟอรัส	กำมะถัน	คาร์บอน + แมงกานีส
SD 30	0.27	—	0.05	0.05	0.5
SD 40	—	1.8	0.05	0.05	0.55
SD 50	—	1.8	0.05	0.05	0.6

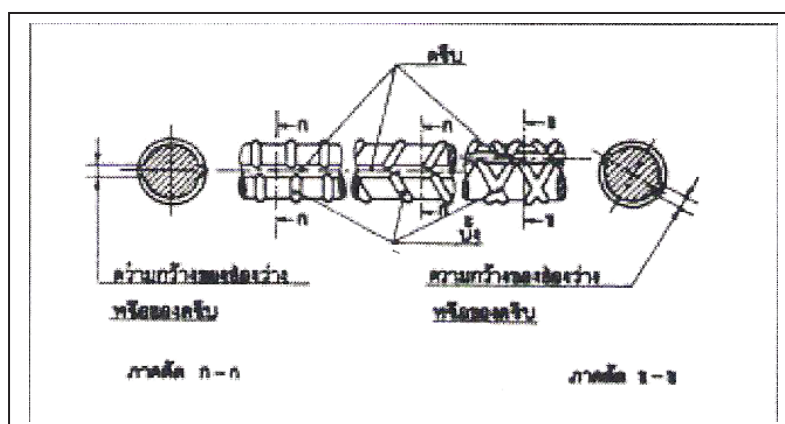
- คุณสมบัติที่ต้องการ

- เหล็กข้ออ้อย(ยกเว้นที่บริเวณที่ทำเครื่องหมายหรือฉลาก) ต้องมีผิวเรียบไม่มีรอยแตก
- เหล็กข้ออ้อยต้องมีบั้งเป็นระยะๆเท่าๆกัน โดยสม่ำเสมอตลอดเส้น บั้งและคิบรินที่อยู่ตรงข้ามกันต้องมีขนาดและรูปร่างเหมือนกัน

- มุมระหว่างบั้งกับแกนของเหล็กข้ออ้อย

- มุมแหลมต้องไม่น้อยกว่า 45 องศา

ในกรณีที่บั้งทำมุมกับแกนของเหล็กข้ออ้อยตั้งแต่ 45 – 70 องศา บั้งต้องวางกลับทางกันบนแต่ละข้างของเหล็กข้ออ้อย หรือบั้งทั้งหมดของด้านหนึ่งต้องกลับทางกับบั้งอีกข้างหนึ่งทั้งหมด แต่ถ้าบั้งทำมุมแหลมกับแกนของเหล็กข้ออ้อยเกิน 70 องศา ก็ไม่จำเป็นต้องกลับทางกัน



รูปที่ 23 แสดงตัวอย่างบั้งและช่องว่างหรือคิบรินของเหล็กข้ออ้อย

- คุณสมบัติเชิงกล

- ความต้านแรงดึง ความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดของเหล็กข้ออ้อยต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 6

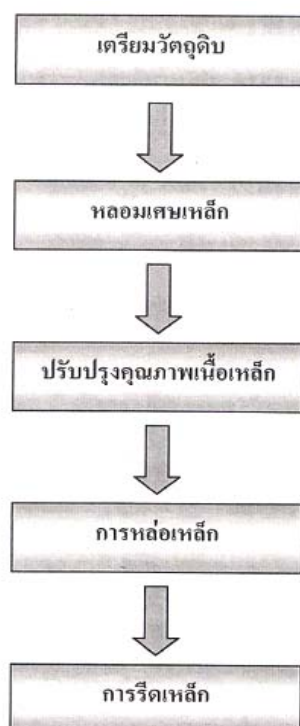
- การดัดโค้งเย็น ต้องไม่มีรอยแตกหรือรอยปริตองส่วนโค้งด้านนอกของชิ้นงาน

ตารางที่ 8 ความต้านแรงดึง ความต้านแรงดึงที่จุดครากและความยืดของเหล็กข้ออ้อย

ชั้นคุณภาพ	ความต้านแรงดึง เมกะพาสคัล (กก.แรงต่อตร.มม.)	ความต้านแรงดึงจุด ครากเมกะพาสคัล (กก.แรงต่อตร.มม.)	ความยาวร้อยละ
SD 30	480 (49)	295 (30)	17
SD 40	560 (57)	390 (40)	15
SD 50	620 (63)	490 (50)	13

- กระบวนการผลิตเหล็กเส้น

กระบวนการผลิตเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต มีขั้นตอนการผลิตแสดงไว้ดังรูป ซึ่งอธิบายขั้นตอนได้ดังนี้



รูปที่ 24 แสดงกระบวนการผลิตเหล็กเส้นข้ออ้อย

● การใช้เทคนิค IE ในการปรับปรุงงาน

IE (Industrial Engineering) คือ เทคนิคที่ใช้ในการปรับปรุงงาน ซึ่งรวมถึง การกำจัดของเสีย ในกระบวนการ ความไม่สม่ำเสมอ ของการผลิตและการทำงานที่ไม่ทำให้เกิดผลงาน โดยพยายาม ปรับปรุงให้การทำงานง่ายขึ้น สะดวกรวดเร็วขึ้น และประหยัด ค่าใช้จ่าย IE TECHNIQUES ที่ใช้ในการปรับปรุงการเพิ่มผลผลิตโดยทั่วไปจะเป็นเรื่องการบริหารการทำงาน (Work Management) โดยมีการศึกษาการทำงาน (Work Study) ซึ่งจะประกอบไปด้วยเทคนิคการปรับปรุงงาน โดยการศึกษาวิธีการทำงาน (Method Study) และ เทคนิคการวัดผลงานโดยการศึกษาเวลา (Time Study)

O ขั้นตอนการศึกษาวิธีการทำงาน (Method study) และการวัดผลงาน (Work Measurement)

1. เลือกงานที่จะทำการศึกษา (Select) เช่น งานที่มีปัญหาหรืองานใหม่ๆ
2. บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับงานที่เลือก (Record)
3. ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์อย่างละเอียด (Examine)
4. พัฒนาและกำหนดวิธีการใหม่ๆ (Develop new method)
5. วัดงานพร้อมทั้งคำนวณเวลามาตรฐานของงานโดยรวมเวลาเพื่อ เข้าไปด้วย เช่น เวลาทำธุระส่วนตัว (Measure Compile)
6. กำหนดขอบเขตของงานให้ชัดเจนและเก็บข้อมูลไว้ (Define)
7. นำไปใช้เมื่อได้ผลแล้วให้ รักษาสภาพไว้ (Maintain)

O การใช้เทคนิค IE ในการปรับปรุงการทำงาน

ขั้นที่ 1 กำหนดหัวข้อ ในการปรับปรุง (ควรเลือกหัวข้อที่มีความสำคัญก่อน)

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์สภาพจริงอย่างเป็นระบบ ปริมาณ และบนพื้นฐานของ ความเป็นจริง

ขั้นที่ 3 ทดสอบผลโดยการวิเคราะห์

- 5W1H (What, Where, When, Who, Why and How)
- ECRS (Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify)

ขั้นที่ 4 เตรียมกิจกรรม ในการทดลองปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง Kaizen

ขั้นที่ 5 ทำกิจกรรม Kaizen ต่อเนื่องไป จนกว่าจะประสบความสำเร็จ

ขั้นที่ 6 จัดทำมาตรฐาน

O ประโยชน์ของการศึกษาวิธีการทำงาน (Method study)

1. เพื่อปรับปรุงกระบวนการและวิธีการทำงาน
2. เพื่อปรับปรุงการปฏิบัติงาน วางแผนผังโรงงาน สถานที่ตั้งใน การทำงาน ตลอดจนแบบโรงงาน และเครื่องจักรเครื่องมือต่างๆ
3. ลดความพยายามที่ไม่จำเป็นลง พร้อมทั้งขจัดความเมื่อยล้า
4. ปรับปรุงการใช้เครื่องจักร วัสดุ และแรงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

O ประโยชน์ของการวัดผลงาน (Work Measurement)

1. ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการต่างๆ โดยพยายามเลือกวิธีทำงานที่ดีที่สุดและใช้เวลาน้อยที่สุด
2. ใช้วัดความสมดุลให้กับคนงาน ที่ทำงานเป็นกลุ่มโดยใช้แผนภูมิปฏิบัติงานทวิคูณ (Multiple activity chart)
3. ใช้วางแผนและจัดการผลิต รวมทั้งจัดกำลังคน และทรัพยากรต่างๆ เพื่อให้สามารถผลิตสินค้าได้ตามปริมาณ ในเวลาที่กำหนด
4. ใช้เป็นข้อมูลในการประมาณ ค่าใช้จ่าย ราคาขาย และกำหนดเวลา
5. ใช้สร้างมาตรฐานการทำงานของคนและเครื่องจักร
6. ใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมค่าจ้างแรงงาน และใช้กำหนดค่าใช้จ่ายมาตรฐาน

O ตัวอย่างการแบ่งประเภทงานก่อนทำการศึกษาการทำงาน

Operating work คือกระบวนการทำงานหลักที่พนักงานต้องเข้าไปมีส่วนร่วมโดยตรงในการสร้างคุณค่า (Value adding) ต่อการปฏิบัติงาน เช่น พนักงานกำลังกลึงชิ้นงาน

operating work คือการปฏิบัติงานในเวลางานของพนักงาน ซึ่งอาจเกี่ยวข้อง หรือไม่เกี่ยวข้อง กับงานหลัก แต่ไม่มีผลโดยตรงในการสร้างคุณค่าให้งาน แบ่งออกได้ดังนี้

Accompanying work คือ การปฏิบัติงานของพนักงาน ที่มีผลต่อการสร้างคุณค่าทางอ้อมของงาน และ เกี่ยวข้องกับงานหลักโดยตรง เช่น การใส่วัตถุดิบ และนำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร

Preparation คือ การเตรียมงานก่อนการปฏิบัติงานจริง เช่น การตั้งค่าการทำงานให้เครื่องจักร ก่อนเริ่มทำงาน

Work allowance คือ การปฏิบัติงานบางอย่าง ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานหลัก เช่น ตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน, ปรับตั้งเครื่องจักรระหว่างทำงาน

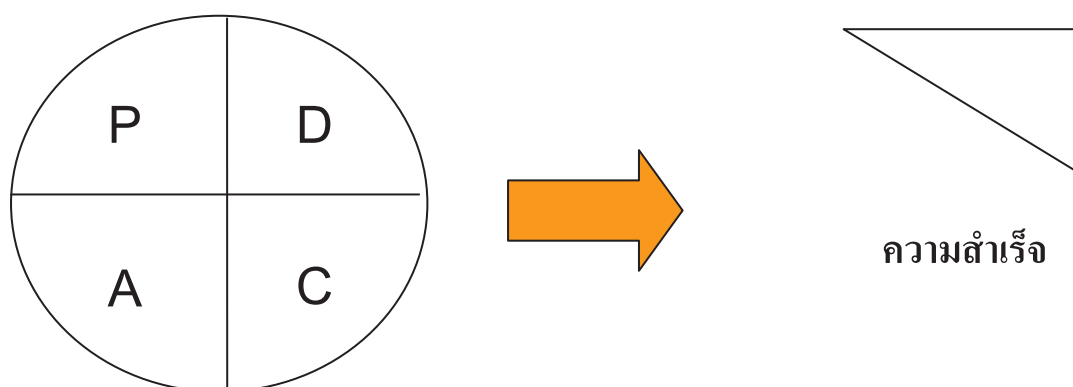
Shop allowance คือ การปฏิบัติงานบางอย่าง ที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานหลัก แต่เกิดขึ้นเนื่องจากการบริหารงานไม่ดี เช่น การค้นหาเครื่องมืออุปกรณ์, การรอนย้ายวัตถุดิบและชิ้นงาน

Personal allowance คือ เวลาเพื่อสำหรับพนักงานในการปฏิบัติธุระส่วนตัว เช่น เข้าห้องน้ำ, ทานน้ำ

Non- work คือ การทำบางสิ่งบางอย่างด้วยเหตุผลส่วนตัวไม่เกี่ยวข้องกับงาน เช่น การหยอกล้อกันเล่น

- วงจรเดมมิง (Deming Cycle)

หลักการที่เป็นหัวใจของ Q.C. Circle เพื่อที่จะนำไปสู่การดำเนินการแก้ปัญหา ปรับปรุงและพัฒนางานให้สำเร็จลุล่วงไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือ วงจรเดมมิง (Deming Cycle)



รูปที่ 25 วงจรเดมมิง

วงจรเดมมิง ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ประการ เรียกว่า PDCA

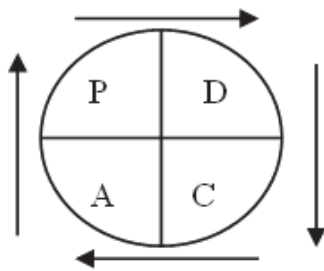
P (Plan) คือ ขั้นตอนการวางแผน เพื่อเลือกปัญหา ตั้งเป้าหมาย
การแก้ปัญหา และวางแผนแก้ปัญหา

D (Do) คือ ขั้นตอนการดำเนินการแก้ไขปัญหตามแนวทางที่วางไว้

C (Check) คือ ขั้นตอนการตรวจสอบ และเปรียบเทียบผล

A (Action) คือ การกำหนดเป็นมาตรฐานและปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

วิธีการทำงานตามวงจรเดมมิง

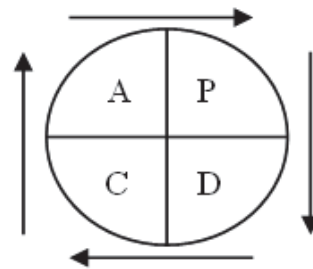


P = กำหนดแผน

D = ทำตามแผนที่กำหนด

C = ตรวจสอบผลกับแผน

A = หากไม่บรรลุแผน ให้หาสาเหตุและวางแผนแก้ไขใหม่



A = หากบรรลุแผนให้รักษามาตรฐานไว้

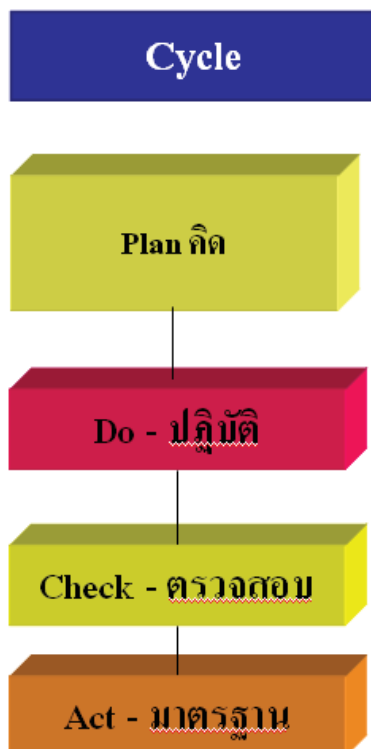
P = วางแผนใหม่ ตั้งเป้าหมายใหม่

D = ทำตามแผนที่กำหนด

C = ตรวจสอบผลกับแผน

A = หากไม่บรรลุแผนให้วางแผนแก้ไขใหม่

วงจรบริหาร PDCA เพื่อการแก้ปัญหาปรับปรุง



ขั้นตอนการทำ

1. การกำหนดหัวข้อปัญหา
2. การสำรวจสภาพปัจจุบันและตั้งเป้าหมาย
3. การวางแผนแก้ไข
4. การวิเคราะห์สาเหตุ
5. การกำหนดมาตรการตอบโต้และการปฏิบัติ
6. การติดตามผล
7. การทำให้เป็นมาตรฐาน

ขั้นตอนในการทำกิจกรรม P-D-C-A

■ ตรวจสอบปัญหารอบ ๆ ตัว

- ดูว่ารอบ ๆ ตัวเรามีปัญหาอะไรบ้างที่สร้างความยากลำบากให้กับการทำงาน
- พยายามเก็บตัวเลขข้อมูลต่างๆ เพื่อสะดวกสำหรับขั้นตอนต่างๆต่อไป

■ เลือกหัวข้อเรื่อง

- สำหรับกลุ่มที่เริ่มทำกิจกรรมใหม่ ๆ ไม่ควรเลือกหัวข้อเรื่องที่ยากเกินไป ควรเลือกหัวข้อเรื่องที่เหมาะสมกับประสบการณ์และความสามารถของกลุ่ม โดยควรทำเรื่องง่ายแต่ใช้เวลาสั้นๆ
- สำหรับกลุ่มที่มีความชำนาญแล้วควรเลือกหัวข้อเรื่องจากการวิเคราะห์ตัวเลข ข้อมูลว่าปัญหาใดมีอิทธิพลมากกว่ากัน

■ สำรวจสภาพปัจจุบัน ตรวจสอบสภาพปัจจุบันว่า มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหรือไม่

อย่างไร (พยายามสำรวจจากการระดมสมองและการดูปัญหาด้วยตาของสมาชิกทุกคน และร่วมกันเก็บตัวเลขต่างๆเพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์)

■ กำหนดเป้าหมาย

ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในการกำหนดเป้าหมายการทำงานให้เหมาะสมกับความสามารถของกลุ่ม

■ วิเคราะห์และดำเนินการแก้ไข

ตรวจสอบข้อมูลทุกอย่างที่ได้มาและทำการ วิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาแล้วหามาตรการในการแก้ไข อย่างไม่ลดละ ด้วยความแยบยลและชาญฉลาดแล้วดำเนินการแก้ไขโดยอาศัยหลักเกณฑ์ของวงจร เดมมิง (PDCA) จนกว่าจะสำเร็จ

■ กำหนดเป็นมาตรฐาน

เมื่อสามารถแก้ไขปัญหาหรือปรับปรุงงานได้แล้วทำอย่างไรจึงจะป้องกันไม่ให้เกิดสภาพเช่นเดิมขึ้นอีก การแก้ปัญหานี้คือ กำหนดเป็นมาตรฐานการทำงานไว้

ลักษณะของมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ดี

- มาจากวิธีการแก้ไขที่ได้ผลแล้ว
- มีความชัดเจน
- สามารถปฏิบัติได้อย่างต่อเนื่อง

● แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram)

แผนภูมิแท่ง (Parato) เป็นแผนภูมิที่ใช้เปรียบเทียบปัญหา ใ้คิดว่าปัญหาไหนที่เกิดขึ้นเยอะสุด หรือปัญหาไหนทำให้เกิดความเสียหายมากที่สุด เราก็ควรที่จะเข้าไปแก้ปัญหานั้นก่อน เมื่อแท่งกราฟ ของปัญหาที่เราเข้าไปแก้ไขลดลงจนอยู่ในค่าที่กำหนด เราจึงจะไปแก้ไขปัญหาต่อไปที่มีความสำคัญ รองลงมา

- **หลักการพาเรโต** ข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย และข้อมูลที่มีเพียงจำนวนที่เล็กน้อยจะมีจำนวนมาก
- **แผนภูมิพาเรโต** คือ กราฟแท่งจำนวนหลายแท่งที่อยู่ติดกันและเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ตามจำนวนของข้อมูล(ยกเว้นข้อมูลอื่นๆที่ต้องอยู่แท่งสุดท้ายเสมอ) ซึ่งแผนภูมินี้สามารถแสดงข้อมูลได้ทั้งจำนวน(แกนซ้ายมือ) และเปอร์เซ็นต์(แกนขวามือ) รวมทั้งเปอร์เซ็นต์สะสมที่ได้จากการสะสมเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลแต่ละตัว(เส้นเปอร์เซ็นต์สะสม)

O เมื่อไรจึงจะใช้แผนภูมิพาเรโต

- เมื่อต้องการกำหนดสาเหตุที่สำคัญ(Critical Factor) ของปัญหา เพื่อแยกออกมาจากสาเหตุอื่นๆ
- เมื่อต้องการยืนยันผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการแก้ปัญหา โดยเปรียบเทียบระหว่าง “ก่อนทำ” และ “หลังทำ”
- เมื่อต้องการค้นหาปัญหาและหาคำตอบในการดำเนินกิจกรรมแก้ปัญหา

O โครงสร้างของแผนภูมิพาเรโต

- ประกอบด้วยกราฟแท่งและกราฟเส้น
- นอกจากแกนในแนวดิ่ง(แกนY) และแกนแนวนอน(แกนX)แล้ว กราฟพาเรโตจะมีแกนแสดงร้อยละ หรือเปอร์เซ็นต์ ของข้อมูลสะสมอยู่ทางด้านขวามือของแผนผังด้วย
- ความสูงของแท่งกราฟจะเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย จากซ้ายมือไปขวามือ ยกเว้นในกลุ่มของข้อมูลที่เป็น “ข้อมูลอื่นๆ” จะนำไปไว้ที่ตำแหน่งสุดท้ายของแกนในแนวนอนเสมอ
- กำหนดการบันทึกระยะเวลาให้แน่ชัด

ตารางที่ 9 ตัวอย่างการปรับปรุง

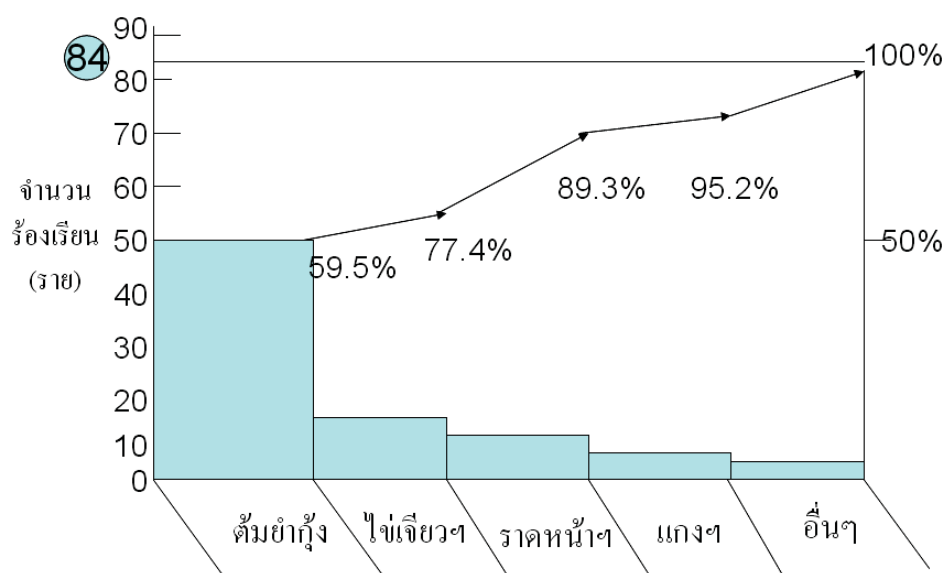
ตัวอย่าง: ร้านอาหารต้องการปรับปรุงรสชาติอาหารให้ดีขึ้น

ปัจจัย/รายการ (รายการอาหาร)	ความถี่/จำนวน ที่ถูกค่า ร้องเรียน(ราย)	ความถี่/ จำนวนสะสม (ราย)	ร้อยละ (%)	ร้อยละ สะสม(%)
ต้มยำกุ้ง	50	50	59.5	59.5
ไข่เจียวหมูสับ	15	65	17.9	77.4
ราดหน้าทะเล	10	75	11.9	89.3
แกงเขียวหวานไก่	5	80	5.9	95.2
อื่น	4	84	4.8	100
รวม	84	84	100	

89.3%
เกิดจาก
ความถี่
สะสม
ของ
ข้อมูล
คือ 75
หาร
ด้วย
ความถี่
สะสม
84
คูณด้วย
100

วันที่ 17 มกราคม 2550 เวลา 08.00-18.00 น.

แผนภูมิฟาร์โตแสดงจำนวนการร้องเรียนของลูกค้าจำแนก ตามรายการอาหาร

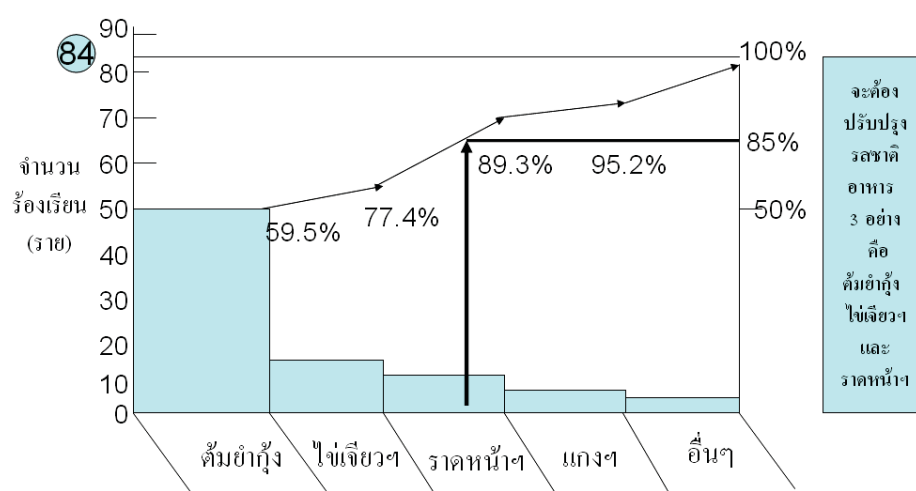


รูปที่ 26 แผนภูมิฟาร์โต

ต้มยำกุ้ง เป็นอาหารที่ถูกค่าไม่พอใจมากที่สุด และต้องปรับปรุงเป็นอันดับแรก

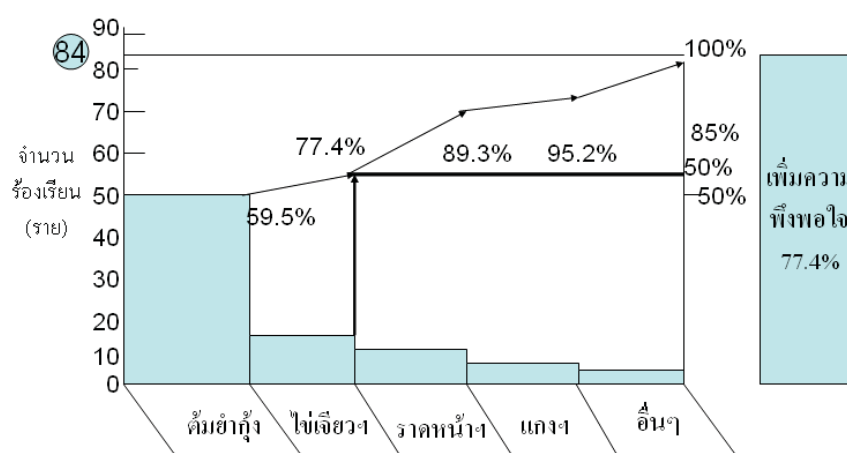
- แล้วความถี่สะสม เปอร์เซ็นต์สะสม ทำไปทำไม
- แผนผังพาเรโตจะตอบได้อีกว่า
- ถ้าต้องการเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าเป็น 85% จะแก้ไขปัญหอะไร

ต้องการเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าเป็น 85%



รูปที่ 27 การใช้แผนภูมิพาเรโตวิเคราะห์ความพึงพอใจของลูกค้า

หากสามารถปรับปรุงได้ 2 รายการอาหารจะเพิ่มความพึงพอใจได้เท่าไร



รูปที่ 28 การปรับปรุงความพึงพอใจโดยใช้แผนภูมิพาเรโต

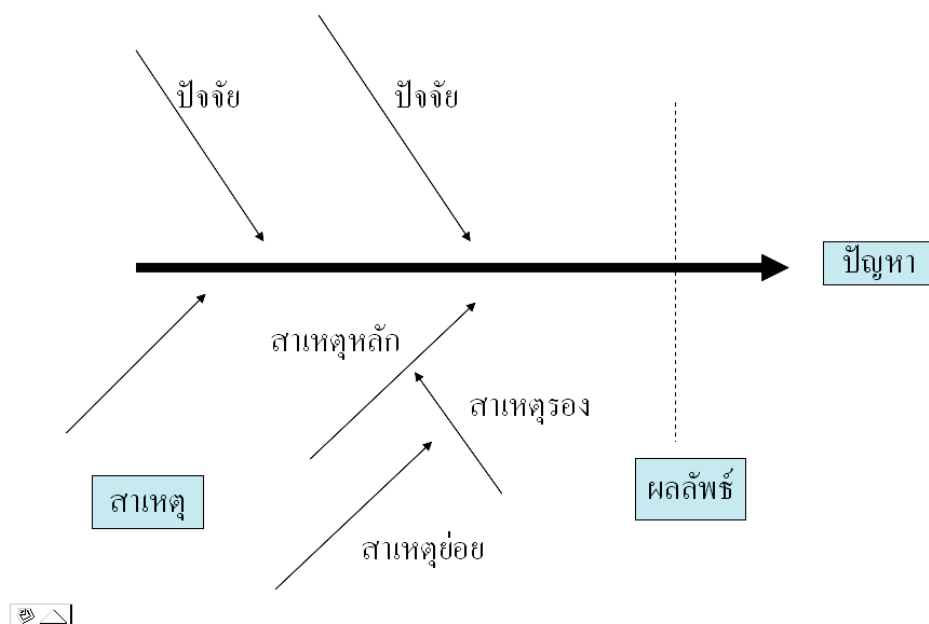
ผังก้างปลา (fish – bone diagram) หรือ ผังเหตุและผล (Cause – Effect diagram)

- แผนผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบระหว่างปัญหากับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้นๆ
- จะใช้เครื่องมือนี้ เพื่อค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา ใช้เป็นแนวทางในการระดมสมอง (มีจุดหมาย/เป้าหมายเดียวกันที่กำหนดไว้ตรงหัวปลา)

กฎหลัก

- ต้องกำหนดประโยชน์ของปัญหาที่ต้องการแก้ไขไว้ที่หัวปลา
- อย่ารีบด่วนสรุป โดยอ้างอิงความเห็นของบุคคลใดบุคคลหนึ่งในทันที
- ต้องมีการกำหนดลำดับก่อน-หลังของแต่ละประเด็นให้ชัดเจน

ผังก้างปลา (fish – bone diagram) หรือ ผังเหตุและผล (Cause – Effect diagram)



รูปที่ 29 แผนภูมิผังก้างปลา

ข้อเสนอแนะในการเขียน แผนภูมิแก๊งปลา

1. ปัญหาหรือผล (หัวปลา) จะต้องเป็นปัญหาที่ชัดเจนและจำเพาะเจาะจง
2. สาเหตุใหญ่ (แก๊งปลา) แต่ละสาเหตุจะต้องไม่ขึ้นแก่กัน คือแยกจากกันอย่างชัดเจน เช่น สาเหตุมาจากคน อุปกรณ์ที่ใช้ หรือจากวิธีการ
3. พยายามหาสาเหตุย่อย (แก๊งย่อย) ให้มากๆ เพราะจะทำให้ได้สาเหตุมากมาย ทั้งที่แก้ไขได้ และแก้ไขไม่ได้ เลือกสาเหตุที่สมาชิก(พวกเรา) สามารถแก้ไขได้เป็นรูปธรรมปรับปรุง ส่วนที่แก้ไขไม่ได้นำไปเป็นข้อเสนอแนะต่อผู้บริหาร
4. สาเหตุย่อย หาได้โดยใช้คำถาม “ทำไม” ๓ ๔ ๕
5. ต้องระวังเรื่อง “เหตุ” และ “ผล” โดยต้องพิจารณาให้แน่ใจว่า อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล เช่น ถนนลื่นเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุ ไม่ใช่ฝนตก (เพราะฝนตกถนนอาจไม่ลื่นก็ได้)

บทที่ 3

การดำเนินโครงการ

3.1 บทนำ

ในการศึกษาโครงการครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเหล็กแท่งกิ่งสำเร็จรูป(Billet) ที่ไม่ได้มาตรฐานตามความต้องการของผู้ผลิต และมีชิ้นงานที่เสียเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้องเพิ่มต้นทุนในการผลิตการศึกษาโครงการในครั้งนี้ได้เลือกทำการศึกษาเหล็กที่บิดเอียง (Rhomboidity) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมากในการผลิตทั้งยังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการแตกภายใน(Inner Crack) ซึ่งจะทำให้เป็นปัญหาในการรีดเป็นเหล็กเส้นต่อไป

โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้ทฤษฎีของการวิเคราะห์ของการศึกษางาน(Work study) เพื่อใช้เป็นแนวทางนำไปสู่วิธีการทำงานที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตชิ้นงาน และผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำไปสร้างเป็นมาตรฐานการทำงานของกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่องต่อไป

3.2 การวางแผนงาน

การวางแผนงานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติโครงการ และส่วนของการดำเนินโครงการ

3.2.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินโครงการ

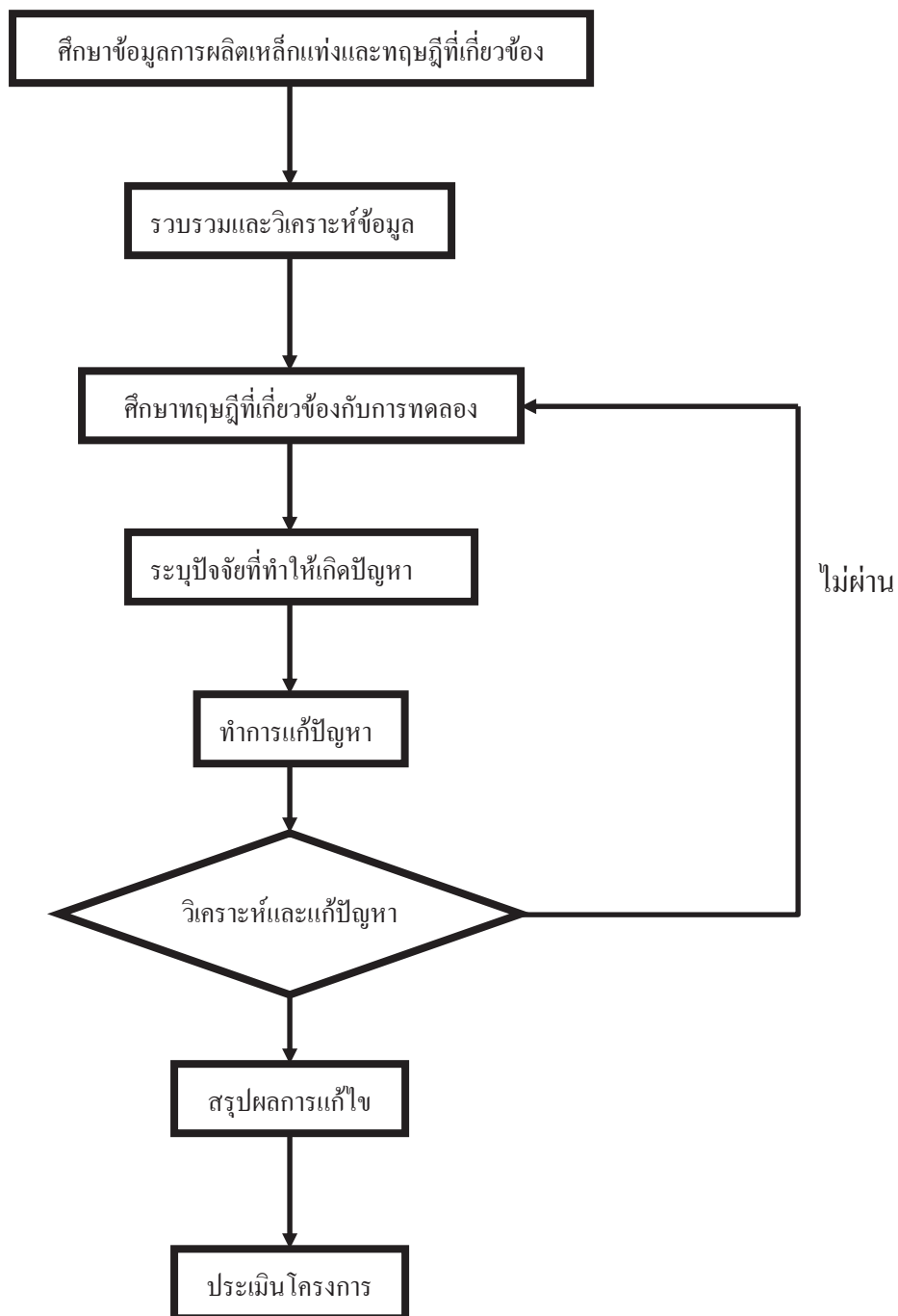
จะแบ่งตามความยากง่ายของขั้นตอนของการดำเนินโครงการให้มีระยะเวลาตามความเหมาะสม โดยในทุกขั้นตอนจะต้องกำหนดระยะเวลาให้เหมาะสมและสามารถปฏิบัติได้จริง ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินโครงการแสดงอยู่ตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ตารางวางแผนการดำเนินงานโครงการ

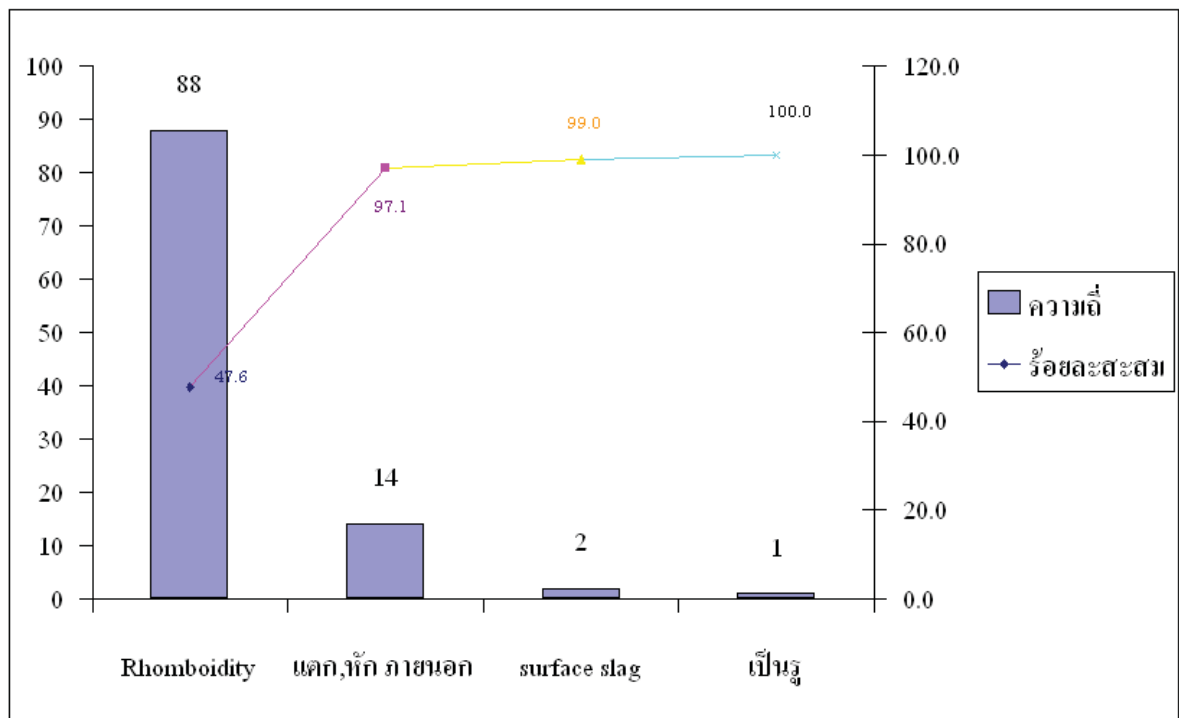
ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะการดำเนินงานปีการศึกษา 2553															
	มิ.ย.				ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.			
1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง																
2. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล																
3. ศึกษาวิธีการทดลองและเลือกวิธีการทดลอง																
4. ทำการทดลองพร้อมทั้งเก็บข้อมูล																
5. วิเคราะห์ผลการทดลอง																
6. สรุปผลการทดลอง																

หมายเหตุ  แผนการดำเนินโครงการ

3.2.2 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ



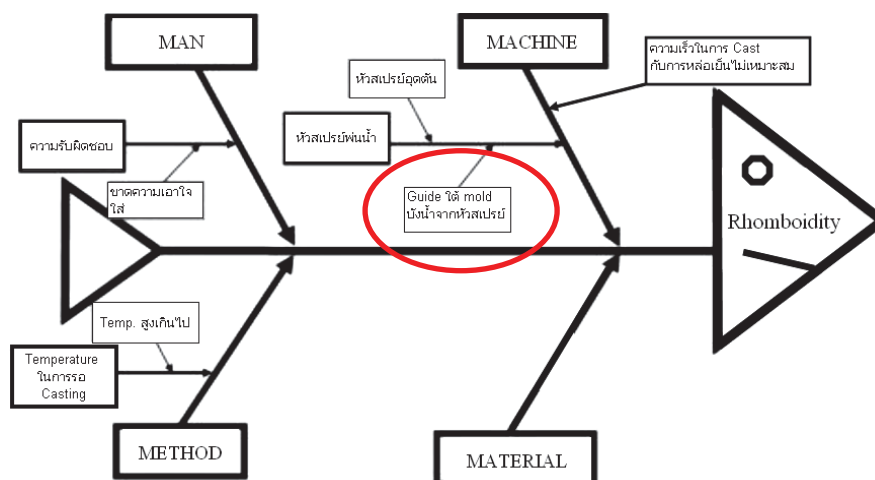
รูปที่ 30 แสดงวิธีการดำเนินโครงการ



รูปที่ 31 เลือกทำการแก้ปัญหาที่การบิดเบี้ยวของเหล็กแท่ง Rhomboidity

จากรูปที่ 31 จะเห็นได้ว่าปัญหาเรื่อง Rhomboidity เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยมากที่สุด จำเป็นต้องทำการแก้ไขเป็นอันดับแรก เพื่อลดปัญหานี้ลง เมื่อสามารถเลือกปัญหาที่จะแก้ได้แล้วก็ต้องหาต้นเหตุของปัญหา ทำได้โดยการใช้แผนภูมิแก๊งปลาในการช่วยหาสาเหตุของปัญหาดังรูปที่

32

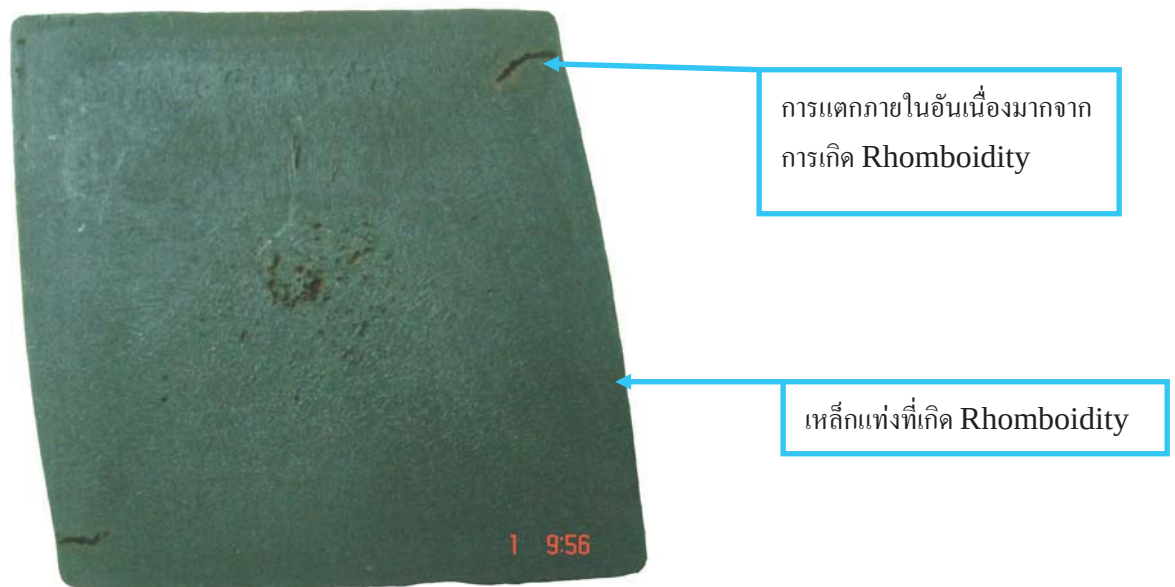


รูปที่ 32 ฟังก้างปลา (fish – bone diagram) หรือ ฟังเหตุและผล (Cause – Effect diagram)

3.3 ผลลัพธ์ที่นำมาศึกษา

ผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา คือเหล็กแท่งสำเร็จรูป (Billet) ซึ่งจะนำไปรีดเป็นเหล็กเส้นในกระบวนการต่อไป แต่ถ้าเหล็กแท่งมีปัญหา, มี (Defect) ก็จะเป็นผลให้การรีดเหล็กเส้นทำได้ยากขึ้นและมีปัญหาตามไปด้วย เป็นผลให้เครื่องจักรในการรีดเหล็กเส้นสึกหรอเร็วขึ้น และผลิตภัณฑ์เหล็กมีคุณภาพต่ำลง

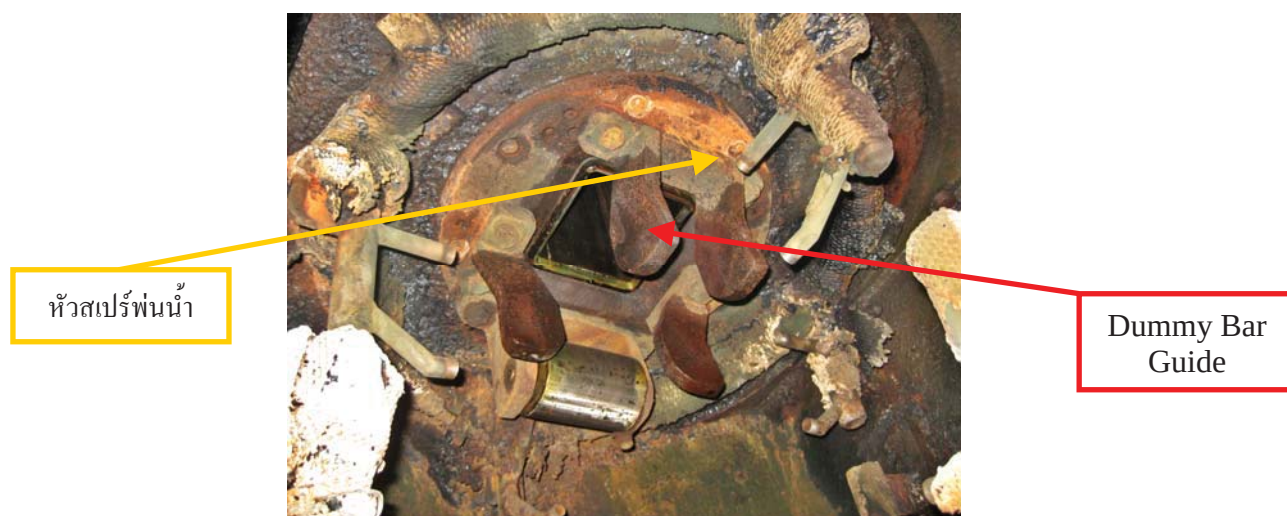
ปัญหาที่เกิดขึ้นกับเหล็กแท่งมีหลายมากมายหลายอย่าง แต่ปัญหาที่พบบ่อยและมีผลต่อกระบวนการรีดเหล็กเส้นและคุณภาพของเหล็กเส้นคือ ปัญหาเรื่องการบิดเอียงของเหล็กแท่ง (Rhomboidity) เนื่องจากหากเหล็กแท่งบิดเอียงถึง 3 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปจะทำให้รีดร้อนได้ยาก หรืออาจติด Guide ทำให้ต้องหยุดการรีดเพื่อปรับแต่ง Guide และปัญหาอีกอย่างหนึ่งคือเกิดการแตกภายในซึ่งมักจะเกิดร่วมกับปัญหาการบิดเอียงของเหล็กแท่ง โดยจะเกิดบริเวณด้านป้านของ Billet ซึ่งการแตกภายในหากเกิดใกล้ผิวหน้าตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป จะเป็นผลทำให้เกิดรอยแตกเป็นทางยาวเมื่อนำไปรีดเป็นเหล็กเส้น



รูป 33 Billet ตัวอย่าง ที่ผ่านการกัดกรดเพื่อดูจุดบกพร่อง (Defect)

3.4 ชิ้นส่วนที่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข

เครื่องจักรที่เราจะทำการทดลองคือ เครื่องหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting Machine) เป็นเครื่องจักรที่ใช้หล่อน้ำโลหะให้เป็นเหล็กแท่งสำเร็จรูป โดยจะทำการปรับปรุง Guide ใต้ Mould ซึ่งเป็น Guide ประคอง Dummy Bar เนื่องจากเป็นตัวการที่ทำให้การ flow ของน้ำ Secondary มาหล่อเย็นที่เหล็กแท่งไม่สม่ำเสมอ เพราะ Guide ตัวนี้จะบังการฉีดพ่นน้ำจากหัวสเปร์ไปที่เหล็กแท่ง (billet) ดังรูปที่ 34



รูป 34 Dummy Bar Guide

3.5 วิธีการแก้ไข

Guide ที่เป็นเหล็กแผ่น 4 แผ่น คือด้านหน้า 2 ตัว และด้านข้างอีกด้านละตัว โดยเปลี่ยนจาก Guide ด้านหน้า Roller แทน ส่วน Guide ด้านข้างก็ปรับให้มีขนาดเล็กลง เพื่อการ Flow ของน้ำหัวสเปร์ที่ดียิ่งขึ้น ดังรูปที่ 35



รูปที่ 35 การปรับปรุงแก้ไข Guide ใต้ Mould

3.6 การออกแบบใบตรวจเช็ค (Check Sheet)

ออกแบบ Check Sheet เพื่อใช้เก็บข้อมูลในแต่ละวันเพื่อที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาปัญหา การเกิดการบิดเบี้ยวของเหล็กแท่งนั้นลดลงเป็นจำนวนเท่าไรเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนการ ปรับปรุง

ใบตรวจเช็ค BILLET													
CCM # 1						ประจำวันที่							
ลำดับ	Cast No.	St.	Sq	B/L - NO.	หน้า B/L (0) ท้าย B/L (1)	A B C D	A B C D	A B C D	A B C D	A B C D	A B C D	W max.	%Rhom
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													

รูปที่ 36 ใบตรวจเช็คค่า Rhomboidity

3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด

- เวอร์เนียคาลิปเปอร์
- คาลิปเปอร์



รูปที่ 37 เวอร์เนียคาลิปเปอร์



รูปที่ 38 คาลิปเปอร์

3.8 วิธีการวัดและเก็บข้อมูล



รูปที่ 39 การวัดเพื่อคำนวณหาค่าความบิดเอียงของเหล็กแท่ง

3.8.1 ทำการวัด billet ด้านทแยงมุม AD  จดบันทึกค่าลงใน Check sheet

3.8.2 ทำการวัด billet ด้านทแยงมุม BC  จดบันทึกค่าลงใน Check sheet

3.8.3 ทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ค่า Rhomboidity โดยใช้สูตร

$$\text{สูตร } R = \frac{(d' - d'')}{d'} \times 100$$

R = เปอร์เซ็นต์ Rhomboidity of billet

d' = ค่าทแยงมุมด้านยาว

d'' = ค่าทแยงมุมด้านสั้น

NO.	วันที่ 21/8/2553 Cast no. 73938			
	ด้าน	d''	d'	%Rhomb
1	หัว			#DIV/0!
	ท้าย			#DIV/0!
2	หัว			#DIV/0!
	ท้าย			#DIV/0!
3	หัว			#DIV/0!
	ท้าย			#DIV/0!
4	หัว			#DIV/0!
	ท้าย			#DIV/0!

ใส่สูตรที่ใช้คำนวณ



NO.	วันที่ 5/7/2553 Cast no. 73509			
	ด้าน	d''	d'	%Rhomb
1	หัว	174.60	184.00	5.11
	ท้าย	175.20	183.40	4.47
2	หัว	176.30	182.10	3.19
	ท้าย	176.30	182.30	3.29
3	หัว	177.30	182.40	2.80
	ท้าย	177.50	183.20	3.11
4	หัว	177.40	183.10	3.11
	ท้าย	177.60	183.10	3.00

ใส่ค่าที่เก็บวัดได้

1	%Rhomb เฉลี่ย หัว - ท้าย	#DIV/0!
2	%Rhomb เฉลี่ย หัว - ท้าย	#DIV/0!
3	%Rhomb เฉลี่ย หัว - ท้าย	#DIV/0!
4	%Rhomb เฉลี่ย หัว - ท้าย	#DIV/0!

1	%Rhomb เฉลี่ย หัว - ท้าย	4.79
2	%Rhomb เฉลี่ย หัว - ท้าย	3.24
3	%Rhomb เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.95
4	%Rhomb เฉลี่ย หัว - ท้าย	3.06

รูปที่ 40 ตัวอย่างการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ Rhomboidity โดยใช้ Microsoft Excel

บทที่ 4

วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

4.1 บทนำ

จากผลการทดสอบที่ผ่านมา ก็จะเข้าสู่กระบวนการต่อไปคือ กระบวนการวิเคราะห์ผลผลิตเพื่อเปรียบเทียบความต่างระหว่างผลผลิตก่อนปรับปรุงกับผลผลิตหลังปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบความต่างว่าของเสียลดลง และอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่

4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.2.1 ก่อนปรับปรุงมีการคาดการณ์ว่า Guide ได้ Mould เป็นส่วนหนึ่งที่เป็นปัญหาทำให้เกิดการบิดเบี้ยวของเหล็กแท่ง เนื่องจาก Guide ได้ Mould เป็นเหล็กแผ่นขนาดใหญ่ซึ่งใช้ในการประกอบ Dummy Bar ทำให้มีบางส่วนที่บังน้ำจากหัว Spray เป็นผลให้การเย็นตัวของเหล็กแท่งในแต่ละด้านไม่สม่ำเสมอ เป็นผลให้เหล็กแท่งบิดเบี้ยวตัว



รูป 41 Guide ได้ Mould

4.2.2 วิเคราะห์ข้อมูลเก่า

เก็บข้อมูลเก่าก่อนทำการปรับปรุงมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ Rhomboidity

NO.	วันที่ 5/7/2553			
	Cast no.73509			
	ด้าน	d"	d'	%Rhom
1	หัว	174.6	184	5.11
	ท้าย	177.6	181.1	1.93
2	หัว	177.4	181.1	2.04
	ท้าย	177.5	181.2	2.04
3	หัว	177.3	181.4	2.26
	ท้าย	176.3	182.3	3.29
4	หัว	176.3	182.1	3.19
	ท้าย	175.2	183.4	4.47

NO.	วันที่ 9/7/2553			
	Cast no.73563			
	ด้าน	d"	d'	%Rhom
1	หัว	177.6	182.3	2.58
	ท้าย	178.3	181	1.49
2	หัว	178.1	181	1.60
	ท้าย	177.5	182.3	2.63
3	หัว	178	181.1	1.71
	ท้าย	178.1	181	1.60
4	หัว	178.1	181	1.60
	ท้าย	177.6	182.3	2.58

NO.	วันที่ 12/7/2553			
	Cast no.73607			
	ด้าน	d"	d'	%Rhom
1	หัว	176.3	182.7	3.50
	ท้าย	175.4	183.2	4.26
2	หัว	176.4	182.6	3.40
	ท้าย	175.6	183.2	4.15
3	หัว	176.4	182.7	3.45
	ท้าย	174.5	184	5.16
4	หัว	176.3	182.8	3.56
	ท้าย	174.6	184	5.11

1	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	3.52
2	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.04
3	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.78
4	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	3.83
Rhom เฉลี่ยในวันที่ 1/7/53		3.04

1	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.03
2	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.12
3	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	1.66
4	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.09
Rhom เฉลี่ยในวันที่ 3/7/53		1.97

1	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	3.88
2	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	3.77
3	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	4.31
4	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	4.33
Rhom เฉลี่ยในวันที่ 5/7/53		4.07

NO.	วันที่ 13/7/2553			
	Cast no.73615			
	ด้าน	d"	d'	%Rhom
1	หัว	173.6	184.6	5.96
	ท้าย	172.4	185.3	6.96
2	หัว	173.4	184.8	6.17
	ท้าย	172.5	185.3	6.91
3	หัว	173.8	184.2	5.65
	ท้าย	174.3	184.4	5.48
4	หัว	174.3	184.4	5.48
	ท้าย	174.4	184.6	5.53

NO.	วันที่ 21/7/2553			
	Cast no.73738			
	ด้าน	d"	d'	%Rhom
1	หัว	177.1	181.2	2.26
	ท้าย	175.6	182.8	3.94
2	หัว	177.1	181.7	2.53
	ท้าย	176.2	182.1	3.24
3	หัว	177	181.7	2.59
	ท้าย	176.4	182	3.08
4	หัว	177	181.8	2.64
	ท้าย	176.1	182.1	3.29

NO.	วันที่ 22/7/2553			
	Cast no.73754			
	ด้าน	d"	d'	%Rhom
1	หัว	175.3	182.6	4.00
	ท้าย	175.6	182.3	3.68
2	หัว	175	183.5	4.63
	ท้าย	177	181.5	2.48
3	หัว	175.2	182.6	4.05
	ท้าย	177	181.6	2.53
4	หัว	176.4	182.2	3.18
	ท้าย	177	181.6	2.53

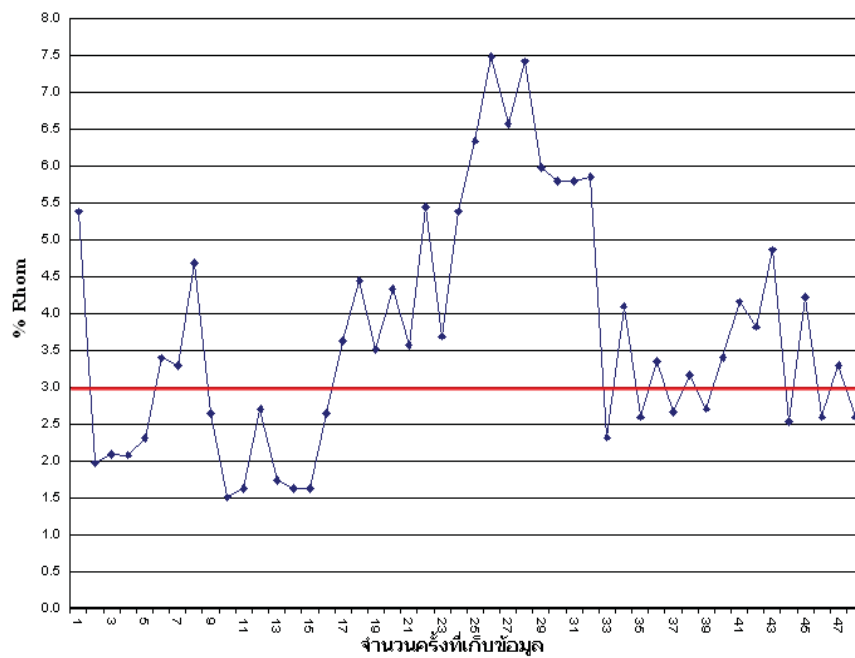
1	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	6.46
2	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	6.54
3	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	5.56
4	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	5.50
Rhom เฉลี่ยในวันที่ 17/7/53		6.02

1	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	3.10
2	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.89
3	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.83
4	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.97
Rhom เฉลี่ยในวันที่ 21/7/53		2.95

1	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	3.84
2	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	3.56
3	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	3.29
4	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.86
Rhom เฉลี่ยในวันที่ 22/7/53		3.39

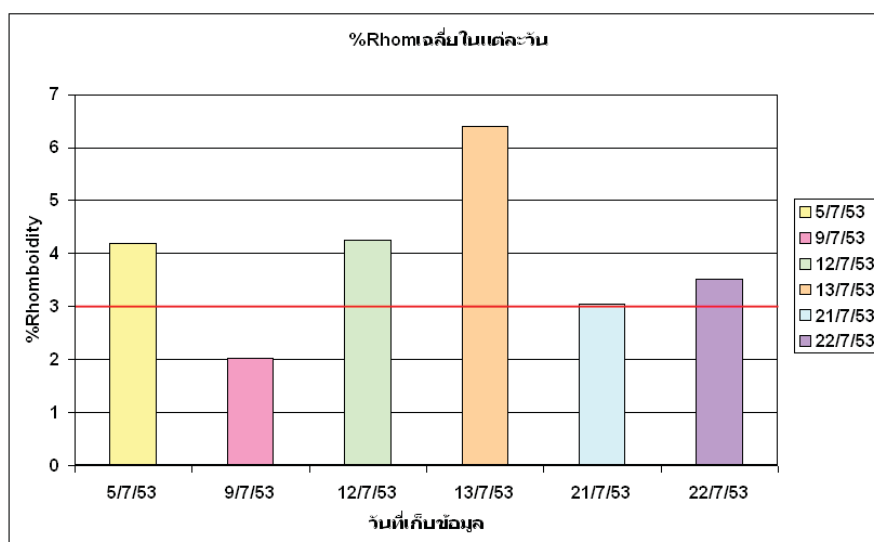
% Rhomboidity of billet ของเดือนกรกฎาคม 2553	3.73
--	------

รูปที่ 42 ตัวอย่างการเก็บข้อมูล เดือนกรกฎาคม



รูปที่ 43 กราฟข้อมูลก่อนทำการปรับปรุง

จากข้อมูลจะเห็นได้ว่า เปอร์เซนต์ Rhomboidity ของเดือนกรกฎาคมมีจำนวนข้อมูลที่เกินจากค่าที่ต้องการ ซึ่งกำหนดไว้ไม่ต้องการให้ไม่เกิน 3 เปอร์เซนต์ ถึง 29 ตัวอย่าง จากการเก็บตัวอย่าง 48 ตัวอย่าง



รูปที่ 44 กราฟแท่งแสดงความบิดเบี้ยวเฉลี่ยในแต่ละวันก่อนปรับปรุง

จากรูปจะเห็นได้ว่าจากจำนวนวันที่เก็บข้อมูลทั้งสิ้น 6 วัน มีเพียงวันที่ 9 กรกฎาคม 2553 เท่านั้นที่ เปอร์เซ็นต์ Rhom อยู่ในค่าที่ต้องการ

4.2.3 วิเคราะห์ข้อมูลหลังการปรับปรุง

ทำการสุ่มวัดการบิดเบี้ยวของเหล็กแท่งใน Stand ที่ทำการปรับปรุง เพื่อหา เปอร์เซ็นต์ Rhomboidity

NO.	วันที่21/8/2553 Cast no.73938			
	ด้าน	d''	d'	%Rhom
1	หัว	179.00	180.10	0.61
	ท้าย	177.50	181.60	2.26
2	หัว	177.30	181.50	2.31
	ท้าย	177.60	181.50	2.15
3	หัว	178.30	181.40	1.71
	ท้าย	177.80	181.30	1.93
4	หัว	179.00	180.00	0.56
	ท้าย	178.20	181.30	1.71

1	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	1.43
2	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.23
3	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	1.82
4	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	1.13
Rhom เฉลี่ยในวันที่ 21/8/53		1.65

NO.	วันที่23/8/2553 Cast no.73969			
	ด้าน	d''	d'	%Rhom
1	หัว	178.2	181.1	1.60
	ท้าย	179	180	0.56
2	หัว	177.4	181.6	2.31
	ท้าย	178.3	181.2	1.60
3	หัว	177.4	181.6	2.31
	ท้าย	178.2	181.2	1.66
4	หัว	177.3	181.5	2.31
	ท้าย	178.3	181.2	1.60

1	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	1.08
2	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	1.96
3	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	1.98
4	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	1.96
Rhom เฉลี่ยในวันที่ 21/8/53		1.74

NO.	วันที่24/8/2553 Cast no.74987			
	ด้าน	d''	d'	%Rhom
1	หัว	177.3	181.5	2.31
	ท้าย	177.4	181.4	2.21
2	หัว	177.4	181.4	2.21
	ท้าย	177.5	181.3	2.10
3	หัว	177.5	181.3	2.10
	ท้าย	177.4	181.3	2.15
4	หัว	177.3	181.5	2.31
	ท้าย	177.5	181.3	2.10

1	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.26
2	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.15
3	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.12
4	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.21
Rhom เฉลี่ยในวันที่ 21/8/53		2.18

NO.	วันที่25/8/2553 Cast no.74006			
	ด้าน	d''	d'	%Rhom
1	หัว	177.4	181.6	2.31
	ท้าย	178.1	181.4	1.82
2	หัว	178.2	180.1	1.05
	ท้าย	176.7	181.2	2.48
3	หัว	175.4	182.3	3.78
	ท้าย	175.4	182.4	3.84
4	หัว	178.1	180.2	1.17
	ท้าย	178.6	180.4	1.00

1	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.07
2	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	1.77
3	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	3.81
4	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	1.08
Rhom เฉลี่ยในวันที่ 21/8/53		2.18

NO.	วันที่27/8/2553 Cast no.73938			
	ด้าน	d''	d'	%Rhom
1	หัว	178.10	182.20	2.25
	ท้าย	177.40	181.50	2.26
2	หัว	176.10	182.30	3.40
	ท้าย	176.40	182.20	3.18
3	หัว	177.00	182.40	2.96
	ท้าย	177.20	181.60	2.42
4	หัว	177.00	182.30	2.91
	ท้าย	177.40	181.50	2.26

1	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.25
2	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	3.29
3	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.69
4	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.58
Rhom เฉลี่ยในวันที่ 21/8/53		2.71

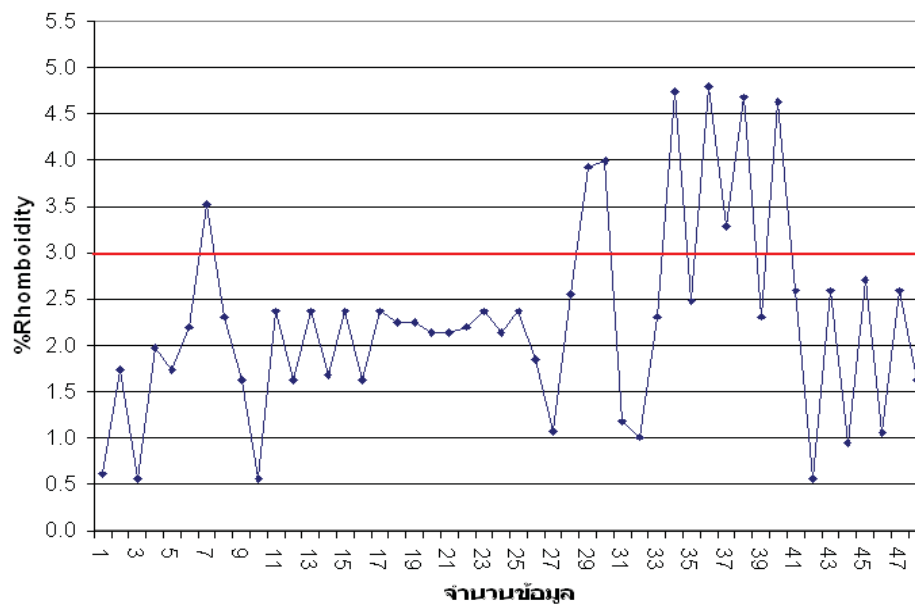
NO.	วันที่29/8/2553 Cast no.74065			
	ด้าน	d''	d'	%Rhom
1	หัว	178.40	181.20	1.55
	ท้าย	177.40	182.00	2.53
2	หัว	178.60	180.50	1.05
	ท้าย	177.30	182.10	2.64
3	หัว	178.70	180.40	0.94
	ท้าย	177.40	182.00	2.53
4	หัว	179.00	180.00	0.56
	ท้าย	177.40	182.00	2.53

1	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	2.04
2	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	1.84
3	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	1.73
4	%Rhom เฉลี่ย หัว - ท้าย	1.54
Rhom เฉลี่ยในวันที่ 21/8/53		1.79

% Rhomboidity of billet ของเดือนสิงหาคม 2553

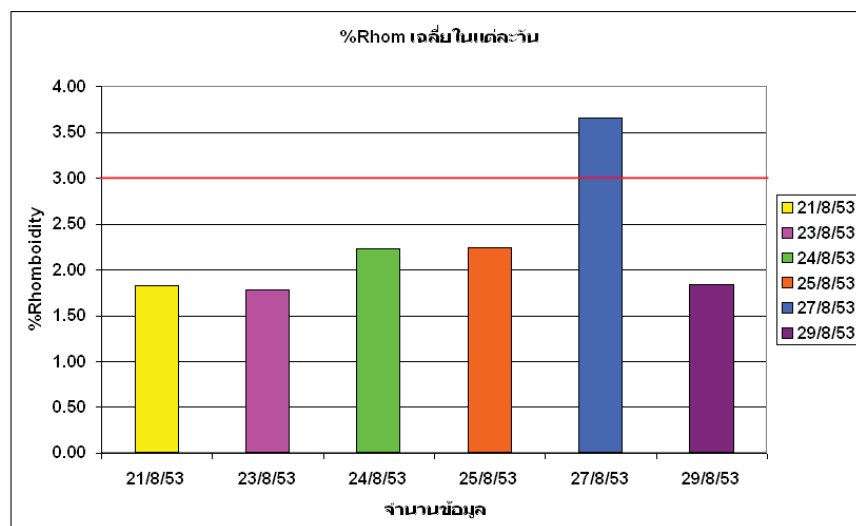
2.26

รูปที่ 45 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลเดือนสิงหาคม



รูปที่ 46 กราฟข้อมูลหลังจากทำการปรับปรุง

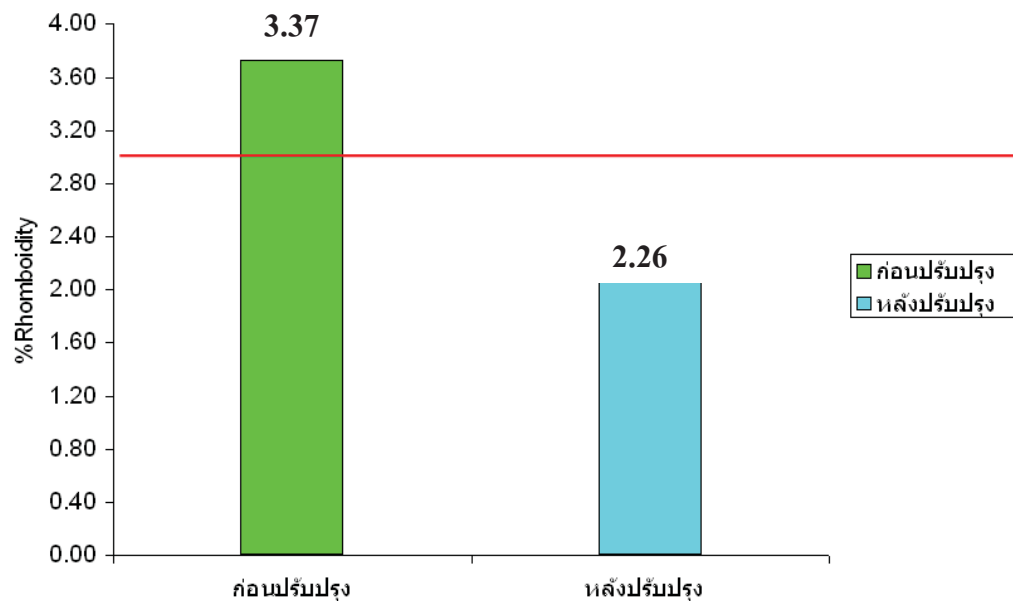
จากข้อมูลจะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์ Rhomboidity ของเดือนสิงหาคม มีจำนวนข้อมูลที่เกินจากค่าที่ต้องการ ซึ่งกำหนดไว้ไม่ต้องการให้ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ เพียง 8 ตัวอย่าง จากการเก็บตัวอย่าง 48 ตัวอย่าง



รูปที่ 47 กราฟแท่งแสดงความบิดเอียงเฉลี่ยในแต่ละวันหลังปรับปรุง

จากรูปจะเห็นได้ว่าจากจำนวนวันที่เก็บข้อมูลทั้งสิ้น 6 วัน มีเพียงวันที่ 27 สิงหาคม 2553 เท่านั้นที่ เปอร์เซ็นต์ Rhom อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการ

4.2.4 เปรียบเทียบข้อมูล



รูปที่ 48 กราฟแท่งเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างก่อนปรับปรุงกับหลังปรับปรุง

จากกราฟแท่งจะเห็นได้ว่าก่อนทำการปรับปรุงนั้นเปอร์เซ็นต์ Rhomboidity เกินไปจากค่าที่ต้องการถึง 0.37 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังจากทำการปรับปรุง Guide ได้ Mould แล้ว เปอร์เซ็นต์ Rhomboidity อยู่ที่ 2.26 เปอร์เซ็นต์ ลดลงมาจากเดิมถึง 1.11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในค่าที่ต้องการคือไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบและอภิปราย

ในโครงการลดการบิดเอียงของเหล็กแท่ง ได้ทำการศึกษาการทำงานของเครื่องหล่อแบบต่อเนื่องแล้วพบว่าการเย็นตัวที่ไม่สม่ำเสมอของเหล็กแท่งในแต่ละด้านคือปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เหล็กแท่งบิดเอียง ซึ่งการการสำรวจระบบหล่อเย็นแล้ว ก็ได้ตั้งสมมติฐานว่า Dummy Bar Guide ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กอาจจะไปบังการพ่นน้ำของหัวสเปรย์ จึงได้มีการปรับปรุงจากที่มีลักษณะเป็นเหล็กแผ่นเปลี่ยนเป็น Roller และปรับ Guide ด้านข้างให้มีขนาดเล็กลง ดังในรูปที่ 49



รูปที่ 49 การปรับปรุง Guide ใต้ Mould

จากการทดลองสามารถสรุปผลได้ดังนี้

- การบิดเอียงของเหล็กแท่งลดลง 2.16 เปอร์เซ็นต์
- การ Flow Rate ของน้ำที่หล่อเย็นเหล็กแท่งดีขึ้น
- การแตกภายในด้านป้านอันเนื่องมาจากการบิดเอียงของเหล็กแท่งลดลง
- ทำให้ง่ายในการนำไปแปรรูปเป็นเหล็กเส้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการปรับปรุงให้มีตัวประกอบหัว Dummy bar ที่ดีขึ้น

5.2.2 ควรมีการซ่อมบำรุงเป็นระยะ

5.2.3 ในการใส่ Guide ต้องมีการตั้งศูนย์ที่ดีเพื่อป้องกัน Dummy bar หนีว Mould ด้านใน เพราะจะทำให้อายุ Mould สั้นลง และอาจเป็นสาเหตุทำให้เหล็กแท่งเกิดการแตกหรือผิวไม่ดีได้

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ

- 5.3.1 สภาพแวดล้อมในการทำงานที่อันตราย เช่น ความร้อน ไอน้ำ ฝุ่นละออง
- 5.3.2 ขาดทักษะและความชำนาญในการทำงาน
- 5.3.3 การผลิตที่ไม่ต่อเนื่องมีผลทำให้การเก็บข้อมูลใช้เวลานาน
- 5.3.4 ที่ทำการปรับปรุงไม่ได้เปิดใช้ทุกวันทำให้ข้อมูลที่เก็บได้มีจำนวนน้อย

บรรณานุกรม

- [1] กฤษฎา อัสวรุ้งแสงกุล. การปรับปรุงคุณภาพหัวอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- [2] ทรงพล พิเศษฐวัฒนา. การประยุกต์การออกแบบการทดลองในการปรับปรุงคุณภาพของแรงดึงหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- [3] บริษัทกรุงเทพผลิตเหล็ก จำกัด (มหาชน). http://www.bangkoksteel.co.th/t_steel_bar.asp
- [4] พรเทพ ลาภธุระศิริ. การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเพื่อลดของเสียกรณีศึกษา กระบวนการผลิตเพลากลาง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- [5] วิชัย รวิพันธ์. การออกแบบแผนการทดลอง และการควบคุมการผลิตในแผนกบรรจุผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา บริษัท ฟิลิปส์ เซมิคอนดักเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- [6] สวงศักดิ์ แสงหา. การใช้ตัวแปรผิวสะท้อนควบคุมโครงสร้างเม็ดเกรนอลูมิเนียม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542.
- [7] สมพร พรหมดวง. การศึกษาปัจจัยและเงื่อนไขที่เหมาะสมของงานเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนทนแรงดึงสูงชนิด DIN St 52-3. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544.
- [8] สุรพล สุบรรณจิตพร. การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเชื่อมตะกั่ว- ดีบุก บนแผ่นลายวงจรพิมพ์ด้วยเครื่องเชื่อมอัลตราโซนิกโดยวิธีการออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- [9] สุรสิทธิ์ แก้วพระอินทร์. “โลหะวิทยาเบื้องต้น” .กรุงเทพฯ : จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)., 2553. หน้า 111-118.

**การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการบิดงอ
ในการผลิตเหล็กเส้นในโรงงานรีดเหล็กกล้า**
**Quality Improvement for reduce distortion
in Steel Rolling Process in Steel bar Factory**

ธีรยุทธ กาญจนแสงทอง¹ กานต์ จันทคราม¹ โกวิทย์ วิชาดี²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

teerayut.k@rmutk.ac.th

²บริษัท กรุงเทพผลิตเหล็ก จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาในกระบวนการผลิตเหล็กแท่งด้วยเครื่องจักร เป็นเหล็กแท่งกึ่งสำเร็จรูป(Billet) ที่ไม่ได้มาตรฐานตามความต้องการของผู้ผลิต และเหล็กที่บิดเอียง (Rhomboidity) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมากในการผลิตทั้งยังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการแตกภายใน (Iner Crack) โดยจากการศึกษาได้ใช้ทฤษฎีของการวิเคราะห์ของการศึกษางาน(Work study) เพื่อออกแบบสภาวะการทำงานแบบใหม่ โดยการผลิตภายหลังจากการออกแบบสภาวะการทำงานแบบใหม่ส่งผลทำให้เหล็กแท่งบิดเอียงลดลง 2.16 %

คำสำคัญ : การปรับปรุง, ขบวนการรีด, เหล็กเส้น, การบิดงอ

Abstract

This research aims to reduce the billet production machines. Semi-finished steel bar (Billet) non-standard requirements of the manufacturer. Tilt and twist steel. (Rhomboidity), which is a problem in the manufacturing and is also one of the reasons causing the difference in (Iner Crack) The study was based on theory of analysis of the study work (Work study) to design conditions. new work. By production after the

design operating conditions result in a new twist steel bar tilt down 2.16%.

Keywords : Improvement, Rolling Process, Steel bar, distortion

1. บทนำ

ในการทำงานของเครื่องจักร Continuous casting machine พบว่าเมื่อหล่อเหล็กแท่งออกมามีปัญหาคือเหล็กแท่งมีอัตราการบิดเอียงเป็นอย่างมาก ทำให้ยากต่อการนำไปรีดร้อนเป็นเหล็กเส้น หากเหล็กแท่งบิดเอียงมากๆ จะติด Guide ไม่สามารถทำการรีดได้ ต้องเสียเวลาปรับแต่ง Guide ซึ่งจะใช้เวลาค่อนข้างนาน และหากเหล็กแท่งบิดเอียงเกิน 3 % จะเกิดการแตกภายในซึ่งเป็นผลให้เกิดเป็นรอยแตกทางยาวเมื่อนำไปรีดเป็นเหล็กเส้น จึงได้มีการศึกษาและหาทางลด อัตราการบิดเอียงของเหล็กแท่งลง เพื่อให้ง่ายต่อการรีดเป็นเหล็กเส้นในกระบวนการต่อไป

2. การออกแบบสภาวะการทำงานแบบใหม่

ในการผลิตเหล็กแท่งกึ่งสำเร็จรูป (Billet) ซึ่งจะถูกนำไปรีดเป็นเหล็กเส้นในกระบวนการต่อไป แต่ถ้าเหล็กแท่งมีปัญหา,มี (Defect) ก็จะเป็นผลให้การรีดเหล็กเส้นทำได้ยากขึ้นและมีปัญหาตามไปด้วย เป็นผลให้เครื่องจักรในการรีดเหล็กเส้นสึกหรอเร็วขึ้น

โดยทำการออกแบบตัวประกอบ Dummy bar ขึ้นมาใหม่เพื่อลดการบังน้ำจากหัวสเปร์ย และให้การเย็นตัวของเหล็กแท่งสม่ำเสมอยิ่งขึ้นโดยการเปลี่ยนจาก Guide ด้านหน้าซึ่งเดิมเป็นเหล็กแผ่นเป็น Roller แทน ส่วน Guide ด้านข้างก็ปรับให้มีขนาดเล็กลงเพื่อการ Flow ของน้ำหัวสเปร์ยที่ดียิ่งขึ้น ดังรูปที่ 2

สูตร
$$R = \frac{(d' - d'') \times 100}{d'}$$

R = %Rhomboidity of billet

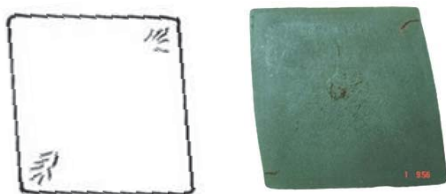
d' = ค่าทแยงมุมด้านยาว

d'' = ค่าทแยงมุมด้านสั้น

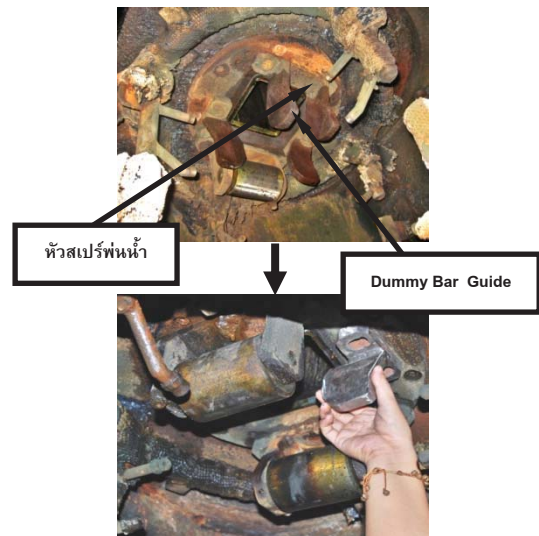
3. การดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนที่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข

ในการปรับปรุงแก้ไขจากเครื่องจักรที่เราจะทำการทดลองคือ เครื่องหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuons Casting Machine) เป็นเครื่องจักรที่ใช้หล่อน้ำโลหะให้เป็นเหล็กแท่งสำเร็จรูป โดยจะทำการปรับปรุง Guide ใต้ Mould ซึ่งเป็น Guide ประกอบ Dummy Bar เนื่องจากเป็นตัวการที่ทำให้การ flow ของน้ำ Secondary มาหล่อเย็นที่เหล็กแท่งไม่สม่ำเสมอ เพราะ Guide ตัวนี้จะบังการฉีดพ่นน้ำจากหัวสเปร์ยไปที่เหล็กแท่ง (billet) ตัวอย่างเหล็กแท่งที่บิดเบี้ยวดังรูปที่ 1

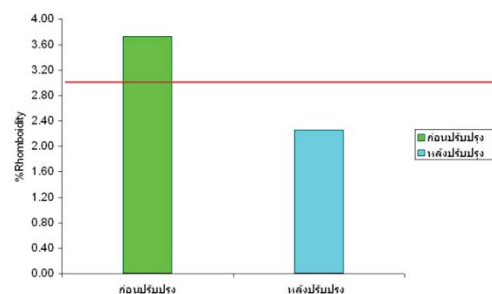


รูปที่ 1 ตัวอย่างเหล็กแท่งที่เกิดปัญหาบิดเบี้ยว



รูปที่ 2 การปรับปรุงแก้ไข Guide ใต้ Mould

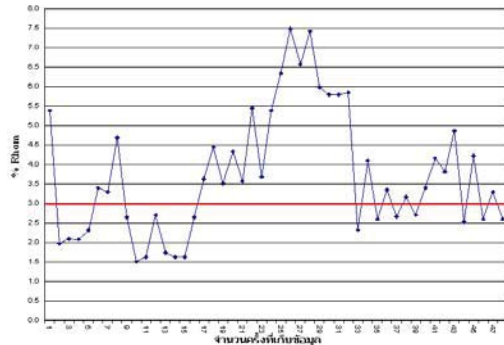
การเก็บข้อมูลเบื้องต้นโดยออกแบบ Check Sheet เพื่อใช้เก็บข้อมูลในแต่ละวันเพื่อที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ว่าปัญหาการเกิดการบิดเบี้ยวของเหล็กแท่งนั้นลดลงเป็นจำนวนเท่าไรเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนการปรับปรุงดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟข้อมูลก่อน-หลังทำการปรับปรุง

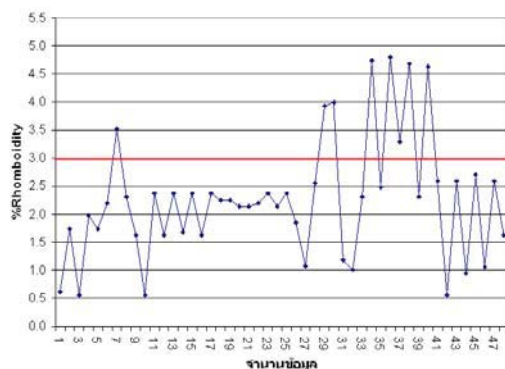
เมื่อนำเอาข้อมูลในรูปที่ 4 มาสร้างเป็นกราฟเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์เกี่ยวกับรูปแบบก่อนและหลัง

การแก้ไข Guide โดยเปลี่ยนจาก Guide ด้านหน้า Roller แทน ส่วน Guide ด้านข้างก็ปรับให้มีขนาดเล็กลง เพื่อการ Flow ของน้ำหั่วสเปรย์ที่ดียิ่งขึ้นจากการเปรียบเทียบข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 4 กราฟเส้นแสดงความบิดเอียงของเหล็กแท่งจำนวน 48 ตัวอย่างก่อนปรับปรุงมีอัตราการบิดเอียงเฉลี่ย 3.37%

เมื่อทำการปรับปรุงแก้ไขตัวประกอบ Dummy bar แล้วได้ทำการเก็บข้อมูลเพิ่มอีก 48 ตัวอย่างในเดือนสิงหาคมพบว่า มีเพียง 8 ตัวอย่างเท่านั้นที่มีอัตราการบิดเอียงเกิน 3% ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟเส้นแสดงความบิดเอียงของเหล็กแท่งจำนวน 48 ตัวอย่างหลังปรับปรุงมีอัตราการบิดเอียงเฉลี่ย 2.26%

เมื่อนำเอาข้อมูลในรูปที่ 4 และ 5 มาสร้างเป็นกราฟเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ก่อนและหลังทำการปรับปรุงพบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงนั้นเปอร์เซ็นต์ Rhomboidity เกินไปจากค่าที่ต้องการถึง 3.37% แต่หลังจากทำการ

ปรับปรุง Guide ได้ Mould แล้วเปอร์เซ็นต์ Rhomboidity อยู่ที่ 2.26 % ลดลงจากเดิมถึง 1.11 % ซึ่งอยู่ในค่าที่ต้องการคือไม่เกิน 3 %

4. สรุปผลการทดลอง

ในการการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการบิดงอในการผลิตเหล็กเส้นในโรงงานรีดเหล็กกล้า โดยการวิเคราะห์ของการศึกษางาน(Work study) เพื่อออกแบบสภาวะการทำงานแบบใหม่ ซึ่งจากการผลิตภายหลังจากการผลิตแบบสภาวะการทำงานแบบใหม่ พบว่า สามารถลดเปอร์เซ็นต์ Rhomboidity อยู่ที่ 2.26 % ซึ่งอยู่ในค่าที่ต้องการคือไม่เกิน 3 % รวมถึงทำให้การ Flow Rate ของน้ำที่หล่อเย็นเหล็กแท่งดีขึ้น การแตกภายในด้านบ้านอันเนื่องมาจากการบิดเอียงของเหล็กแท่งลดลง และทำให้ง่ายในการนำไปแปรรูปเป็นเหล็กเส้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยการสนับสนุนของทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการอุตสาหกรรมและวิจัยสำหรับปริญญาดุษฎี ประจำปี 2553 และอาจารย์ธีรยุทธ กาญจนแสงทอง ที่ให้คำแนะนำปรึกษางานวิจัยมาโดยตลอด ทางผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- เกษม พิพัฒน์ปัญญาคุณกุล. การศึกษางาน. พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ : ประกอบเมไตร, 2537.
- วิจิตร ตันทกสุทธิ และคณะ. การศึกษางาน. พิมพ์ครั้งที่ 7, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
- ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ (MTEC). โครงการประหยัดพลังงานในเตาหลอมเหล็กแบบ (EAF), บริษัทกรุงเทพผลิตเหล็กจำกัดมหาชน. 2552.

Planning Team. CCM 1 3 – Strand Billet caster,

Bangkok Steel Industry Public, 1995.

ศุภชัย นาทะพันธ์. การควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ : บริษัท วี.พี.พรินท์ (1991) จำกัด, 2551.

บุญธรรม ภัทราจารกุล. วัสดุช่าง. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ : บริษัท เอช.เอ็น.กรุ๊ป จำกัด, 2540.