



การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร และลดของเสียในกระบวนการ

กรณีศึกษา บริษัทอุตสาหกรรมท่อเหล็กจำกัด

**Increase Performance of Machine and Decrease of Defect in
Process**

นายอรรถกร ถาวรคุณ

โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม

คณะบริหารธุรกิจ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

พ.ศ. 2553

การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร และลดของเสียในกระบวนการ

กรณีศึกษา บริษัทอุตสาหกรรมท่อเหล็กจำกัด

Increase Performance of Machine and Decrease of Defect in

Process Case Study : Thai Steel Pipe Co., LTD

นายอรรถกร ถาวรคุณ

โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาการ

จัดการอุตสาหกรรม

คณะ บริหารธุรกิจ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

พ.ศ. 2553

คณะกรรมการสอบ.....

.....ประธานกรรมการสอบ

(อาจารย์รังสรรค์ เลิศในสัตย์)

.....กรรมการสอบและอาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์วิจิณัฐ ภัคพรหมินทร์)

.....กรรมการ

(อาจารย์อลงกรณ์ ประกฤตพงศ์)

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงการวิจัยในอุตสาหกรรมครั้งนี้ ผู้เขียนสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับการอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายในการแนะนำปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์วิจิตร ภัคพรหมินทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการฝึกสหกิจ ที่เป็นผู้ให้ความรู้และให้คำปรึกษาแก่ผู้วิจัย รวมถึงคำแนะนำในด้านต่างๆ และความคิดเห็นในการจัดทำคู่มือนี้ในครั้งนี้

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บริษัท อุตสาหกรรมท่อเหล็ก จำกัด ที่อนุญาตเข้าไปทำการศึกษาวิจัย และข้อมูลในการดำเนินโครงการศึกษาอุตสาหกรรม ขอกราบขอบพระคุณทุกแผนกซึ่งเป็นผู้ให้ข้อมูล ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำต่างๆ แก่ผู้เขียนโดยตลอดเวลาที่ผู้เขียนได้ทำการศึกษาอยู่ ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา เพื่อนทั้งในสถาบันและมหาวิทยาลัยอื่นๆ ที่คอยเป็นกำลังใจให้ผู้เขียนตลอดมา จนโครงการวิจัยอุตสาหกรรมสำเร็จลุล่วงไปได้ในที่สุด

นายอรรถกร ฉาวรคุณ

คณะบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น

พ.ศ. 2553

หัวข้อโรงงานวิจัย	:	การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร และลดของเสียในกระบวนการ
หน่วยกิต	:	6
ผู้เขียน	:	นายอรรถกร ถาวรคุณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	อาจารย์วิจิษฐ์ ภักพรหมินทร์
หลักสูตร	:	บริหารธุรกิจบัณฑิต
สาขา	:	การจัดการอุตสาหกรรม
คณะ	:	บริหารธุรกิจ

บทคัดย่อ

โรงงานนี้เป็นการศึกษา การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรและลดปริมาณของเสียในกระบวนการตัดชิ้นท่อรีดเย็น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องตัดในกระบวนการผลิต

วิธีการแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ เริ่มจากศึกษาขั้นตอนการทำงานของเครื่องตัดและเก็บข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องตัดและของเสียแต่ละเครื่องในกระบวนการ โดยพบว่าปัญหาของเสียเกิดขึ้นจากเครื่องจักร ดังนั้นจึงได้เริ่มทำการศึกษาปัญหาและปรับปรุงเครื่องจักรเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการปรับปรุง สรุปได้ว่าสามารถปรับปรุงเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรลดน้อยลง ซึ่งผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนของเสียที่เกิดขึ้นก่อนการปรับปรุงจากค่าประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 41.90 ส่งผลให้เวลาผลิตชิ้นงานเกิดของเสียโดยคิดเป็นอัตราส่วนคุณภาพเท่ากับร้อยละ 97.16 แต่เมื่อทำการปรับปรุงการค่าประสิทธิภาพของเครื่องจักรมีอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 57.83 และมีอัตราคุณภาพเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 99.02

(โรงงานมีจำนวนทั้งสิ้น 57 หน้า)

คำสำคัญ : การเพิ่มประสิทธิภาพ

Thesis Title : Increase Performance of Machine
and Decrease of Defect in Process

Industrial Research Project : 6 Credits

Candidate : Mr. Attagone Thavornkuno

Industrial Research Project : Vitinut Pakpornmin

Advisor

Program : Business Administer

Field of Study : Metallurgical Engineering

Faculty : Business Administration

Abstract

This project report is study about how to increase the machine and decrease quantity of waste product in cold drawing shot pipe process. The purpose is to study the method to increase efficiency of the machine in production.

The method to solve the problem to increase efficiency start with study the process of production and collect data of each machine. We found that the problem is because of cutting machine. So we study the problem and try to rectify the machine to make it better.

From the result, we conclude that we can improve the machine to make it more efficiency and decrease the waste of product from the machine which can calculate to be 41.90 percent better than in the past. When we produce the product, the percentage of the waste is 97.16 percent but after we rectify the machine the efficiency is increase to 57.83 percent and the quality is increase to 99.02 percent.

Keyword : increase performance of machine

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ชื่อและสถานที่ตั้งของสถานประกอบการ	1
1.2 ลักษณะธุรกิจของสถานประกอบการ	2
1.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารองค์กร	4
1.4 ตำแหน่งและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย	4
1.5 พนักงานที่ปรึกษา และตำแหน่งของที่ปรึกษา	4
1.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	5
1.7 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงาน และขอบเขตการทำงาน	5
1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
2 ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติการ	6
2.1 เครื่องมือที่ใช้การควบคุมคุณภาพ	7
2.2 การวิเคราะห์กระบวนการผลิต	15
2.2.1 พื้นฐานการปรับปรุงพัฒนา	16
2.2.2 การใช้สถิติควบคุมกระบวนการ	16
2.2.3 การวัดประสิทธิภาพผลเครื่องจักร	23
2.3 บทความที่เกี่ยวข้อง	26
3 แผนงานการปฏิบัติงานและขั้นตอนการดำเนินงาน	27
3.1 การศึกษากระบวนการ	27

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.1.1 กระบวนการผลิตของแผ่นก ERW	27
3.1.2 ลักษณะผลิตภัณฑ์ของแผ่นก ERW	31
3.1.3 กระบวนการฝ่ายผลิตของแผ่นก CD	31
3.1.4 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ของแผ่นก CD	34
3.1.5 กระบวนการฝ่ายผลิตของแผ่นก CS	34
3.1.6 ลักษณะของชิ้นงานแผ่นก CS	36
3.2 การศึกษาและวัดประสิทธิภาพของเครื่องจักร	36
3.2.1 การวัดประสิทธิภาพก่อนการปรับปรุงกระบวนการ	45
3.2.2 การวัดประสิทธิภาพหลังการปรับปรุงกระบวนการ	51
4 สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ	60
4.1 สรุปผลดำเนินงาน	60
4.2 ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้น	61
4.3 ข้อเสนอแนะ	61
ภาคผนวก	63
ดัชนีคำศัพท์	67
เอกสารอ้างอิง	68
ประวัติผู้วิจัย	69

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ชนิดของใบตรวจสอบ	9
2.2	ตัวอย่างใบตรวจสอบ	10
3.1	แสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการตัดของท่อสั้น CD ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2553	37
3.2	มูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการตัดสั้นของท่อสั้น CD ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553	38
3.3	จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่อง F-6 ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2553	38
3.4	แสดงประสิทธิภาพของเครื่อง F-6 ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2553	39
3.5	จำนวนความถี่ของปัญหาที่เกิดขึ้นของเครื่อง F-6 ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2553	40
3.6	จำนวนความถี่ของปัญหาที่เกิดขึ้นของเครื่อง F-6 ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2553 (ต่อ)	40
3.7	จำนวนการเกิดของแต่ละสาเหตุ ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2553	43
3.7	จำนวนการเกิดของแต่ละสาเหตุ ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2553 (ต่อ)	44
3.8	แสดงค่าความยาวของท่อตัวอย่างก่อนการปรับปรุงจำนวน 100 ท่อน	49
3.9	แสดงค่าความยาวของท่อตัวอย่างหลังการปรับปรุงจำนวน 100 ท่อน	54
3.10	แสดงประสิทธิภาพของเครื่องจักร F6 หลังการปรับปรุง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนสิงหาคม ปี 2553	57
3.11	จำนวนและมูลค่าของเสียหลังการปรับปรุง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนสิงหาคม ปี 2553	58
4.1	แสดงข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างก่อนการปรับปรุงและหลังปรับปรุง	60

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.2	แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าของเสียโดยเฉลี่ยแต่เดือนทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังปรับปรุง	61



รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
1.1	แผนที่ของสถานประกอบการ	1
1.2	แผนผังองค์กร	4
2.1	ตัวอย่างแผนผังพาเรโต	8
2.2	ลักษณะแบบปกติ	11
2.3	ลักษณะการแยกแบบเป็นเกาะ	11
2.4	ลักษณะแบบระฆังคู่	12
2.5	รูปลักษณะแบบพื้นปลา	12
2.6	ลักษณะแบบหน้าผา	13
2.7	การทำแผนภาพเหตุและผล	14
2.8	ตัวอย่างแผนผังควบคุม	15
2.9	ตัวอย่างการการควบคุมด้วยวิธีการทางสถิติ	17
2.10	การก่อตัวต่างจุด	18
2.11	การก่อตัวที่มีความกว้างต่างกัน	18
2.12	การก่อตัวที่มีรูปทรงที่ต่างกัน	18
2.13	สูตรคำนวณค่ากลาง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร	19
2.14	สูตรคำนวณค่ากลาง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง	19
2.15	ลักษณะของผังควบคุม	20
2.16	การเลือกใช้ผังควบคุมให้ตรงกับลักษณะของข้อมูล	20
2.17	สูตรคำนวณค่า C_p	21
2.18	สูตรคำนวณค่า P_p	22
2.19	สูตรคำนวณค่า C_{pu}	22
2.20	สูตรคำนวณค่า C_{pl}	22
3.1	แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตท่อยาว	27
3.2	รูปผังการไหลของชิ้นงานในกระบวนการผลิต ERW	28
3.3	ชิ้นงานสำเร็จรูปท่อยาว ERW	31

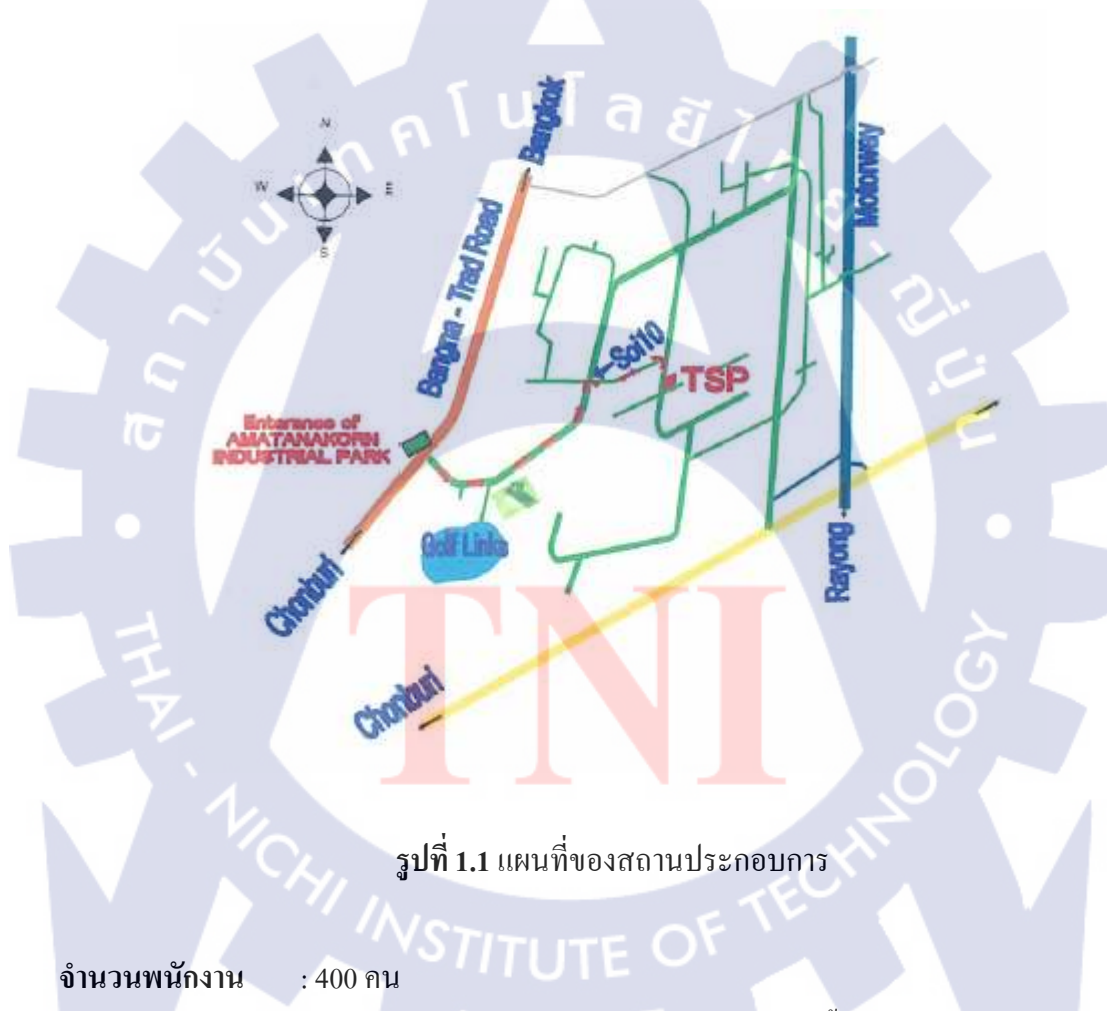
รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
3.4	แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตท่อยาว CD	31
3.5	รูปผังการไหลของกระบวนการผลิตท่อ CD	32
3.6	ชิ้นงานสำเร็จรูปท่อยาว CD	34
3.7	แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตท่อสั้น CD	34
3.8	ชิ้นงานสำเร็จรูปท่อสั้น CD	36
3.9	แผนผังพาเรโต้จำนวนการเกิดและเปอร์เซ็นต์ของปัญหาที่เกิดขึ้น	41
3.10	แสดงสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นกับตัวจับยึดชิ้นงาน	42
3.11	แผนผังแสดงถึงความสำคัญของสาเหตุ	44
3.12	บริเวณที่มีหัวฉีดน้ำหล่อเย็น	45
3.13	บริเวณที่สึกของตัวจับชิ้นงาน	46
3.14	แบบฟอร์มการบันทึก Stop Light	47
3.15	แบบฟอร์มที่ใช้บันทึกข้อมูลการสุ่มตัวอย่างจำนวน 100 ตัวอย่าง	48
3.16	กราฟฮิสโตแกรมของความยาวของชิ้นงาน	50
3.17	บริเวณที่เพิ่มสายหัวฉีดน้ำหล่อเย็น	52
3.18	ลักษณะที่ตัวจับยึดชิ้นงานที่ถูกขูดแข็งแล้ว	53
3.19	กราฟฮิสโตแกรมของความยาวของชิ้นงาน	55
3.20	การตรวจสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรม Minitab	58

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ชื่อและสถานที่ตั้งของสถานประกอบการ

ชื่อ : บริษัท อุตสาหกรรมท่อเหล็ก จำกัด หรือ Thai Steel Pipe Co.,LTD
 สถานที่ตั้ง : 700/332 หมู่ที่ 6 นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร ถนน บางนา-ตราด ตำบล ดอนหว่า
 อำเภอ อำเภอบางพลี จังหวัดชลบุรี 2000



รูปที่ 1.1 แผนที่ของสถานประกอบการ

จำนวนพนักงาน : 400 คน

ผลิตภัณฑ์ของบริษัท : ท่อERW (ท่อเชื่อมยาว) ท่อES (ท่อเชื่อมตัดสั้น) ท่อCD (ท่อรีดยาว) ท่อCS (ท่อรีดตัดสั้น)

นโยบาย : อุบัติเหตุต้องเป็นศูนย์

ประวัติบริษัท

Nov. 1963	บริษัท ที่จัดตั้งขึ้นตามโครงการของบริษัท SUMITOMO
Apr. 1964	เริ่มต้นก่อสร้างโรงงานที่พระประแดงบริเวณใกล้ๆ ตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา
Jan. 1965	เริ่มขายผลิตภัณฑ์ท่อทั่วไป เช่น ท่อน้ำ, ท่อสายไฟ และอื่นๆ
Oct. 1990	ซื้อเครื่อง 2 นิ้วใหม่ เพื่อเริ่มผลิตท่อสำหรับรถยนต์และรถจักรยานยนต์
Feb. 1994	เริ่มผลิตท่อ CD (Cold Drawing)
Jan. 1996	สร้างโรงงานใหม่ในนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร
Jul. 1997	ในปีประเทศไทยประสบปัญหาทางเศรษฐกิจทางการเงิน ทำให้ความต้องการในการซื้อเหล็กลดลง
Apr. 1999	ปิดโรงงานที่พระประแดง และนำเครื่องจักรที่พระประแดงมาไว้ในโรงงานที่อมตะนคร โรงงานแห่งนี้จึงกลายเป็นสำนักงานใหญ่ และมีเพียงเครื่อง 2 นิ้ว เริ่มดำเนินการผลิต ERW
Dec. 2001	ซื้อเครื่อง ERW 1.5 นิ้ว แล้วเริ่มดำเนินการ และในปีนี้ได้รับการรับรองเกี่ยวกับ ISO 9000
Dec. 2002	ขึ้นขนาดท่อ ERW 2 นิ้ว ไปที่เครื่อง 3 นิ้ว ERW
Jul. 2004	เริ่มส่งท่อเพลลาและท่อสแตนเลส
Jan. 2005	ได้รับการรับรองเกี่ยวกับ ISO/TS 16949
Dec. 2006	การลงทุนในการเพิ่มความสามารถในการวาดท่อเย็นเสร็จ
Mar. 2007	ได้รับการรับรองเกี่ยวกับ ISO 14001
Feb. 2009	ได้รับการรับรองเกี่ยวกับ OHSAS 1800

1.2 ลักษณะธุรกิจของสถานประกอบการ

บริษัทอุตสาหกรรมท่อเหล็กจำกัด หรือ Thai Steel Pipe Industrial Co.,LTD. มีชื่อย่อว่า TSP มีบริษัทสาขาใหญ่อยู่ทั่วประเทศญี่ปุ่นคือ บริษัท Sumitomo

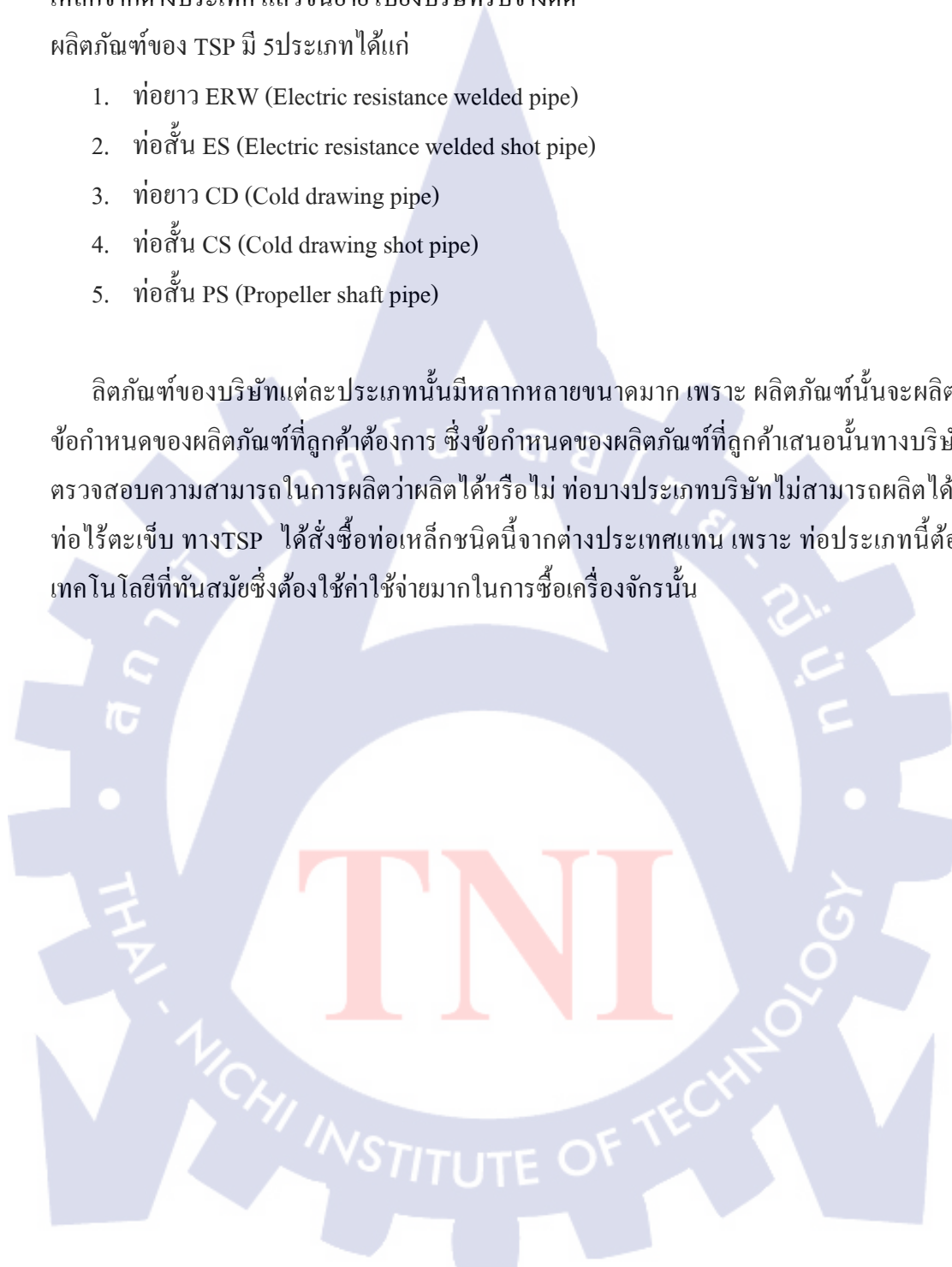
วัตถุดิบที่นำมาผลิตคือ Coil เป็นแผ่นเหล็กม้วนใหญ่ ซึ่งแต่ก่อนรับมาจากบริษัท Sumitomo ทั้งหมด Coil ที่รับมาจากประเทศญี่ปุ่นนั้นจะไม่ถูกส่งเข้ามาในบริษัท แต่จะส่งไปยังบริษัทจ้างตัดเหล็กให้ช่วยตัด Coil ที่ได้รับมาจากบริษัท Sumitomo และมาส่งยังบริษัท TSP ส่วนการขนส่ง Coil

จากต่างประเทศ TSP อีกทั้งได้จ้างบริษัทที่เกี่ยวกับการขนส่ง ช่วยดูแลเรื่องการขนส่ง และการรับเหล็กจากต่างประเทศ แล้วขนย้ายไปยังบริษัทรับจ้างตัด

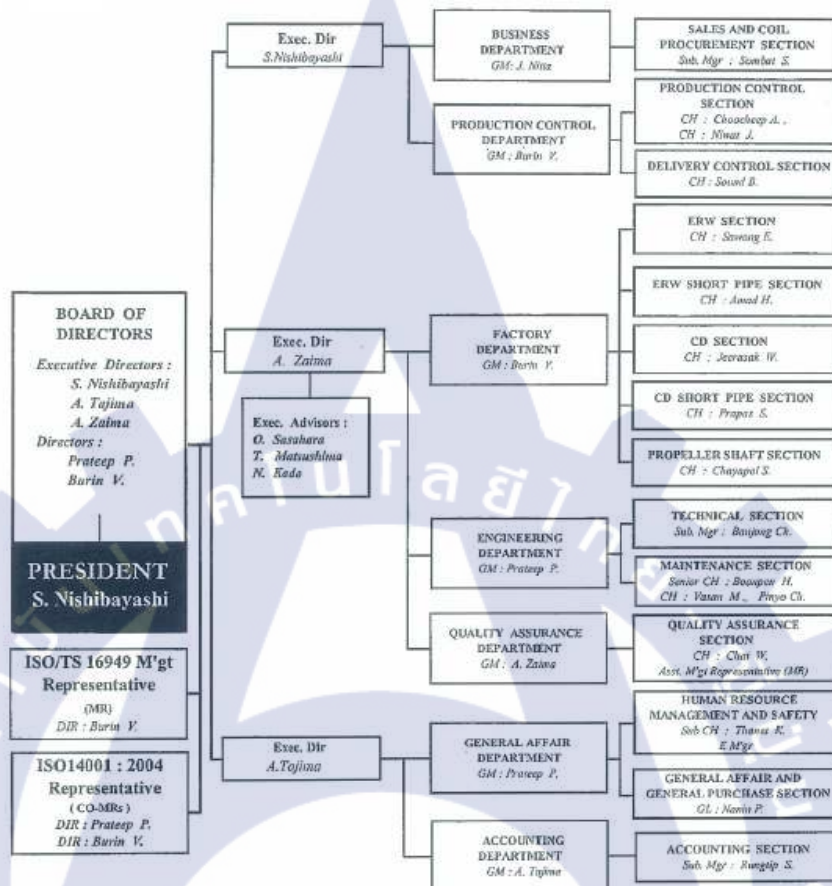
ผลิตภัณฑ์ของ TSP มี 5 ประเภทได้แก่

1. ท่อยาว ERW (Electric resistance welded pipe)
2. ท่อสั้น ES (Electric resistance welded shot pipe)
3. ท่อยาว CD (Cold drawing pipe)
4. ท่อสั้น CS (Cold drawing shot pipe)
5. ท่อสั้น PS (Propeller shaft pipe)

ผลิตภัณฑ์ของบริษัทแต่ละประเภทยังมีหลากหลายขนาดมาก เพราะ ผลิตภัณฑ์นั้นจะผลิตตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ถูกคำต้องการ ซึ่งข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ถูกคำเสนอนั้นทางบริษัทจะตรวจสอบความสามารถในการผลิตว่าผลิตได้หรือไม่ ท่อบางประเภทบริษัทไม่สามารถผลิตได้ เช่น ท่อไร้ตะเข็บ ทางTSP ได้สั่งซื้อท่อเหล็กชนิดนี้จากต่างประเทศแทน เพราะ ท่อประเภทนี้ต้องใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายมากในการซื้อเครื่องจักรนั้น



1.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารองค์กร



รูปที่ 1.2 แผนผังองค์กร

1.4 ตำแหน่งและหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

แผนกที่ได้เข้าการฝึก : QA (Quality Assurance) หรือ แผนกประกันคุณภาพ
 งานที่ได้รับมอบหมาย : ตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักร ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จัด
 พนักงานไปบริษัทลูกค้า และวัดประสิทธิภาพของเครื่องจักร

1.5 พนักงานที่ปรึกษา และตำแหน่งของที่ปรึกษา

พนักงานที่ปรึกษา : คุณชัย ไวเรียบ
 ตำแหน่งงาน : Chife หรือ หัวหน้าแผนก

1.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน ถึง 30 กันยายน

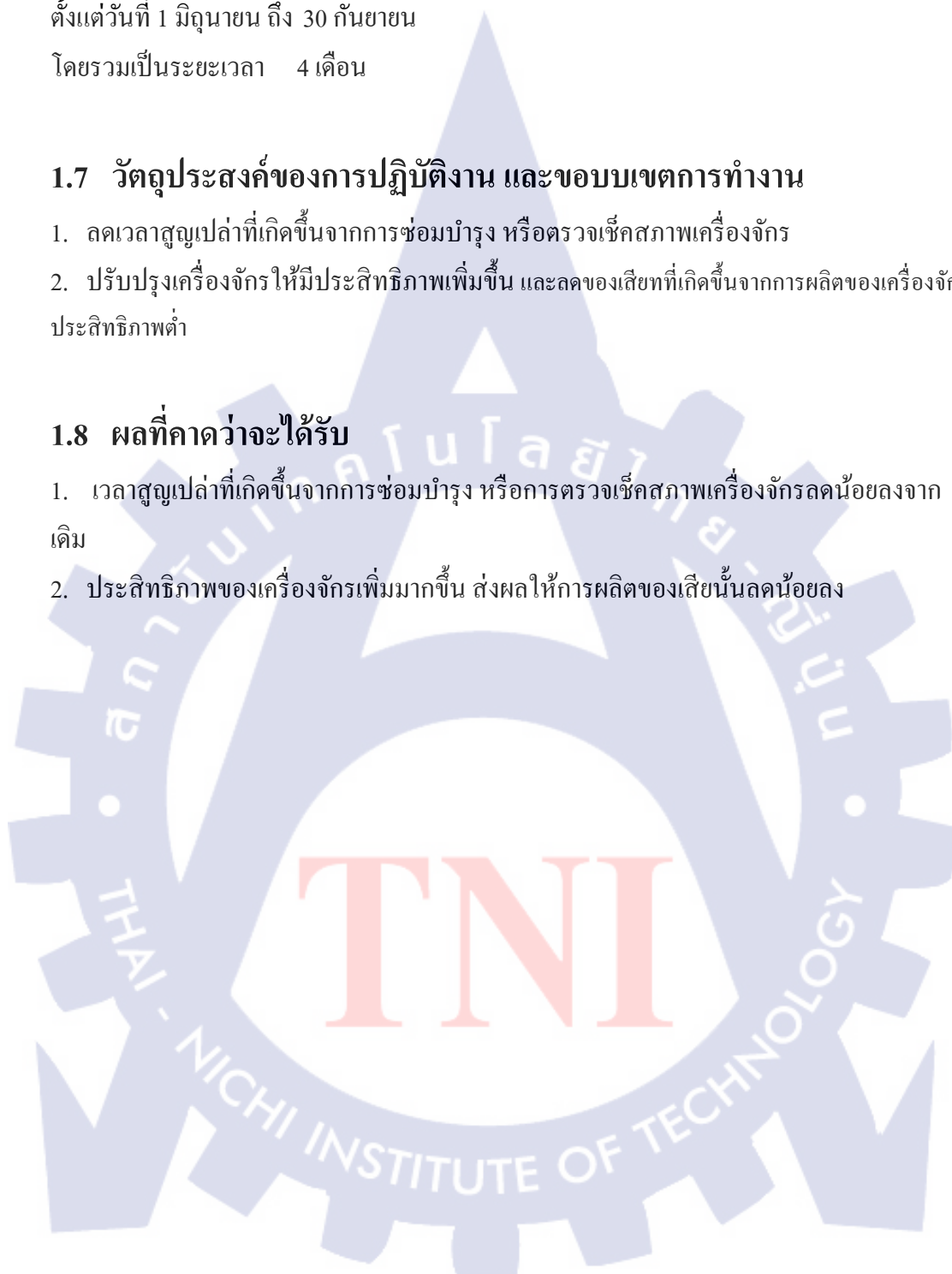
โดยรวมเป็นระยะเวลา 4 เดือน

1.7 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงาน และขอบเขตการทำงาน

1. ลดเวลาสูญเสียเปล่าที่เกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุง หรือตรวจเช็คสภาพเครื่องจักร
2. ปรับปรุงเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และลดของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตของเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพต่ำ

1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เวลาสูญเสียเปล่าที่เกิดขึ้นจากการซ่อมบำรุง หรือการตรวจเช็คสภาพเครื่องจักรลดน้อยลงกว่าเดิม
2. ประสิทธิภาพของเครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้การผลิตของเสียนั้นลดน้อยลง



บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

บริษัท TSP ได้รับการรับรองคุณภาพ 4 ประเภท คือ ISO 9000, ISO/TS 16949, OHSAS 18001, ISO 14001 ในรายงานฉบับนี้จะกล่าวถึงเฉพาะ ISO/TS 16949 จะว่าด้วยเรื่องของคุณภาพของอุตสาหกรรมยานยนต์ มีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมคือ ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องโดยตรง

8.1.1 เกี่ยวข้องกับการระบุเครื่องมือทางสถิติ โดยเครื่องมือทางสถิติที่เหมาะสมสำหรับแต่ละกระบวนการ (ในการผลิต) จะต้องมีการกำหนดมาในช่วงของการวางแผนผลิตภัณฑ์ล่วงหน้า และต้องรวมไว้ในแผนควบคุม (Control Plan) ด้วย

8.1.2 เกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานในแนวคิดรวมยอดที่เกี่ยวข้องกับสถิติ ซึ่งยกตัวอย่างในเรื่องของความแปรผัน (Variation) การควบคุม (หรือ Stability) ความสามารถของกระบวนการ (Process

Capability) และเรื่องของการปรับเปลี่ยนที่มากเกินไปของกระบวนการ (Over-Adjustment) โดยจะต้องทำให้เกิดความเข้าใจและนำไปใช้ทั่วทั้งองค์กร

8.2.3.1 เกี่ยวข้องกับการติดตามและวัดผลในส่วนของการผลิต โดยองค์กรจะต้องดำเนินการศึกษากระบวนการผลิต (ผลิตภัณฑ์) ใหม่ เพื่อที่จะทวนสอบ (Verify) ความสามารถของกระบวนการ และ

หลังจากนั้นต้องรักษาความสามารถของกระบวนการผลิตนั้นข้อกำหนดของลูกค้า เช่น บางลูกค้าให้ใช้คู่มืออ้างอิงที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมโดยใช้วิธีทางสถิติ (SPC Reference Manual) บางลูกค้ากำหนดให้มีการใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมทางสถิติ (Statistical Tools) ซึ่งบางครั้งได้กำหนดวิธีการสุ่มตัวอย่าง ให้สูตรในการคำนวณ และวิธีแปลความหมายมาข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องโดยอ้อม

7.3.2.2 เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องนำเข้ามาพิจารณาในการออกแบบกระบวนการ ซึ่งองค์กรจะต้องระบุ ทำเป็นเอกสาร และทบทวนในส่วนของการตั้งเป้าหมายเรื่องความสามารถกระบวนการ

7.5.1.1 เกี่ยวข้องกับแผนควบคุม ซึ่งแผนควบคุมจะต้องประกอบไปด้วยแผนแก้ไขเมื่อกระบวนการ (ในการผลิต) ไม่เสถียรหรือไม่อยู่ในการควบคุมทางสถิติ

7.5.1.3 เกี่ยวข้องกับการทวนสอบการปรับตั้ง โดยองค์กรต้องใช้วิธีการทางสถิติสำหรับการทวนสอบตามความเหมาะสม

7.6.1 เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ระบบการวัด ซึ่งจะต้องมีการศึกษาและวิเคราะห์ความแปรผันของกระบวนการ (ในการผลิต)

8.5.1.2 เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งจะต้องทำอย่างต่อเนื่องและเน้นในเรื่องของการลดความแปรผันของกระบวนการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะพิเศษของผลิตภัณฑ์และปัจจัยสำคัญของกระบวนการ

2.1 เครื่องมือที่ใช้การควบคุมคุณภาพ

เทคนิคและเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพนั้นคือ 7 Basic Quality Tools โดยเครื่องมือเหล่านี้เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ อธิบาย และช่วยเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ โดยเครื่องมือเหล่านี้ประกอบด้วย คือ

- แผนภาพพาเรโต (Pareto diagram)
- แผนภูมิควบคุม (Control chart)
- ใบตรวจสอบหรือใบเช็คชีท (Check sheet)
- กราฟ (Graph)
- ฮิสโตแกรม (Histogram)
- แผนภาพก้างปลา (Fishbone diagram)
- แผนภาพการกระจาย (Scatter diagram)

จากเครื่องมือทั้งหมดที่ได้กล่าวมาข้างต้น เครื่องมือที่ได้นำมาใช้ในการศึกษาและตรวจสอบในโรงงานนี้ ได้แก่ แผนภาพพาเรโต แผนภูมิควบคุม ใบตรวจสอบหรือใบเช็คชีท ฮิสโตแกรม แผนภาพก้างปลา

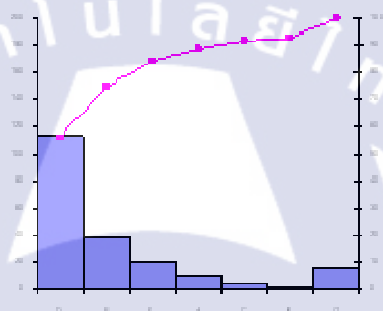
1. แผนภาพพาเรโต (Pareto chart)

แผนภาพที่ที่ใช้จำแนกประเภทของข้อมูล รวมถึงการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภทและมีการสะสมตามเวลา โดยหลักการของพาเรโต “ภายใต้สภาวะการณ์โดยธรรมชาติ สิ่งที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย แต่สิ่งที่มีความสำคัญน้อยจะมีจำนวนมาก” หลักการ 80-20 การตีความหมายแผนภูมิพาเรโตว่ามีเสถียรภาพหรือไม่ของข้อมูลที่จัดเก็บและวิเคราะห์โดยพิจารณาว่า ถ้าข้อมูลเป็นไปตามหลักการของพาเรโตแสดงว่าข้อมูลนั้นอยู่ในสภาวะเสถียรภาพและสามารถใช้คาดการณ์ได้ แต่ถ้าข้อมูลไม่ได้เป็นไปตามหลักการของพาเรโต

แสดงว่าข้อมูลไม่มีเสถียรภาพเนื่องจากข้อมูลที่เก็บมาอยู่ในการปรับตัว เข้าสู่ภาวะเสถียรภาพ จึงควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมอีก หรืออีกกรณีหนึ่งคือ ข้อมูลนั้นมาจากกระบวนการที่ไร้เสถียรภาพ มีความจำเป็นต้องแก้ไขด้วยการทำให้กระบวนการมีมาตรฐาน

ประโยชน์ของแผนผังพาเรโต

- สามารถบ่งชี้ให้เห็นว่าหัวข้อใดเป็นปัญหามากที่สุด
- สามารถเข้าใจว่าแต่ละหัวข้อมีส่วนเป็นเท่าใดในส่วนทั้งหมด
- ใช้กราฟแท่งบ่งชี้ขนาดของปัญหา
- ไม่ต้องการคำนวณที่ยุ่งยาก ก็สามารถจัดทำได้และใช้ในการเปรียบเทียบผลได้
- ใช้สำหรับการตั้งเป้าหมาย ทั้งตัวเลขและปัญหา



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแผนผังพาเรโต

2. ใบตรวจสอบ (Check sheet)

ใบตรวจสอบนี้จะ เป็นแบบฟอร์ม ซึ่งออกแบบมาเพื่อให้พนักงานบันทึกข้อมูลต่างๆ ลงในฟอร์มที่กำหนด โดยที่แบบฟอร์มนี้จะออกแบบมาให้ง่ายต่อการบันทึกเพื่อไม่ให้ใช้เวลาในการบันทึกมาก ซึ่งแบบฟอร์มที่ใช้ในการตรวจสอบนี้จะต้องคำนึงถึงเป้าหมายหลักที่กำหนดมา สำหรับวิธีการเก็บข้อมูล จะเป็นลักษณะข้อมูล จำนวนครั้งหรือจำนวนชิ้น และบริเวณที่พบจุดบกพร่องต่างๆ ต่อไป เช่น ค่าที่วัด เวลา การหาค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ เป็นต้น สำหรับข้อสังเกต เราจะต้องกำหนดเป้าหมายของการเก็บข้อมูลต่างๆ และลักษณะที่มาของข้อมูลให้ชัดเจนก่อนการออกแบบแผ่นเก็บข้อมูลดังตัวอย่างในใบตรวจสอบ

ตารางที่ 2.1 ชนิดของใบตรวจสอบ

ลักษณะของแผ่นตรวจสอบ	วัตถุประสงค์	การนำไปใช้
1. กระดาษเปล่า	ข้อมูลทั่วไป	ใช้บันทึกเท่านั้น ไม่นำไปวิเคราะห์ต่อ
2. ตารางแสดงความถี่	นับจำนวนค่าหนี	ใช้จำแนกข้อมูลเพื่อนำไปทำแผนผัง/กราฟ
3. ตารางกรอกตัวเลข	- นับจำนวนของเสีย/จำนวนคน - ข้อมูลจากการวัด/การทดสอบ	ใช้เขียนแผนผังควบคุม ผังการกระจาย ฮิสโตแกรม หรือแผนภูมิกราฟ
4. ตารางการทำเครื่องหมาย	ทำเครื่องหมายแทนการเขียน	ใช้จำแนกข้อมูล ทำผังพาเรโตหรือกราฟ
5. ตารางแบบสอบถาม	สอบถามข้อคิดเห็น	หาความถี่ ทำผังพาเรโต
6. ตารางแบบอื่นๆ	การตรวจสอบเฉพาะเรื่อง	ใช้ตามวัตถุประสงค์เฉพาะเรื่อง เช่น แบบสอบถามสำหรับเลือกเมนูอาหาร

โดยการออกแบบใบตรวจสอบ ควรพิจารณาจาก

- สถานที่ หน่วยงานที่จะตรวจสอบ
- ผลิตภัณฑ์ / การทำงานที่จะตรวจสอบ
- คุณลักษณะทางคุณภาพที่ต้องการตรวจสอบ แบ่งเป็น
 - คุณลักษณะที่วัดได้ โดยใช้เครื่องมือวัด เช่น ขนาดของชิ้นงาน ใช้เวอร์เนียวัดความแข็งของชิ้นงาน
 - และวัดไม่ได้โดยแต่บอกได้ ส่วนใหญ่ใช้การตรวจสอบด้วยตาเทียบกับมาตรฐาน เช่น รอยตำหนิ
- สามารถการตรวจสอบลักษณะคุณภาพได้หลาย ลักษณะในใบเดียวกัน

- แบ่งการตรวจสอบ เป็นตามราย เดือน รายลัปดาห์ รายวัน หรือรายกะ หรือ ลีทที่ทำการตรวจสอบ

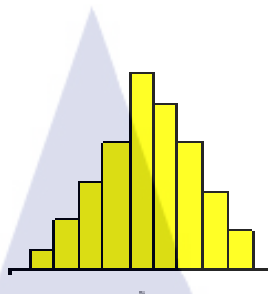
ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างใบตรวจสอบ

วันที่ 1/11/46	ชื่องาน คำร้องเรียนของลูกค้า		แผนก ตลาด	
ประเภทสิ่งบกพร่อง	สป 1	สป 2	สป 3	สป 4
1. ส่งสินค้าล่าช้ากว่ากำหนด	/////	////////	/////	/////
2. สินค้าไม่ตรงรายการในใบสั่งของ	//	/	/	/
3. สินค้าเสียหายจากการส่ง	///	//	//	//
4. สินค้ามีตำหนิ	/	/		/
5. อื่นๆ		/		/
ผู้ตรวจ	/...../...		ผู้ทบทวน	/...../.....

3. ฮิสโตแกรม (Histogram)

กราฟที่แสดงถึงความผันแปรของข้อมูลที่ได้มาจากการวัดสำหรับข้อมูลกลุ่มย่อยเดียวกัน โดยความผันแปรของข้อมูลจะแสดงถึงรูปทรงการกระจาย ตลอดจนแนวโน้มสู่ศูนย์กลางของข้อมูล ในการวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับพารามิเตอร์แบบผันแปร มีความจำเป็นต้องวิเคราะห์ว่าความผันแปรดังกล่าวมาจากสาเหตุโดยธรรมชาติ หรือสาเหตุที่ผิดปกติ ลักษณะต่างๆของฮิสโตแกรมที่แสดงถึงความผันแปรจากสาเหตุที่ผิดปกติที่แตกต่างกันออกไปมีดังนี้

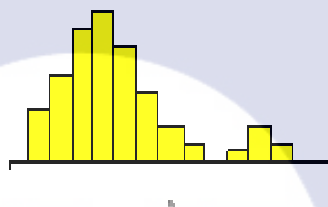
- แบบปกติ (Normal Distribution) หรือ ทรงระฆังคว่ำ (Bell shape)



รูปที่ 2.2 ลักษณะแบบปกติ

การกระจายของการผลิตเป็นไปตามปกติ ค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่จะอยู่ตรงกลาง

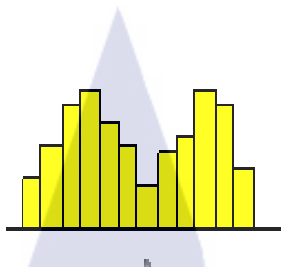
- แบบแยกเป็นเกาะ (Detached Island Type)



รูปที่ 2.3 ลักษณะการแยกแบบเป็นเกาะ

ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นลักษณะแบบปกติหรือทรงระฆังคว่ำ แต่มีข้อมูลส่วนหนึ่งที่มีจำนวนไม่มากแยกออกมา อาจมีสาเหตุมาจากข้อมูลกระบวนการอื่นเช่น ลีตของวัตถุดิบ พนักงานเครื่องจักร หรืออื่นๆ ปะปนหรืออาจจะเกิดขึ้นจากการวัดชิ้นงาน

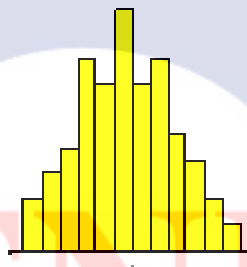
- แบบระฆังคู่ (Double Hump Type)



รูปที่ 2.4 ลักษณะแบบระฆังคู่

พบเมื่อนำผลิตภัณฑ์ของเครื่องจักร 2 เครื่อง หรือ 2 แบบมารวมกัน ต้องดำเนินการด้วยการจำแนกประเภทของข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดความผันแปรเป็นหลัก

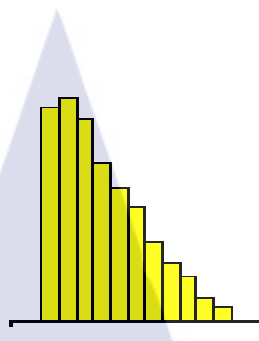
- แบบฟันปลา (Serrated Type)



รูปที่ 2.5 รูปลักษณะแบบฟันปลา

พบเมื่อเครื่องมือวัดมีคุณภาพต่ำ หรือการอ่านค่ามีความแตกต่างกันไป

- แบบหน้าผา (Cliff Type)

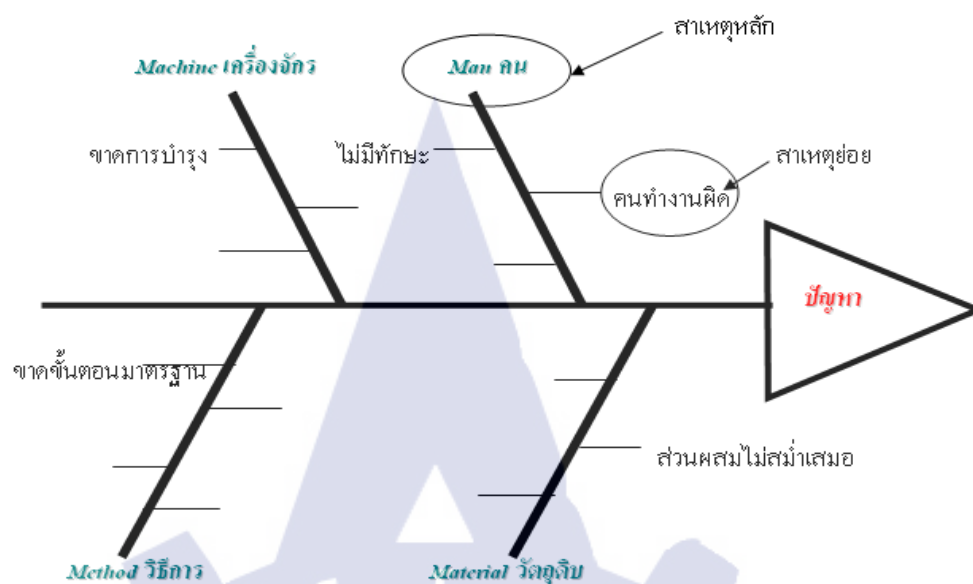


รูปที่ 2.6 ลักษณะแบบหน้าผา

พบเมื่อมีการตรวจสอบแบบ Total Inspection เพื่อคัดของเสียออกไป

4. แผนภาพก้างปลา (Fishbone diagram)

แผนภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์อย่างมีระบบระหว่างผลที่แน่นอนประการหนึ่ง(อาการของปัญหา) และสาเหตุที่เกี่ยวข้อง การวิเคราะห์ประเภทนี้จะมุ่งสู่รายการหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา โดยมุ่งสู่รายละเอียดของสาเหตุของปัญหา ระดมความคิดที่ใช้ในการสร้างแผนภาพก้างปลาแบบนี้ ใช้หลักการ 3 จริงของพนักงานในการวิเคราะห์จากการวิเคราะห์ใช้หลักการวิเคราะห์ผ่านหลักการ 3 จริง คือ การสังเกตที่หน้างานจริง ในสภาพแวดล้อมหรือสภาวะจริง และด้วยการดำเนินการกับงานจริง ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 การทำแผนภาพเหตุและผล

5. แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

คือ แผนภูมิที่มีการเขียนขอบเขตที่ยอมรับได้ เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการ โดยการติดตามและตรวจจับข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขต หลักการของแผนภูมิควบคุม คือ แผนภูมินี้ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อดูผลของการตรวจสอบว่ากระบวนการผลิตเกิดปัญหาหรือไม่ โดยแผนภูมินี้จะใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร หรือหน่วยงานผลิต แผนภูมิควบคุมจะประกอบด้วย จุดจำกัดบน จุดจำกัดล่าง และเส้นกึ่งกลางควบคุม การกระทำ โดยการวัดจะสุ่มตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ วัดผล และบันทึกลงบนแผนภูมิควบคุม หลังจากนั้นจะลากเส้นเชื่อมโยงจุดต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไป

ลักษณะของความผันแปร

- ความผันแปรตามธรรมชาติ (Common Cause) เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างเล็กๆ น้อยๆ ที่เกิดขึ้นจากปัจจัยการผลิตต่างๆ เช่น ผู้ปฏิบัติงาน วัตถุดิบ เป็นต้น ไม่มีความรุนแรงและไม่ส่งผลต่อคุณภาพ โดยชิ้นงานที่ออกมาแต่ละชิ้นจะมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งยอมรับได้และอยู่ในพิสัยที่กำหนดทางเทคนิคซึ่งได้อนุญาตเอาไว้แล้วในพิสัยความเผื่อ (Tolerance) ของชิ้นงาน
- ความผันแปรจากความผิดปกติ (Special Cause) เกิดขึ้นเนื่องจากความผิดพลาดของปัจจัยต่างๆ ในการผลิต ซึ่งจำเป็นที่จะต้องได้รับการแก้ไขจึงจะทำให้คุณภาพของชิ้นงานกลับมาสู่สภาวะปกติ

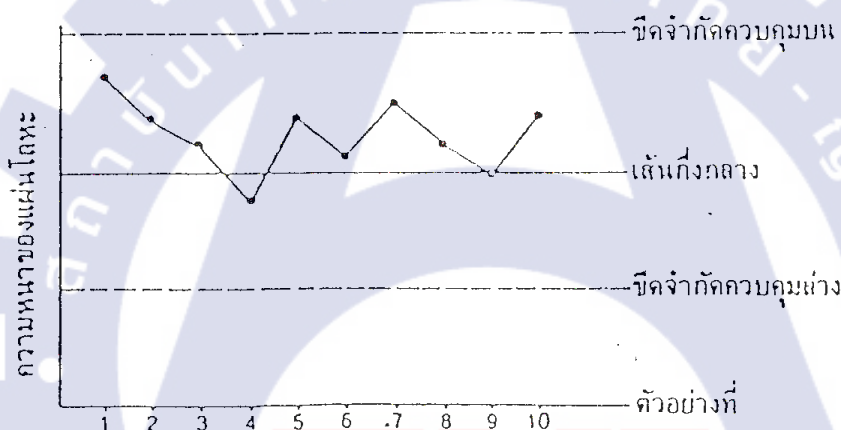
ชนิดของแผนภูมิควบคุม

ก) แผนควบคุมตามลักษณะ จะประกอบไปด้วย

1. แผนภูมิ P เพื่อควบคุม สัดส่วนของเสีย
2. แผนภูมิ NP เพื่อควบคุม จำนวนของเสีย
3. แผนภูมิ C เพื่อควบคุม จำนวนสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย
4. แผนภูมิ U เพื่อควบคุม จำนวนสาเหตุ ต่อหน่วย

ข) แผนภูมิควบคุมชนิดแปรผัน จะประกอบไปด้วย

1. แผนภูมิ เพื่อควบคุม ค่าเฉลี่ย
2. แผนภูมิ เพื่อควบคุม ค่าพิสัย
3. แผนภูมิ เพื่อควบคุม ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างแผนผังควบคุม

2.2 การวิเคราะห์กระบวนการผลิต

ระบบการผลิต คือ ระบบที่เกี่ยวข้องกับการสร้างผลิตภัณฑ์ให้มีมูลค่าหรือเพิ่มมูลค่า โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ได้แก่ คน วัตถุดิบ พลังงาน เครื่องจักร วิธีการ โดยมีผู้บริหารทำหน้าที่ในการวางแผนและควบคุมการผลิตให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการ ปัจจัยที่สำคัญของกระบวนการผลิตจะประกอบด้วย คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) วิธีการ (Method) สภาพแวดล้อม

(Environment) หรือเรียกว่า 4M 1E ถ้าส่วนปัจจัยทั้ง 4 ตัวนี้ไม่มีความบกพร่องผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานที่ผลิตออกมาจะมีความน่าเชื่อถือ แต่ในความเป็นจริงในกระบวนการจะมีตัวแปรอยู่ตลอดเวลา เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง เป็นต้น ซึ่งตัวแปรเหล่านี้เป็นตัวแปรที่ทำให้กระบวนการผลิตไม่คงที่ ผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานที่ผลิตออกมาเกิดการเปลี่ยนแปลงไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้าต้องการ นอกจากนั้นการที่ผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานที่ผลิตออกมาไม่ได้ลักษณะตามที่กำหนดไว้แล้ว ต้นทุนการผลิตก็จะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีของเสียเกินเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้จึงต้องทำการทิ้งชิ้นงาน ดังนั้นเพื่อให้ของเสียมีจำนวนที่สามารถยอมรับได้และไม่ถูกปฏิเสธไป จำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยการควบคุมความผันแปรที่เกิดจากคน เครื่องจักร วัตถุดิบและวิธีการ คือ

1. คน
2. เครื่องจักร
3. วัตถุดิบ
4. วิธีการ

จากการควบคุมตัวปัจจัยข้างต้น การควบคุมที่ดีควรจะต้องประกอบด้วย การวางแผนที่ดี การปฏิบัติตามแผนที่กำหนด การตรวจสอบและการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งองค์ประกอบของการควบคุมทั้ง 4 ส่วนนี้จะ ช่วยทำให้สามารถลดความผันแปรของการผลิตได้

2.2.1 พื้นฐานการปรับปรุงพัฒนา

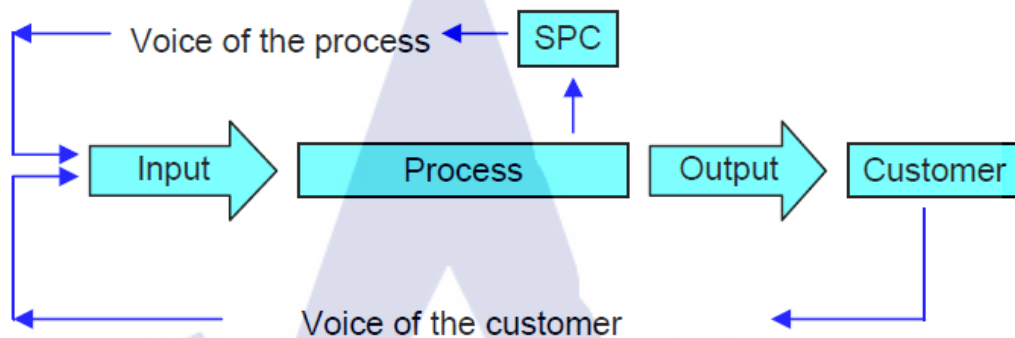
ในการปรับปรุงพัฒนากระบวนการหรือการปฏิบัติการต่างๆ มีพื้นฐานที่เรียกว่า PDCA หรือ Deming Cycle คือ โครงร่างสำหรับกิจกรรมการปรับปรุงพัฒนา โดยมีขั้นตอนต่างๆ คือ

1. การวางแผน (Plan)
2. การปฏิบัติตามแผน (Do)
3. การตรวจสอบ (Check)
4. การดำเนินการ (Action)

2.2.2 การใช้สถิติควบคุมกระบวนการ

การควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติของการทำงานระบบ ISO/TS 16949 ถูกนำมาใช้ในการควบคุมกระบวนการ เช่น กระบวนการผลิต ไม่ใช่拿来ใช้เพื่อควบคุมผลิตภัณฑ์ โดยผลที่ได้จากการควบคุมจะนำมาเป็นข้อมูลที่ใช้ในวิเคราะห์ การเปลี่ยนแปลง ปรับปรุง พัฒนากระบวนการ

ให้ดีขึ้น ต่อไปเรื่อยๆ ในการปรับพัฒนากระบวนการผลิตส่งผลถึงเรื่องของการลดต้นทุน อีกทั้งเป็นเครื่องมือในการป้องกัน และเป็นสิ่งที่ทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ



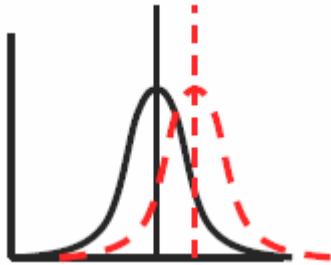
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการการควบคุมด้วยวิธีการทางสถิติ

ความแปรผัน (Variation) เป็นสิ่งที่ต้องเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาในกระบวนการผลิต หมายความว่า เป็นความต่างที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ของผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการใดๆ โดยสาเหตุของความแปรผัน นั้นมาจาก 2 สาเหตุ คือ

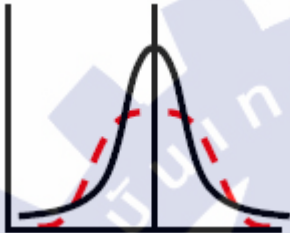
1. สาเหตุธรรมดา (Common Cause)
 - ประกอบด้วยสาเหตุเพียงเล็กน้อย
 - เป็นส่วนหนึ่งในระบบ
 - เกิดขึ้นสม่ำเสมอ (สามารถทำนายล่วงหน้าได้)
2. สาเหตุพิเศษ (Special Cause)
 - ประกอบด้วยอิทธิพลที่สามารถหาสาเหตุได้
 - เกิดขึ้นเฉพาะจุดตามธรรมชาติ
 - ไม่สามารถทำนายล่วงหน้าได้ว่าจะเกิดเมื่อไร

โดยทั่วไปสาเหตุธรรมดาส่งผลกระทบต่อความแปรผันของกระบวนการมากกว่าสาเหตุพิเศษ ดังนั้นต้องใช้ทรัพยากร รวมทั้งการสนับสนุนจากผู้บริหาร ในการลดความแปรผันของสาเหตุธรรมดา กล่าวคือการก่อตัวที่มีความกว้างต่างกัน (Spread) และการก่อตัวที่มีรูปทรงที่ต่างกัน (Shape) อย่างไรก็ตาม สำหรับการควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิตินั้นจุด (หรือตำแหน่ง) ที่

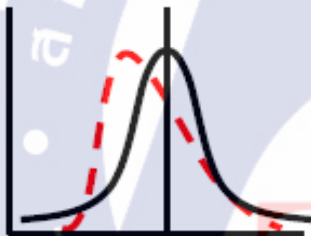
อยู่และความกว้าง จะถูกกล่าวถึงพร้อมกันเสมอ เพราะนั่นคือสิ่งที่สามารถบ่งบอกได้ว่า กระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุมด้วยวิธีทางสถิติหรือไม่



รูปที่ 2.10 การก่อตัวต่างจุด (Location)



รูปที่ 2.11 การก่อตัวที่มีความกว้างต่างกัน (Spread)



รูปที่ 2.12 การก่อตัวที่มีรูปทรงที่ต่างกัน (Shape)

คำว่าเสถียร (Stable) ในส่วนของ SPC นั้นโดยทั่วไปหมายถึง กระบวนการที่พบว่ามีความแปรผันโดยมีสาเหตุเป็นสาเหตุธรรมดา สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะเกิดอะไรขึ้นในอนาคต และเป็นกระบวนการที่อยู่ในการควบคุม (ได้) ในทางสถิติ ส่วนคำว่าไม่เสถียร (Unstable) เป็นสิ่งที่ตรงกันข้าม โดยมีสาเหตุเป็นแบบพิเศษ ไม่สามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ของกระบวนการได้ อีกทั้งยังไม่เรียกว่าอยู่ในการควบคุมอีกด้วยลักษณะของความแปรผันโดยทั่วไปจะก่อตัวหรือรวมตัวกันเป็นรูปคล้ายระฆังคว่ำ โดยจะมีลักษณะการก่อตัว 3 แบบใหญ่ๆ คือ

- การก่อตัวต่างจุดที่อยู่กัน (Location)
- ประชากร (Population)
- กลุ่มตัวอย่าง (Sample)

อีกสองค่าที่ควรกล่าวถึงสำหรับความเข้าใจพื้นฐาน โดยประชากรคือสิ่งที่กำหนดและต้องการทั้งหมดในการวัดผลของกระบวนการใดๆ ส่วนกลุ่มตัวอย่างคือสัดส่วนที่เล็กลงจากประชากรที่จะนำมาวัด ด้วยเหตุผลทางด้านความจำกัดของทรัพยากร เช่น ต้นทุน กลุ่มตัวอย่างจึงถูกนำมาใช้แทนประชากรส่วนสัญลักษณ์และสูตรในการคำนวณที่สำคัญในเชิงประชากร ประกอบด้วยค่ากลางหรือค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ดังรูปที่ 2.13

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad \sigma = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}}$$

รูปที่ 2.13 สูตรคำนวณค่ากลาง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

สำหรับการควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ้นั้นค่ากลางหรือค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัญลักษณ์และสูตรในการคำนวณที่สำคัญของกลุ่มตัวอย่างจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับประชากรคือ

$$\hat{\mu} = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \hat{\sigma} = s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

รูปที่ 2.14 สูตรคำนวณค่ากลาง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือในการควบคุมกระบวนการด้วยวิธีทางสถิตินี้มี 2 ประเภท คือ พังควบคุม (Control Chart) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า พังควบคุมชีวฮาร์ต (Shewhart Control Chart) โดยพังควบคุมชีวฮาร์ตตั้งตามชื่อผู้นำพังมาใช้ในช่วงต้นคริสต์ศตวรรษที่สิบเก้า และเครื่องมือในการควบคุมกระบวนการอีกชนิดคือ ตัววัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) พังควบคุมคือ แผนภูมิที่แสดงคุณลักษณะของกระบวนการจากข้อมูล ที่ใส่ลงไปเพื่อประเมิน

กระบวนการที่อยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมทางสถิติหรือไม่ และช่วยในการรักษาสภาพที่ควบคุมได้ทางสถิติ ลักษณะของผังควบคุมดูจากรูปที่ 2.15

UCL = Upper Control Limit (พิกัดควบคุมด้านบน)

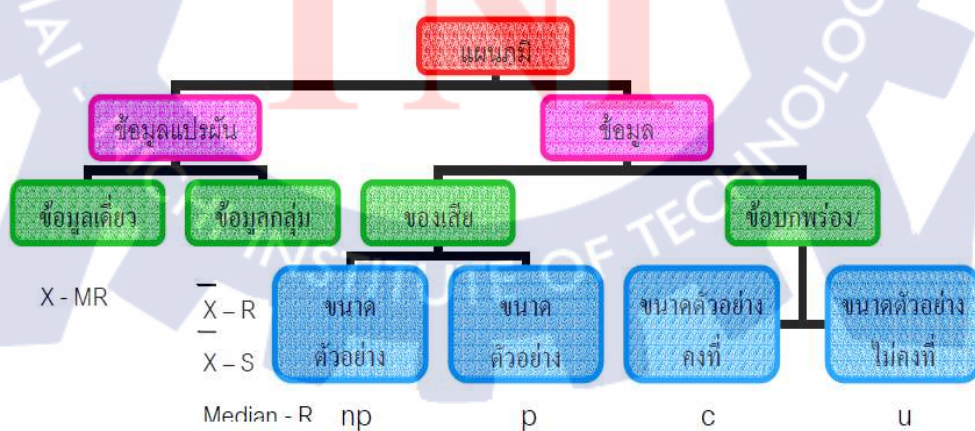
CL = Center Line (เส้นกลางหรือค่าเฉลี่ย)

LCL = Lower Control Limit (พิกัดควบคุมด้านล่าง)



รูปที่ 2.15 ลักษณะของผังควบคุม

ผังควบคุมนั้นจะต้องมีเส้นควบคุม (Control Limit) โดยเกิดจากการเก็บข้อมูลและการคำนวณ ส่วนตัววัดความสามารถของกระบวนการเป็นผลเกี่ยวเนื่องและสัมพันธ์กับการใช้ผังควบคุม ตัววัดความสามารถของกระบวนการเป็นตัวชี้ว่ากระบวนการมีสิ่งผิดปกติมากน้อยขนาดไหน การเลือกใช้ผังควบคุมและตัววัดความสามารถของกระบวนการให้ตรงลักษณะข้อมูลที่จัดให้มีและหาได้ อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่างอีกด้วย



รูปที่ 2.16 การเลือกใช้ผังควบคุมให้ตรงกับลักษณะของข้อมูล

ในส่วนการแปลความหมายของผังควบคุมที่นำมาใช้ควบคุมกระบวนการ ลักษณะตัวอย่างที่บอกว่ากระบวนการนั้นเริ่มที่จะไม่อยู่ในการควบคุม ได้แก่ (1) มีจุดอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม สามารถคาดการณ์ได้ว่ามีความผันแปรพิเศษเกิดขึ้น ต้องทำการวิเคราะห์ หาสาเหตุและดำเนินการแก้ไข (2) ข้อมูลมีรูปแบบ(Pattern) หรือมีแนวโน้ม (Trend) ผิดปกติ แต่ข้อมูลที่ผิดปกตินั้นยังอยู่ในเส้นควบคุม (3) Runs ยกตัวอย่างเช่น มีจุด 7 จุดอยู่ในแนวเดียวกันต่ำหรือสูงกว่าช่วงเส้นควบคุมบนหรือล่าง กับเส้นกลาง หรือมีจุด 7 จุดอยู่ในแนวเดียวกันและมีแนวโน้มที่กำลังขึ้นหรือลงอย่างต่อเนื่อง เป็นตัวอย่างที่มีการพิจารณากันว่ากระบวนการเริ่มที่จะไม่อยู่ในการควบคุม ควรรีบทำการศึกษาเพื่อหาทางป้องกันและแก้ไข ถ้าไม่ดำเนินการแก้ไขอาจทำให้เกิดข้อมูลที่อยู่นอกเส้นควบคุมได้ และส่งผลให้เกิดของเสียจำนวนมากขึ้น ตามสาเหตุของความแปรผันแบบพิเศษนั้นถ้าต้องการทราบว่ากระบวนการใดอยู่ในการควบคุม สามารถบอกได้จากดัชนีชี้วัด ซึ่งเป็นตัววัดว่ากระบวนการนั้นอยู่ภายใต้การควบคุมตามข้อกำหนด (Specification) หรือเป็นตัววัดว่ากระบวนการคืออะไรเมื่อเทียบกับข้อกำหนดดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ Cp Pp Cpu Cpl Ppk และ Ppk โดยตัววัดผลกระทบ Cp คือ ดัชนีที่แสดงถึงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งพิจารณาจากความแปรผันภายในของกระบวนการเมื่อเทียบกับข้อกำหนด (Specification) โดยไม่คำนึงถึงค่ากลางของกระบวนการ สูตรการคำนวณค่า Cp ดูได้จากรูปที่ 2.17

USL : Upper Specification Limit หรือขอบเขตกำหนดด้านบน

LSL : Lower Specification Limit หรือขอบเขตกำหนดล่าง

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_R/d2}$$

รูปที่ 2.17 สูตรคำนวณค่า Cp

Pp คือ ดัชนีที่แสดงถึงสมรรถนะของกระบวนการ ซึ่งพิจารณาจากความผันแปรทั้งหมดของกระบวนการเมื่อเทียบกับข้อกำหนด (Specification) โดยไม่คำนึงถึงค่ากลางของกระบวนการ Pp ใช้ในกรณี TrialRun (หรือช่วง Pre-Launch) สูตรการคำนวณค่า Cp ดูได้จากรูปที่ 2.18

$$Pp = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}}$$

รูปที่ 2.18 สูตรคำนวณค่า Pp

Cpu คือ ดัชนีที่แสดงถึงความสามารถค่าสูงของกระบวนการ ซึ่งพิจารณาจากความผันแปรภายในของกระบวนการและค่ากลาง เมื่อเทียบกับข้อกำหนด (Specification) สูตรการคำนวณค่า Cp ดูได้จากรูปที่ 2.19

$$CPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}_{R/d2}}$$

รูปที่ 2.19 สูตรคำนวณค่า Cpu

Cpl คือ ดัชนีที่แสดงถึงความสามารถค่าต่ำของกระบวนการ ซึ่งพิจารณาจากความผันแปรภายในของกระบวนการและค่ากลาง เมื่อเทียบกับข้อกำหนด (Specification) สูตรการคำนวณค่า Cp ดูได้จากรูปที่ 2.20

$$CPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{\sigma}_{R/d2}}$$

รูปที่ 2.20 สูตรคำนวณค่า Cpl

Cpk คือ ดัชนีที่แสดงถึงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งพิจารณาจากค่าที่ต่ำที่สุดระหว่าง Cpu กับ Cpl ที่ได้จากสูตรในการคำนวณข้างบน ส่วน Ppk ก็ใช้วิธีการทำนองเดียวกันในส่วน of สูตรและวิธีการคำนวณ แต่กลุ่มตัวอย่างที่ได้มาในการคำนวณค่า Ppk ยังไม่สามารถบอกได้ว่าอยู่ในการควบคุมทางสถิติหรือไม่ (ยังมีสาเหตุของความแปรผันประเภทธรรมดาและพิเศษปะปนกันอยู่) ตรงข้ามกับ Cpk ที่ทราบได้แน่นอนจากการใช้ผังควบคุมและการแปลความหมายว่ากระบวนการนั้นเสถียรแล้ว (มีเฉพาะสาเหตุความแปรผันแบบธรรมดาเท่านั้นที่เกิดขึ้น)

2.2.3 การวัดประสิทธิผลเครื่องจักร

OEE ย่อมาจาก Overall Equipment Effectiveness หรือเรียกภาษาไทยว่า "ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรอุปกรณ์" เป็นวิธีการหนึ่งทีนอกจากสามารถทราบถึงประสิทธิภาพของเครื่องจักรแล้วยังทราบถึงสาเหตุของความสูญเสียที่เกิดขึ้นแบบโดยภาพรวม คือ สามารถแยกประเภทการสูญเสียและรายละเอียดของสาเหตุนั้น ทำให้สามารถปรับปรุง ลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องและเป็นระบบซึ่งในปัจจุบันวิธีที่ในอุตสาหกรรมนำมาใช้วัด องค์ประกอบที่นำมาใช้วัดประสิทธิภาพของเครื่องจักรแบ่งได้เป็น 3 องค์ประกอบหลักดังนี้

1. อัตราการเดินเครื่อง (Availability)

เวลาทั้งหมด (Total Time) หมายถึง เวลาที่เครื่องจักรเดินเครื่อง ซึ่งรวมถึงเวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุง หยุดเครื่องเพื่อตั้งค่าใหม่ เวลาหยุดเพื่อการประชุมชี้แนะ เวลาหยุดเพื่อทำกิจกรรมต่างๆ ของโรงงาน เช่น กิจกรรม 5ส เวลาหยุดที่เราตั้งใจทั้งหมดนั้น เรียกว่า เวลาหยุดตามแผน (Planned Shutdown) ดังนั้นเวลาที่ต้องการให้เครื่องจักรใช้งานได้ตลอดจึงไม่ใช่เวลาทั้งหมด เวลาให้บริการงาน (Loading Time) หมายถึง เวลาที่มีการวางแผนไว้ว่าต้องใช้ในการผลิต โดยนำเวลาทั้งหมดมาหักออกด้วยเวลาหยุดตามแผน และเวลาบริการนี้เองที่เราต้องการให้เดินได้ตลอดเวลา วิธีการคิดค่าอัตราการเดินเครื่อง

AVAILABILITY = Total Scheduled Runtime / Total Time in Shift (เวลาเดินเครื่องจักรจริง / เวลาทำงานที่ควรทำได้)

ตัวอย่าง เครื่องจักรเครื่องหนึ่งมีเวลาทำงานทั้งหมดสัปดาห์ละ 48 ชั่วโมง ในช่วง 1 สัปดาห์เครื่องจักรนี้ มีเวลาหยุดตามแผน 6 ชั่วโมง มีเวลาสูญเสียจากเครื่องจักรหยุด 3 ชั่วโมง จงหาอัตราการเดินเครื่องของเครื่องจักรนี้ในหนึ่งสัปดาห์

$$\begin{aligned}
 \text{เวลาบริการงาน} &= \text{เวลาทั้งหมด} - \text{เวลาหยุดตามแผน} \\
 &= 48 - 6 \\
 &= 42 \text{ ชั่วโมง} \\
 \text{เวลาเดินเครื่อง} &= \text{เวลาบริการงาน} - \text{เวลาสูญเสียจากเครื่องจักรหยุด} \\
 &= 42 - 3 \\
 &= 39 \text{ ชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราการใช้เครื่อง} &= \text{เวลาเดินเครื่อง} / \text{เวลารับภาระงาน} \\
 &= 39 / 42 \\
 &= 92.85\%
 \end{aligned}$$

2. ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency)

เวลาเดินเครื่องและเวลารับภาระงานจะไม่เท่ากัน ถ้าหากเกิดความสูญเสียที่ทำให้เครื่องหยุดทำงาน และยังมีความสูญเสียที่ทำให้เครื่องเสียดังของเครื่อง ซึ่งทำให้เวลาเดินเครื่องที่น้อยอยู่แล้วเหลือน้อยลงไปอีก เรียกว่า เวลาเดินเครื่องสุทธิ วิธีการคิดค่าประสิทธิภาพในการเดินเครื่องหาได้จากสูตร

PERFORMANCE = Total Time in Cycle / Total Scheduled Runtime (เวลาที่เดินเครื่องและได้ทำงานจริง/เวลาที่เดินเครื่องจักรจริง)

การคำนวณประสิทธิภาพการเดินเครื่องบางครั้งไม่สามารถคำนวณได้โดยตรง เนื่องจากมีความสูญเสียบางอย่างที่ไม่สามารถจับเวลาได้ แต่ทำให้เครื่องเสียดัง เช่น ไฟตก เครื่องเดินไม่เรียบ เครื่องสะดุด เป็นต้น เวลามาตรฐานในการทำงานต่อชิ้นสามารถช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ เพราะถ้ามีเวลามาตรฐาน ก็จะสามารถทราบเวลาที่เครื่องเดินควรผลิตงาน ได้กี่ชิ้น และสามารถผลิตชิ้นงานได้จริงทั้งหมดกี่ชิ้น

ตัวอย่าง เวลาทำงานของเครื่องจักรเครื่องหนึ่ง หลังจากมีการหักเวลาหยุดตามแผนและหักเวลาสูญเสียที่ทำให้เครื่องต้องหยุดทำงานแล้ว สุดท้ายเครื่องจักรมีเวลาจริงๆ เพียงแค่ 50 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ แต่ในขณะที่ทำงานตลอดสัปดาห์มีเวลาสูญเสียจากเครื่องเสียดังรวมกันแล้ว 8 ชั่วโมง จงหา ประสิทธิภาพการเดินเครื่องของเครื่องจักรเครื่องนี้ใน 1 สัปดาห์

$$\begin{aligned}
 \text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ} &= \text{เวลาเดินเครื่อง} - \text{เวลาสูญเสียจากเครื่องเสียดัง} \\
 &= 50 - 8 \\
 &= 42 \text{ ชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} &= \text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ} / \text{เวลาเดินเครื่อง} \\
 &= 42 / 50 \\
 &= 84\%
 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง เครื่องจักรเครื่องหนึ่งมีเวลามาตรฐานในการผลิตชิ้นงานเท่ากับ 0.036 ชั่วโมงต่อชิ้น ใน 1 วันมีเวลาเดินเครื่อง 6 ชั่วโมง และทำการผลิตได้ 140 ชิ้น จงหาประสิทธิภาพการเดินเครื่องของเครื่องจักรเครื่องนี้

$$\begin{aligned}
 \text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จริง} &= 40 \text{ ชิ้น} \\
 \text{จำนวนชิ้นงานที่ควรผลิตได้ตามเวลามาตรฐาน} &= \text{เวลาเดินเครื่อง} / \text{เวลามาตรฐานต่อชิ้น} \\
 &= 6 / 0.036 \\
 &= 166 \text{ ชิ้น} \\
 \text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} &= \text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จริง} / \text{จำนวนชิ้นงาน} \\
 &\quad \text{ที่ควรผลิตได้ตามเวลามาตรฐาน} \\
 &= 140 / 166 \\
 &= 84.33\%
 \end{aligned}$$

3. อัตราคุณภาพ (Quality Rate)

เวลาเดินเครื่องสุทธิตามบางครั้งก็ไม่ได้เกิดมูลค่าทั้งหมด (หมายถึง ผลิตของดีมีคุณภาพ) เพราะเสียเวลาส่วนหนึ่งไปกับการผลิตของเสียหรือเรียกว่า เวลาสูญเสียจากการผลิตของเสีย

QUALITY = good parts / total parts produced (ผลิตภัณฑ์ที่ดีที่ผลิตได้ / ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ทั้งหมด)

การคิดอัตราคุณภาพในบางครั้งไม่สามารถหาได้โดยการใช้สมการดังกล่าว เนื่องจากความยากลำบากในการจับเวลาที่ต้องสูญเสียเวลาไปกับการผลิตงานเสีย แต่สามารถดูความสูญเสียที่ออกมาในรูปของชิ้นงานที่เสียและชิ้นงานที่ต้องนำกลับไปแก้ไข

ตัวอย่าง เครื่องจักรเครื่องหนึ่งมีเวลาเดินเครื่องที่ไม่มีความสูญเสียใดๆ เลยในขณะที่ทำงาน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเวลาเดินเครื่องสุทธิเท่ากับ 40 ชั่วโมงใน 1 สัปดาห์ แต่มีช่วงที่ชิ้นงานออกมาเสียหรือต้องนำกลับไปแก้ไขรวมกันประมาณ 2 ชั่วโมง จงหาอัตราคุณภาพของเครื่องจักรนี้

$$\begin{aligned}
 \text{เวลาเดินเครื่องสุทธิที่เกิดมูลค่า} &= \text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ} - \text{เวลาสูญเสียจากการผลิตของเสีย} \\
 &= 40 - 2 \\
 &= 38 \text{ ชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราคุณภาพ} &= \text{เวลาเดินเครื่องสุทธิที่เกิดมูลค่า} / \text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ} \\
 &= 38 / 40 \\
 &= 95\%
 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง เครื่องจักรเครื่องหนึ่งในหนึ่งวันผลิตชิ้นงานได้ 300 ชิ้น ในบรรดา 300 ชิ้นนี้มีชิ้นงานที่เสียจนไม่สามารถแก้ไขได้จำนวน 45 ชิ้น และสามารถนำกลับไปแก้ไขได้จำนวน 15 ชิ้น จงหาอัตราคุณภาพของเครื่องจักรนี้ในวันดังกล่าว

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราคุณภาพ} &= \frac{\text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ทั้งหมด} - \text{จำนวนชิ้นงานที่เสียและที่ซ่อม}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ทั้งหมด}} \\
 &= 300 - (45 + 15) / 300 \\
 &= 80\%
 \end{aligned}$$

ความสัมพันธ์ของการพิจารณาเครื่องจักรในปัจจัยด้านต่างๆ ทั้งอัตราการเดินเครื่อง ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราคุณภาพโดยดูในภาพรวมที่ OEE สามารถบอกถึงสมรรถนะของโรงงานที่ใช้เครื่องจักรเป็นหลักในกระบวนการผลิต นอกจากนั้น OEE ยังใช้เป็นตัวเลขในการวัดความสำเร็จของโรงงานที่ดำเนินกิจกรรม TPM หรือเรียกได้ว่าการดำเนินกิจกรรม TPM เพื่อเพิ่มค่า OEE

2.3 บทความที่เกี่ยวข้อง

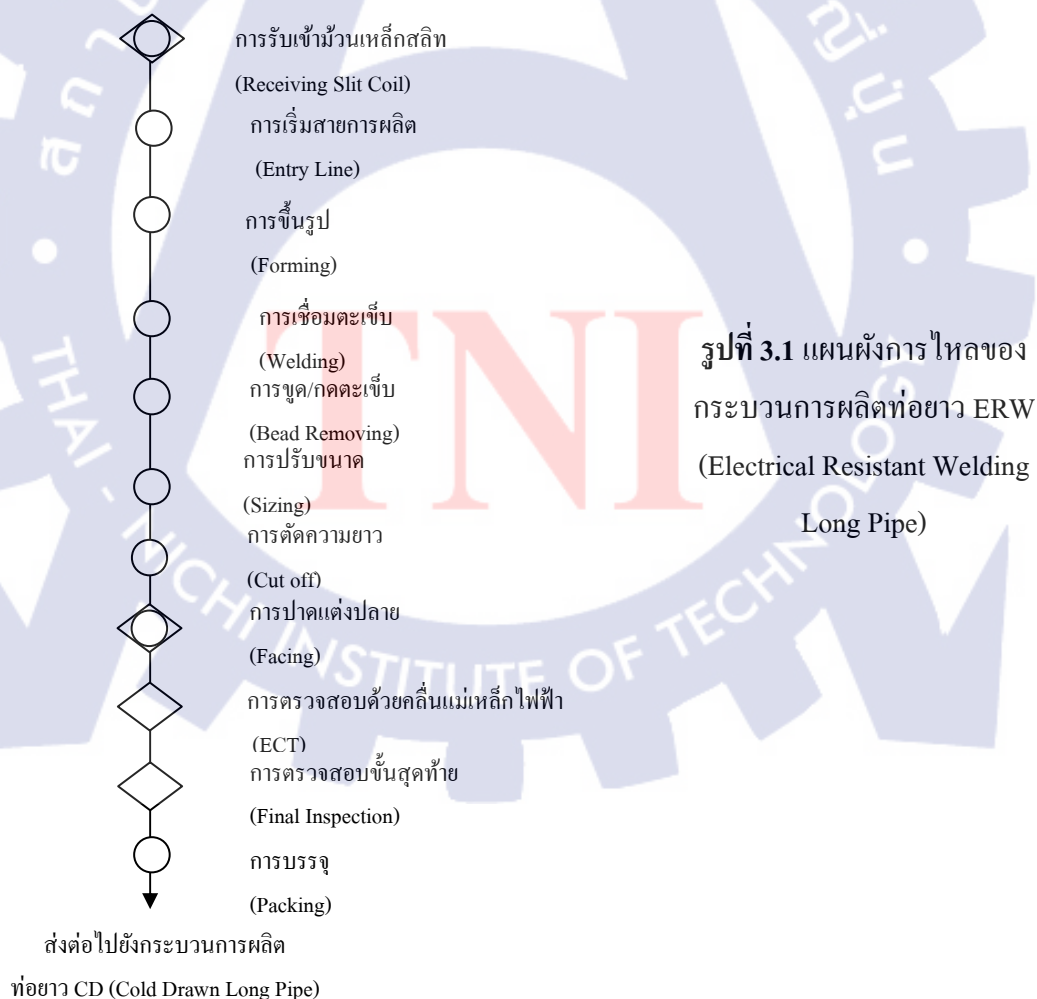
- 1.1 Qc 7 tools, http://203.185.129.39/itpevideo52the_seven_QC_tools.pdf
- 1.2 Statistical Process Control, engineer.rid-1.com/UserFiles/File/km44_3.pdf
- 1.3 ขจรวิทย์ อตวัฒน์, การควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ, วิทยุ ไรน์แลนด์(ประเทศไทย) จำกัด

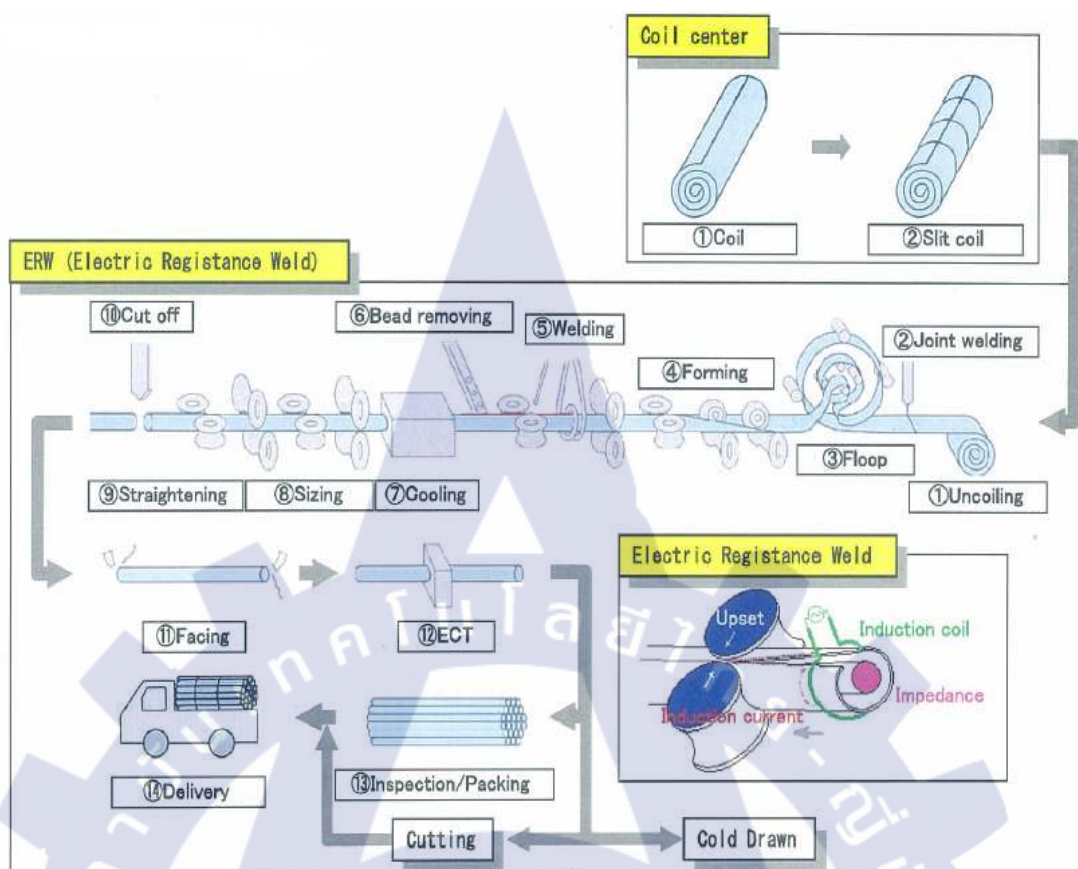
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การศึกษากระบวนการ

จากการศึกษากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ท่อเหล็กนั้น สามารถสรุปได้ทั้งหมด กระบวนการ และสามารถอธิบายด้วยแผนผังการไหล (Flow Chart) ของกระบวนการ และในแต่ละกระบวนการมีการกำหนดหมายเลข ในส่วนของการผลิตจะมีแผนกที่เกี่ยวข้องกับแผนก CS (Cold Drawing Shot Pipe) ได้แก่ แผนกผลิตท่อยาว หรือแผนก ERW (Electric Resistance Weld Long Pipe) และแผนกรีดท่อยาว หรือแผนก CD (Cold Drawing) โดยสามารถอธิบายกระบวนการผลิตทั้ง 3 แผนก

3.1.1 กระบวนการผลิตของแผนก ERW (Electric Resistance Weld Long Pipe)





รูปที่ 3.2 รูปผังการไหลของชิ้นงานในกระบวนการผลิต ERW

3.1.1.1 กระบวนการรับเข้าม้วนเหล็กสลิต (Receiving Slit Coil)

กระบวนการนี้เป็นกระบวนการรับม้วนเหล็กสลิตหรือ Slit Coil ซึ่งได้รับจัดมาจากบริษัทที่รับจ้างตัดม้วนเหล็กหรือ Coil โดยม้วนเหล็กสลิตที่ได้รับมาจะมีขนาดตัดหน้ากว้างและขนาดตามที่กำหนดจากแผนการผลิตของฝ่ายควบคุมการผลิต

3.1.1.2 กระบวนการเริ่มสายการผลิต (Entry Line)

เป็นกระบวนการนำม้วนเหล็กมาคลายออก (Uncoiling) และนำปลายแผ่นเหล็กมาเชื่อมต่อเข้ากับปลายม้วนเหล็กก่อนหน้า (Joint Welding) โดยกระบวนการนี้เป็นกระบวนการเพื่อเก็บสต็อกเหล็กสลิต ทำให้กระบวนการผลิตสามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่อง หลังจากเชื่อมเชื่อมเสร็จเรียบร้อยแล้วแผ่นเหล็กก็เริ่มไหลเข้าสู่กระบวนการในการขึ้นรูป

3.1.1.3 กระบวนการขึ้นรูป (Forming)

เมื่อแผ่นเหล็กจะไหลเข้าสู่กระบวนการขึ้นรูป แผ่นเหล็กจะถูกขึ้นรูปให้กลายเป็นท่อโดยผ่านลูกกลิ้ง (Roller) ซึ่งลูกกลิ้งจะทำหน้าที่ขึ้นรูปแผ่นเหล็กให้ขอบแผ่นเหล็กทั้งสองด้านค่อยๆ โค้งเข้าหากันจนได้ระยะห่างระหว่างขอบแผ่นเหล็กตามที่กำหนด

3.1.1.4 กระบวนการเชื่อมตะเข็บ (Welding)

ในกระบวนการเชื่อมตะเข็บนี้จะเป็นการเชื่อมโดยใช้แรงต้านทานของไฟฟ้า เทคนิคในการเชื่อมลักษณะนี้เรียกว่า Electrical Resistant Welding แผ่นเหล็กที่ถูกขึ้นรูปโค้งจากลูกกลิ้งจะวิ่งผ่านขดลวดทองแดงที่ทำหน้าที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้า และส่งผ่านความร้อนจากขดลวดไปยังแผ่นเหล็กเพื่อทำให้แผ่นเหล็กเกิดความร้อนสูง เมื่อแผ่นเหล็กวิ่งผ่านขดลวดทองแดง จะมีลูกกลิ้ง (Squeeze Roll) ที่ทำหน้าที่คอยบีบอัดปลายขอบแผ่นเหล็กทั้งสองด้านให้หลอมติดเข้าด้วยกัน กลายเป็นท่อและได้ขนาดตามที่กำหนด

3.1.1.5 กระบวนการขูดและกดตะเข็บ (Bead Removing)

หลังจากผ่านกระบวนการเชื่อมตะเข็บแล้ว บริเวณแนวเชื่อม หรือตะเข็บท่อจะเกิดเป็นสันนูนขึ้นด้านในและนอกของท่อเนื่องจากเนื้อเหล็กที่กดเข้าหากัน ดังนั้นจึงมีกระบวนการขูด และกดตะเข็บ ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่าอุปกรณ์ขูด (Cutting Tools) และกดตะเข็บ (Press Tools) โดยด้านนอกจะถูกขูดออกเป็นผิวเรียบตามผิวท่อ ส่วนด้านในจะถูกป้อนส่วนที่นูนทิ้งไว้ หรือทำการขูดและกดตะเข็บใน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของลูกค้า นั้น ๆ

3.1.1.6 กระบวนการปรับขนาด (Sizing)

หลังกระบวนการขูด และกดตะเข็บท่อ ท่อจะวิ่งผ่านชุดลูกกลิ้งเพื่อปรับขนาดของท่อให้ได้ค่าความเผื่อ (Tolerance) ตามที่กำหนด และกระบวนการนี้สามารถเปลี่ยนรูปทรงของท่อจากทรงกลม ให้เป็นท่อนี่เหลี่ยม หรือท่อรูปไข่ โดยการเปลี่ยนรูปทรงจะขึ้นอยู่กับลักษณะของลูกกลิ้งที่ใช้

3.1.1.7 กระบวนการตัดความยาว (Cut off)

เมื่อขึ้นรูปได้ท่อตามขนาดที่ลูกค้าต้องการแล้ว ต่อมาจะเป็นกระบวนการตัดความยาวตามขนาดที่กำหนด ซึ่งจะทำการตัดโดยใช้ใบมีดกระแทก (Press Cut) ให้ท่อขาดออกจากกัน

3.1.1.8 กระบวนการปาดแต่งปลาย (Facing)

ปลายท่อหลังจากการตัดจะคม ปลายจะไม่ค่อยเรียบ หรือจะเกิดกริบบขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการลบความคมและกริบบออก ซึ่งในกระบวนการปาดแต่งปลายท่อนี้มีอุปกรณ์ในการตัดแต่งประกอบไปด้วยใบมีด 3 ใบ คือใบมีดสำหรับปาดด้านหน้า ใบมีดสำหรับปาดด้านใน และใบมีดสำหรับปาดด้านนอกติดอยู่กับแท่นมีด โดยวิธีการตัดแต่นั้น แท่นมีดจะวิ่งเข้าไปที่ปลายท่อแล้วหมุนเพื่อให้ใบมีดปาดหน้าปลายท่อเพื่อลบกริบบออก

3.1.1.9 กระบวนการตรวจสอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ECT)

การตรวจสอบด้วยกระแสแม่เหล็กวน หรือ Eddy Current Testing ใช้การทดสอบได้กับโลหะเท่านั้น โดยหลักการทำงานของ Eddy Current Testing มีส่วนประกอบหลักได้แก่ ขดลวดกระตุ้น (Excitation Coil) และขดลวดรับ (Receiver Coil) ในขดลวดกระตุ้นซึ่งวางตั้งฉากกับผิวท่อ เมื่อมีกระแสสลับไหลในขดลวด ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กมีทิศทางตั้งฉากกับผิวท่อ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำ (Induce) สนามแม่เหล็กเกิดเป็นกระแสไฟฟ้าไหลเป็นวงกลมล้อมรอบสนามแม่เหล็ก ซึ่งกระแสแม่เหล็กวนนี้จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กวิ่งกลับทิศทางตั้งฉากกับผิวอีกทีหนึ่ง และเมื่อสนามแม่เหล็กนี้ผ่านเข้าไปในขดลวดรับ (Receiver Coil) การเหนี่ยวนำก็จะเกิดขึ้น ทำให้ขดลวดรับสามารถรับสัญญาณไฟฟ้าได้ รอยร้าวหรือตำหนิบนผิวท่อจะส่งผลให้ขดลวดรับสัญญาณไฟฟ้าเปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่งชี้ให้เห็นถึงการพบสิ่งบกพร่องของท่อได้

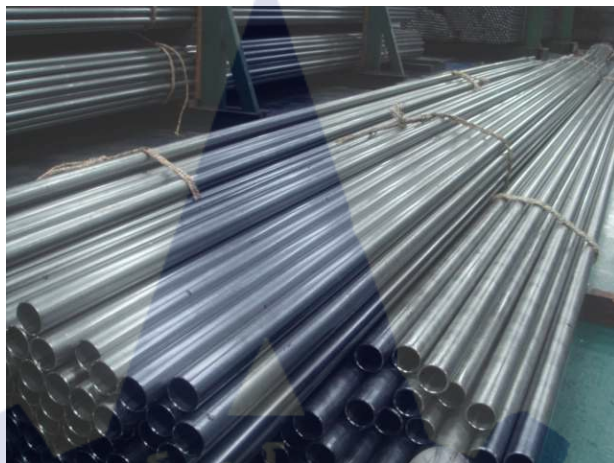
3.1.1.10 กระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Final Inspection)

ในกระบวนการนี้ ผู้ตรวจสอบ (Inspector) จะทำหน้าที่สุ่มวัดขนาดท่อ และตรวจสอบสภาพผิวให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ก่อนทำการบรรจุ

3.1.1.11 กระบวนการบรรจุ (Packing)

พนักงานจะทำการบรรจุท่อตามมาตรฐานการบรรจุที่กำหนด โดยจำนวนที่บรรจุลงใน Packing ทางแผนก PC (Production Control) หรือแผนกควบคุมการผลิตจะส่งแผนการจัดส่งให้กับพนักงาน

3.1.2 ลักษณะผลิตภัณฑ์ของแผ่น ERW



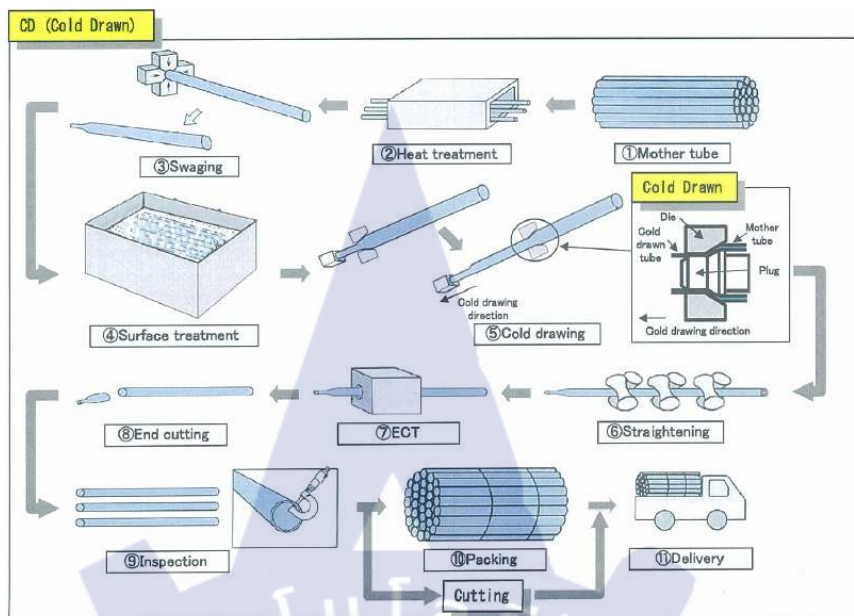
รูปที่ 3.3 ชิ้นงานสำเร็จรูปท่อยาว ERW

3.1.3 กระบวนการฝ่ายผลิตของแผ่น CD (Cold Drawing Long Pipe)



รูปที่ 3.4 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตท่อยาว CD (Cold Drawing Long Pipe)

ส่งต่อไปยังกระบวนการผลิต
ท่อสั้น CD (Cold Drawn Short Pipe)



รูปที่ 3.5 รูปผังการไหลของกระบวนการผลิตท่อ CD

3.1.3.1 กระบวนการอบความร้อน (Heat Treatment)

เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติและโครงสร้างของเหล็กได้ตามที่ต้องการ

3.1.3.2 กระบวนการบีบปลายท่อ (Swaging)

กระบวนการนี้เป็นการเครื่องจักรบีบปลายท่อด้านหนึ่ง เพื่อให้ตัวจับยึดท่อ (Grip) ในกระบวนการรีดลดขนาดแบบเย็นสามารถจับยึดปลายท่อได้

3.1.3.3 กระบวนการปรับสภาพผิว (Surface Treatment)

ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการรีดลดขนาดแบบเย็น จะต้องทำการปรับสภาพของผิวท่อโดยใช้สารเคมี ซึ่งในกระบวนการนี้จะมีบ่อสารเคมีเพื่อนำเหล็กจุ่มลงในสารเคมีหรือสารหล่อลื่น ทำให้ผิวท่อมีความลื่นสามารถนำไปทำการรีดลดขนาดได้ง่าย โดยสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการจะประกอบด้วยกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการกัดสนิมและทำความสะอาดผิวท่อก่อนที่จะทำการเคลือบผิวด้วยสารเคมีหรือสารหล่อลื่น สังกะสีฟอสเฟตจะทำหน้าที่ในการยึดเกาะผิวท่อเพื่อให้สารหล่อลื่นเคลือบผิวท่อได้ดีขึ้น หรือทำหน้าที่ในการทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารเคมี เพื่อให้เกิดสารหล่อลื่นหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “สบู่โลหะ” (Metal Soap) สารปรับสภาพเป็นกลางของผิว

ท่อหรือสะพาน และสารเคมีที่ทำหน้าที่ในการหล่อลื่น ทั้งนี้ลำดับของการจุ่มหรือชนิดของสารเคมีที่ใช้ขึ้นอยู่กับประเภท และการใช้งานของท่อแต่ละขนาด

3.1.3.4 กระบวนการรีดลดขนาดแบบเย็น (Cold Drawing)

ในกระบวนการนี้จะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักสองชนิด ได้แก่ Die และ Plug ซึ่งทำหน้าที่ในการรีดลดขนาดให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ โดย Die จะทำหน้าที่ในการควบคุมขนาดความโตนอก และ Plug จะทำหน้าที่ในการควบคุมขนาดความโตใน และในแต่ละขนาดของท่อจะมีตำแหน่งในการติดตั้ง Die และ Plug ที่ต่างกันไป

3.1.3.5 กระบวนการดัดตรง (Straightening)

หลังจากที่ท่อผ่านกระบวนการดึงเย็น ท่อที่ได้ออกมาจะมีขนาดความยาวมากขึ้นเนื่องจากถูกรีดลดขนาด และส่งผลให้ท่อมีความโก่งงอ ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการที่ปรับแต่งท่อให้ตรง โดยกระบวนการนี้จะใช้ลูกกลิ้งในการปรับแต่งความตรง หลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการเช็ครอยร้าวหรือตำหนิบนผิวท่อ เพื่อดักจับท่อที่ผิดปกติคัดแยกออกจากท่อดีโดยใช้การตรวจสอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ECT)

3.1.3.6 กระบวนการตัดปลายท่อ (End Cutting)

เป็นกระบวนการตัดปลายท่อบริเวณด้านที่บีบปลายออก และอาจรวมถึงตัดปลายอีกข้างเพื่อให้ได้ขนาดความยาวตามที่กำหนด

3.1.3.7 กระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Final Inspection)

ในกระบวนการนี้ผู้ตรวจสอบ (Inspector) จะทำหน้าที่สุ่มวัดขนาดท่อ และตรวจสอบสภาพผิวให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด รวมถึงความแข็งแรงของตะเข็บโดยการทดสอบแบบทำลายก่อนทำการบรรจุ

3.1.3.8 กระบวนการบรรจุ (Packing)

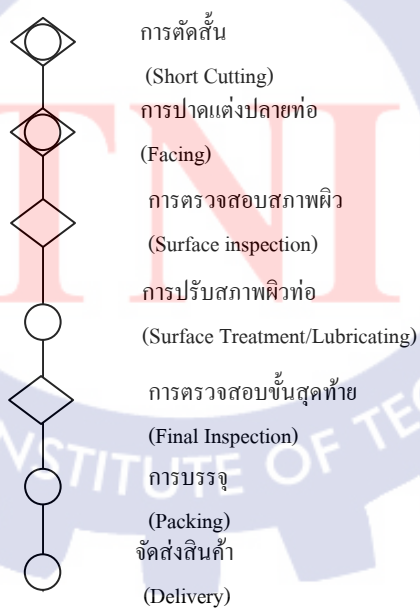
พนักงานจะทำการบรรจุท่อตามมาตรฐานการบรรจุที่กำหนด โดยจำนวนที่บรรจุลงใน Packing ทางแผนก PC (Production Control) หรือแผนกควบคุมการผลิตจะส่งแผนการจัดส่งให้กับพนักงาน

3.1.4 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ของแผนก CD



รูปที่ 3.6 ชิ้นงานสำเร็จรูปท่อยาว CD

3.1.5 กระบวนการฝ่ายผลิตของแผนก CS (Cold Drawing Shot Pipe)



รูปที่ 3.7 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตท่อสั้น CD (Cold Drawing Shot Pipe)

3.1.5.1 กระบวนการตัดสั้น (Short Cutting)

เป็นกระบวนการตัดให้ได้ตามความยาวตามมาตรฐานตามที่ลูกค้ากำหนด โดยเครื่องตัดที่ใช้จะเป็นใบมีดตัดแบบใบเลื่อยวงเดือน (Circular saw)

3.1.5.2 กระบวนการปาดแต่งปลายท่อ (Facing)

เป็นกระบวนการลบความคม และครีบบริเวณปลายท่อ โดยประกอบไปด้วยใบมีด 3 ใบ คือใบมีดสำหรับปาดด้านหน้า ใบมีดสำหรับปาดด้านใน และใบมีดสำหรับปาดด้านนอกเพื่อลบครีบ และความคมออกจากบริเวณปลายท่อ

3.1.5.3 กระบวนการตรวจสอบสภาพผิว (Surface Inspection)

พนักงานตรวจสอบสภาพผิวจะทำการตรวจสอบความยาวและสภาพผิว 100 เปอร์เซ็นต์ทุกท่อนเพื่อทำการคัดแยกท่อเสียออกก่อนจัดส่งไปยังกระบวนการถัดไป

3.1.5.4 กระบวนการปรับสภาพผิวท่อ (Surface Treatment/Lubricating)

เป็นกระบวนการชุบสารเคมีเพื่อให้ผิวท่อมีความลื่น ทำให้ลูกค้าสามารถนำท่อไปขึ้นรูปได้ง่าย

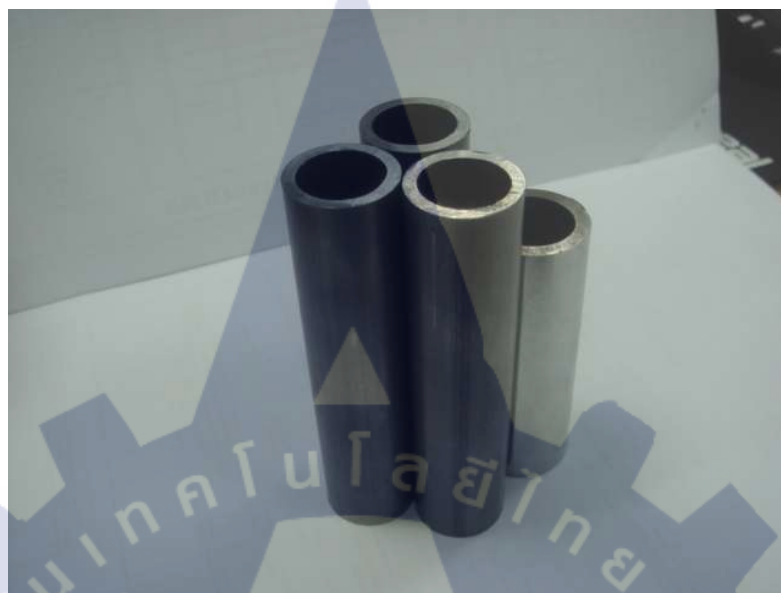
3.1.5.5 กระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Final Inspection)

ในกระบวนการนี้ ผู้ตรวจสอบ (Inspector) จะทำหน้าที่วัดขนาดท่อ และตรวจสอบสภาพผิวให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ก่อนทำการบรรจุ โดยการวัดผู้ตรวจสอบจะใช้วิธีการสุ่มตรวจท่อ

3.1.5.6 กระบวนการบรรจุ (Packing)

พนักงานจะทำการบรรจุท่อตามมาตรฐานการบรรจุที่กำหนด โดยจำนวนที่บรรจุลงใน Packing ทางแผนก PC (Production Control) หรือแผนกควบคุมการผลิตจะส่งแผนการจัดส่งให้กับพนักงาน

3.1.6 ลักษณะของชิ้นงานแผ่น CS (Cold Drawing Shot Pipe)



รูปที่ 3.8 ชิ้นงานสำเร็จรูปท่อสั้น CD

3.2 การศึกษาและวัดประสิทธิภาพผลของเครื่องจักร

ในกระบวนการผลิตของบริษัทอุตสาหกรรมท่อเหล็ก จำกัด เครื่องจักรบางเครื่องมีประสิทธิภาพที่ต่ำ เมื่อดำเนินการผลิตชิ้นงานทำให้เกิดชิ้นงานที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด ไม่ได้คุณภาพตามที่กำหนด และไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า ทำให้ต้องมีกระบวนการซ่อมแซม แก้ไขของข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์นั้นเกิดขึ้น ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทางด้านเวลาการทำงานของพนักงาน ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น เวลาเดินเครื่องที่สูญเปล่า และบางชิ้นไม่สามารถแก้ไขหรือซ่อมแซมได้เกิดเป็นของเสียทำให้เกิดต้นทุนที่ไม่จำเป็น ในกระบวนการตัดของท่อสั้น CD เครื่องตัดในกระบวนการนั้นมีจำนวน 12 เครื่อง โดยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรนั้นจะได้อาจมาจากพนักงานประจำเครื่อง ซึ่งผู้บันทึกจะบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มตามที่กำหนด ในรายละเอียดของการบันทึกจะมีทั้งชื่อที่ผลิต จำนวนที่ผลิต วันที่ผลิต ค่าที่ได้จากการวัด จำนวนของเสียที่เกิดขึ้น รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นที่ทำให้เครื่องจักรต้องหยุดเดินเครื่อง เช่น การซ่อมบำรุง การปรับตั้งเครื่อง ปรับปรุงแก้ไขเมื่อเกิดปัญหา เป็นต้น ส่งผลให้เวลาการทำงานของเครื่องจักรทำงานจริงนั้นน้อยลง ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรก็ลดลง และชิ้นงานที่ถูกตัดออกมาได้ตามข้อกำหนด โดยสามารถดูได้จากตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการตัดของท่อสั้น CD ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2553

เครื่องตัด	อัตราการใช้ เดินเครื่อง	ประสิทธิภาพการ เดินเครื่อง	อัตราคุณภาพ	% การทำงานของ เครื่องจักร
Shinkoh-1	97.81%	62.05%	98.60%	59.84%
Amada-1	98.29%	88.06%	99.93%	86.49%
Amada-2	98.59%	99.39%	99.93%	97.92%
F-1	98.78%	76.91%	99.95%	75.93%
F-2	98.83%	62.40%	99.98%	61.66%
F-3	99.85%	60.12%	99.95%	60.00%
F-5	98.41%	63.06%	99.74%	61.90%
F-6	98.71%	41.90%	97.16%	40.18%
P-6	98.22%	56.06%	99.83%	54.97%
Tsune-2	98.59%	62.16%	99.87%	61.20%
Tsune-3	98.86%	73.13%	99.97%	72.28%
Tsune-4	99.01%	88.63%	99.98%	87.73%

ที่มา : ข้อมูลจากแผนกวางแผนของบริษัท

จากตารางที่ 3.1 แสดงถึงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) แต่ละเครื่องในกระบวนการตัดท่อสั้น CD ทำให้ทราบว่าเครื่องจักรที่มีประสิทธิผลน้อยที่สุดคือเครื่อง F-6 ซึ่งมีค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเท่ากับร้อยละ 1.31 สาเหตุที่ทำให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรต่ำเกิดจากค่าประสิทธิภาพของเครื่องจักร (Performance) ต่ำ ส่งผลทำให้ชิ้นงานที่ถูกลดผลิตนั้นไม่ได้

คุณภาพเกิดเป็นของเสีย มูลค่าที่เกิดขึ้นจากของเสียในกระบวนการสามารถดูได้จากตารางที่ 3.2 ซึ่งเป็นข้อมูลของกระบวนการตัดท่อสั้น CD โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลจากปี 2553

ตารางที่ 3.2 มูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการตัดสั้นของท่อสั้น CDระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553

เดือน	จำนวนการผลิต (ท่อน)	จำนวนของดี (ท่อน)	จำนวนของเสีย (ท่อน)	สูญเสีย (บาท)
มกราคม	1,108,821	1,106,311	2,510	125,500
กุมภาพันธ์	871,772	869,370	2,402	120,100
มีนาคม	1,083,959	1,081,355	2,604	130,200
เมษายน	930,157	927,705	2,452	122,600
พฤษภาคม	1,093,581	1,091,235	2,346	117,300
มิถุนายน	1,257,697	1,254,593	3,104	155,200
รวม	6,345,987	6,330,569	15,418	770,900

ที่มา : ข้อมูลจากแผนกประกันคุณภาพ และแผนกวางแผนของบริษัท

จากตารางที่ 3.2 ทำการรวบรวมข้อมูลของเสียจากกระบวนการตัดสั้นของท่อสั้น CD ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 พบจำนวนของเสีย 15,418 ท่อน จากจำนวนการผลิตทั้งหมด 6,345,987 ท่อน คิดเป็นมูลค่าของของเสียเท่ากับ 770,900 บาท ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักร F-6 สามารถแสดงได้ตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากเครื่อง F-6 ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2553

เดือน	จำนวนของเสีย (ท่อน)	%ของเสีย
มกราคม	982	13.86%
กุมภาพันธ์	1,221	17.24%
มีนาคม	1,163	16.24%
เมษายน	1,320	18.63%
พฤษภาคม	1,043	14.72%
มิถุนายน	1,355	19.13%
รวม	7,084	100%

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าเครื่องตัดท่อสั้นในกระบวนการตัดท่อสั้น CD จำนวน 12 เครื่อง เครื่องตัด F-6 มีค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรที่ต่ำกว่าเครื่องอื่นๆ จากปัญหาที่ส่งผลทำให้เครื่อง F-6 มีค่าประสิทธิผลของเครื่องต่ำนั้นจึงได้มีความสนใจที่จะศึกษาปัญหาของสาเหตุที่ทำให้ค่าประสิทธิผลต่ำ รวมถึงวิธีการแก้ไขที่ทำให้ค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเพิ่มขึ้น เพื่อให้เครื่องจักรนั้นผลิตของเสียน้อยลง รวมถึงลดเวลาสูญเสียเปล่าของเครื่องจักรให้น้อยลง

การวิเคราะห์ประสิทธิผลของเครื่อง F-6 โดยวิธีการเก็บข้อมูลจะเก็บจากบันทึกประจำวันจากฝ่ายโรงงาน เช่น จำนวนชิ้นงานที่ตัด ของเสียที่เกิด สาเหตุที่เกิดของเสีย เวลาที่เดินเครื่องตัด รวมถึงเวลาที่เครื่องตัดหยุดทำงาน และบอกถึงสาเหตุที่เครื่องหยุดทำงาน จากข้อมูลเหล่านี้สามารถสรุป

สมรรถนะของเครื่องตัด F-6 ได้ดังตารางที่ 3.4 แสดงประสิทธิภาพของเครื่อง F-6 ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม ปี 2552

ตารางที่ 3.4 แสดงประสิทธิภาพของเครื่อง F-6 ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2553

เดือน	จำนวนที่ผลิต	เวลาที่เดินเครื่อง	เวลาที่หยุดเครื่อง	รอบเวลา งาน	ประสิทธิภาพ การเดินเครื่อง
มกราคม	64,622	315.50	5.00	10.00	57.81%
กุมภาพันธ์	43,705	278.00	4.20	10.00	44.34%
มีนาคม	40,666	298.50	6.33	10.00	38.66%
เมษายน	25,691	211.50	2.20	10.00	34.10%
พฤษภาคม	42,043	335.86	2.18	10.00	35.00%
มิถุนายน	59,698	403.14	3.42	10.00	41.49%
รวม	276,425	1842.50	23.33		
เฉลี่ย	46,071	307.08	3.89	10	41.90%

เมื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพของเครื่องจักรในตารางที่ 3.4 ทำให้ทราบว่าค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่องของเครื่อง F-6 เฉลี่ยในแต่ละเดือนมีค่าประสิทธิภาพที่ต่ำ สาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพที่ต่ำจะเก็บข้อมูลจากใบแจ้งซ่อมจากพนักงาน สอบถามจากพนักงานประจำเครื่อง และหัวหน้างาน โดยจำนวนความถี่ที่เกิดขึ้นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.5 ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน

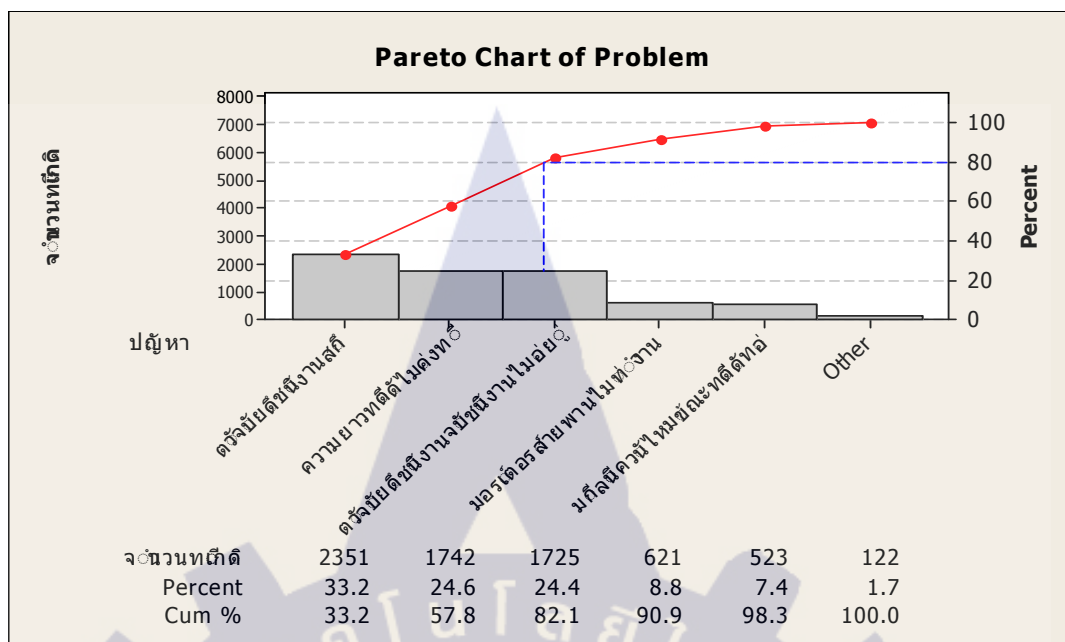
ตารางที่ 3.5 จำนวนความถี่ของปัญหาที่เกิดขึ้นของเครื่อง F-6 ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือน มิถุนายน ปี 2553

ปัญหา	จำนวนที่เกิด (ท่อน)	% จากจำนวนทั้งหมด
ตัวจับยึดชิ้นงานลึก	2,351	33.19%
ตัวจับยึดชิ้นงานจับชิ้นงานไม่อยู่	1,725	24.35%
ความยาวที่ตัดไม่คงที่	1,742	24.59%
มอเตอร์สายพานไม่ทำงาน	621	8.77%
มีกลิ่นควันไหม้ขณะที่ตัดท่อ	523	7.38%

ตารางที่ 3.6 จำนวนความถี่ของปัญหาที่เกิดขึ้นของเครื่อง F-6 ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือน มิถุนายน ปี 2553(ต่อ)

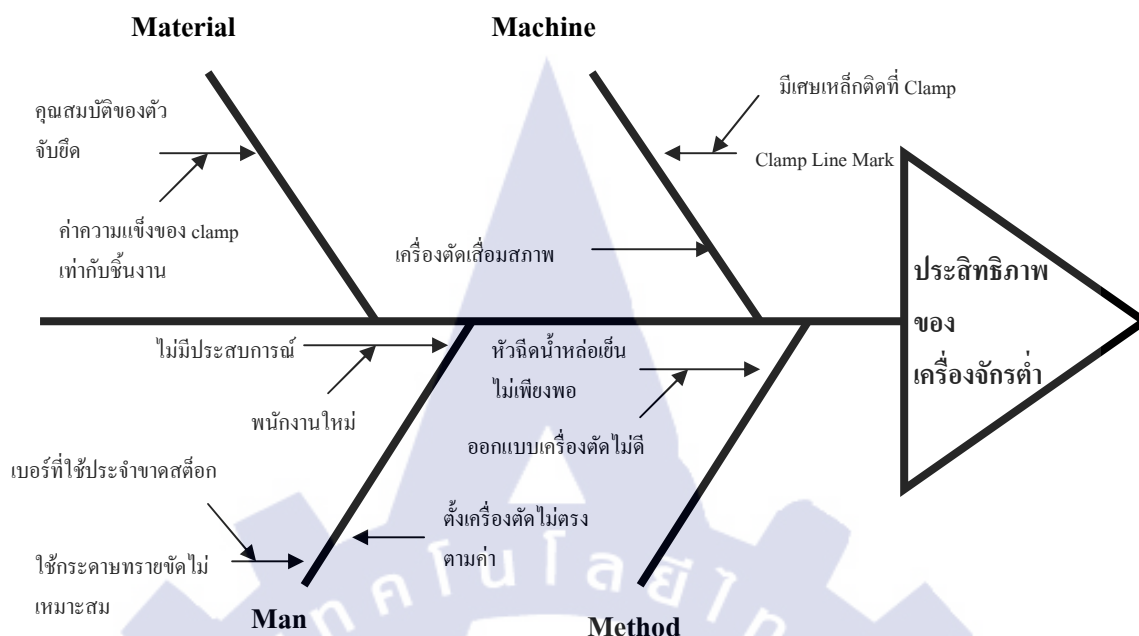
ปัญหา	จำนวนที่เกิด (ท่อน)	% จากจำนวนทั้งหมด
เนื้อยึดแท่นตัดเกลียวหวาน	122	1.72%
รวม	7,084	100.00%

จากตารางที่ 3.6 แสดงถึงจำนวนปัญหาที่เกิดขึ้น รวมถึงแสดงเปอร์เซ็นต์ของแต่ละปัญหาจาก ปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด โดยจากการเก็บข้อมูลดังกล่าวนี้สามารถนำไปทำเป็นแผนผังพาเรโตได้ดัง รูปที่ 3.6 ซึ่งจะทำให้เราสามารถเลือกปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครื่องจักรนำมา แก้ไขก่อน โดยวิธีการเลือกปัญหาใช้แผนผังพาเรโตในการเลือกปัญหาที่จะนำมาแก้ไขนั้น จะนำ หลักการ 80-20 เข้ามาใช้ในการเลือกปัญหา



รูปที่ 3.9 แผนผังพาเรโตจำนวนการเกิดและเปอร์เซ็นต์ของปัญหาที่เกิดขึ้น

ในรูปที่ 3.7 แผนผังพาเรโตได้จำนวนการเกิดและเปอร์เซ็นต์ของปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้ทราบปัญหาที่ต้องนำมาแก้ไขก่อน บริเวณที่เกิดของปัญหาส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ตัวจับยึดชิ้นงาน (Clamp) คือ ตัวจับยึดชิ้นงานเกิด Line Mark ตัวจับยึดชิ้นงานจับชิ้นงานไม่อยู่ และความยาวที่ตัดไม่คงที่ ทั้ง 3 ปัญหาคิดเป็นร้อยละ 82.22 ส่วน 3 ปัญหาที่เหลือคิดเป็นร้อยละ 17.9 ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด จึงนำปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดต่อต้น CD ของเครื่อง F-6 เป็นข้อมูลในการนำไปวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 3.10 แสดงสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นกับตัวจับยึดชิ้นงาน

หลังจากที่ทราบปัญหาที่ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรต่ำแล้ว ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลจากปี 2552 จากสาเหตุหลักนั้นได้ใช้แผนผังก้างปลาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุย่อย โดยพบว่าสาเหตุหลักที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 สาเหตุหลัก คือ

1. สาเหตุที่เกิดขึ้นจากคน (Man)
2. สาเหตุที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักร (Machine)
3. สาเหตุที่เกิดขึ้นจากวิธีการ (Method)
4. สาเหตุที่เกิดขึ้นจากวัตถุดิบ (Material)

จากสาเหตุหลักเหล่านั้นได้ทำการเลือกสาเหตุเพื่อที่จะนำมาแก้ไขปรับปรุงได้แก่

1. สาเหตุที่เกิดขึ้นจากคน

สาเหตุส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นจากคนนั้นมีสาเหตุมาจากพนักงานที่ปฏิบัติงานบางเครื่องเป็นพนักงานใหม่ซึ่งพนักงานยังไม่มีความชำนาญในการทำงาน ทำให้เวลาการปรับตั้งตัวจับยึดอาจมีความคลาดเคลื่อนหรือใช้เวลาในการปรับเครื่องนาน และอีกสาเหตุหนึ่งการใช้กระดาษทรายขัดตัวจับยึดนั้นใช้กระดาษทรายไม่เหมาะสมกับตัวจับยึดงาน คือ ใช้กระดาษทรายที่มีความละเอียดมาก

มาขัด ซึ่งการใช้ความละเอียดของกระดาษทรายไม่เหมาะสมนั้นส่งผลให้ตัวจับยึดชิ้นงานสึกเร็วกว่าปกติ

2. สาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักร

สาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักรนั้นส่วนใหญ่เกิดจากความเสื่อมสภาพของเครื่องตัด และความเสื่อมสภาพของตัวจับยึด สาเหตุที่ทำให้ตัวจับยึดมีความเสื่อมสภาพเร็วนั้นมีหลายสาเหตุ เช่น ในระหว่างการตัดต่อเศษเหล็กที่เกิดจากการตัดกระเด็นไปเข้าไปในตัวจับยึดชิ้นงาน เมื่อมีการสะสมของเศษเหล็กที่ติดอยู่บริเวณตัวจับยึดมากขึ้น เวลาทำความสะอาดเศษเหล็กที่ติดอยู่จะแข็งและแน่น เนื่องจากเวลาตัดต่อเศษเหล็กถูกอัดแน่นตอนตัวจับชิ้นงานจับท่อ ซึ่งเวลาขัดเศษเหล็กต้องใช้กระดาษทรายที่มีความละเอียดมากมาขัด หรือต้องออกแรงในการขัดมากทำให้บางส่วนที่ถูกขัดสึกตามไป

3. สาเหตุที่เกิดจากวิธีการ

จากสาเหตุมีเศษเหล็กติดอยู่ที่ตัวจับยึดของสาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักร เมื่อมีการปรับตั้งเครื่องใหม่เพื่อเปลี่ยนขนาดหรือปรับค่าการตัด ไม่มีการทำความสะอาดบริเวณตัวจับยึด หรือในระหว่างการตัดมีหัวฉีดน้ำหล่อเย็นไม่เพียงพอ ซึ่งบริเวณที่มีหัวฉีดน้ำหล่อเย็นจะอยู่บริเวณตรงที่ตัดท่อเพื่อลดความร้อนที่เกิดจากการเสียดสี

4. สาเหตุที่เกิดขึ้นจากวัตถุดิบ

สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนขนาดของตัวบอย และอีกสาเหตุหนึ่งเกิดขึ้นจากการเสียดสีระหว่างท่อกับตัวจับยึดชิ้นงานจึงทำให้ตัวจับยึดนั้นเกิดความสึกเร็วกว่าปกติ

จากการวิเคราะห์สาเหตุที่เกิดขึ้นต่างๆ จะทำการประเมินว่าสาเหตุใดมีจำนวนความถี่ที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง โดยการศึกษาสาเหตุดังกล่าวจะทำการเก็บข้อมูลจากพนักงานประจำเครื่อง หัวหน้างาน หัวหน้าฝ่าย และจากบันทึกของพนักงาน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.3

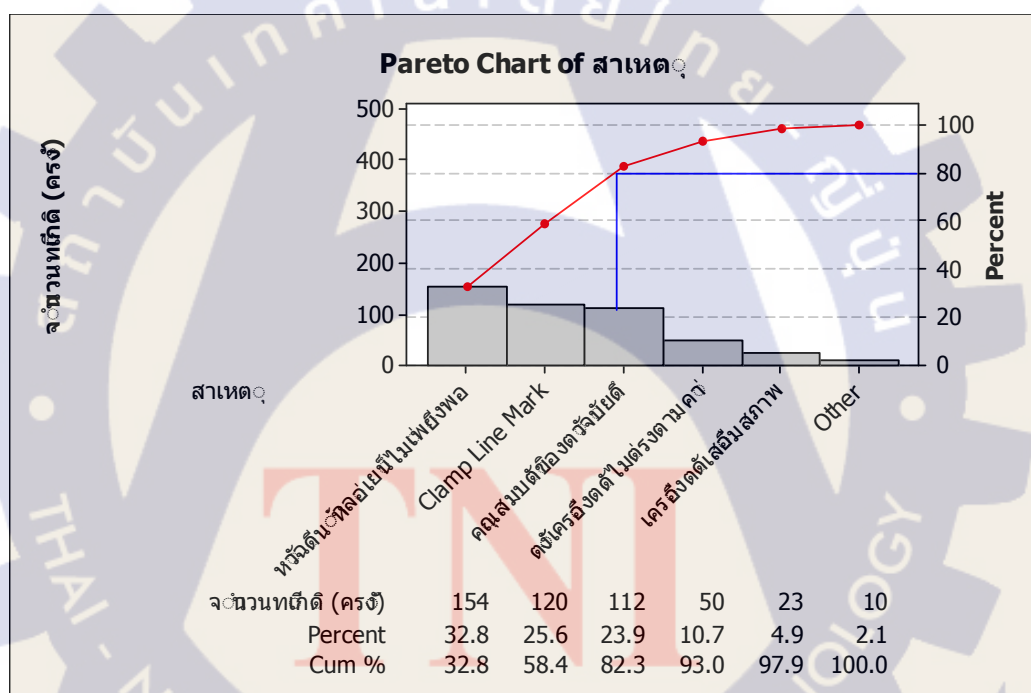
ตารางที่ 3.7 จำนวนการเกิดของแต่ละสาเหตุ ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2553

สาเหตุ	จำนวนที่เกิด (ครั้ง)	% จากจำนวนทั้งหมด
เครื่องตัดเสื่อมสภาพ	23	4.90%
Clamp Line Mark	120	25.59%
ใช้กระดาษทรายขัดไม่เหมาะสม	10	2.11%
ตั้งเครื่องตัดไม่ตรงตามค่า	50	10.66%
หัวฉีดน้ำหล่อเย็นไม่เพียงพอ	154	32.84%

ตารางที่ 3.7 จำนวนการเกิดของแต่ละสาเหตุ ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2553 (ต่อ)

สาเหตุ	จำนวนที่เกิด (ครั้ง)	% จากจำนวนทั้งหมด
คุณสมบัติของตัวจับยึด	112	23.88%
รวม	469	100.00%

จากตารางที่ 3.7 แสดงถึงจำนวนความถี่ที่เกิดของแต่ละสาเหตุ ข้อมูลที่ได้เหล่านี้จะนำไปทำเป็นแผนผังพาเรโต ได้ เพื่อดูความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นนำมาแก้ไขโดยการเลือกปัญหานั้นจะนำหลักการ 80-20 เข้ามาช่วยในการตัดสินใจ



รูปที่ 3.11 แผนผังแสดงถึงความสำคัญของสาเหตุ

จากแผนผังพาเรโตได้และใช้หลักการ 80-20 ดังรูปที่ 3.11 โดยสาเหตุที่สำคัญมี 2 สาเหตุ คือ หัวฉีดน้ำหล่อเย็นไม่เพียงพอ และไม่คอยทำความสะอาดตัวจับยึด ซึ่งทั้ง 2 สาเหตุนี้เป็นสาเหตุที่เกี่ยวข้องกันกล่าวคือ เศษเหล็กของชิ้นงานที่ตัดกระเด็นอยู่บริเวณตัวจับยึด เมื่อเศษเหล็กติดอยู่ที่ตัวจับยึดนั้น ไม่ได้ถูกทำความสะอาด หรือไม่มีตัวฉีดล้างเศษเหล็กทำให้เศษเหล่านี้นติดอยู่ที่บริเวณตัว

จับยึด หลังจากเลือกสาเหตุที่จะแก้ไขลงมือปฏิบัติแก้ไขสาเหตุที่ทำให้เครื่องตัด F-6 นั้นมีประสิทธิภาพที่ต่ำ

3.2.1 การวัดประสิทธิภาพก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

ในส่วนของการดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงประสิทธิภาพนี้ ได้ทำการเข้าไปศึกษาและวิเคราะห์หวั้วิธีการแก้ปัญหาตัวจับยึดชิ้นงานให้ยึดอายุการใช้งานที่มากขึ้นรวมไปถึงการลดเวลาการปรับเปลี่ยน จึงต้องทำการจับประเด็นทางด้านปัญหาเพื่อไม่ทำให้การวิเคราะห์เกิดความผิดพลาด โดยจับประเด็นในแต่ละเรื่องดังนี้

1. ปัญหาหัวฉีดน้ำหล่อเย็นไม่เพียงพอ

โดยรวมแล้วปัญหาส่วนใหญ่ที่ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรต่ำเกิดขึ้นที่บริเวณตัวจับยึดชิ้นงาน สาเหตุที่เกิดขึ้นนั้นเนื่องจากมีเศษเหล็กติดอยู่บริเวณตัวจับยึด ซึ่งเศษเหล็กที่ติดอยู่นั้นเป็นเศษที่เกิดจากการตัดต่อเหล็กกระเด็นเข้าตัวจับยึด ในระหว่างกระบวนการตัดนั้นไม่มีหัวฉีดน้ำหล่อเย็นล้างเศษเหล็กที่กระเด็นไปเกาะติดบริเวณตัวจับยึด บริเวณที่มีการฉีดน้ำหล่อเย็นจะฉีดบริเวณตำแหน่งที่ตัดต่อกับตัวจับยึดแต่หัวฉีดน้ำหล่อเย็นมีเพียงท่อเดียว ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 บริเวณที่มีหัวฉีดน้ำหล่อเย็น

2. ปัญหาตัวจับยึดเสื่อมสภาพ

ทางด้านตัวจับยึดมีปัญหาที่เสื่อมสภาพก่อนอายุการใช้งานเกิดจากสาเหตุต่างๆ เช่น มีการเปลี่ยนขนาดของท่อที่ตัดบ่อย เกิดจากการเสียดสีระหว่างท่อกับกับตัวจับยึด หรือมีปัญหาในเรื่องมีเศษเหล็กกระเด็นเข้าไปในตัวจับยึด ซึ่งเศษเหล็กที่กระเด็นเข้าไปนั้นทำให้ตัวจับยึดเป็นรอยทำให้ต้องมีการขัดตัวจับยึดเพื่อไม่ให้ชิ้นงานนั้นเกิดรอยมาร์คที่ชิ้นงาน เนื่องจากการขัดตัวจับยึดบ่อย หรือมีการเปลี่ยนขนาดบ่อยทำให้ตัวจับยึดชิ้นงานมีความบางลง และเมื่อตัวจับยึดบางลงเวลาจับยึดชิ้นงานในขณะที่ส่งชิ้นงานเข้าเครื่องหรือขณะตัดไม่สามารถจับยึดชิ้นงานได้พอดี

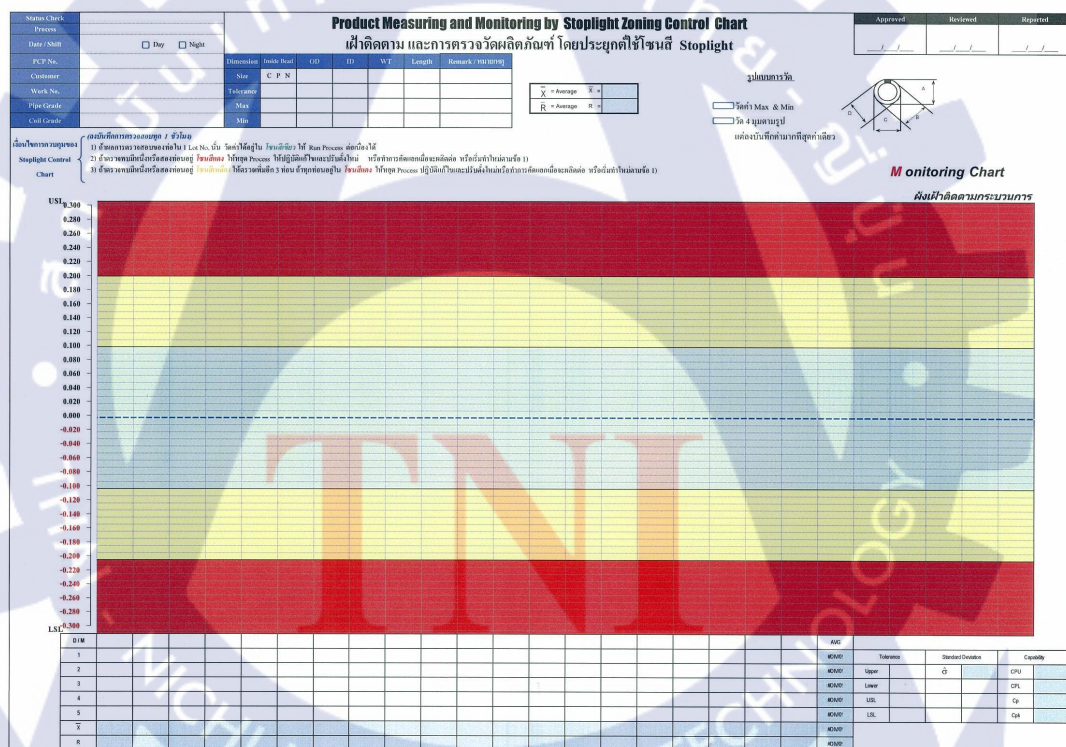
3. ปัญหาความแข็งแรงของตัวจับยึด

จากปัญหาตัวจับยึดเสื่อมสภาพ เนื่องจากตัวจับยึดนั้นทำมาจากเหล็ก และค่าความแข็งแรงค่าความแข็งของตัวจับยึดนั้นมีค่าความแข็งเท่ากับท่อเหล็กที่นำมาตัด ทำให้เวลาตัวจับยึดเคลื่อนที่นำชิ้นงานเข้าสู่เครื่องตัด บริเวณที่ตัวจับยึดสัมผัสกับชิ้นงานนั้นเกิดการเสียดสีส่งผลให้บริเวณที่เกิดการเสียดสีของตัวจับยึดเกิดการสึกหลอ



รูปที่ 3.13 บริเวณที่สึกของตัวจับชิ้นงาน

ในการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่อง F-6 วิธีการปฏิบัติจะเก็บข้อมูลจากการวัดความยาวของชิ้นงานที่ถูกตัด โดยการเลือกชิ้นงานจะสุ่มจาก WI (Work In-process) จำนวน 100 ท่อน สาเหตุที่ทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน 100 ท่อน มาวัดความยาวเพื่อนำมาเป็นข้อมูล โดยก่อนที่จะทำการเก็บข้อมูลจำนวน 100 ท่อนนั้นจะมีการตั้งค่าเครื่องจักรให้อยู่ในค่ากลางโดยจะทำการทดลองตัดท่อจำนวน 5 ท่อนเพื่อดูค่าความยาวของท่อที่ตัดออกมาว่าอยู่ในค่าหรือไม่ซึ่งจะมีแบบฟอร์มในการบันทึกค่าเพื่อดูว่าอยู่ในค่าติดตั้งหรือไม่คือ Stop Light Sheet หรือ Control Chart ดังรูปที่ 3.14 ในการเก็บข้อมูลมีแบบฟอร์มที่ใช้ในการบันทึกจะมีแบบฟอร์มที่ใช้บันทึกสามารถดูได้จากรูปที่ 3.15 ซึ่งแบบฟอร์ม Stop Light Sheet จะนำมาใช้บันทึกบริเวณหน้างานกับเครื่องจักรที่เกิดปัญหาบ่อย หรือชิ้นงานที่ถูกกำหนดขนาดที่ต้องการความละเอียดที่ค่อนข้างมาก จึงนำแบบฟอร์มนี้เข้ามาช่วยในการตรวจสอบว่าเครื่องจักรนั้นยังผลิตขนาดชิ้นงานตามอยู่ในข้อกำหนดของลูกค้าหรือไม่



รูปที่ 3.14 แบบฟอร์มการบันทึก Stop Light

หลังจากได้ค่าตามที่กำหนดแล้ว ทำการตัดต่อจำนวน 100 ท่อน โดยเครื่องจะทำงานต่อเนื่องจนครบ 100 ท่อน ในการเก็บข้อมูลมีแบบฟอร์มที่ใช้บันทึกสามารถดูได้จากรูปที่ 3.15

Data Sheet for Process Performance Index

ใบบันทึกข้อมูลสำหรับดัชนีวัดผลสมรรถนะของกระบวนการ

Machine Name or No. : _____
 Process No. : _____
 Production Date : _____
 Customer : _____
 Production Name : _____

Product Characteristics in General

OD(A)	ID(B)	IB	WT	Length

Product Characteristics Data				
Item	☐ OD	☐ ID	☐ WT	☐ LENGTH
1			26	
2			27	
3			28	
4			29	
5			30	
6			31	
7			32	
8			33	
9			34	
10			35	
11			36	
12			37	
13			38	
14			39	
15			40	
16			41	
17			42	
18			43	
19			44	
20			45	
21			46	
22			47	
23			48	
24			49	
25			50	

Product Characteristics Data				
Item	☐ OD	☐ ID	☐ WT	☐ LENGTH
51			76	
52			77	
53			78	
54			79	
55			80	
56			81	
57			82	
58			83	
59			84	
60			85	
61			86	
62			87	
63			88	
64			89	
65			90	
66			91	
67			92	
68			93	
69			94	
70			95	
71			96	
72			97	
73			98	
74			99	
75			100	

Reported By : _____

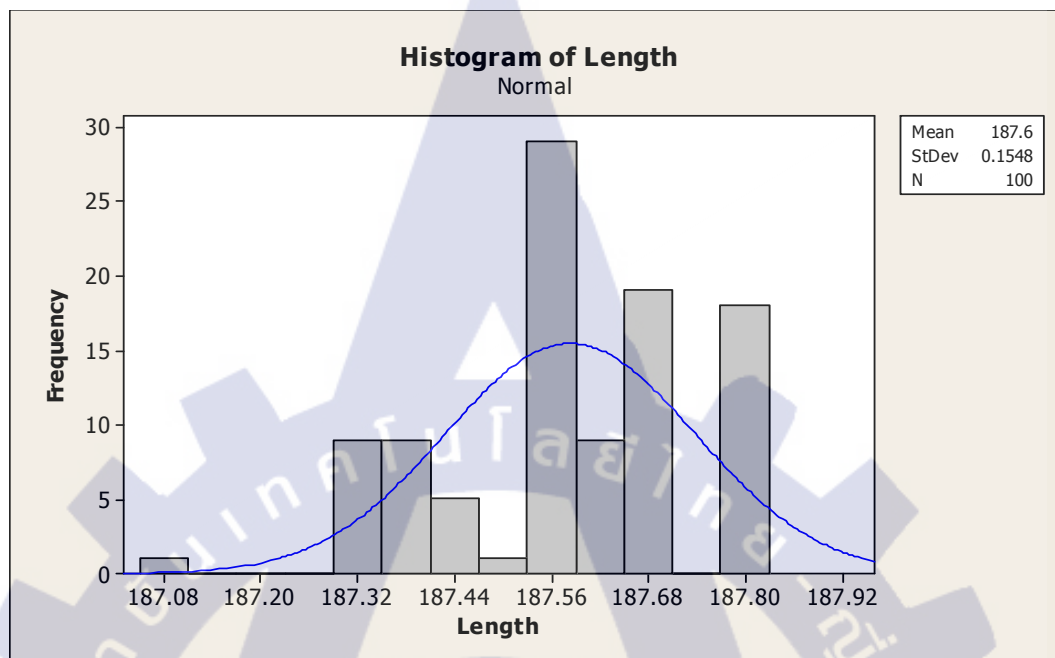
รูปที่ 3.15 แบบฟอร์มที่ใช้บันทึกข้อมูลการสุ่มตัวอย่างจำนวน 100 ตัวอย่าง

เนื่องจากเป็นมาตรฐานของบริษัทที่กำหนดขึ้น ท่อที่จะทำการเก็บข้อมูลจากการสุ่ม คือ ท่อขนาดความยาว 187.25 mm. และมีค่าความเผื่อ ± 0.5 mm. ซึ่งค่าความยาวที่ได้สามารถดูได้จากตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.8 แสดงค่าความยาวของท่อตัวอย่างก่อนการปรับปรุงจำนวน 100 ท่อน

ลำดับที่	ความยาว	ลำดับที่	ความยาว	ลำดับที่	ความยาว	ลำดับที่	ความยาว
1	187.50	26	187.50	51	187.50	76	187.88
2	187.46	27	187.30	52	188.00	77	187.72
3	187.46	28	187.52	53	187.38	78	187.26
4	187.44	29	187.56	54	187.86	79	187.46
5	187.70	30	187.66	55	187.28	80	187.26
6	187.10	31	187.70	56	187.82	81	187.16
7	187.46	32	187.42	57	187.40	82	187.34
8	187.46	33	187.70	58	187.66	83	187.58
9	187.54	34	187.94	59	187.82	84	187.54
10	187.58	35	187.68	60	187.46	85	187.60
11	187.32	36	187.92	61	187.72	86	187.56
12	187.66	37	187.66	62	187.66	87	187.76
13	187.56	38	187.56	63	187.90	88	187.42
14	187.56	39	187.70	64	187.72	89	187.50
15	187.78	40	187.52	65	188.10	90	187.20
16	187.38	41	187.86	66	187.72	91	187.66
17	187.60	42	187.66	67	187.82	92	187.74
18	187.82	43	187.96	68	187.32	93	187.74
19	187.58	44	187.06	69	187.68	94	187.80
20	187.70	45	187.06	70	187.76	95	187.64
21	187.66	46	187.46	71	187.56	96	187.66
22	187.58	47	187.30	72	187.50	97	187.50
23	187.42	48	187.18	73	187.86	98	187.40
24	187.54	49	187.02	74	187.30	99	187.20
25	187.40	50	187.26	75	187.70	100	187.80

หลังจากเก็บข้อมูลจากการวัดได้ค่าความยาวจำนวน 100 ท่อน จะนำข้อมูลที่ได้ไปจัดทำกราฟฮิสโตแกรมเพื่อการศึกษาความสามารถของกระบวนการ ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.16 กราฟฮิสโตแกรมของความยาวของชิ้นงาน

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 3.4 มาทำการเขียนกราฟฮิสโตแกรมดังรูปที่ 3.14 จะพบว่ากราฟที่ได้นั้นมีรูปลักษณะคล้ายฟันปลา และสังเกตได้ว่ามีข้อมูลบางส่วนที่ไม่เกาะกลุ่มเนื่องจากข้อมูลที่ไม่เกาะกลุ่มนั้นเป็นข้อมูลค่าความยาวไม่ได้ค่าตามที่กำหนด สาเหตุที่ข้อมูลหลุดจากค่าที่กำหนดนั้นมีปัญหาเกิดขึ้นที่ตัวจับยึด เนื่องจากการจับยึดไม่ค่อยดีส่งผลให้ค่าความยาวที่ตัดนั้นได้ค่าที่ไม่คงที่ หรือทำให้ความยาวที่ตัดนั้นต่ำกว่าหรือมากกว่าค่าความยาวที่กำหนดไว้ โดยจากปัญหาดังกล่าวนี้นี้ทำให้ต้องมีการเปลี่ยน ซ่อมบำรุง และทำความสะอาดตัวจับยึดบ่อย เวลาการทำงานของเครื่องจักรก็น้อยลง หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทำกราฟฮิสโตแกรมมาคำนวณเพื่อวัดความสามารถของเครื่อง F-6 ความสามารถในการผลิตเป็นอย่างไร โดย

$$\bar{X} = \sum fx / \sum f$$

$$= 187.6$$

และ

$$S = \sqrt{\left[\sum f x^2 - \frac{(\sum f x)^2}{\sum f} \right] / (\sum f - 1)}$$

$$= 0.15$$

ดังนั้น

$$C_p = \frac{(USL - LSL)}{6S}$$

$$= \frac{(187.75 - 186.75)}{(6 \times 0.223)}$$

$$= 0.747$$

$$C_{pk} = \min \left[\frac{(USL - \bar{X})}{3S}; \frac{(\bar{X} - LSL)}{3S} \right]$$

$$= \min \left[\frac{(187.75 - 187.6)}{3 \times 0.223}; \frac{(187.6 - 186.75)}{3 \times 0.223} \right]$$

$$= \min [0.244; 1.271]$$

$$= 0.244$$

จากการคำนวณค่า C_p และ C_{pk} ทำให้ทราบถึงสมรรถนะของเครื่อง F6 เมื่อดูจากค่าที่คำนวณออกมามีค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐาน โดยด้านศักยภาพของเครื่องเครื่องจักรค่า C_p ต่ำว่า 1 คือ 0.747 และค่าสมรรถนะของเครื่องจักร C_{pk} ต่ำกว่า 1.33 คือ 0.244 ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดที่จะทำการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องตัด F6 ของกระบวนการตัดสั้นท่อ CD โดยการหาวิธีป้องกัน และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับตัวจับยึด เพื่อให้เวลาในการทำงานของเครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น ตัดชิ้นงานได้มากขึ้น และลดเวลาการซ่อมบำรุงให้น้อยลง

3.2.2 การวัดประสิทธิภาพหลังการปรับปรุงกระบวนการ

จากปัญหาที่กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมาสามารถนำมาแก้ปัญหาได้ดังนี้

1. การแก้ปัญหาหัวฉีดน้ำหล่อเย็นไม่เพียงพอ

จากรูปที่ 3.12 บริเวณที่ไม่ได้ถูกฉีดน้ำหล่อเย็นนั้นอาจมีเศษเหล็กที่เกิดขึ้นจากการตัดยังตกค้างอยู่ โดยวิธีการแก้ปัญหาคือเพิ่มหัวฉีดน้ำหล่อเย็นอีกด้านเพื่อฉีดน้ำหล่อเย็นให้เศษเหล็กไม่

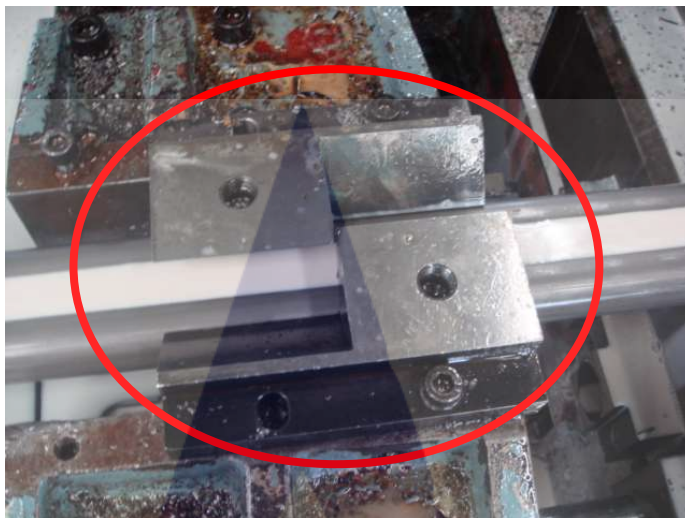
ติดค้าง ดังรูปที่ 3.15 การที่เพิ่มหัวฉีดนั้นสามารถช่วยยืดอายุการใช้งานของตัวจับยึดที่มีปัญหาในเรื่องตัวจับยึดชิ้นงานสึกเร็ว



รูปที่ 3.17 บริเวณที่เพิ่มสายหัวฉีดน้ำหล่อเย็น

2. การแก้ปัญหาตัวจับชิ้นงานสึกและเสื่อมสภาพเร็ว

ในเรื่องของปัญหาตัวจับยึดชิ้นงานสึกและเสื่อมสภาพเร็วเป็นสาเหตุที่เกี่ยวข้องกัน โดยเนื่องจากการต้องมีการขัดตัวจับยึดเพราะเกิดการสึกบ่อทำให้ตัวจับยึดนั้นมีอายุการใช้งานที่น้อย ซึ่งวิธีการแก้ปัญหานั้นก็นำตัวจับยึดนั้นไปชุบแข็ง ทำให้ลดการเสียดสีของระหว่างตัวจับยึดชิ้นงานและชิ้นงานน้อยลง ดังรูปที่ 3.16



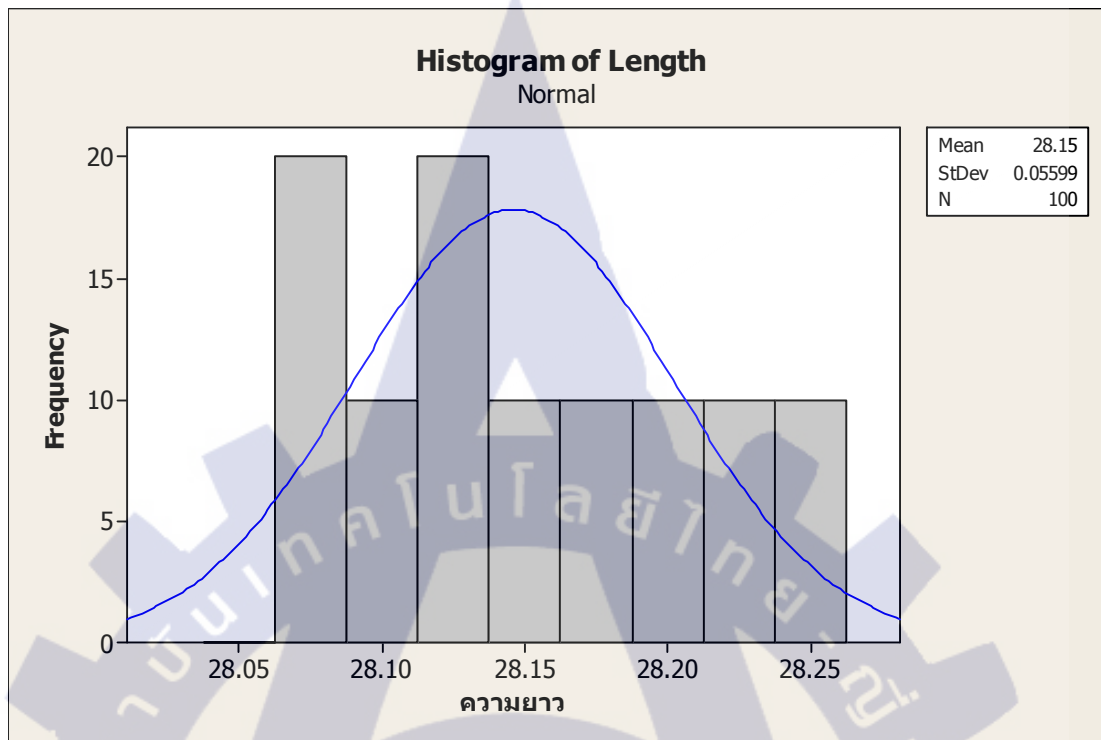
รูปที่ 3.18 ลักษณะที่ตัวจับยึดชิ้นงานที่ถูกชุบแข็งแล้ว

จากการที่ได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวของเครื่องตัด F-6 แล้ว ได้ทดลองทำการผลิตโดยใช้วิธีการผลิตที่ได้ทำการปรับปรุงและทำการเก็บข้อมูลที่ได้จากการตัดสั้น ในการเก็บข้อมูลจะเก็บข้อมูลจากความยาวที่ตัดและนำข้อมูลที่ได้มาจัดทำเป็นฮิสโตแกรม ซึ่งการในการวัดนั้นจะเหมือนกับก่อนการปรับปรุงประสิทธิภาพคือ จะสุ่มชิ้นงานจาก WI (Work In-process) โดยจะสุ่มเก็บข้อมูลขนาดความยาว 28.0 mm มีค่าความเผื่อ ± 0.5 จำนวน 100 ท่อ ซึ่งจะทำให้เหมือนกับการเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงสามารถดูได้จากตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.9 แสดงค่าความยาวของท่อตัวอย่างหลังการปรับปรุงจำนวน 100 ท่อน

ลำดับที่	ความยาว	ลำดับที่	ความยาว	ลำดับที่	ความยาว	ลำดับที่	ความยาว
1	28.13	26	28.08	51	28.08	76	28.09
2	28.12	27	28.15	52	28.14	77	28.19
3	28.24	28	28.1	53	28.13	78	28.02
4	28.07	29	28.2	54	28.16	79	28.17
5	28.08	30	28.17	55	28.19	80	28.11
6	28.22	31	27.98	56	28.2	81	28.11
7	28.15	32	28.21	57	28.16	82	28.18
8	28.09	33	28.09	58	28.2	83	28.16
9	28.17	34	28.09	59	28.14	84	28.18
10	28.19	35	28.13	60	28.11	85	28.17
11	28.06	36	28.12	61	28.2	86	28.05
12	28.18	37	28.2	62	28.19	87	28.18
13	28.02	38	28.06	63	28.02	88	28.11
14	28.01	39	28.09	64	28.01	89	28.15
15	28.18	40	28.16	65	28.15	90	28.02
16	28.15	41	28.19	66	28.1	91	28.14
17	28.09	42	28.14	67	28.18	92	28.03
18	28.12	43	28.16	68	28.13	93	28.18
19	28.11	44	28.19	69	28.06	94	28.05
20	28.03	45	28.15	70	28.17	95	28.14
21	28.09	46	28.1	71	28.06	96	28.2
22	28.01	47	28.18	72	28.1	97	28.03
23	28.17	48	28.21	73	28.23	98	28.1
24	28.17	49	28.22	74	28.21	99	28.16
25	28.24	50	28.22	75	28.14	100	28.11

จากข้อมูลตารางที่ 3.5 นำข้อมูลที่ได้จากการวัดชิ้นงานทั้งหมด 100 ท่อน มาจัดทำกราฟฮิสโตแกรม



รูปที่ 3.19 กราฟฮิสโตแกรมของความยาวของชิ้นงาน

หลังจากที่ได้ทำการเก็บข้อมูลจำนวน 100 ท่อน จะนำข้อมูลที่ได้ไปจัดทำกราฟฮิสโตแกรม และทำการศึกษาความสามารถของกระบวนการ โดยดูจากค่า Cp และ Cpk

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{\sum fx}{\sum f} \\ &= 28.13\end{aligned}$$

และ

$$\begin{aligned}s &= \sqrt{\left[\frac{\sum fx^2 - \frac{(\sum fx)^2}{\sum f}}{\sum f - 1} \right]} \\ &= 0.056\end{aligned}$$

ดังนั้น

$$C_p = \frac{(USL - LSL)}{6s}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(28.5 - 27.5)}{(6 \times 0.056)} \\
 &= 2.976 \\
 C_{pk} &= \min \left[\frac{(USL - \bar{X})}{3S}; \frac{(\bar{X} - LSL)}{3S} \right] \\
 &= \min \left[\frac{(28.5 - 28.13)}{(3 \times 0.056)}; \frac{(28.13 - 27.5)}{(3 \times 0.056)} \right] \\
 &= \min [2.202; 3.75] \\
 &= 2.202
 \end{aligned}$$

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการปรับปรุงมาคิดค่าจำนวน Cp และ Cpk เมื่อเทียบจากข้อมูลก่อนการปรับปรุงนั้นศักยภาพและสมรรถนะของเครื่องจักรเพิ่มขึ้น ซึ่งค่า Cp หลังการปรับปรุงมากกว่า 1 คือ 2.976 และค่า Cpk หลังการปรับปรุงมากกว่า 1.67 คือ 2.202 จากค่าที่ได้นี้แสดงให้เห็นถึงเครื่องตัด F6 มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยสามารถดูได้จากตารางที่ 4.3

ตารางที่ 3.10 แสดงประสิทธิภาพของเครื่องจักร F6 หลังการปรับปรุง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนสิงหาคม ปี 2553

เดือน	จำนวนที่ ผลิต	เวลาที่ เดินเครื่อง	เวลาที่หยุด เครื่อง	รอบเวลายาน	ประสิทธิภาพ การเดินเครื่อง
กรกฎาคม	69210	335.86	2.18	10	57.62%
สิงหาคม	82126	395.26	2.22	10	58.04%
รวม	151336	731.12	4.40	20	115.66%
เฉลี่ย	75668	365.56	2.2	10	57.83%

จากตารางที่ 3.6 แสดงให้เห็นถึงค่าประสิทธิภาพหลังการปรับปรุงของเครื่อง F-6 ที่เพิ่มขึ้นเมื่อค่าประสิทธิภาพของเครื่องจักรเพิ่มส่งผลให้ค่าคุณภาพและค่าประสิทธิผลของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเนื่องจากการที่เครื่องจักรนั้นมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ทำให้เครื่องจักรสามารถมีความสามารถในการตัดเพิ่มขึ้นและของเสียที่เกิดจากการตัดลดน้อยลง สามารถดูได้จากตารางที่ 3.7 และตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.10 แสดงประสิทธิผลของเครื่องจักร F-6 หลังการปรับปรุง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึง เดือนสิงหาคม ปี 2553

เดือน	อัตราเดินเครื่อง	ประสิทธิภาพ	อัตราคุณภาพ	OEE
กรกฎาคม	99.35%	57.62%	98.92%	56.62%
สิงหาคม	99.44%	58.04%	99.11%	57.20%
เฉลี่ย	99.39%	57.83%	99.02%	56.91%

จากตารางที่ 4.4 วิธีการคำนวณของทั้ง 3 ค่า คือ อัตราการเดินเครื่อง, ประสิทธิภาพของเครื่องจักร และอัตราคุณภาพ สามารถแสดงวิธีคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราการเดินเครื่อง} &= \frac{(\text{เวลาทั้งหมด} - \text{เวลาที่สูญเสีย})}{\text{เวลาทั้งหมด}} \\
 &= \frac{335.86 - 2.18}{335.86} \\
 &= 0.9935 \approx 99.35\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ประสิทธิภาพของเครื่องจักร} &= \frac{(\text{รอบเวลาการผลิต} \times \text{จำนวนการผลิตทั้งหมด})}{(\text{เวลาทั้งหมด} - \text{เวลาที่สูญเสีย})} \\
 &= \frac{10 \times 69,210}{(335.86 - 2.18) \times 3,600} \\
 &= 692,100 / 1,201,248 \\
 &= 0.5762 \approx 57.62\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราคุณภาพ} &= \frac{(\text{จำนวนการผลิตทั้งหมด} - \text{จำนวนของเสียทั้งหมด})}{\text{จำนวนการผลิตทั้งหมด}} \\
 &= \frac{69,210 - 746}{69,210}
 \end{aligned}$$

$$= 0.9892 \approx 98.92\%$$

ตารางที่ 3.11 จำนวนและมูลค่าของเสียหลังการปรับปรุง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนสิงหาคม ปี 2553

	จำนวนที่ผลิต	จำนวนของเสีย
ก่อนการปรับปรุง	47,738	1,181
หลังการปรับปรุง	75,668	739

หลังการปรับปรุงประสิทธิภาพจะเห็นได้ว่าค่า OEE ที่ได้โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 56.91 เพิ่มขึ้นจากก่อนการปรับปรุงเท่ากับร้อยละ 40.18 และจำนวนของเสียเฉลี่ยหลังการปรับปรุงเท่ากับ 739 ท่อน จากจำนวนที่ผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 75,668 ท่อน เมื่อเทียบจากจำนวนก่อนการปรับปรุงมีจำนวนที่ลดลง เพื่อต้องการตรวจสอบสัดส่วนของเสียทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงจะใช้หลักการสถิติคือ หลักการการตรวจสอบสมมติฐานซึ่งจะใช้โปรแกรม Minitab เข้ามาช่วยในการตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้น โดยสมมติฐานที่ตั้งขึ้นที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

H_0 = สัดส่วนของเสียก่อนทำการปรับปรุงน้อยกว่าหรือเท่ากับหลังการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ

H_1 = สัดส่วนของเสียก่อนทำการปรับปรุงมากกว่าหลังทำการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	1181	47738	0.024739
2	739	75668	0.009766

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: 0.0149729

95% CI for difference: (0.0134132, 0.0165325)

Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 18.82 P-Value = 0.000

Fisher's exact test: P-Value = 0.000

รูปที่ 3.20 การตรวจสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรม Minitab

จากผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab ดังรูปที่ 4.3 พบว่าค่าของ P-Value = 0.00 ซึ่งค่าที่ได้มีน้อยกว่าระดับนัย 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักความหมายคือ สัดส่วนของของเสียที่เกิดขึ้นก่อนกระบวนการมากกว่าหลังการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงแก้ไขเครื่องจักรประสิทธิภาพของเครื่องตัด F-6 สามารถลดของเสียที่เกิดขึ้นจากการตัดได้



บทที่ 4 สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลภายหลังจากการดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรลดลง ซึ่งได้ทำการปรับปรุงทางด้านเครื่องจักรโดยปรับปรุงในเรื่องการเพิ่มหัวฉีดน้ำหล่อเย็นและตัวจับยึดชิ้นงาน โดยใช้ข้อมูลการเปรียบเทียบอยู่ในช่วงระยะเวลา 6 เดือนหลังจากนั้นเราได้นำข้อมูลต่างๆ มาใช้ในการวิเคราะห์โดยในที่นี้ผลจากข้อมูลเดิมจะอยู่ในช่วงของเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ปี 2553 และข้อมูลที่ทำกรปรับปรุงในเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนสิงหาคม ปี 2553 สามารถเปรียบเทียบได้จากตารางที่ 5.1

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างก่อนการปรับปรุงและหลังปรับปรุง

	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
Cp	0.747	2.976
Cpk	0.244	2.202
ประสิทธิภาพของเครื่องจักร	41.90%	57.83%
จำนวนการผลิต	46,071	75,668
ของเสีย	1,181	739
คุณภาพ	97.16%	99.02%
OEE	40.18%	56.91%

จากการรวมข้อมูลหลังการปรับปรุงสามารถแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของเครื่องจักรเพิ่มมากขึ้นทำให้คุณภาพของชิ้นงานเพิ่มขึ้นคือ เมื่อเครื่องจักรมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้นจำนวนทำให้ผลิตเพิ่มมากขึ้นและของเสียที่เกิดขึ้นจากการตัดลดน้อยลง โดยเมื่อเทียบมูลค่าของเสียเฉลี่ยต่อเดือนก่อนการปรับปรุงกับหลังปรับปรุงจากเดิม 11,810 บาท ลดลงเหลือ 7,390 บาท และจำนวนการผลิตจากเดิม 46,071 ท่อน เพิ่มขึ้น 75,668 ท่อน จากประสิทธิภาพของเครื่องจักรและคุณภาพของชิ้นงาน รวมถึงจำนวนชิ้นงานที่ผลิตออกมาเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถเปรียบเทียบมูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นดูได้จากตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าของเสียโดยเฉลี่ยแต่ละเดือนทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ก่อนการปรับ (บาท)	หลังปรับปรุง (บาท)
59,050	36,950

จากการเปรียบเทียบข้อมูลมูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยในแต่ละเดือนทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังปรับปรุง มูลค่าที่สูญเสียนั้นลดลงเป็นจำนวน 22,100 บาทต่อเดือน

4.2 ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้น

4.2.1 จากการที่ได้ศึกษากระบวนการตัดสั้นของเครื่องตัด F-6 ในแผนกทอสั้น CD หรือแผนก CS ปัญหาที่ทำให้ชิ้นงานเป็นรอยขีดข่วน (OD Line Mark) หรือรอยจิกบริเวณผิวท่อ เกิดขึ้นจากการขนย้ายท่อระหว่างแผนก CD ไปแผนก CS หรือเกิดขึ้นจากแผนก CD ส่งผลให้แผนก CS มีปัญหาในเรื่องที่เกิดขึ้นจากรอยขีดข่วน

4.2.2 พนักงานยังไม่มีประสบการณ์ในการตรวจสอบชิ้นงานระหว่างการผลิต เพราะเป็นพนักงานที่เพิ่งเข้ามาปฏิบัติงานไม่สามารถแยกชิ้นงานที่ตัดออกมาได้ว่าชิ้นงานนั้นเป็นของเสียหรือไม่ และมีชิ้นงานที่ไม่มั่นใจว่าเป็นชิ้นงานที่ได้คุณภาพหรือชิ้นงานที่ผลิตออกมามีความผิดปกติไปจากเดิม ไม่ได้มีการแจ้งหัวหน้าแผนกหรือวิศวกรประกันคุณภาพทราบเรื่องความผิดปกติของชิ้นงานทำให้ชิ้นงานนั้นอาจจะหลุดไปเป็นของเสียในกระบวนการถัดไปหรือเป็นของเสียที่ส่งไปให้ลูกค้า เพราะพนักงานไม่ได้รับการอบรมในเรื่องของการตรวจสอบชิ้นงาน และในเรื่องของระบบการทำงานเพื่อไม่ให้เกิดของเสีย

4.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในโรงงานเพื่อทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรและลดของเสียในกระบวนการของอุตสาหกรรมท่อเหล็ก จำกัด พบว่ามีปัญหาบางประการที่ควรเสนอแนะต่อทางโรงงานเพื่อทำการแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

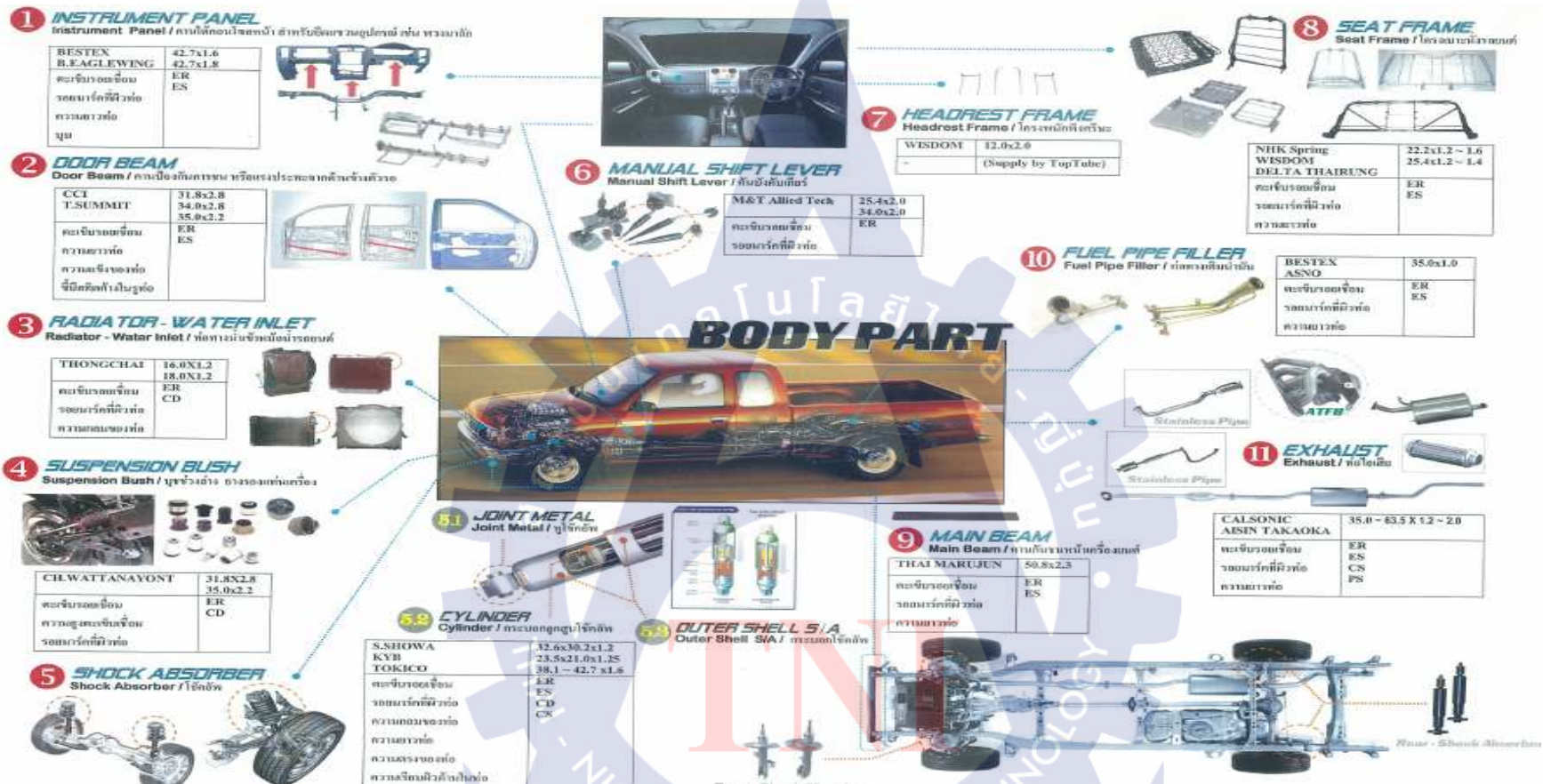
1. ในการเตรียมท่อเพื่อส่งท่อเข้าเครื่องตัดไม่มีการตรวจสอบท่อที่ได้รับจากแผนก CD ว่าท่อที่ได้รับมานั้นมีปัญหาในเรื่องรอยมาร์ค เมื่อนำมาผลิตทำให้เกิดเป็นของเสียจากเครื่องที่ตัด

ท่อนั้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรตัวนั้นต่ำ ดังนั้นจึงควรมีการตรวจสอบ
ท่อที่ได้รับมาก่อนเข้ากระบวนการเพื่อลดปัญหาในเรื่องของเสีย และลดเวลาที่สูญเปล่า

2. ควรมีการจัดอบรมเพื่อให้ความรู้และความเข้าใจแก่พนักงานใหม่ในเรื่องของคุณภาพ และ
วิธีการปฏิบัติงานให้ถูกต้อง รวมไปถึงเมื่อปฏิบัติแล้วส่งได้อย่างไรให้กับตัวพนักงาน เพื่อ
ไม่ให้พนักงานประสบอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการทำงานและเพื่อผลิตชิ้นงานให้เกิดของเสีย
น้อยที่สุด







รูปที่ 1 ลักษณะชิ้นงานที่ลูกค้านำไปขึ้นรูป 1

1 CYLINDER TUBE Cylinder Tube / กระบอกสูบบังคับท้าย

MITSUBOSHI UNISIA JECT	51.5x46.0x2.75 55.0x50.0x2.5 55.5x46.0x2.75
กระบอกสูบบังคับท้าย	ER
ขนาดหน้าสัมผัส	CD
รอยนูนที่หัวข้อ	CS
ความหนาของท่อ	
ความยาวท่อ	
ความหนาของข้อต่อ	
ความหนาผิวด้านในท่อ	
นูน	

2 STEERING SHAFT Steering Shaft / แขนบังคับท้าย

S.NSK	19.1x12.1x3.5 25.4x19.8x2.8
กระบอกสูบบังคับท้าย	ER
ความหนาของข้อต่อ	CD
ขนาดหน้าสัมผัส	CS
รอยนูนที่หัวข้อ	
ความยาวท่อ	

3 SLEEVE Sleeve / แขนบังคับท้าย

MITSUBOSHI	22.0x17.0x2.5
กระบอกสูบบังคับท้าย	ER
ขนาดหน้าสัมผัส	CD
รอยนูนที่หัวข้อ	CS
ความยาวท่อ	

4 SHAFT DUST COVER Shaft Dust Cover / ปกป้องฝุ่นบนเพลาขับเคลื่อน

ASNO	44.0x42.0x1.2
กระบอกสูบบังคับท้าย	ER
ขนาดหน้าสัมผัส	CD
รอยนูนที่หัวข้อ	CS
ความยาวท่อ	

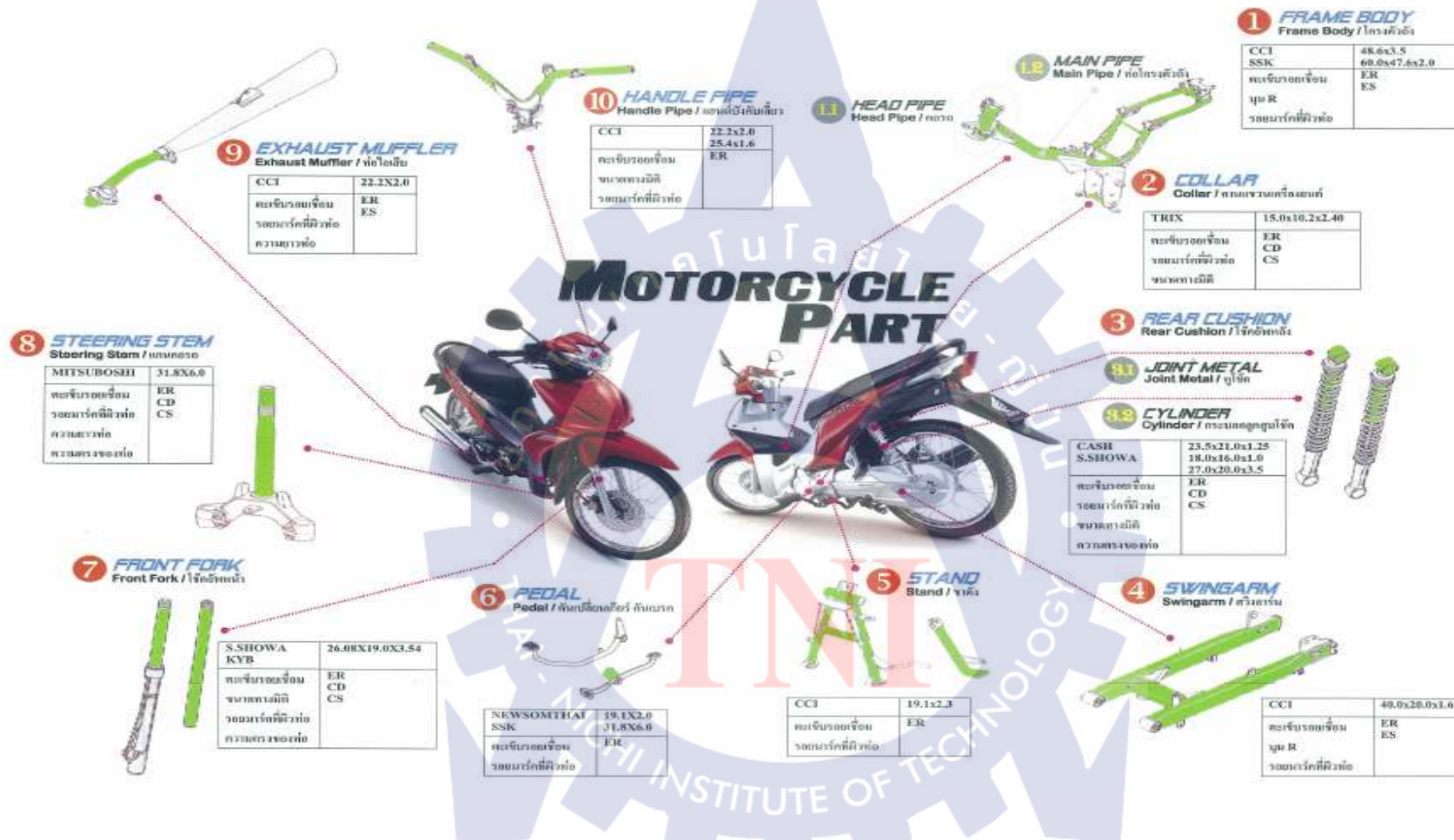
6 COLUMN PIPE Column Pipe / ท่อบังคับท้าย

S.NSK BESTEX	26.5x1.6 38.1x1.6
กระบอกสูบบังคับท้าย	ER
รอยนูนที่หัวข้อ	CD
ความยาวท่อ	CS

5 PROPELLER SHAFT Propeller Shaft / เพลาขับเคลื่อน

YS.PUND - STM - TOYOTA	75.0x1.6 82.6x1.8
กระบอกสูบบังคับท้าย	ER
ขนาดหน้าสัมผัส	CD
รอยนูนที่หัวข้อ	PS
ความยาวท่อ	
ความหนาของข้อต่อ	
ความหนาของรอยนูน	

รูปที่ 2 ลักษณะชิ้นงานที่ถูกนำไปขึ้นรูป 2



รูปที่ 3 ลักษณะชิ้นงานที่ถูกนำไปขึ้นรูป 3

ดัชนีคำศัพท์

ERW	=	ท่อเชื่อมยาว
ES	=	ท่อเชื่อมตัดสั้น
CD	=	ท่อรีดยาว
CS	=	ท่อรีดตัดสั้น
OD	=	ความโตด้านนอกของท่อ
Line Mark	=	รอยยาวบนผิวท่อด้านนอก
Clamp	=	ตัวจับยึดชิ้นงาน



เอกสารอ้างอิง

บทความในหนังสือ

1. กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2551, “การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์”, หลักการควบคุมคุณภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
2. กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2551, “กลวิธีการแก้ปัญหาคุณภาพ”, หลักการควบคุมคุณภาพ, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
3. พิชัย ศรีณโชติ, 2548, “การลดของเสียในการผลิตเหล็กแผ่นสปริงรถยนต์บรรทุกขนาด 1 ตัน”, โครงการวิจัยอุตสาหกรรมของหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมโลหการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
4. สุวิมล จันทร์แก้ว, 2549, “การลดของเสียในอุตสาหกรรมผลิตล้ออลูมิเนียมอัลลอยด์”, วิทยานิพนธ์ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมอุตสาหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. สมชาย ทานตระกูล, 2550, “การลดของเสียจากเครื่องฉีด PVC : กรณีศึกษาบริษัท Jas Foot Wear จำกัด”, สารนิพนธ์ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
6. นายพรชัย ศศิวรรณ, 2550, “การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนกันโคลนรถยนต์”, สารนิพนธ์ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
7. ขจรวิทย์ อุตวัฒน์, การควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ กับข้อกำหนดของ ISO/TS 16949, ทัยวี โรนัลแลนด์ (ประเทศไทย) จำกัด
8. การวัดประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร, <http://www.ierit.rmuti.ac.th/ie/html/Oee.htm>
9. วิจิณัฐ ภัคพรหมินทร์, วิธีการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ, เอกสารประกอบการเรียนการสอน IMA-304 วิชาการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2552
10. ณรงค์เกียรติ นักสอน, การจัดการบำรุงรักษา, เอกสารประกอบการเรียนการสอน, IMA-301 วิชาการจัดการบำรุงรักษา, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2552

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายอรรถกร ถาวรคุณ

ชื่อวิทยานิพนธ์ : การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร และลดของเสียในกระบวนการ

คณะ : บริหารธุรกิจ

สาขา : การจัดการอุตสาหกรรม

ประวัติ

เกิดเมื่อวันที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2531 ที่กรุงเทพมหานคร กำลังศึกษาอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการอุตสาหกรรม

การศึกษาระดับประถมศึกษา โรงเรียนจินดาพงศ์

การศึกษาระดับมัธยม โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ

ทุนการศึกษา

-

