การเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรด้วยแนวคิดการผลิตแบบลีนโดยอาศัยวิธี FMEA
กรณีศึกษา โรงงานประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

จิตราวรรณ เวฬุวนารักษ์

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TNI

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2556

IMPROVEMENT OF OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY BY USING LEAN MANUFACTURING CONCEPT AND FMEA A CASE STUDY OF A HARD DISK DRIVE PARTS MANUFACTURING COMPANY

Jitrawan Waruwanaruk

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program in Industrial Management
Graduate School
Thai-Nichi Institute of Technology
Academic Year 2013

หัวข้อสารนิพนธ์	**การเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรด้วยแนวคิดการผลิตแบบลีนโดยอาศัยวิธี FMEA กรณีศึกษา โรงงานประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ**
โดย	จิตราวรรณ เวพุวนารักษ์
สาขาวิชา	การจัดการอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอเกียรติ์ วงศ์สารพิกูล

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)
วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

..... กรรมการ
(อาจารย์วิฐิณัฐ ภัคพรหมินทร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอเกียรติ์ วงศ์สารพิกูล)

จิตราวรรณ เวพุวนารักษ์ : การเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรด้วยแนวคิดการผลิตแบบลีนโดยอาศัยวิธี FMEA : กรณีศึกษา โรงงานประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ. อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอเกียรติ์ วงศ์สารพิกูล, 86 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันโดยปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและปรับปรุงคุณภาพของงานที่มีสาเหตุจากเครื่องจักร โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบลีนและอาศัยวิธี FMEA เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและมาตรการการแก้ไขปัญหา

ขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการสำรวจข้อมูลประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรทั้งหมดที่ผ่านมาซึ่งพบว่า ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เฉลี่ยต่ำกว่าเป้าหมาย คือ 85% ในการคัดเลือกรุ่นผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรเพื่อนำใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาวิเคราะห์จากข้อมูลยอดการสั่งซื้อและค่า OEE ดังนั้นผลิตภัณฑ์รุ่น MM ที่ผลิตโดยเครื่องจักร 1 จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกคัดเลือกมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาพร้อมแนวทางปรับปรุง โดยมุ่งที่จะเพิ่มค่าอัตราการเดินเครื่อง (Availability) และค่าอัตราคุณภาพ (Quality) ที่เป็นตัวแปรหลักที่ส่งผลให้ค่า OEE ไม่ได้ตามเป้าหมาย ผลจากการวิเคราะห์สายธารคุณค่าสถานะปัจจุบันของกระบวนการผลิต พบว่ากระบวนการที่เป็นคอขวด คือ กระบวนการประกอบ และผลจากการระดมสมองโดยวิธี FMEA เพื่อวิเคราะห์เครื่องจักรพบว่าความรุนแรงของข้อบกพร่องที่เกิดจาก 2 ปัจจัย คือ พุชเชอร์เคลื่อนที่ลงเร็ว(แนวดิ่ง) และสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออกเร็ว (แนวนอน) ตัวเลข RPN มีค่าสูงเป็นลำดับแรกจึงนำไปพิจารณาโดยนำหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนและการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลจากปัจจัยที่ได้แบ่งเป็น 2 ระดับ จากขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขควบคุมกระบวนการ ได้ค่าที่เหมาะสมคือ ตั้งเวลาความเร็วของพุชเชอร์เคลื่อนที่ลงที่ระดับ 0.5 วินาที และตั้งเวลาความเร็วของสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออกที่ระดับ 0.5 วินาที

ผลการศึกษา พบว่า ค่าอัตราคุณภาพของแรงบิดเพิ่มขึ้น 4.2% และค่าอัตราการเดินเครื่องเพิ่มขึ้น 8.16% ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเพิ่มขึ้น 10.7% และนอกจากนี้ยังผลให้ Cycle Time ของสายธารคุณค่าสถานะอนาคต (หลังการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ) ลดลงจาก 7.06 วินาที เป็น 6.90 วินาที และเมื่อทำการประเมินค่า RPN อีกครั้งพบว่าค่า RPN หลังการปรับปรุงลดลงจาก 244 คะแนน เป็น 8 คะแนน และคิดเป็นมูลค่าของงานเสียที่สามารถลดได้เท่ากับ 420,000 บาทต่อเดือน

บัณฑิตวิทยาลัย ลายมือชื่อนักศึกษา .....

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2556

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TNI

JITRAWAN WARUWANARUK: IMPROVEMENT OF OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY BY USING LEAN MANUFACTURING CONCEPT AND FMEA : A CASE STUDY OF A HARD DISK DRIVE PARTS MANUFACTURING COMPANY. ADVISOR: ASSOCIATE PROFESSOR DR. LERKIAT VONGSARNPIGOON, 86 PP.

This research aims to increase the competitiveness by improving the Overall Equipment Efficiency (OEE) of machines and improving work quality from the machines. The author has utilized the concept of lean manufacturing and FMEA method in analyzing the causes of problems and solutions to the problems.

From past data, it has been found that the total OEE of all machines in the factory was lower than the 85% target value. By considering past demand for products, the pivot cartridge model MM was chosen as the target product and the machine number 1 as the machine for analysis of problems and solutions. The aim was to increase the Availability and the Quality which are the two main variables causing low value of OEE. The analysis of present Value Stream revealed that the bottle neck occurred at the assembly process. From a brainstorming according to FMEA, it was found that the problem had two main causes with high values of RPN and they were the pusher moving at high speed and the slider moving at high speed. A statistical analysis confirmed the conclusion. An experiment was set up according to the 2k factorial method and found that the suitable speed for the pusher was 0.5 second and the suitable speed for the slider was also 0.5 second.

After implementation of the change, the quality rate of torque measurement improved by 4.2%, the Availability by 8.16%, and OEE by 10.7%. Furthermore, the Cycle Time of the Value Stream after the process change decreased from 7.06 seconds to 6.90 seconds. A new evaluation of RPN found the value decreased from 244 to become 8. This resulted in a saving of about 420,000 Baht per month.

Graduate School Student's Signature .....

Field of Study Industrial Management Advisor's Signature .....

Academic Year 2013

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY
TNI

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอเกียรติ์ วงศ์สารพิกูล ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า ช่วยเหลือให้คำแนะนำและตรวจสอบข้อบกพร่องในการวิจัยมาโดยตลอดจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณ ประธานกรรมการ ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน และกรรมการ อาจารย์วิฐิณัฐ ภัคพรหมินทร์ ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์กับการเขียนสารนิพนธ์ ทำให้งานวิจัยมีความถูกต้องตามหลักวิชาการมากขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว และคุณนัฐวุธ เพชรรักษ์ ที่ให้กำลังใจและส่งเสริมสนับสนุนจนสำเร็จการศึกษา รวมไปถึงครูอาจารย์ทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอนจนสามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกๆ ท่าน โดยเฉพาะคุณจุฑามาศ ประสพสันต์ ซึ่งเป็นผู้อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของสารนิพนธ์ทุกๆ เล่ม และเพื่อนๆ ร่วมชั้นเรียน สาขาการจัดการอุตสาหกรรม ทุกๆ ท่านที่ให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือตลอดมา

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณชาญชัย กระแสร์ คุณปรากรม์ ทันการ คุณชนิดา อุตศรี และพี่ๆ น้องๆ ของบริษัทกรณีศึกษาทุกๆ ท่าน ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้ความรู้และอนุเคราะห์สนับสนุนข้อมูล จึงทำให้สารนิพนธ์มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสารนิพนธ์ฉบับนี้ จะสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับท่านผู้อ่านนำไปพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศต่อไป ซึ่งประโยชน์จากสารนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบคุณความดีทั้งหมดให้กับผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น

จิตราวรรณ เวฬุวนารักษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญรูป..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1
สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผล และปัญหา..... 1
ความมุ่งหมายของการวิจัย..... 5
สมมติฐานของการวิจัย..... 5
ขอบเขตของการวิจัย..... 5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 5
แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงาน..... 5

2 หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 7
ความหมายและแนวคิดของประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร..... 7
ความหมายและแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีนและวิธี FMEA..... 12
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร..... 32
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตแบบลีน..... 33
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตแบบ FMEA..... 35
ประวัติและข้อมูลที่สำคัญในการดำเนินธุรกิจของบริษัทกรณีศึกษา..... 35

3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 38
ลำดับขั้นตอนในการดำเนินการ..... 38
สภาพปัญหาและกระบวนการที่ทำการศึกษา..... 38
แผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบัน (Value Stream Mapping: Current State Map)..... 51

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	แนวทางการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ	58
4	ผลการวิจัย	65
	แผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะอนาคต (Value Stream Mapping: Future State Map)	66
	อุปสรรค ปัญหาและการดำเนินการแก้ไข	71
5	สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	73
	ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้	73
	ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง	73
บรรณานุกรม		75
ภาคผนวก		79
	ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ... (FMEA	80
	ภาคผนวก ข. รายละเอียดขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ	84
ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์		86

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงยอดส่งออกและส่วนแบ่งตลาดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของผู้ประกอบการ (หน่วยล้านชิ้น).....	2
2	ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เฉลี่ยจากการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกรุ่นทั้งหมด ตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2555 ถึง 31 ธันวาคม 2555.....	4
3	แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน.....	6
4	ฟอร์มเปล่า FMEA สำหรับกระบวนการ.....	19
5	ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ.....	23
6	ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง.....	26
7	ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของข้อบกพร่อง.....	28
8	สรุปค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เฉลี่ยจากการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกรุ่นทั้งหมด ตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2555 ถึง 31 ธันวาคม 2555.....	47
9	ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ของผลิตภัณฑ์รุ่น MM ทั้ง 3 เครื่องจักร ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2555.....	48
10	สรุปค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ของผลิตภัณฑ์รุ่น MM ที่ทำการผลิตโดยเครื่องจักร 1.....	50
11	แสดง Cycle Time รวมค่า OEE ของทุกกระบวนการก่อนการปรับปรุง.....	53
12	แสดงสรุปข้อมูลที่ใช้ในการสร้างสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบัน.....	53
13	ข้อมูลปัญหาการใช้งานเครื่องจักรในเดือนธันวาคม 2555.....	55
14	แสดงการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องของแรงบิดโดยการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA.....	57
15	ค่าของปัจจัยหลักในแต่ละระดับสำหรับออกแบบการทดลอง.....	59
16	ค่าของปัจจัยในแต่ละระดับสำหรับออกแบบการทดลอง.....	59
17	ค่าปรับตั้งที่เหมาะสมของแต่ละของปัจจัยนำเข้า.....	64
18	แสดงระดับของปัจจัยของการผลิตแบบเดิมกับปัจจัยของการผลิตแบบใหม่.....	65
19	เปรียบเทียบผลของปัจจัยของการผลิตแบบเดิมกับปัจจัยของการผลิตแบบใหม่.....	65
20	แสดง Cycle Time รวมค่า OEE ของทุกกระบวนการหลังการปรับปรุง.....	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
21	ผลสรุปการทดลองข้อมูลหลังจากการปรับปรุงเทียบกับข้อมูลก่อนการปรับปรุง	69
22	แสดงค่า RPN เปรียบเทียบระหว่างก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง	71
23	แสดงผลวิเคราะห์ FMEA เพื่อคัดเลือกปัจจัยก่อนการปรับปรุง	81
24	แสดงผลวิเคราะห์ FMEA หลังการปรับปรุง	83
25	ผลการทดลองของปัจจัยนำเข้าที่มีอิทธิพลต่อค่าแรงบิด	85

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	พยากรณ์ยอดส่งออกคอมพิวเตอร์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทั่วโลก ตั้งแต่ปี 2554 ถึง 2559	1
2	ห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) ของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	2
3	เปรียบเทียบความต้องการซื้อสินค้าของลูกค้าและกำลังการผลิตของผู้ผลิตทั้งหมด 3 ราย	4
4	แสดงเวลาต่าง ๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต	10
5	วิวัฒนาการของระบบการผลิตแบบลีนและลักษณะเฉพาะตัว	14
6	แผนภาพแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน	16
7	การทำงานของไพวอท คาร์ทริดส์	40
8	แผนผังกระบวนการผลิตไพวอท คาร์ทริดส์	41
9	วัตถุดิบหลัก ได้แก่ แกนหมุน ปลอกหุ้ม และตลับลูกปืน	45
10	การประกอบไพวอท คาร์ทริดส์	45
11	กราฟพาเรโตแสดงปริมาณการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์	46
12	ยอดการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์รุ่น MM จากเดือนกรกฎาคม ปี 2555 ถึง เดือนธันวาคม ปี 2555	47
13	ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ของผลิตภัณฑ์รุ่น MM เฉลี่ย 6 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2555	50
14	แผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบัน	52
15	แสดงกราฟ Cycle Time ของทุกกระบวนการเทียบกับ Takt Time ก่อนการปรับปรุง	54
16	การให้ลำดับความรุนแรงของผลกระทบของข้อบกพร่อง	56
17	การให้ลำดับความถี่จากสาเหตุของข้อบกพร่อง	56
18	การให้ลำดับความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องและ RPN	57
19	แสดง RPN จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องของแรงบิดโดยการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA	58
20	แสดงกราฟ Normal Plot the Standardized Effects ของการทดลอง	60
21	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^2	61
22	แสดงกราฟ Main Effect Plot	62
23	แสดงกราฟ Interaction Plot	63

สารบัญรูป (ต่อ)

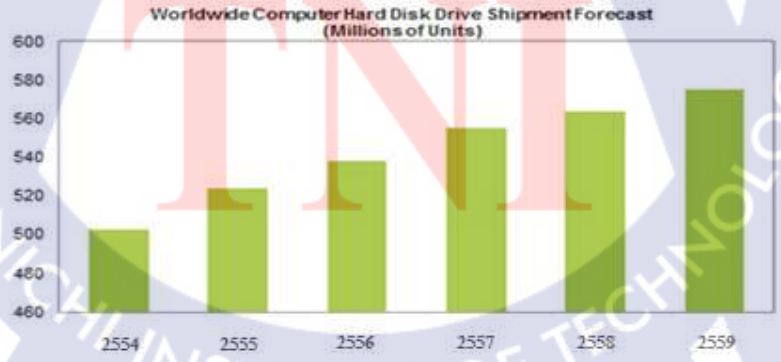
รูป		หน้า
24	แสดงกราฟ Cube Plot	64
25	แผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะอนาคต (หลังการปรับปรุงแก้ไกระบวนการ)	67
26	แสดงกราฟ Cycle Time ของทุกกระบวนการเทียบกับ Takt Time หลังการปรับปรุง	68
27	แสดงกราฟค่าอัตราคุณภาพเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง	70
28	แสดงกราฟค่าอัตราการเดินเครื่องเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง	70
29	แสดงกราฟค่า OEE เปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง	71
30	พาเรโตแสดงอิทธิพลของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อค่าแรงบิด	85

บทที่ 1
บทนำ

สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผล และปัญหา

อุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่เน้นการผลิตเพื่อส่งออกเป็นหลัก ในปี 2553 ประเทศไทยมีการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และชิ้นส่วนกว่า 280 ล้านชิ้น มีมูลค่าการส่งออกรวมกว่า 596,677 ล้านบาทต่อปี ทำให้ประเทศไทยก้าวขึ้นมาเป็นผู้ผลิตและส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอันดับ 1 ของโลก โดยมีส่วนแบ่งถึง 42% ของตลาดโลก (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554) ปัจจุบันอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้อุตสาหกรรมที่ต้องนำฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปใช้เป็นส่วนประกอบ อาทิ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน อุปกรณ์โทรคมนาคม เครื่องเล่นเกม และกลุ่มผู้ผลิตอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เกิดการขยายตัวตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาข้อมูลการพยากรณ์ยอดส่งออกคอมพิวเตอร์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทั่วโลก ตั้งแต่ปี 2554 ถึง 2559 ดังรูปที่ 1 พบว่ายอดส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับตลาดคอมพิวเตอร์โดยรวม รวมถึงพีซีมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยในปี 2555 มีจำนวน 524.0 ล้านหน่วย เพิ่มขึ้น 4.3% จากปี 2554 ที่มีจำนวน 502.5 ล้านหน่วย และมีการประมาณการณ์ว่ายอดส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเพิ่มขึ้นไปอย่างต่อเนื่องในแต่ละปีถัดไป และจากนั้นยอดส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเพิ่มขึ้นเป็น 575.1 ล้านหน่วยในปี 2559



รูปที่ 1 พยากรณ์ยอดส่งออกคอมพิวเตอร์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทั่วโลก ตั้งแต่ปี 2554 ถึง 2559

ที่มา: **Hard Drive Shipments Rebound to Record Level in 2012**. (2012). Online.

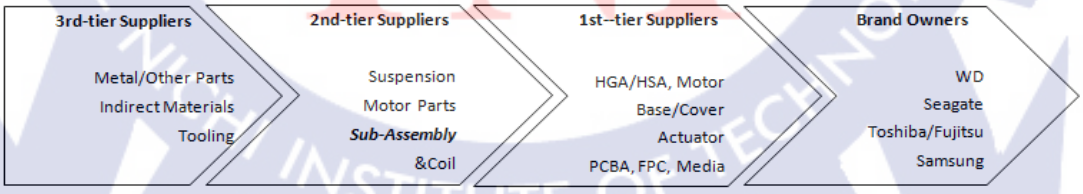
จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทั่วโลกซึ่งได้แก่ ซีเกท เทคโนโลยี (Seagate) เวสเทิร์น ดิจิตอล (Western Digital) ฮิตาชิ โกลบอล สตอเลจ และโตชิบา (Toshiba) ทำการเพิ่มกำลังการผลิตอย่างต่อเนื่อง โดยส่วนแบ่งตลาดในช่วงไตรมาสที่ 3 ของปี 2555 บริษัทที่ถือครองตลาดอันดับหนึ่งของโลกคือ บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (Western Digital) 45% ซีเกท เทคโนโลยี (Seagate) 41% และโตชิบา (Toshiba) 14% ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงยอดส่งออกและส่วนแบ่งตลาดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของผู้ประกอบการ (หน่วยล้านชิ้น)

	Q3'2555	Q3'2555 Share %	Q2'2555	Q to Q Change
Western Digital	62.5	45%	71.0	-12.0%
Seagate	57.6	41%	65.9	-12.6%
Toshiba	19.1	14%	20.1	-5.0%
Total	139.2	100%	157.0	-11.3%

ที่มา: Fang Zhang. (2012). **HDD Industry Reports Bleak Results as Shipments Plunge in Q3**. Online.

จากแนวโน้มความต้องการใช้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีมากขึ้น ทำให้เกิดการขยายตัวของอุตสาหกรรมต่อเนื่องในห่วงโซ่อุปทานทั้ง 3 ลำดับ คือ ลำดับที่ 1 กลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนหลัก (1st-Tier Suppliers) ได้แก่ HGA/HSA, Motor, Base/Cover, Actuator, PCBA, FPC, Media ลำดับที่ 2 กลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบอื่น (2nd-Tier Suppliers) ได้แก่ Suspension, Motor Parts, Sub-Assembly, Coil ลำดับที่ 3 กลุ่มผู้ผลิต Metal/Other Parts, Indirect Materials, Tooling (3rd-Tier Suppliers) ห่วงโซ่อุปทานทั้ง 3 ลำดับ แสดงดังรูปที่ 2



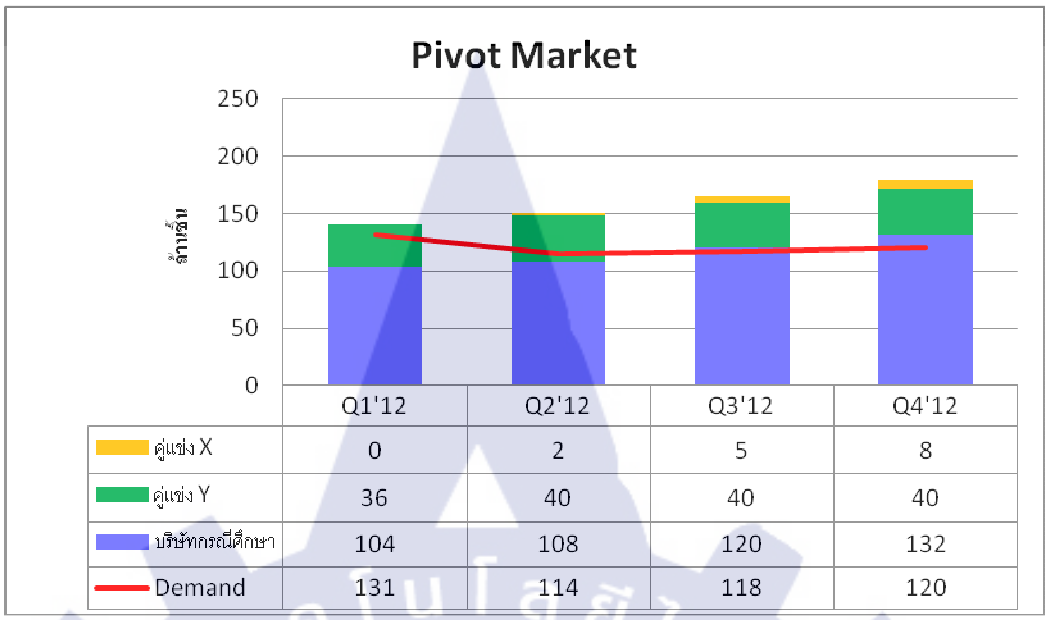
รูปที่ 2 ห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) ของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ที่มา : กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **โปรแกรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ภายใต้แผนกลยุทธ์การวิจัยและพัฒนา สวทช. ระยะที่ 2 พ.ศ. 2554 - 2559.** ออนไลน์.

เนื่องจากในตลาดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของโลกมีบริษัทรายใหญ่ไม่กี่รายที่ทำการแข่งขันกันในตลาดโลก ดังนั้นสิ่งที่แต่ละบริษัทพยายามทำคือ การลดต้นทุนของบริษัทให้มากที่สุด เพื่อเพิ่มกำไรให้แก่บริษัท และพยายามตอบสนองความต้องการของตลาดให้เร็วที่สุด ดังจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟนั้นมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความจุมากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนต่อความจุลดลง จากเดิมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีความจุเพียง 5 เมกะไบท์ และมีขนาด 5.25 นิ้ว ต่อมาเทคโนโลยีในด้านการเพิ่มความจุของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้พัฒนาอย่างก้าวกระโดด โดยขนาดความจุของฮาร์ดดิสก์จะเพิ่มขึ้นทุก 60% ในทุกๆปี หรือมีความจุเพิ่มขึ้น 10 เท่าในทุก 5 ปี และปัจจุบันบริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอลสามารถผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ความจุสูงถึง 4,000 กิกะไบท์ หรือเท่ากับ 4 เทราไบท์ (Terabyte) สำเร็จโดยมีเทคโนโลยีที่สำคัญในการเพิ่มความจุของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ คือ การทำให้หัวอ่านของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (flying height) เข้าใกล้แผ่น media มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งในปัจจุบันมีระยะห่างอยู่ที่ 10 นาโนเมตร (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554)

ในส่วนของบริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นหนึ่งในผู้ประกอบการ ห่วงโซ่ลำดับที่ 2 (2nd-Tier Suppliers) ในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นผู้ประกอบชิ้นส่วน (Sub-Assembly) ที่เรียกว่า ไพวอท คาร์ทริดส์ (Pivot Cartridge) ซึ่งทำหน้าที่เป็นแกนหมุนเพื่อให้หัวอ่านของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทำการอ่านและเขียนข้อมูลลงบนจานแม่เหล็ก มีกำลังการผลิต 40 ล้านชิ้นต่อเดือน ผลิตสินค้าให้กับผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทั่วโลกมีทั้งหมด 3 ราย ได้แก่ ลูกค้า A, B, และ C ตามลำดับ ส่วนคู่แข่งที่เป็นผู้ผลิตไพวอท คาร์ทริดส์ มี 2 ราย ได้แก่ คู่แข่ง X และคู่แข่ง Y

และแม้ว่าแนวโน้มการเติบโตของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทั่วโลกยังมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง แต่ว่าขณะนี้เศรษฐกิจในยุโรป และสหรัฐฯ เกิดการชะลอตัว จากข้อมูลยอดส่งออกดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า ยอดส่งออกของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟของผู้ประกอบการแต่ละรายในไตรมาสที่ 3 โดยรวมมีจำนวนลดลงเป็น 139.2 ล้านชิ้น จากไตรมาสที่ 2 โดยรวมที่มีจำนวน 157 ล้านชิ้น ประกอบกับข้อมูลทางด้านการผลิตแบ่งตามไตรมาส ดังรูปที่ 3 พบว่าความต้องการซื้อสินค้าของลูกค้าอยู่ในระดับต่ำกว่ากำลังการผลิตของผู้ผลิตทั้งหมด 3 ราย รวมกันคือ 180 ล้านชิ้นซึ่งเกินความต้องการซื้อสินค้าของลูกค้าคือ 120 ล้านชิ้น ทำให้ลูกค้ามีอำนาจที่จะเลือกซื้อสินค้าที่สามารถตอบสนองในด้านคุณภาพมาเป็นอันดับแรก



รูปที่ 3 เปรียบเทียบความต้องการซื้อสินค้าของลูกค้าและกำลังการผลิตของผู้ผลิตทั้งหมด 3 ราย

เพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขัน บริษัทกรณีศึกษาต้องทำการจัดการเพื่อลดต้นทุนการผลิตหรือผลิตสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีคุณภาพสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าโดยกิจกรรมที่จำเป็นต้องทำคือการปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เพื่อให้เกิดการใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการปรับปรุงคุณภาพของงานจากเครื่องจักรเพื่อลดต้นทุนการผลิต เพราะเครื่องจักรเป็นปัจจัยหลักในการทำงานและมีความสำคัญอย่างมากต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

จากการสำรวจข้อมูลที่ผ่านมาของบริษัทกรณีศึกษาพบว่า ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เฉลี่ยต่ำกว่าเป้าหมาย โดยที่ตัวแปรหลักที่ทำให้ค่า OEE ต่ำกว่าเป้าหมายคือค่าอัตราความพร้อมใช้งาน (Availability) และค่าอัตราคุณภาพ (Quality Rate) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เฉลี่ยจากการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกรุ่นทั้งหมด ตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2555 ถึง 31 ธันวาคม 2555

ดัชนีชี้วัด	เป้าหมาย	ค่าที่ได้
ค่าอัตราความพร้อมใช้งาน(Availability)	90.0%	87.0%
ค่าอัตราสมรรถนะ (Performance)	95.0%	98.0%
ค่าอัตราคุณภาพ (Quality)	99.0%	90.0%
ประสิทธิภาพโดยรวมเฉลี่ย (OEE)	85.0%	77.0%

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงต้องมีการแก้ไขปรับปรุงปัญหาประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร โดยทางผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนและวิธี FMEA เมื่อได้แนวทางและมาตรการการแก้ไขปัญหาแล้ว จึงดำเนินการแก้ไขปัญหาตามแนวทางนั้น เพื่อให้ผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพดีมากขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันโดยปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

2. เพื่อปรับปรุงคุณภาพของงานที่มีสาเหตุจากเครื่องจักรให้ได้ตามเป้าหมายคือ 99%

สมมติฐานของการวิจัย

ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรสามารถปรับปรุงได้ด้วยการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนและวิธี FMEA เพื่อให้เครื่องจักรใช้งานเกิดประโยชน์สูงสุด ผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพดีมากขึ้นและลดต้นทุนการผลิตเพื่อที่จะอยู่รอดและสามารถแข่งขันในตลาดได้

ขอบเขตของการวิจัย

1. งานวิจัยนี้จะใช้กรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2. งานวิจัยนี้จะศึกษาในส่วนของเครื่องจักรสายการผลิตไพวอท คาร์ทริดส์ ลูกค้า A ระหว่างช่วงเวลาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึง เดือนสิงหาคม 2556

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันโดยประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเพิ่มขึ้น

2. ปริมาณของเสียที่เกิดจากเครื่องจักรลดลง

3. สามารถนำระบบการผลิตแบบลีนโดยอาศัยวิธี FMEA ที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางปรับใช้กับเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตไพวอท คาร์ทริดส์ อื่นๆ ได้

แผนงานและระยะเวลาในการดำเนินงาน

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้กำหนดแผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน ดังตารางที่ 3 โดยมีระยะเวลาการดำเนินงาน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึง เดือนสิงหาคม 2556

ตารางที่ 3 แผนงานและระยะเวลาการดำเนินงาน

ที่	หัวข้อ	ปี 2555		ปี 2556							
		พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค
1	ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจาก วิทยานิพนธ์หรือ วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง										
2	ศึกษาทฤษฎีต่างๆที่ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ใน การทำสารนิพนธ์										
3	รวบรวมข้อมูลและทำการ วิเคราะห์ข้อมูล										
4	ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ของการบริหารการผลิต แบบลีนและ FMEA										
5	ดำเนินการวิจัยตาม แนวทางของ OEE										
6	สรุปผลการวิจัยและ ข้อเสนอแนะ										
7	จัดทำรูปเล่มและ สารนิพนธ์ ฉบับสมบูรณ์										

ระยะเวลาในการดำเนินงาน

บทที่ 2
หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตแบบลีนและวิธี FMEA เพื่อนำมาปรับปรุงปัญหาประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ประกอบด้วยหลักการ แนวคิดพื้นฐาน ประวัติและข้อมูลที่สำคัญในการดำเนินธุรกิจของบริษัทกรณีศึกษา เอกสารและงานวิจัยต่างๆ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ความหมายและแนวคิดของประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร
2. ความหมายและแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีนและวิธี FMEA
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรและระบบการผลิตแบบลีน
4. ประวัติและข้อมูลที่สำคัญในการดำเนินธุรกิจของบริษัทกรณีศึกษา

ความหมายและแนวคิดของประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Efficiency : OEE) เป็นการวัดผลหลักของการบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance: TPM) ที่เป็นแนวทางการปรับปรุงประสิทธิผลและอายุการใช้งานของเครื่องจักรทั่วทั้งองค์กร มีเป้าหมายส่วนหนึ่งเพื่อลดความสูญเปล่า รวมถึงการรักษาสภาพการดำเนินงานที่เป็นมาตรฐาน ดังนั้น เทคนิค TPM จึงใช้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เป็นตัววัดผลเพื่อชี้ให้เห็นว่าเครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิผลอย่างไร (โปรดักซ์ติวิตี้ เพรสดิวิลอปเม้นท์ ทีม. 2550 : 26)

OEE เป็นวิธีในการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ นั้นมีเพียงวิธีนี้วิธีเดียวซึ่งเป็นที่นิยมมาก จนกระทั่งประเทศญี่ปุ่นได้นำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการให้รางวัล Productive Maintenance หรือเป็นรางวัลที่ให้แก่โรงงานที่เป็นที่ยอมรับในการบำรุงรักษาแบบทวีผล เนื่องจากหลักการและวิธีคิดพื้นฐานไม่ซับซ้อนและเห็นภาพได้อย่างชัดเจนในแง่ของความเป็นจริง ทั้งยังสามารถพิสูจน์ได้ และสะท้อนถึงปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจน โดยมีหลักการที่สามารถเข้าใจได้ง่ายตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงจนถึงระดับพนักงานคุมเครื่องจักร

เครื่องจักรที่ดีไม่ใช่เป็นเพียงแค่เครื่องจักรที่ไม่เสีย เปิดสวิตช์เมื่อใดทำงานได้เมื่อนั้น หากแต่ต้องเป็นเครื่องจักรที่เปิดขึ้นมาแล้วทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพคือ เดินเครื่องได้เต็มกำลังความสามารถ แต่ถ้าเครื่องจักรใช้งานได้ตลอดเวลาและเดินเครื่องได้เต็มกำลัง แต่ชิ้นงานที่ผลิตออกมาไม่มีคุณภาพ ก็คงไม่มีประโยชน์อะไร ดังนั้นเรื่องคุณภาพของงานที่ออกมาจึงเป็น

อีกปัจจัยหนึ่งที่จะใช้ในการพิจารณาเครื่องจักรและที่สำคัญเครื่องจักรที่ดีต้องใช้งานได้อย่างปลอดภัย (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. 2556 : ออนไลน์)

ในบริษัทที่ใช้เครื่องจักรมีมูลค่าสูงเป็นปัจจัยหลักในการผลิต ผู้บริหารมักมีคำถามว่าเครื่องจักรมีประสิทธิภาพการทำงานเป็นอย่างไร และใช้เครื่องจักรที่มีราคาแพงคุ้มค่ามากน้อยแค่ไหน ในปัจจุบันตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรโดยตรงที่ได้รับความนิยมและหลายบริษัทนำมาใช้มากขึ้นคือการวัด OEE ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ครอบคลุมถึงการวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรที่เป็นการวัดในเชิงปริมาณของผลผลิตที่ควรจะได้ รวมถึงการวัดประสิทธิผลการทำงานของเครื่องจักรที่เป็นการวัดในเชิงคุณภาพของผลิตผลที่ควรจะได้ (ชาญชัย พรศิริรุ่ง. 2549 : 31)

OEE ประกอบด้วยตัวแปรหลัก 3 ค่า คือ

1. อัตราการเดินเครื่อง (Availability Rate: A)
2. ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency: P)
3. อัตราคุณภาพ (Quality Rate: Q)

OEE คือ ค่าที่ได้จากผลคูณระหว่างอัตราการเดินเครื่อง ประสิทธิภาพการเดินเครื่องและอัตราคุณภาพ ซึ่งแสดงถึงความพร้อมของเครื่องจักรในการใช้งานว่าการเดินเครื่องจักรเต็มความสามารถหรือไม่ มีการผลิตชิ้นงานเสียมากน้อยเท่าไร ดังนั้น

OEE = อัตราการเดินเครื่อง x ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง x อัตราคุณภาพ

อัตราการเดินเครื่อง (Availability Rate: A) คือ ความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงาน เป็นการเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดินเครื่อง (Operating Time) กับเวลารับภาระงาน (Loading Time)

$$\text{อัตราการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลารับภาระงาน - เวลาที่เครื่องจักรหยุด}}{\text{เวลารับภาระงาน}}$$

$$= \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง}}{\text{เวลารับภาระงาน}}$$

เวลาทั้งหมด (Total Available Time) คือช่วงเวลาทำงานทั้งหมดในการทำงาน เช่น 1 กะ 1 วัน หรือ 1 สัปดาห์ เป็นต้น

เวลารับภาระงาน (Loading Time) คือเวลาที่ต้องการให้เครื่องจักรทำงาน ซึ่งเป็นเวลาทั้งหมดหักด้วยเวลาหยุดตามแผน

เวลาเดินเครื่อง (Operating Time) คือเวลาที่เครื่องจักรทำงานได้ ซึ่งเป็นเวลารับภาระงานหักด้วยเวลาสูญเสียจากเครื่องจักรหยุด

การสูญเสียเวลาที่เครื่องจักรหยุด (Downtime Loss) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้อง (Machine Breakdown) และความสูญเสียจากการปรับตั้งปรับแต่ง (Setup and Adjustments)

ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency: P) คือสมรรถนะการทำงานของเครื่องจักร โดยการเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time) กับเวลาเดินเครื่อง (Operating Time)

$$\text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลามาตรฐาน x จำนวนชิ้นงานทั้งหมด}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}}$$

$$= \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}}$$

เวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time) คือเวลาที่ต้องใช้เดินเครื่องจักรตามทฤษฎีเมื่อต้องการผลิตชิ้นงานตามจำนวนที่กำหนด ได้แก่ ผลคูณระหว่างเวลามาตรฐานกับจำนวนชิ้นงานทั้งหมด

การสูญเสียด้านประสิทธิภาพ (Performance Loss) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียเนื่องจากการหยุดเล็กๆน้อยๆ การเดินเครื่องตัวเปล่า (Minor Stoppage and Idling Losses) และการสูญเสียความเร็วของเครื่องจักร (Speed Losses)

อัตราคุณภาพ (Quality Rate: Q) คือความสามารถในการผลิตของดีให้ตรงตามข้อกำหนดของเครื่องจักรและตามข้อกำหนดของลูกค้าต่อจำนวนของที่ผลิตได้ทั้งหมด

$$\text{อัตราคุณภาพ} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานดี}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด}}$$

จำนวนชิ้นงานทั้งหมด (Output) คือจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ทั้งหมดรวมทั้งของดีและของเสีย

การสูญเสียด้านคุณภาพ (Quality Loss) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียเนื่องจากงานเสีย (Defects) งานซ่อม (Rework) และความสูญเสียช่วงเริ่มต้นการผลิต (Start up Loss)

รูปที่ 4 แสดงเวลาต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพื่อที่จะคำนวณตัวแปรหลักทั้ง 3 ค่าคืออัตราความพร้อมใช้งาน ประสิทธิภาพการเดินเครื่องและอัตราคุณภาพ เพื่อนำมาคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)

รูปที่ 4 แสดงเวลาต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

ความสูญเสียหลัก 6 ประการ (6 Big Losses)

นากาจิมา (Nakajima. 1988) ได้อธิบายถึงความสูญเสียหลักไว้ 6 ประการ ซึ่งมีดังนี้

1. ความสูญเสียเวลาเนื่องจากเครื่องจักรเสียหรือขัดข้อง (Machine Breakdown) ประกอบด้วย

1.1 การทำงานของเครื่องจักรหยุดลงอันเนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น สายพานขาด มอเตอร์ไหม้ ลูกปืนแตก ระบบ Heater ไม่ทำงาน ฯลฯ

1.2 ต้องมีการหยุดการผลิตเพื่อทำการซ่อมแซมรวมถึงการเปลี่ยนชิ้นส่วนใช้เวลาในการแก้ไขมากกว่า 5-10 นาที

1.3 เกิดการสูญเสียเวลาในการผลิต และจำนวนผลิตที่ได้ยังลดลงอีกด้วย มีเป้าหมายคือ “เครื่องจักรเสียต้องเป็นศูนย์ (Zero Breakdown)”

2. ความสูญเสียเวลาเนื่องจากการปรับตั้งและปรับแต่ง (Setup and Adjustment) ประกอบด้วย

2.1 เป็นเวลาที่สูญเสียในการเปลี่ยนรุ่นการผลิตในแต่ละครั้งเป็นเวลาตั้งแต่การผลิตผลิตภัณฑ์เดิมเสร็จสิ้นไปจนถึงเวลาที่ผลิตภัณฑ์ตัวใหม่ที่ดีตัวแรกผลิตเสร็จ

2.2 การทดสอบหาเงื่อนไขการผลิตที่ดีที่สุดในการผลิตแต่ละครั้ง

2.3 เกิดการสูญเสียเวลาในการผลิตและจำนวนการผลิตที่ได้ลดลงอีกด้วย มีเป้าหมายคือ “ลดเวลาในการปรับตั้งและปรับแต่งให้ต่ำกว่า 10 นาที” (Single Minute Exchange of Die: SMED)

โดยความสูญเสียข้อ 1 และ ข้อ 2 จะใช้ในการคำนวณค่าอัตราการเดินเครื่องจักร

3. ความสูญเสียประสิทธิภาพ เนื่องจากความเร็วการเดินเครื่องช้าลง (Speed Loss) ประกอบด้วย

3.1 มีความแตกต่างของความเร็วมาตรฐานกับความเร็วจริงในการผลิต

3.2 เครื่องจักรมีความเร็วมาตรฐาน / กำลังผลิต / Cycle Time ต่ำกว่ามาตรฐาน

3.3 ได้ชิ้นงานน้อยกว่าที่ควรจะเป็น มีเป้าหมายคือ “ลดความแตกต่างระหว่างความเร็วมาตรฐานกับความเร็วจริงในการผลิตให้เป็นศูนย์”

4. ความสูญเสียประสิทธิภาพ เนื่องจากเครื่องหยุดเล็กน้อยและการเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle Time and Minor Stoppages) ประกอบด้วย

4.1 เครื่องจักรหยุดทำงานชั่วคราวเนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น ชิ้นงานตกลงไปทำให้เครื่องจักรหยุดกะทันหัน ไฟตก สวิทซ์ไฟตัด เป็นต้น

4.2 เครื่องจักรทำงานแต่ไม่มีชิ้นงานป้อน เช่น รอวัตถุดิบป้อน เป็นต้น

4.3 เครื่องจักรไม่ต้องการซ่อมแซม แต่มีการเสียเวลารอเพื่อแก้ไขปัญหาเล็กน้อยใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 5–10 นาที มีเป้าหมายคือ “เครื่องจักรหยุดเล็กน้อยและเดินเครื่องเปล่าต้องเป็นศูนย์”

โดยความสูญเสียข้อ 3 และข้อ 4 นี้จะใช้ในการหาค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่องจักร

5. ความสูญเสียเนื่องจากผลได้ลดลงและเกิดของเสียเมื่อเริ่มเดินเครื่อง (Start Up and Reduced Yield) ประกอบด้วย

5.1 การสูญเสียวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามกำหนดอันเนื่องมาจากสาเหตุ

5.2 การผลิตในช่วงเริ่มต้น

5.3 เริ่มผลิตหลังจากหยุดพัก

5.4 ช่วงเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่

5.5 เริ่มผลิตหลังจากหยุดซ่อม มีเป้าหมายคือ “ลดเวลาหรือความสูญเสียช่วงเริ่มเดินเครื่องให้น้อยที่สุด”

6. ความสูญเสียจากการผลิตของเสียและชิ้นงานรอแก้ไข (Defects and Rework) ประกอบด้วย

6.1 ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดและไม่สามารถแก้ไขเพื่อส่งให้แผนกถัดไปหรือไม่สามารถส่งให้ลูกค้าได้

6.2 ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดแต่ก็สามารถซ่อมแซมปรับแต่งให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดได้ต้องสูญเสียเวลาในการซ่อมแซมหรือสูญเสียชิ้นงาน มีเป้าหมายคือ “ของเสียต้องเป็นศูนย์ (Zero Defect)”

โดยความสูญเสียข้อ 5 และ ข้อ 6 นี้ใช้ในการพิจารณาจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น

ความหมายและแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีนและวิธี FMEA

ระบบการผลิตแบบลีน

เป็นระบบการผลิตที่ทุกโรงงานและทุกอุตสาหกรรมแสวงหาเพื่อยกระดับความสามารถในการแข่งขัน และเพื่อความเป็นเลิศ การเผชิญหน้ากับสภาวการณ์แข่งขันที่รุนแรงทางด้านธุรกิจทั้งจากภายในและภายนอกประเทศเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ดังนั้นองค์กรต้องทำการเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันด้วยระบบการผลิตที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และตรงเวลา ด้วยต้นทุนที่เหมาะสมอันจะเป็นกลยุทธ์สำคัญที่นำพาองค์กรให้สามารถยืนหยัดอยู่ได้อย่างมั่นคง

ความเป็นมาของระบบการผลิตแบบลีน

ระบบการผลิตแบบลีนกำเนิดขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ ในอดีตการผลิตสินค้าต่างๆ รวมทั้งรถยนต์มีลักษณะเป็นแบบงานหัตถกรรมหรืองานฝีมือ (Craft/Hand Made Production) ไม่มีสายการผลิต ผู้ผลิตส่วนใหญ่จะดำเนินการผลิตโดยอาศัยทักษะความชำนาญของพนักงานเป็นหลัก ดังนั้น จึงมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูง แต่ก็สามารถผลิตสินค้าได้หลากหลายชนิดตามความต้องการของลูกค้า ต่อมาในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 เฮนรี ฟอร์ด (Henry Ford) ผู้ก่อตั้งบริษัทฟอร์ด มอเตอร์ ได้ริเริ่มแนวคิดในการสร้างสายการผลิตให้มีลักษณะคล้ายกับการไหลของสายน้ำ และถือว่าทุกสิ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ในกระบวนการคือความสูญเปล่า โดยนำเอานวัตกรรมระบบสายพานลำเลียงมาใช้ในสายการประกอบรถยนต์ (Moving Assembly Line) ของบริษัท และใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานที่สามารถเปลี่ยนทดแทนกันได้ (Standardized Interchangeable Parts) ทำให้ใช้เวลาในการผลิตลดลง อย่างไรก็ตาม ด้วยวิธีการดังกล่าว ทำให้ชิ้นส่วนและวัตถุดิบได้รับการผลิตและส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไปโดยไม่มีการพิจารณาถึงความต้องการเช่นเดียวกับการผลิตสินค้าสำเร็จรูป ระบบดังกล่าวจึงถูกเรียกว่าระบบการผลิตแบบเน้นปริมาณ (Mass Production) คือผลิตแบบปริมาณมาก รุ่นการผลิตมีขนาดใหญ่ เพื่อลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยให้ต่ำลงโดยเฉพาะในส่วนของต้นทุนทางอ้อม

ระบบการผลิตของฟอร์ดประสบความสำเร็จอย่างยิ่ง กล่าวกันว่ายุคนั้นในอเมริกาไม่มีใครที่ไม่รู้จักรถยนต์ฟอร์ดโมเดลที (Model T Ford) ซึ่งเป็นรุ่นยอดนิยมที่มีการผลิตและจำหน่ายจำนวนมาก ถึงแม้ว่ารถรุ่นนี้จะมีจำหน่ายเพียงสีเดียว คือสีดำ แต่เนื่องจากช่วงนั้นตลาดยังคงเป็นของผู้ผลิต เพราะผู้ผลิตรถยนต์มีจำนวนน้อยราย แต่ความต้องการซื้อมีจำนวนมาก ผลิตเท่าไรก็จำหน่ายได้หมด

อีกหลายปีต่อมา จากความสำเร็จของบริษัทฟอร์ด อิจิ โทโยดะ (Eiji Toyoda) และไทอิจิ โอโนะ (Taiichi Ohno) ผู้บริหารของบริษัทโตโยต้า ได้พยายามนำเอาแนวคิดของฟอร์ดไปปรับปรุงระบบการผลิตของบริษัทโตโยต้าที่ญี่ปุ่น แต่พวกเขาพบว่าสภาพของบริษัทยังไม่

เหมาะกับการใช้ระบบดังกล่าว เนื่องจากขณะนั้นประเทศญี่ปุ่นอยู่ในสภาพหลังสงคราม ปัจจัยการผลิตต่างๆ และเงินทุนมีจำกัด ทำให้ไม่สามารถลงทุนสร้าง “ระบบการผลิตที่เน้นปริมาณ” ตามแบบอย่างของฟอร์ดได้ ทั้งสองจึงได้ร่วมกับทีมงานของบริษัทโตโยต้าพัฒนาระบบการผลิตของตนเองขึ้นมาจากประสบการณ์ที่พบ โดยเริ่มต้นจากการค้นหาและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระดับปฏิบัติการ การนำข้อเสนอแนะการปรับปรุงงานที่ได้จากพนักงานมาทดลองปฏิบัติ และประยุกต์แนวคิดของระบบซูเปอร์มาร์เก็ตหรือระบบดึงมาสร้างระบบการผลิตที่เรียกว่า “ระบบการผลิตแบบโตโยต้า” (Toyota Production System) หรือที่รู้จักกันดีในชื่อของ ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just in Time Production System: JIT) ซึ่งมีหลักการสำคัญคือ “การผลิตเฉพาะสินค้าหรือชิ้นส่วนที่จำเป็น ตามปริมาณที่มีความต้องการ และภายในเวลาที่มีความต้องการ” โดยมุ่งเน้นกำจัดความสูญเสีย (Waste/Muda) ทั้ง 7 ประการ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน ได้แก่

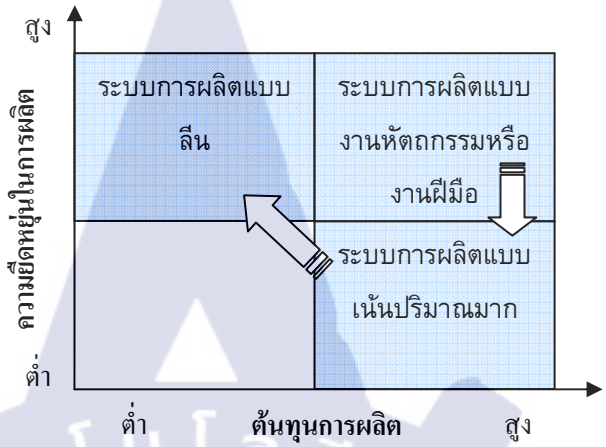
1. การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motion)
2. การรอคอย (Idle Time / Delay)
3. กระบวนการที่ขาดประสิทธิผล (Non-effective Process)
4. การผลิตของเสียและแก้ไขงานเสีย (Defects and Reworks)
5. การผลิตมากเกินไป (Overproduction)
6. การเก็บวัตถุดิบคงคลังที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Stock)
7. การขนส่ง (Transportation)

ในปี ค.ศ. 1990 เจมส์ วอแม็ค และ แดเนียล โจนส์ ได้ร่วมกันแต่งหนังสือเล่มหนึ่งชื่อว่า The Machine that Changed the World ซึ่งเปรียบเทียบปัจจัยแห่งความสำเร็จระหว่างอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ในประเทศญี่ปุ่น ยุโรป และอเมริกา เพื่ออธิบายว่าบริษัทสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการจัดการกระบวนการได้อย่างไร และเริ่มใช้คำว่า “ระบบการผลิตแบบลีน” เป็นต้นมา

ชิจิโอ ชินโง (Shigeo Shingo) ที่ปรึกษาของบริษัทโตโยต้า กล่าวว่า “ระบบการผลิตแบบโตโยต้าไม่ใช่ระบบที่มีแนวคิดขัดแย้งกับระบบการผลิตของฟอร์ด แต่เป็นระบบที่ได้รับการพัฒนาต่อเนื่องมาให้สอดประสานกับสภาพตลาดของประเทศญี่ปุ่น โดยมุ่งทำการผลิตจำนวนมาก ด้วยขนาดรุ่นการผลิตที่เล็ก และมีระดับสินค้าคงคลังต่ำ” ดังนั้นเราอาจกล่าวได้ว่า ผู้ริเริ่มแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีนก็คือ เฮนรี ฟอร์ด แต่ผู้นำแนวคิดมาประยุกต์ใช้ให้เกิดผลลัพธ์เป็นรูปธรรมก็คือ บริษัทโตโยต้า หรืออีกนัยหนึ่งระบบการผลิตแบบโตโยต้าก็คือ การปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best Practice) ของระบบการผลิตแบบลีนนั่นเอง

โดยสรุป วิวัฒนาการของระบบเริ่มจากระบบการผลิตแบบงานหัตถกรรม มาสู่การผลิตแบบลีน แสดงได้ดังรูปที่ 5 ระบบการผลิตแบบเน้นปริมาณจนกระทั่งพัฒนาเป็นระบบการผลิต

แบบลีน ที่มีความยืดหยุ่นในการผลิตสูง เพื่อรองรับสภาพปัจจุบันซึ่งวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์สั้นลงเรื่อยๆในขณะที่ต้องพยายามลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง



รูปที่ 5 วิวัฒนาการของระบบการผลิตแบบลีนและลักษณะเฉพาะตัว

มุมมองของระบบการผลิตแบบลีน (Lean Perspective)

ลักษณะของกิจกรรมมี 3 ประเภท ดังนี้ (Hines; and Taylor. 2000)

1. กิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า (Value Adding Activity) คือ กิจกรรมที่มีคุณค่าในการดำเนินงาน ถ้าพิจารณาจากมุมมองของลูกค้าจะเห็นได้ว่ากิจกรรมประเภทนี้เป็นกิจกรรมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งที่ลูกค้าเต็มใจที่จะจ่ายค่าตอบแทนเพื่อแลกกับมัน

2. กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่า (Non Value Adding Activity) คือ กิจกรรมที่ไม่จำเป็นถ้าพิจารณาจากมุมมองของลูกค้าจะเห็นได้ว่า กิจกรรมประเภทนี้เป็นกิจกรรมที่ไม่ได้ทำให้ผลิตภัณฑ์หรือบริการมีคุณค่าเพิ่มมากขึ้น และไม่ได้จำเป็นต้องมี การทำงานหรือกิจกรรมเดียวกันซ้ำๆ กิจกรรมเหล่านี้เป็นความสูญเปล่าอย่างเห็นได้ชัด ควรจะเป็นเป้าหมายแรกที่จะทำการแก้ไขในระยะเวลาอันสั้น

3. กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าแต่จำเป็น (Necessary Non Value Adding Activity) คือ กิจกรรมที่ไม่จำเป็น ถ้าพิจารณาจากมุมมองของลูกค้าจะเห็นได้ว่ากิจกรรมประเภทนี้เป็นกิจกรรมที่ไม่ได้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าเพิ่มมากขึ้น แต่จำเป็นต้องมี กิจกรรมประเภทนี้เป็นการยากที่จะสามารถถูกกำจัดได้ในระยะเวลาอันสั้น ควรเป็นเป้าหมายในระยะยาวและอาจจำเป็นต้องทำการเปลี่ยนแปลงการทำงานครั้งใหญ่

ความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Wastes) ได้แก่ (Hines; and Taylor. 2000)

1. ความสูญเปล่าเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction) การผลิตสินค้าปริมาณมากเกินความต้องการใช้งานในขณะนั้นหรือผลิตไว้ล่วงหน้าเป็นเวลานาน มาจากแนวความคิดเดิมที่ว่าแต่ละขั้นตอนจะต้องผลิตงานออกมาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้เกิด

ต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุดในแต่ละครั้งโดยไม่ได้คำนึงถึงว่าจะทำให้มีงานระหว่างทำ (Work in Process: WIP) ในกระบวนเป็นจำนวนมากและทำให้กระบวนการผลิตขาดความยืดหยุ่น

2. ความสูญเปล่าเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory) การซื้อวัสดุคราวละมากๆ เพื่อเป็นประกันว่าจะมีวัสดุสำหรับผลิตตลอดเวลาหรือเพื่อให้ได้ส่วนลดจากการสั่งซื้อจะส่งผลให้วัสดุที่อยู่ในคลังมีปริมาณมากเกินความต้องการใช้งานอยู่เสมอ เป็นภาระในการดูแลและจัดการ ซึ่งทางโตโยต้าถือว่าสินค้าคงคลังเปรียบเสมือนปีศาจ

3. ความสูญเปล่าเนื่องจากการขนส่ง (Transportation) การขนส่งเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่วัสดุ ดังนั้นจึงต้องควบคุมและลดระยะทางในการขนส่งให้เหลือเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

4. ความสูญเปล่าเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion) ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น ต้องเอื้อมหยิบของที่อยู่ไกล ก้มตัวยกของหนักที่วางอยู่บนพื้น ฯลฯ ทำให้เกิดความล้าต่อร่างกายและทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงานอีกด้วย

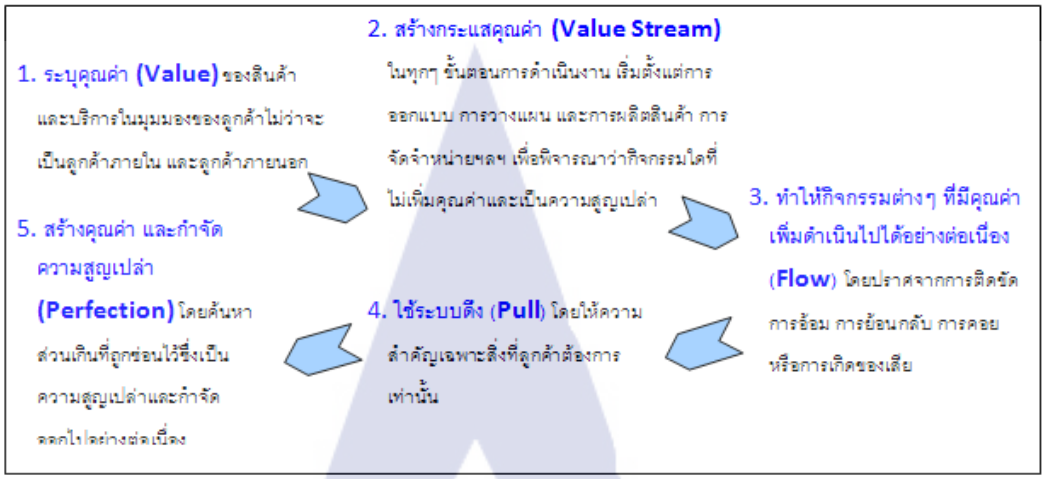
5. ความสูญเปล่าเนื่องจากกระบวนการผลิต (Processing) เกิดจากกระบวนการผลิตที่มีการทำงานซ้ำๆกันในหลายขั้นตอนซึ่งไม่มีความจำเป็นเพราะงานเหล่านั้นไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ รวมทั้งงานในกระบวนการผลิตที่ไม่ช่วยให้ตัวผลิตภัณฑ์เกิดความเที่ยงตรงเพิ่มขึ้นหรือคุณภาพดีขึ้น เช่น กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกระบวนการนี้ควรรวมอยู่ในกระบวนการผลิตให้พนักงานหน้างานเป็น ผู้ตรวจสอบไปพร้อมกับการทำงานหรือขณะคอยเครื่องจักรทำงาน

6. ความสูญเปล่าเนื่องจากการรอคอย (Delay) การรอคอยเกิดจากการที่เครื่องจักรหรือพนักงานหยุดการทำงานเพราะต้องรอคอยบางปัจจัยที่จำเป็นต่อการผลิต เช่น การรอวัตถุดิบ การรอคอยเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้อง การรอคอยเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่สมดุล การรอคอยเนื่องจากการเปลี่ยนรุ่นการผลิต เป็นต้น

7. ความสูญเปล่าเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect) เมื่อของเสียถูกผลิตออกมา ของเสียเหล่านั้นอาจถูกนำไปแก้ไขใหม่ให้ได้คุณสมบัติตามที่ลูกค้าต้องการหรือนำไปกำจัดทิ้ง ดังนั้นจึงทำให้มีการสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสียขึ้น

<u>แนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน (Lean Thinking)</u> (Womack; and Jones. 1996)

การผลิตแบบลีน คือ วิธีการที่มีระบบแบบแผนในการระบุและกำจัดความสูญเสีย หรือสิ่งที่ไม่เพิ่มคุณค่าภายในกระแสคุณค่าของกระบวนการ โดยอาศัยการดำเนินตามจังหวะความต้องการของลูกค้าด้วยระบบดึง ทำให้เกิดสภาพการไหลอย่างต่อเนื่อง ราบเรียบ และทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างคุณค่าให้แก่ระบบอยู่เสมอ โดยแบ่งเป็นขั้นตอนหลักได้ 5 ขั้นตอน ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนภาพแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน

<u>เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิตแบบลีน (Lean Tools)</u>

เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแบบลีน (Lean Tools) จำแนกออกเป็น 4 ประเภทตามผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือนั้นๆ ดังต่อไปนี้ (Green. 2002)

1. เครื่องมือปรับปรุงอัตราการไหล (Flow) ได้แก่ คัมบัง (Kanban) การไหลทีละชิ้น (One-piece-Flow) 5ส (5s) การผลิตโดยอิงเวลามาตรฐาน (Production to Takt Time) การทำงานมาตรฐาน (Standard Work) การควบคุมด้วยสายตา (Visual Control) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

2. เครื่องมือที่ช่วยให้เกิดความยืดหยุ่นในกระบวนการ (Flexibility) ได้แก่ การลดเวลาการเปลี่ยนงาน (Set up Reduction) การปรับเรียบการผลิต (Smoothed Production) การฝึกอบรมข้ามสายงาน (Cross Trained Workforce)

3. เครื่องมือที่ลดเวลาในการทำงาน(Throughput Rate) ได้แก่ กลุ่มการผลิต (Flow Cell) การควบคุมตัวเองโดยอัตโนมัติ (Autonomous) เครื่องป้องกันความผิดพลาด (Mistake Proofing) การตรวจสอบด้วยตนเอง (Self Check Inspection)

4. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) ได้แก่ การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Kaizen) การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า (Root Cause Analysis) การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control)

นอกจากนี้อาจมีการใช้เครื่องมืออื่นๆเข้าช่วยในการวิเคราะห์ต่างๆ เช่นการหาปัจจัยของสาเหตุและผลกระทบเพื่อคัดกรองให้เหลือแต่ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปัญหาที่จะทำการศึกษาและหาแนวทางในการปรับปรุงต่อไป ดังนั้นการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) จึงเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือที่ถูกนำมาพิจารณา

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ หรือ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) คือ การวิเคราะห์คุณลักษณะของความเสียหายและผลกระทบที่ตามมา หลักการ FMEA ได้ถูกพัฒนาโดยหน่วยงานอากาศยานทางทหารของสหรัฐอเมริกา (ได้แก่ กองทัพอากาศ กองทัพเรือ องค์การ NASA) ตั้งแต่ทศวรรษที่ 60 (ระหว่าง คศ. 1960 – 1970) จากนั้นได้มีการประยุกต์วิธีการ FMEA ไปยังบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ชั้นนำของโลก ได้แก่ Ford, GM และ Chrysler หรือที่รู้จักกันดีว่า BIG THREE (Big 3) โดยเป็นข้อกำหนดที่สำคัญของระบบ QS-9000 และในปัจจุบันนี้วิธีการ FMEA ก็ได้กลายมาเป็นข้อกำหนดพื้นฐานของอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ผู้ผลิตรถยนต์ทุกค่าย ทุกยี่ห้อ หรือแม้แต่ผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างๆต้องปฏิบัติตาม ภายใต้ระบบคุณภาพ TS-16949 (สมภพ ตลับแก้ว. 2550)

เอไอเอจี (AIAG 2008: 1) ได้ให้ความหมายของ FMEA ไว้ดังนี้

FMEA คือ กลุ่มของกิจกรรมเชิงระบบประการหนึ่ง (A Systematic Group of Activities) ที่มีจุดมุ่งหมาย 3 ประการ คือ

1. รับรู้และประเมินถึงแนวโน้มของข้อบกพร่อง (Potential Failure) ของผลิตภัณฑ์/กระบวนการหนึ่งและผลกระทบ (Effects) จากข้อบกพร่องดังกล่าว
2. การบ่งชี้ถึงกิจกรรมที่สามารถกำจัด หรือลดโอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่อง
3. การดำเนินการจัดทำกระบวนการทั้งหมดให้อยู่ในรูปเอกสารที่แสดงถึง การออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการเพื่อให้ลูกค้าพึงพอใจ

FMEA จะมุ่งเน้นที่การชี้ให้เห็นถึงคุณลักษณะของข้อบกพร่องหรือสาเหตุที่จะนำไปสู่ข้อบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้น (Potential Failure Mode) อันเนื่องมาจากการออกแบบ การผลิต หรือการบริการ จากนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์ผลกระทบของข้อบกพร่องที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Effect Analysis) และสุดท้ายก็เพื่อนำไปสู่การหาวิธีป้องกันการเกิดข้อบกพร่องที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Problems Prevention) FMEA สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้ (สมภพ ตลับแก้ว. 2550)

FMEA สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. Design FMEA (DFMEA) คือการปรับปรุงการออกแบบโดยวิธีการ FMEA
2. Process FMEA (PFMEA) คือการปรับปรุงการผลิตโดยวิธีการ FMEA
3. Service FMEA (SFMEA) คือการปรับปรุงการบริการโดยวิธีการ FMEA

คำจำกัดความ

ข้อบกพร่อง (Failure) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต หรือการบริการที่ไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่ได้กำหนดไว้

คุณลักษณะของข้อบกพร่อง (Failure Mode) หมายถึง สภาวการณ์หรืออาการที่อาจจะก่อให้เกิดข้อบกพร่องที่ตามมา (Failure) ซึ่งอาการผิดปกติส่วนใหญ่แล้วจะเป็นคุณลักษณะทางกายภาพ (Physical Characteristics) ได้แก่ การแตก ความร้อน กลิ่นไหม้ การบิดเบี้ยว การรั่ว สีเพี้ยน รอยร้าวเป็นต้น และสามารถสังเกตได้โดยการใช้ประสาทสัมผัส เช่น สายตา (การรั่ว สีเพี้ยน รอยร้าว) หู (การสั่น) การสัมผัส (ความร้อน) และการได้กลิ่นที่ผิดปกติ (กลิ่นไหม้) ถ้าหากว่าอาการเหล่านี้ไม่ได้รับการแก้ไขจะส่งผลกระทบต่อชิ้นส่วนหรือระบบอื่นๆ ทำให้เกิดการขัดข้องหรือข้อบกพร่องได้ในที่สุด ยกตัวอย่างเช่น ผู้ใช้รถยนต์ได้กลิ่นไหม้ (Failure Mode) ออกมาจากห้องเครื่องยนต์ที่ฝากระโปรงหน้าแต่ไม่ใส่ใจที่จะนำรถยนต์ไปตรวจสภาพและยังคงใช้งานต่อไป จากปัญหาที่อาจจะเป็นเพียงเล็กน้อยและสามารถแก้ไขได้ ก็จะกลายเป็นปัญหาที่รุนแรงและแก้ไขไม่ได้ (Failure) เช่น อาจจะพบคอมเพรสเซอร์แอร์ไหม้หรือหม้อน้ำรั่ว เป็นต้น หรืออีกตัวอย่างคือ พนักงานควบคุมเครื่องจักรได้ยินอาการสั่นที่ผิดปกติของเครื่องจักร (Failure Mode) แต่ไม่ได้แจ้งให้พนักงานซ่อมบำรุงทราบ และยังคงปล่อยให้เครื่องจักรทำงานไปจนกระทั่งในที่สุดพบว่าเพลาของเครื่องจักรแตกหักและไม่สามารถทำงานได้อีกต่อไป (Breakdown) จากตัวอย่างทั้ง 2 กรณีพบว่าหากผู้ใช้รถยนต์และพนักงานควบคุมเครื่องจักรรีบดำเนินการแก้ไขตั้งแต่ในขั้นตอนของ Failure Mode ปัญหาข้อบกพร่องหรือความเสียหาย (Failure) ที่ตามมาจะลดระดับความรุนแรงลงไป

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง (Effect) หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากข้อบกพร่องและส่งผลโดยตรงต่อผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิตและการบริการในที่สุด โดยทั่วไปแล้วมักจะยึดจาก “ผลกระทบที่เกิดกับลูกค้าเป็นหลัก” ซึ่งอาจจะหมายถึงหน่วยงานที่รับผิดชอบถัดไป เช่น ฝ่ายผลิต ฝ่ายประกอบ หรือฝ่ายบริการ

การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง การวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ เพื่อหาทางป้องกันการเกิดข้อบกพร่องขึ้นในอนาคต

<u>ขั้นตอนการทำ FMEA</u> (เจี๊ยม จันทร์อนันต์. 2552 : 5)

1. ทีมงานจากหลายฝ่ายต้องร่วมกันทำ FMEA
2. ระบุหน้าที่การใช้งานของชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ (The Function of Component)
3. กำหนดอย่างน้อย 1 ชนิดของความเสียหายที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้น (Potential Failure Modes) ในแต่ละหน้าที่การใช้งาน
4. ระบุผลของความเสียหาย (Effect of Failure) โดยคำนึงถึงผลที่ลูกค้าอาจร้องเรียน
5. ระบุระดับความรุนแรง (The Severity: S) สำหรับแนวโน้มของผลความเสียหายที่เกิดขึ้น
6. ระบุสาเหตุของแต่ละชนิดแนวโน้มความเสียหาย (Causes)
7. ประเมินระดับโอกาสที่จะเกิดขึ้น (The Occurrence: O) ของแต่ละแนวโน้มของสาเหตุ

8. ระบุวิธีการตรวจพบหรือการควบคุมสาเหตุที่ใช้ในปัจจุบัน (Current Detection or Control)

9. ประเมินความสามารถของวิธีการตรวจพบ (Delectability: D) หรือการควบคุมการออกแบบเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย

10. คำนวณตัวเลขลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN = S×O×D)

11. ระบุและดำเนินการตามแผนมาตรการแก้ไขปัญหาเพื่อให้ความเสี่ยงลดลง โดยเลือกจัดการกับรายการชนิดความเสียหายที่มีค่า RPN สูง

12. ประเมินค่าต่างๆใหม่ ซึ่งได้แก่ ค่า S ค่า O ค่า D และค่า RPN ตามลำดับ

ในการสร้าง FMEA สำหรับกระบวนการควรเริ่มจากการสร้างแผนภูมิแสดงการไหลเพื่อแสดงแนวความคิดของกระบวนการ โดยแผนภูมิดังกล่าวควรจะบ่งชี้ถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่สอดคล้องกับแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติ สำหรับกระบวนการจะดำเนินการตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ฟอร์มเปล่า FMEA สำหรับกระบวนการ

FMEA สำหรับกระบวนการ

หมายเลข FMEA 1
หน้าที่ _____ ในจำนวนทั้งหมด _____ หน้า
ชื่อผลิตภัณฑ์/กระบวนการ 2 | ผู้รับผิดชอบการออกแบบ 3 | ผู้จัดทำ 4
ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ 5 | วัน-เดือน-ปี ที่ครบกำหนดเสร็จสิ้น 6 | วันเริ่มต้น 7 | วันทบทวนล่าสุด 7
คณะผู้ทำงาน 8

หน้าที่ของกระบวนการ	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรง (SEV)	จำแนกประเภท	แนวโน้มของสาเหตุ/กลไก	ความถี่ (OCC)	กระบวนการปัจจุบัน 16		ตรวจพบ (DET)	ความเสี่ยง (RPN)	วิธีแก้ไข	ผู้รับผิดชอบวันสิ้นสุด	ผลการแก้ไข 22				
							การควบคุมป้องกัน	การควบคุมตรวจจับ					การแก้ไข	ความรุนแรง (SEV)	ความถี่ (OCC)	ตรวจพบ (DET)	ความเสี่ยง (RPN)
9	10	11	12	13	14	15			17	18	19	20	21				

ในฟอร์มเปล่า FMEA สำหรับกระบวนการ แต่ละหมายเลขจะมีความหมายดังนี้

1. หมายเลข FMEA ให้ใส่หมายเลขเอกสารสำหรับ FMEA ลงไปเพื่อประโยชน์ในการสอบกลับได้

2. ชื่อผลิตภัณฑ์/กระบวนการ ให้ใส่ชื่อและจำนวนของระบบ ระบบย่อย หรือชิ้นส่วนประกอบ สำหรับกระกอบที่จะทำการวิเคราะห์

3. ผู้รับผิดชอบกระบวนการให้ใส่ชื่อผู้ผลิต OEM (การรับจ้างผลิตสินค้าในตราผลิตภัณฑ์อื่น โดยมีการดูแลในเรื่องสินค้า คุณภาพและบรรจุภัณฑ์ โดยลูกค้าเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดจำหน่าย) ฝ่ายงานและกลุ่มงานลงไปทั้งนี้อาจรวมถึงชื่อของผู้ส่งมอบ (ถ้าทราบ)

4. ผู้จัดทำให้ใส่ชื่อของผู้ที่หน้าที่รับผิดชอบในการจัดเตรียม FMEA พร้อมหมายเลขโทรศัพท์และที่อยู่ของบริษัทที่สังกัด

5. ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ ให้ใส่ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ (ปี พ.ศ. หรือโปรแกรม) ที่จะใช้และหรือได้รับผลกระทบจากกระบวนการที่ทำการวิเคราะห์

6. วันสำคัญ (Key Date) ให้ใส่วัน เดือน ปีที่ควรกำหนดเสร็จสิ้นซึ่งไม่ควรเกินไปกว่าที่กำหนด วันเริ่มต้นทำการผลิต แต่ถ้าเป็นกรณีที่ (FMEA) ได้รับการจัดทำโดยผู้ส่งมอบ วันเดือนปีที่เสร็จสิ้นไม่ควรเกินไปกว่ากำหนดวันที่จะต้องจัดส่ง PPAP (Production Part Approval Process)

7. วัน เดือน ปีสำหรับ FMEA ให้ใส่วัน เดือน ปี ที่เริ่มต้นการจัดทำ FMEA และวันเดือน ปีที่ทบทวน FMEA ครั้งล่าสุด

8. คณะทำงาน ให้ใส่ชื่อบุคลที่รับผิชอบ รวมถึงฝ่ายงานที่มีอำนาจในการบ่งชี้และหรือดำเนินงาน

9. หน้าที่หรือความต้องการของกระบวนการ ให้ใช้คำอธิบายง่าย ๆ เกี่ยวกับกระบวนการผลิตขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ได้รับการวิเคราะห์และใส่เครื่องหมายเลขของกระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานลงไปด้วย ในกรณีคณะทำงาน FMEA ควรมีการทบทวนถึงสมรรถนะ วัตถุดิบกระบวนการสิ่งแวดล้อม และมาตรฐานด้านความปลอดภัยโดยทั่วไปแล้วควรจะอธิบายอย่างกระชับที่สุดเท่าที่จะทำ ได้ถึงจุดประสงค์ของกระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ได้รับการวิเคราะห์รวมถึงสารสนเทศเกี่ยวกับ (ตัววัด/ค่าที่ประมาณ) ของระบบ ระบบย่อยหรือชิ้นส่วนประกอบ และในกรณีที่กระบวนการประกอบด้วยขั้นตอนการปฏิบัติงานจำนวนมาก (เช่นสายงานประกอบ) ที่มีแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องที่แตกต่างกันแล้วก็อาจจะทำการแยกพิจารณาในกรณีที่ใช้ FMEA กับกระบวนการที่ใช้งานอยู่แล้วเพื่อวิเคราะห์แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องจากกระบวนการ เช่น ในระบบซิกซ์ซิกม่า ในช่องนี้อาจเปลี่ยนแปลงเป็นขั้นตอนของกระบวนการ (What is the Process Step) และพิจารณาว่าคืออะไรคือปัจจัยที่ป้อนเข้าที่สำคัญ (What is The Key Process Input) ทั้งนี้เพื่อการวิเคราะห์ถึงลักษณะข้อบกพร่องในขั้นตอนต่อไปโดยการพิจารณาว่า อะไรคือสิ่งที่ปัจจัยป้อนเข้ามีความผิดพลาด (What Way Does the Key Input Go Wrong)

10. แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง ความหมายของข้อบกพร่อง (Failure) และลักษณะข้อบกพร่อง (Failure Modes) ที่จะหมายถึงลักษณะทางกายภาพที่กระบวนการจะมาสามารถทำหน้าที่ได้ตามที่ออกแบบไว้หรือกำหนดความต้องการไว้โดยลักษณะข้อบกพร่องที่พิจารณานี้อาจจะเป็นสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องของกระบวนการท้ายและอาจเป็นผลกระทบจากลักษณะข้อบกพร่องในการวิเคราะห์แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องสำหรับกระบวนการที่พิจารณานี้ให้กำหนดภายใต้ข้อสมมติว่า ชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบที่นำเข้ามาจากกระบวนการก่อนหน้ามีความถูกต้องเสมอ ในการระบุถึงแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่องจะต้อง

ระบุถึงสิ่งที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย เช่น ปนเปื้อน ตกตะกอน แตกร้าว รูไม่กลม รหัสผิดพลาด มีรอยขีดข่วน ไม่มีลายเซ็นผู้อนุมัติ ฯลฯ โดยคำที่ใช้นี้ควรจะเป็นคำที่อยู่ในภาษาเทคนิคหรือลักษณะทางกายภาพมากกว่าที่สังเกตได้

11. แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องในช่องนี้ของแบบฟอร์ม FMEA ให้แสดงแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องที่มีความหมายว่า ผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่องที่กระทบกับลูกค้า โดยผลกระทบดังกล่าวอาจอยู่ในรูปของสิ่งที่ลูกค้าสังเกตเห็นหรือสิ่งที่ลูกค้าเคยมีประสบการณ์มาก่อนก็ได้ ในกรณีที่เป็นลูกค้าภายในผลจากข้อบกพร่องจะอธิบายในเทอมของสมรรถนะของกระบวนการ หรือขั้นตอนการปฏิบัติงาน อาทิไม่สามารถทำให้แน่นได้ ไม่สามารถสวมได้ ไม่สามารถเจาะได้ทำให้อุปกรณ์เสียหาย ฯลฯ สำหรับกรณีที่เป็นลูกค้าภายนอกผลจากข้อบกพร่องจะอธิบายในเทอมของสมรรถนะของผลิตภัณฑ์หรือระบบอาทิเกิดเสียงดัง ผิวหยาบ ไม่สามารถใช้งานได้ มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ซ่อมบำรุงมาก ฯลฯ โดยทั่วไปแล้วอาจจะจำแนกแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่องตามที่เกิดออกเป็น 3 ระดับด้วยกันดังนี้

11.1 ผลกระทบที่จุดเกิด (Local Effects) หมายถึงผลกระทบที่มีต่อชิ้นส่วนประกอบหรือกระบวนการย่อยที่กระบวนการพิจารณา

11.2 ผลกระทบที่กระบวนการถัดไป (Next Higher Level Effects) หมายถึงผลกระทบที่มีต่อกระบวนการท้ายที่มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างรายการใช้วัสดุ

11.3 ผลกระทบต่อผู้ใช้ (End User Effects) หมายถึง ผลกระทบที่ผู้ใช้สามารถสังเกตเห็นได้หรือได้รับ

นอกจากนี้แล้วในการวิเคราะห์ถึงแนวโน้มของผลกระทบจากข้อบกพร่องนี้จะสามารถวิเคราะห์ได้จากเอกสารต่าง ๆ อาทิข้อมูลในอดีตเอกสารด้านการรับรองคุณภาพ (Quality Warranty) คำร้องเรียนของลูกค้า ข้อมูลการให้การบริการภาคสนาม (Field Service) ข้อมูลการทดสอบความไว้วางใจ ตลอดจนเอกสาร FMEA สำหรับผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน

12. ความรุนแรงของผลกระทบ (S-Severity) ในช่องนี้จะวิเคราะห์ถึงความรุนแรงของแนวโน้มของผลกระทบจากข้อบกพร่องที่กำหนดโดยใช้ความรุนแรง จะหมายถึงขนาดของความรุนแรง (Seriousness) ของผลกระทบและความรุนแรงของผลกระทบความรุนแรงนี้จะเป็นลักษณะเชิงสัมพัทธ์ภายใต้ขอบเขตของแต่ละ FMEA และการลดขนาดความรุนแรงของผลกระทบความรุนแรงจะได้มาจากการออกแบบใหม่สำหรับระบบหรือกระบวนการเท่านั้น ในกรณีที่จะประเมินความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้นั้น จะเป็นสิ่งที่นอกขอบเขตหรือประสบการณ์ ความรู้ของวิศวกรประจำกระบวนการโดยสถานการณ์เช่นนี้ ทีม FMEA มีความจำเป็นต้องขอคำปรึกษาจากคณะทำงาน FMEA สำหรับการออกแบบ วิศวกรออกแบบ และหรือวิศวกรประจำกระบวนการผลิตของลูกค้า

ในการประเมินความรุนแรงทีม FMEA ควรจะกำหนดกฎเกณฑ์สำหรับการประเมินผลก่อนเสมอโดยทั่วไปอาจจะใช้สเกล 1-10 (อาจจะใช้สเกล 1-4 ,1-25 หรือ 1-100 ก็ได้ โดยสนใจถึงความสามารถในการแยกความแตกต่างของสเกลที่ใช้ได้) และควรกำหนดให้ความรุนแรงที่สูงที่สุด (อาจจะหมายถึง ความมีอันตรายของลูกค้า) ได้คะแนนสูงที่สุด และให้ความรุนแรงที่ต่ำที่สุด (อาจหมายถึงผลกระทบที่ลูกค้าไม่ได้ให้ความสนใจหรือไม่สามารถสังเกตได้) ได้คะแนนต่ำที่สุด และถ้าผลกระทบใดได้คะแนนต่ำที่สุดแล้วก็จะทำการตัดผลกระทบดังกล่าวออกจากการพิจารณาตารางที่ 5 แสดงถึงตัวอย่างของการให้คะแนนความรุนแรงของผลกระทบ โดยเกณฑ์ดังกล่าวจะพิจารณาลูกค้าภายนอกก่อนเป็นลำดับแรก และกรณีที่ผลกระทบเกิดขึ้นทั้งลูกค้าภายนอกและลูกค้าภายในให้ใช้คะแนนจากความรุนแรงที่สูงกว่าจากการประเมินในการวิเคราะห์ FMEA

13. การจำแนกช่องนี้อาจจะได้รับการใช้ในการจำแนก (Classify) คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการพิเศษสำหรับชิ้นส่วนประกอบระบบย่อย หรือระบบที่อาจต้องการการควบคุมกระบวนการเพิ่มเติมนอกจากนี้ก็อาจใช้ช่องนี้ในการกำหนดถึงลักษณะข้อบกพร่องที่สำคัญมากจากการประเมินผลด้านวิศวกรรม

14. แนวโน้มของสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่องในช่องนี้ผู้วิเคราะห์ FMEA จะต้องค้นหาสาเหตุรากเหง้าหรือกลไกของข้อบกพร่องมาใส่ลงไปว่าสาเหตุของข้อบกพร่อง หมายถึงวิธีการที่ข้อบกพร่องจะเกิดขึ้นโดยอธิบายในรูปของสิ่งที่จะได้รับการแก้ไขหรือสามารถได้รับการควบคุมได้ในการค้นหาสาเหตุรากเหง้าต้องพยายามค้นหาให้ทราบถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยสาเหตุบางสาเหตุจะมีผลกระทบต่อลักษณะข้อบกพร่องโดยตรง (ถ้าหากควบคุมสาเหตุดังกล่าวได้ก็จะไม่เกิด ลักษณะข้อบกพร่องอีก) ก็จะทำให้ FMEA สมบูรณ์มากแต่อย่างไรก็ตามสาเหตุจำนวนมากมักจะเป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นพร้อมกันการแก้ไขหรือควบคุมสาเหตุเหล่านี้มีความจำเป็นที่ต้องใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (DOE) ในการค้นหาสาเหตุรากเหง้าที่มีผลมากที่สุดต่อลักษณะข้อบกพร่องเพื่อการดำเนินการควบคุมต่อไป

ตารางที่ 5 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการภายใน	คะแนน
เกิดอันตรายโดยไม่มีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือขัดต่อกฎหมายโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
เกิดอันตรายโดยมีการเตือน	มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้หรือขัดต่อกฎหมายโดยมีการเตือนล่วงหน้า	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงาน (หรือเครื่องจักร) โดยมีการเตือนล่วงหน้า	9
ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้(เนื่องจากสูญเสียหน้าที่หลัก)	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) ต้องถูกทำลายหรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงโดยใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง	8
ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ระดับสมรรถนะลดลงจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจมาก	อาจมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบคัดเลือก (Sorting) และผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว้า 100%) อาจถูกทำลายหรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงระหว่างครึ่งถึง 1 ชั่วโมง	7
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ขาดความสะดวกสบายและทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	ผลิตภัณฑ์แบบคัดเลือก (Sorting) และผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว้า 100%) อาจถูกทำลายและไม่ต้องตรวจสอบแบบคัดเลือก (Sorting) หรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงใช้เวลาไม่เกินครึ่งชั่วโมง	6

ตารางที่ 5 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (ต่อ)

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการภายใน	คะแนน
ผลกระทบต่ำ	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้ด้วยความสะดวกสบายแต่ระดับสมรรถนะลดลง	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100%) อาจต้องได้รับการทำกระบวนการซ้ำหรือได้รับการซ่อมแซมนอกสายการผลิตที่ฝ่ายผลิต	5
ผลกระทบต่ำมาก	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนักอาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์อาจได้รับการตรวจสอบแบบคัดเลือก (Sorting) โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลาย แต่บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจได้รับการทำกระบวนการซ้ำ	4
ผลกระทบเล็กน้อย	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนักอาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้าประมาณครึ่งหนึ่ง สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจได้รับการทำกระบวนการซ้ำในสายการผลิต แต่นอกจุดปฏิบัติงาน โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลาย	3
เกือบไม่มีผลกระทบ	ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ไม่ดีนักอาจมีเสียงดังบ้าง ลูกค้าส่วนใหญ่ (ต่ำกว่า 25%) สามารถสังเกตเห็นข้อบกพร่องได้	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (ต่ำกว่า 100%) อาจได้รับการทำกระบวนการซ้ำในสายการผลิตที่จุดปฏิบัติงาน โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องถูกทำลาย	2

ตารางที่ 5 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (ต่อ)

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการภายใน	คะแนน
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตเห็นได้	อาจมีความไม่สะดวกสบายเล็กน้อยต่อการปฏิบัติงาน หรือตัวพนักงาน หรือไม่มีผลกระทบใดๆ	1

ที่มา : กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). **FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ.** หน้า 120.

15. โอกาสเกิด (O-Occurrence) โอกาสการเกิดจะหมายถึง ความเป็นไปได้ของสาเหตุหรือกลไกเฉพาะหนึ่งจะเกิดด้วยนั้นอันดับของความเป็นไปได้ในการเกิด (Likelihood of Occurrence) จึงมีความหมายเชิงสัมพัทธ์มากกว่าตัวเลขสัมบูรณ์ และการลดโอกาสการเกิดขึ้นนี้จะต้องได้มาจากการป้องกันหรือการควบคุมสาเหตุหรือกลไกลของข้อบกพร่องที่ผ่านการเปลี่ยนแปลงแบบหรือกระบวนการเท่านั้น การกำหนดคะแนนให้กับโอกาสเกิดจะอาศัยอัตราข้อบกพร่อง (Possible Failure Rates) ที่ขึ้นอยู่กับจำนวนของข้อบกพร่องที่มีการคาดหมายในระหว่างการปฏิบัติกับกระบวนการหรืออาจจะได้มาจากข้อมูลเชิงสถิติแต่อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะอาศัยข้อมูลใดในการคาดหมายก็ตาม ผู้วิเคราะห์ FMEAจะต้องใช้การตัดสินใจเชิงอรรถวิสัยในการช่วยประเมินผลอยู่ดี ดังแสดงตัวอย่างกฎเกณฑ์ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง

โอกาสในการเกิดขึ้นของสาเหตุหนึ่ง ๆ	**อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (PPM)**	**Ppk**	**คะแนน**
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	≥ 100000 (หรือ 10%) 50000 (หรือ 5%)	< 0.55 ≥ 0.55	10 9
สูง : เกิดข้อบกพร่องบ่อย	20000 (หรือ 2%) 10000 (หรือ 1%)	≥ 0.78 ≥ 0.86	8 7
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	5000 (หรือ 0.5%) 2000 (หรือ 0.2%) 1000 (หรือ 0.1%)	≥ 0.94 ≥ 1.00 ≥ 1.10	6 5 4
ต่ำ : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	500 100	≥ 1.20 ≥ 1.30	3 2
ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องเลย	≤ 10	≥ 1.67	1

ที่มา : กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). **FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ.** หน้า 122.

16. การควบคุมในปัจจุบัน ในช่องนี้จะแสดงถึงระบบการควบคุมกระบวนการในปัจจุบันและการควบคุมการผลิตกระบวนการคือลักษณะของการควบคุมที่อาจจะอยู่ในรูปการป้องกันสิ่งที่เป็นไปได้ของลักษณะข้อบกพร่องหรือสาเหตุตลอดจนกลไกของข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น หรือการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง หรือสาเหตุตลอดกลไกของข้อบกพร่องที่อาจจะทำให้เกิดขึ้นระบบการควบคุมกระบวนการมีหลายวิธีด้วยกันแล้วแต่การนำมาประยุกต์ใช้งานจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การป้องกัน (Prevention) หมายถึงการป้องกันสาเหตุกลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น หรือลดอันตรายการเกิดขึ้นของสาเหตุ หรือกลไกลของข้อบกพร่องดังกล่าว

2. การตรวจจับ (Detection) หมายถึงการตรวจจับสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการแก้ไขต่อไป

ภายใต้แนวทางการควบคุมทั้งสองประเภทนี้ ถ้าเป็นไปได้มักนิยมใช้แนวทางป้องกันมากกว่า นอกจากนี้แล้ว ถ้าพิจารณาในประเด็นกลไกของการควบคุมกระบวนการแล้วจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณีด้วยกัน

1. การป้องกันสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง หรือกลไกการเกิดลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น หรือการลดอัตราการเกิดลักษณะข้อบกพร่องให้ลดลง

2. การตรวจจับสาเหตุหรือกลไกของลักษณ์ข้อบกพร่องเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติแก้ไข

3. การตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง

17. การตรวจจับ (D - Detection) ในช่องนี้จะใส่คะแนนที่ประเมินผลถึงความสามารถในการควบคุมของระการควบคุมในปัจจุบันโดยคะแนนการตรวจจับจะเป็นปริมาณเชิงสัมพัทธ์ภายใต้ขอบเขตของ (FMEA) สำหรับแต่ละกระบวนการที่ทำศึกษา และจะให้คะแนนตรวจจับต่ำลง (คือ มีความสามารถในการตรวจจับที่ดีขึ้น) จะต้องเกิดมาจากการเปลี่ยนวิธีการควบคุมที่ไว้วางแผนไว้เท่านั้นในการพิจารณาคะแนนประเมินการตรวจจับนี้จะต้องพิจารณาจากความสามารถของระบบการควบคุมที่จะป้องกันข้อบกพร่องจากการส่งมอบถึงลูกค้าเท่านั้น ดังตารางที่ 7 แสดงถึงตัวอย่างของกฎเกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการตรวจจับของระบบการควบคุมคุณภาพ

ตารางที่ 7 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของข้อบกพร่อง

การตรวจสอบ	กฎเกณฑ์	ประเภทของการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
เกือบเป็นไปไม่ได้	ไม่มีระบบการตรวจจับใดๆ			×	ไม่สามารถตรวจจับหรือตรวจสอบได้	10
ห่างไกลมาก	มีระบบควบคุมแต่ไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้			×	การควบคุมกระทำได้โดยทางอ้อมหรือเป็นเพียงการสุ่มตรวจเท่านั้น	9
ห่างไกล	มีระบบควบคุมแต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			×	การควบคุมกระทำได้โดยตรวจสอบด้วยตาเปล่า (Visual Inspection) เท่านั้น	8
ต่ำมาก	มีระบบควบคุมแต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			×	การควบคุมกระทำได้โดยตรวจสอบด้วยตาเปล่า 2 ครั้ง (Double Visual Inspection) เท่านั้น	7
ต่ำ	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้		×	×	การควบคุมกระทำได้ด้วยแผนภูมิการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC)	6

ตารางที่ 7 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของข้อบกพร่อง (ต่อ)

การตรวจสอบ	กฎเกณฑ์	ประเภทของการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
ปานกลาง	มีการควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้		×		มีการควบคุมโดยใช้เครื่องมือวัด วัดชิ้นงานก่อนออกจากจุดปฏิบัติงานหรือใช้เกจแบบ Go/ No Go กับงานทั้งหมดก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน	5
ค่อนข้างสูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	×	×		มีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปหรือมีการใช้เครื่องมือวัด วัดชิ้นงานชิ้นแรกในขั้นตอนการปรับตั้ง (Setup)	4
สูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	×	×		มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานหรือมีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปโดยการตรวจสอบเพื่อยอมรับ	3

ตารางที่ 7 ตัวอย่างกฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของข้อบกพร่อง (ต่อ)

การตรวจสอบ	กฎเกณฑ์	ประเภทของการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
สูงมาก	มีระบบควบคุมและเกือบจะมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	×	×		มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานด้วยเครื่องอัตโนมัติ ทำให้ชิ้นงานบกพร่องไม่สามารถหลุดไปได้	2
สูงมาก	มีระบบควบคุมและมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	×			ไม่มีโอกาสเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องเพราะใช้ระบบป้องกันความผิดพลาด (Poka-Yoke) ในขั้นตอนการออกแบบ/กระบวนการ	1

หมายเหตุ : A = การป้องกันความผิดพลาด
B = การใช้อุปกรณ์วัด (Gauging)
C = ตรวจสอบโดยอาศัยบุคคล (Manual Inspection)

ที่มา : กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). **FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ.** หน้า 125.

18. ตัวเลขแสดงลำดับของความเสี่ยง (RPN – Risk Priority Number) ในช่องนี้ให้ใส่ตัวเลขที่แสดงถึงลำดับของความเสี่ยงที่พิจารณาได้จากองค์ประกอบสามประการ คือ ความรุนแรง โอกาสการเกิด และการตรวจจับ ดังนั้น RPN = S×O×D โดยทั่วไปแล้วตัวเลข RPN จะไม่มีความหมายใด ๆ นอกจากใช้สื่อถึงลำดับในการกำหนดความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องจากกระบวนการเท่านั้น และเพื่อทำให้เกิดความมั่นใจ ผู้วิเคราะห์สามารถให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดจนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แนะนำให้ผู้วิเคราะห์ FMEA ทำการวิเคราะห์คะแนน RPN ที่ได้ด้วยแผนภาพพาเรโตถ้าหากการให้คะแนนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจริงจะพบว่าลักษณะข้อบกพร่องที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนน้อย และข้อบกพร่องที่มีความสำคัญน้อยจะมีจำนวนมาก

19. วิธีการปฏิบัติการแก้ไข ในช่องนี้ของแบบฟอร์ม FMEA สำหรับกระบวนการให้ทำการระบุวิธีการปฏิบัติเพื่อตอบโต้เชิงป้องกัน/แก้ไขกับลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงมากที่สุดก่อน แนวทางการกำหนดมาตรการตอบโต้จะต้องอยู่บนพื้นฐานของการป้องกันลักษณะข้อบกพร่อง มากกว่าการตรวจจับ ดังนั้นมาตรการลดโอกาสการเกิด และการลดความรุนแรงจึงเป็นสิ่งที่ควรได้รับการพิจารณาก่อนการปรับปรุงระบบการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง และการปรับปรุงระบบการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องนี้จะถือเป็นการปรับปรุงคุณภาพที่ไม่มีประสิทธิผล และใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง

1. ในการลดโอกาสการเกิดของสาเหตุที่ก่อให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องจะต้องมีการทบทวนแบบและ/หรือกระบวนการใหม่ โดยอาศัยข้อมูลเชิงสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงป้อนกลับเพื่อกำหนดการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องโดยการป้องกันลักษณะข้อบกพร่อง

2. ในการลดความรุนแรงจะดำเนินการได้โดยวิธีการทบทวนแบบและ/หรือกระบวนการเท่านั้น

3. ในการลดคะแนนการตรวจจับมาตรการที่ควรพิจารณาก่อนเป็นลำดับแรกโดยทั่วไปแล้วการควบคุมคุณภาพโดยการปรับปรุงระบบการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องจะเป็นวิธีไม่มีประสิทธิผลและใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง นอกจากนี้แล้วการเพิ่มความถี่หรือขนาดสิ่งตัวอย่างในการตรวจสอบคุณภาพก็มิได้จัดเป็นมาตรการแก้ไขหรือป้องกันใดๆ เพราะมิได้มีการกระทำการใดๆ กับสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง

20. ผู้รับผิดชอบในการปฏิบัติการแก้ไข และวันเสร็จสิ้นในช่องนี้ให้ระบุชื่อบุคคลที่รับผิดชอบต่อการดำเนินการปฏิบัติการแก้ไขนี้รวมทั้งระบุวันเสร็จสิ้นที่เป็นเป้าหมายด้วย

21. การแก้ไขในช่องนี้ให้ทำการสรุปสั้น ๆ ถึงรายละเอียดของการปฏิบัติการแก้ไขที่ได้กระทำไปรวมถึงวันที่เสร็จสิ้นด้วย

22. ผลการแก้ไข ภายหลังจากมีการบ่งชี้มาตรการแก้ไข/ป้องกันแล้วให้ทำการประมาณค่าและบันทึกถึงผลการประเมินความรุนแรง โอกาสการเกิดและตรวจจับ พร้อมคำนวณค่า RPN อีกครั้งแต่ถ้าหากมิได้มีการกำหนดมาตรการใดๆ เลยให้ปล่อยว่างควรจะมีการทบทวน

คะแนนประเมินเหล่านี้อีกครั้ง และถ้ามีการปฏิบัติการแก้ไขใดๆ แล้วให้ดำเนินการวิเคราะห์ซ้ำอีกครั้ง

<u>เกณฑ์ในการปฏิบัติการแก้ไข RPN</u>

Risk Priority Number (RPN) = S×O×D เมื่อ

SEVERITY (S) = ระดับความรุนแรงของผลกระทบ มีค่า 1 ถึง 10 (น้อยไปมาก)

OCCURRENCE (O) = โอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่อง มีค่า 1 ถึง 10 (น้อยไปมาก)

DETECTION (D) = ขีดความสามารถการตรวจพบในปัจจุบัน มีค่า 1 ถึง 10 (ง่ายไปยาก)

RPN เป็นเลขแสดงความสำคัญ ที่แสดงถึงความรุนแรงต่อข้อบกพร่อง โอกาสที่เกิดข้อบกพร่องและความสามารถในการตรวจพบบนผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีค่าระหว่าง 1 – 1000 ซึ่งการลดค่า RPN ให้ปฏิบัติดังนี้

1. ให้สนใจค่า S ที่สูงๆ (9 - 10 ก่อน) แล้วค่อยพิจารณาค่า O และ D ตามลำดับ

2. ลงมือแก้ไขทันที ถ้า RPN $\geq$ 70 ค่าของ S อยู่ระหว่าง 5 - 8 และค่าของ O มากกว่า 3

3. ถ้าค่า RPN เท่ากัน และค่าของ S เท่ากัน ให้เลือกค่าของ O ที่มากกว่ามาทำการแก้ไขก่อน ตัวอย่างเช่น RPN1 = 7 x 3 x 2 = 42 และ RPN2 = 7 x 2 x 3 = 42 ให้ทำการแก้ไข RPN1 ก่อนเพราะRPN1 มี O = 3 และ D = 2 ซึ่ง RPN2 มี O = 2 และ D = 3 ดังนั้น ควรลงมือแก้ไข RPN1 ก่อน RPN2

การลดค่า S ทำได้โดยการปรับปรุงการออกแบบ และ /หรือกระบวนการผลิต ส่วนการลดค่า D ทำได้โดยใช้วิธีการป้องกันความผิดพลาด เช่น การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (SPC) และปรับปรุงกระบวนการผลิตมากกว่าการเพิ่มความถี่ในการสุ่มตรวจ

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

วีรชัย มัฏฐารักษ์ ; และคณะ (2553) ทำการศึกษาเรื่องการเพิ่มผลผลิตด้วยวิธีการปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร กรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารสัตว์ โดยทำการศึกษาถึงเหตุที่มีผลทำให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องอัดเม็ดมีค่าต่ำด้วยวิธีการแก้ปัญหาแบบคิวซี สตอรี่ ของ JUSE การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนปรับปรุงด้วยผังก้างปลา พบว่าตัวแปรที่มีค่าต่ำมีอยู่ 2 ตัวแปร คือ ค่าความพร้อมของเครื่องจักร และค่าสมรรถนะเครื่องจักร ค่าความพร้อมของเครื่องจักรที่ต่ำกว่าเป้าหมายมีสาเหตุมาจากการเกิดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงได้จัดทำมาตรการตอบโต้เหตุเพื่อปรับปรุงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรให้สูงขึ้นตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 3% มาตรการที่นำมาใช้เพื่อปรับปรุงค่าความพร้อมของเครื่องจักรได้แก่ การลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิต ภายหลังการปรับปรุงพบว่า

เครื่องอัดเม็ดของสายการผลิตที่ 2 จำนวน 2 เครื่องมีค่าประสิทธิผลโดยรวมสูงขึ้นจากเดิมก่อนปรับปรุงเฉลี่ยอยู่ที่ 74% สูงขึ้นเป็น 84% หลังทำมาตรการแล้วเสร็จ ส่วนสายการผลิตที่ 3 เครื่องอัดเม็ดมีประสิทธิผลโดยรวมสูงขึ้นจากเดิมมีค่าเฉลี่ย 75% สูงขึ้นเป็น 93% ทั้งนี้เป็นผลจากการที่ประสิทธิภาพการเดินเครื่องที่สูงขึ้นเป็นสำคัญ

เษกสรร สิงห์ธนู (2550) ทำการศึกษาเรื่องการบำรุงรักษาเชิงแผนงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรกรณีศึกษาสายการบรรจุน้ำยาทำความสะอาดสุขภัณฑ์ แนวทางการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุการหยุดของเครื่องจักร จากการศึกษาพบว่าความสูญเสียทั้ง 7 ประการ เกิดจากการผลิตที่ขาดประสิทธิภาพและเกิดของเสียกับผลิตภัณฑ์ส่วนด้านความสูญเสียที่เกิดจากเครื่องจักร (16 ความสูญเสียหลัก) จะเกิดจากการสูญเสียที่เกิดจากเครื่องจักร (Shout Down Losses) และความสูญเสียเนื่องจากการลดลงของความเร็ว (Speed Losses) เป็นส่วนความสูญเสียด้านอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจะมีน้อย จากนั้นวิเคราะห์สภาพปัญหาและหาแนวทางแก้ไข แล้วดำเนินกิจกรรมเพื่อปรับปรุงเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน และเพิ่มอัตราการเดินเครื่องจักร การปรับปรุงเพื่อลดการหยุดกะทันหัน ดำเนินกิจกรรมโดยการบำรุงรักษาด้วยตนเอง และจัดทำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการกำหนดรายละเอียดของแผนการบำรุงรักษา ดัชนีชี้วัดงานวิจัยนี้ จะใช้ค่าประสิทธิผลโดยรวม (OEE) ค่าการเดินเครื่องจักรเฉลี่ย (MTBF) และค่าการซ่อมเฉลี่ย (MTTR) เป็นตัวชี้วัดผล หลังจากดำเนินกิจกรรมต่างๆ ส่งผลให้ค่าประสิทธิผลโดยรวม (OEE) ของสายการผลิตมีค่าเพิ่มขึ้น จากเดิม 73.70 %เพิ่มเป็น 84.10 % ค่า MTBF เพิ่มขึ้น จากเดิม 5670 นาที เพิ่มเป็น 7146 นาที หรือเพิ่มขึ้นเท่ากับ 21.59 % และค่า MTTR ลดลง จากเดิม 14 นาที ลดเหลือ 11 นาที หรือ ลดลงเท่ากับ 21.43 %

สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ วิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุการหยุดของเครื่องจักร ความสูญเสียประเภทต่างๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุและปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อหาแนวทางแก้ไข

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตแบบลีน

จุฑาทิพย์ ซื่อตระกูลพานิชย์ (2552) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนในกระบวนการประกอบกันชนหลังรถยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อลดต้นทุนของกระบวนการภายใต้ข้อกำหนด ขนาดพื้นที่และจำนวนพนักงานที่จำกัด และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงต้องเท่ากับศูนย์ วิธีดำเนินการได้ใช้ Value Stream Mapping; VSM ในการวิเคราะห์ พบความสูญเปล่าได้แก่ การรอคอย การทำงานอุปกรณ์และชิ้นงาน ขาดประสิทธิภาพในการทำงาน และได้นำหลักการ ECRS ได้แก่ Eliminate, Combine, Rearrange และ Simplify มาใช้ในการปรับปรุงสายการผลิต ผลจากการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีน

สามารถลดจำนวนพนักงานจาก 7 คน เหลือ 6 คน สามารถลดต้นทุนการประกอบจาก 11.63 บาทต่อชิ้น เป็น 7.94 บาทต่อชิ้น ลดต้นทุนได้ 31.74 % และเพิ่มอัตราการผลิตจาก 226 ชิ้น เป็น 283 ชิ้น เพิ่มขึ้นเท่ากับ 26 % ซึ่งเท่ากับลดต้นทุนได้ 55,456.21 บาทต่อปี

สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การวิเคราะห์การทำงานโดยแยกกิจกรรมเป็นแบบมีมูลค่าเพิ่ม (Value Add) แบบไม่เกิดมูลค่า (Non-Value Add) และแบบไม่จำเป็นไม่เกิดมูลค่า (NNVA) ทำให้มองเห็นโอกาสในการแก้ไขปัญหาและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้

จุติวัฒน์ ธวัชธาดา (2553) ทำการศึกษาเรื่องการปรับปรุงงานโดยบูรณาการแนวคิดลีนและเครื่องมือซิกซ์ ซิกม่า โดยการศึกษามุ่งเน้นกิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าและเป็นความสูญเปล่าในกระบวนการ ได้นำแนวคิดการป้องกันความผิดพลาด (Mistake Proofing) มาประยุกต์ใช้ และปรับปรุงการสั่งผลิตจากแบบ Pattern หรือ Lot size มาเป็นการใช้วิธีการปรับเรียบการผลิต เพื่อลดชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตและลดพื้นที่การจัดเก็บชิ้นงานสำเร็จรูป โดยใช้แนวคิดลีนและเครื่องมือซิกซ์ซิกมาร่วมกัน

สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การใช้ Value Stream Mapping เพื่อใช้เป็นแนวทางในการค้นหาเวลาสูญเปล่าและจุดที่เป็นคอขวดของกระบวนการ เพื่อดำเนินการปรับปรุงรอบเวลาการทำงานไม่ให้มากกว่าความต้องการสินค้าของลูกค้า

พฤทธิพงศ์ โพธิวราพรรณ (2548) ได้ประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีนในอุตสาหกรรมผสม (แบบต่อเนื่อง-แบบช่วง) กรณีศึกษาโรงงานผลิตเหล็กรูปพรรณ โดยใช้เครื่องมือการผลิตแบบลีน คือ แผนภูมิสายธารคุณค่าช่วยจำแนกคุณค่าของกระบวนการผลิต และแบบจำลองสถานการณ์จะใช้วิเคราะห์ทางเลือก ประเมินและพัฒนาแผนภูมิสายธารคุณค่า งานวิจัยนี้จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเต็มแบบ 2 ยกกำลัง 3 โดยใช้แบบจำลองสถานการณ์วิเคราะห์ปัจจัยทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ระบบการผลิต การบำรุงรักษาแบบทุกคนมีส่วนรวม และการลดเวลาปรับเปลี่ยนเครื่องจักร จากผลของการจำลองขจัดความสูญเปล่าสามารถลดระยะเวลาการผลิตรวมจาก 16.24 วัน มาเป็น 8.56 วัน หรือคิดเป็น 47.30 % และลดสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการจาก 96.35 ตันต่อวัน เหลือ 10.62 ตันต่อวัน หรือคิดเป็น 88.98 % จากนั้นนำมาสร้างแผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะอนาคต

สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การใช้ Value Stream Mapping เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจำแนกคุณค่าของกระบวนการผลิต ใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) แบบการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลเต็ม (Full Factorial Design) ซึ่งจะช่วยประเมินทางเลือกสำหรับแผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะอนาคต

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตแบบ FMEA

เจี๊ยม จันทร์อนันต์ (2552) ได้ทำการศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในกระบวนการการตรวจสอบขั้นสุดท้ายสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตวงจร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และลดของเสียของกระบวนการตรวจสอบขั้นสุดท้ายสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตวงจรรวม เริ่มจากศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องโดยการระดมสมองของทีมงานด้วยการใช้แผนภูมิแสดงเหตุและผลของปัญหา และทำการศึกษาตามหลักการ FMEA พบว่าปัญหาหลักที่ต้องนำมาแก้ไขก่อนมี 2 ส่วน คือ 1.กระบวนการติดตั้งเครื่องจักรการโหลดโปรแกรมการตรวจสอบชิ้นงาน และ 2.การใส่งานเข้าไปในเครื่องจักร แนวทางในการแก้ไขปัญหาโดยการใช้บาร์โค้ดในการเลือกโปรแกรมโดยการสแกนจากใบงานไปเชื่อมโยงกับระบบของเครื่องตรวจสอบขางาน และการจัดทำเครื่องป้องกันการใส่ถาดงานผิดทิศทางโดยอาศัยลักษณะของขอบถาดที่มีหัวท้ายที่แตกต่างกัน ผลการดำเนินการแก้ไขพบว่า กระบวนการทำงานซ้ำลดลง 50% ลดเวลาการทำงาน 25% ลดของเสียลง 50% ยอดการผลิตชิ้นงานเพิ่มขึ้น 25%

สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การให้คะแนนในแต่ละระดับความเสี่ยง ของค่าความบกพร่อง โอกาสการเกิด และโอกาสการตรวจพบของข้อบกพร่องนั้นๆ

เอกราช คงสรรค์เสถียร (2555) ได้ทำการศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้ FMEA ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ขนาดกลางและขนาดย่อม กรณีศึกษาโรงงานผลิตปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาแนวทางในการลดของเสียที่เกิดขึ้นภายใต้กระบวนการผลิต ซึ่งได้ใช้หลักการการวิเคราะห์ถึงแนวโน้มของปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นตั้งแต่การรับวัตถุดิบจนถึงการส่งมอบให้กับลูกค้า ผลจากการประยุกต์ใช้ FMEA สามารถลดค่า RPN กระบวนการตัดเฉือนมีค่าลดลงจาก 288 เหลือ 216 กระบวนการตัดงอมีค่าลดลงจาก 288 เหลือ 216 และกระบวนการบรรจุมีค่าลดลงจาก 384 เหลือ 96 ของเสียในล็อตจริงของผลิตภัณฑ์ใหม่ในไตรมาสที่ 3 มีค่าลดลงเหลือ 28 ppm. จากไตรมาสที่ 2 ที่มีของเสียอยู่ 120 ppm.

สิ่งที่นำมาประยุกต์ใช้จากงานวิจัยนี้ คือ การทบทวนเกณฑ์การประเมินผลโอกาสเกิดขึ้นและระดับคะแนนที่เหมาะสมกับโรงงานกรณีศึกษา

ประวัติและข้อมูลที่สำคัญในการดำเนินธุรกิจของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทแม่ก่อตั้งขึ้นเมื่อปีพ.ศ. 2494 ในฐานะผู้ผลิตญี่ปุ่นที่เชี่ยวชาญในด้านแบริ่งขนาดเล็กและเป็นผู้ผลิตชั้นนำของโลก ในด้านชิ้นส่วนและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และชิ้นส่วนเชิงกลที่มีความเที่ยงตรงสูง ซึ่งประกอบด้วยโรงงาน 33 แห่ง 52 สำนักงานขาย ใน 14 ประเทศ มีจำนวนพนักงาน 44,000 คนทั่วโลก

การดำเนินงานของบริษัทในประเทศไทย เริ่มเมื่อปี พ.ศ. 2525 โดยได้เริ่มดำเนินการผลิตตลับลูกปืนขนาดเล็ก (Miniature Ball Bearing) ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา หลังจากนั้น

เริ่มขยายกิจการโดยตั้งโรงงานบางปะอินขึ้นในปี พ.ศ. 2527 โรงงานลพบุรี ในปี พ.ศ. 2531 และโรงงานโรจนะ ในปีพ.ศ. 2533 ปัจจุบันการดำเนินกิจการในประเทศไทย ประกอบด้วย 4 โรงงาน 7 บริษัทและมีจำนวน พนักงานรวมกว่า 31,000 คน เป็นกลุ่มบริษัทที่เป็นฐานการผลิตที่ใหญ่ที่สุดและมีกำลังการผลิตที่เข้มแข็งที่สุดในจำนวนบริษัททั้งหมดของกลุ่มบริษัท

ผลิตภัณฑ์ของบริษัท คือ แบริ่งขนาดเล็กที่มีความเที่ยงตรงสูง รวมทั้งฟลูอิดไดนามิคแบริ่ง มอเตอร์ขนาดเล็ก รีโซฟเวอร์ ฟล็อปปี้ดิสก์ไดร์ฟ คอมพิวเตอร์คีย์บอร์ด อุปกรณ์เที่ยงตรงสูงสำหรับเก็บข้อมูลและการสื่อสาร เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน เครื่องยนต์ของอากาศยาน ยานยนต์และอุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ อีกมากมาย ในส่วนของงานวิจัยนี้ จะกล่าวถึงผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า ไพวอท ที่เป็นส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

การบริหารการผลิตด้วยระบบ Vertical Integration ที่สนับสนุนการผลิตแบบ Mass Production เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพพร้อม ๆ กับมีมาตรฐานในการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมและเป็นมิตรกับชุมชนรอบข้าง ยึดถือหลักนโยบายการจัดการ ดังนี้

1. สร้างความมั่นใจให้กับพนักงานว่าเป็นบริษัทที่เราภูมิใจในการทำงาน
2. สร้างความมั่นใจให้แก่ลูกค้า
3. ตอบสนองความต้องการของผู้ถือหุ้น
4. ทำให้บริษัทเป็นที่ยอมรับในชุมชนท้องถิ่น
5. มีส่วนร่วมในการเสริมสร้างสังคมโลก

จากพื้นฐานนโยบายการจัดการนี้ ทำให้บริษัทต้องพัฒนามูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่สูงขึ้นนอกจากนี้ยังมุ่งเน้นในเรื่องทรัพยากรภายในบริษัท เพื่อแสดงให้เห็นจุดแข็งด้านการผลิต บนพื้นฐานของการปรับปรุงสถานภาพทางการเงิน และสร้างความโปร่งใสในการทำงาน เพื่อการทำงานที่ง่ายทั้งภายในและภายนอกบริษัท นอกจากนี้ ในฐานะที่เป็น แกนหลักในการพัฒนาธุรกิจผลิตชิ้นส่วนที่หลากหลายและมีความเที่ยงตรงที่สุดของโลก บริษัทมุ่งมั่นที่จะปกป้องสภาพแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง จึงมุ่งมั่นเสริมสร้างความสามารถในการทำ ผลกำไรด้วยเป้าหมายที่จะยกระดับค่านิยมขององค์กร

<u>เป้าหมายการดำเนินงาน</u>

1. สร้างจุดแข็งและขยายธุรกิจแบริ่ง รวมทั้งธุรกิจที่เกี่ยวข้อง คือ ไพวอท คาร์ทริดส์
2. เราจะสร้างธุรกิจมอเตอร์ขนาดเล็กที่มีความเที่ยงตรงและชิ้นส่วนอื่นๆ ให้มีความมั่นคงเทียบเท่ากับธุรกิจแบริ่ง
3. ยกระดับมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ในหลายๆ ประเภท ในขณะเดียวกันก็เพิ่มความหลากหลายทางผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความต้องการทางตลาดที่ขยายตัวมากขึ้น

ในการขับเคลื่อนการจัดการหลักทั้ง 3 ข้อนี้ บริษัทจึงปรับปรุงโครงสร้าง เพื่อเสริมสร้างความแข็งแกร่งในงานวิจัยและพัฒนา และได้ดำเนินนโยบายการจัดการด้วยการกำหนดวิสัยทัศน์ที่ชัดเจน

การปรับโครงสร้างองค์กร

ก่อนหน้านี้ฝ่ายผลิตและฝ่ายขายแยกโครงสร้างการทำงาน บริษัทจึงเปลี่ยนระบบเป็นหน่วยงานทางธุรกิจ โดยฝ่ายผลิตและฝ่ายขายจะรวมเป็นหน่วยงานเดียวกัน เพื่อเป็นการมอบหมายงานให้แต่ละหน่วยงานทางธุรกิจรับผิดชอบ และมีอำนาจหน้าที่ในการปรับปรุงผลการดำเนินงานทางธุรกิจทั้งฝ่ายผลิตและฝ่ายขาย และสามารถสร้างความสามารถในการทำผลกำไรให้ได้มากที่สุด โครงสร้างใหม่ คือ กำหนดเป็นหน่วยทางธุรกิจ หน้าที่รับผิดชอบและอำนาจหน้าที่ของทั้งหน่วยงานธุรกิจและสำนักงานใหญ่ จะมีการกำหนดอย่างชัดเจน เพื่อสร้างความมั่นใจในการทำงาน

สร้างความแข็งแกร่งในงานวิจัยและพัฒนา

บริษัทได้รวบรวมงานวิจัยและพัฒนาที่โรงงานและแผนกอื่นๆ ให้มาอยู่ภายใต้ Engineering Headquarters เพื่อหลีกเลี่ยงการทำงานที่ซ้ำซ้อนกัน รวมทั้งจะปรับโครงสร้างของงานวิศวกรรม (engineering) และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน บริษัทจึงเชื่อมโยงงานวิจัยและพัฒนาไปสู่การดำเนินการให้มากขึ้นและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

วิสัยทัศน์ในการจัดการ

บริษัทวิเคราะห์แนวโน้มทางการตลาดเตรียมความพร้อมในเรื่องการพัฒนาด้านเทคโนโลยีและด้านอื่นๆ เพื่อให้ตรงกับความต้องการในอนาคตและให้ความใส่ใจในเรื่องการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้จะนำหลักการของระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) โดยอาศัยวิธี FMEA เพื่อเพิ่มค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ดังต่อไปนี้

ลำดับขั้นตอนในการดำเนินการ

1. ทำการศึกษาและทำความเข้าใจถึงหลักการของระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) วิธี FMEA และค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)
2. ทำการสำรวจและศึกษาสภาพการทำงานโดยรวมในปัจจุบัน เพื่อที่จะนำมาสร้างแผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบัน ซึ่งจะแสดงการไหลของวัตถุดิบและข้อมูลสารสนเทศของงาน
3. ดำเนินการโดยนำหลักการของระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) โดยอาศัยวิธี FMEA เพื่อเพิ่มค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)
4. ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยค้นหาและกำจัดสิ่งที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าของงาน
5. หาแนวทางการปรับปรุงและเปรียบเทียบผลที่ได้ก่อนและหลังปรับปรุง นำมาสร้างเป็นแผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะอนาคต
6. สรุปผลและข้อเสนอแนะของงานที่ปรับปรุง โดยจัดทำเป็นมาตรฐานการทำงานเพื่อใช้ในการปฏิบัติและติดตามผล ซึ่งส่วนนี้จะกล่าวถึงในบทที่ 4 และบทที่ 5 ต่อไป

สภาพปัญหาและกระบวนการที่ทำการศึกษา

<u>ข้อมูลธุรกิจของโรงงานกรณีศึกษา ผลิตไพวอท คาร์ทริดส์</u>

บริษัทมีกำลังการผลิต 40,000,000 ชิ้น/เดือน ส่งออกไป จีน ญี่ปุ่น เกาหลี ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย สิงค์โปร์และขายในประเทศไทย มีจำนวนพนักงาน 1,700 คน บริหารธุรกิจตามระบบบริหารคุณภาพ ISO 9000: 2000 โดยเริ่มจากความต้องการของลูกค้า (Customer Requirement) ผ่านเข้ามาในกระบวนการระบบบริหารคุณภาพ (Quality Management System) ประกอบไปด้วย ความต้องการสินค้าและบริการ (Product / Service) การวิเคราะห์ระบบการวัดและการพัฒนา (Measurement Analysis & Improvement) ความรับผิดชอบของผู้บริหาร (Management Responsibility) เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากร (Resource Management) รวมเป็นระบบบริหารคุณภาพที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Quality

Management System, Continual Improvement) เพื่อความพึงพอใจของลูกค้า (Customer Satisfaction)

โรงงานกรณีศึกษามีระบบการผลิตเป็นแบบผลิตตามสั่ง (Make-to-Order) โดยมีรูปแบบของผลิตภัณฑ์ซึ่งทำการแบ่งประเภทตามประเภทของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเป็น 2 ประเภท คือ

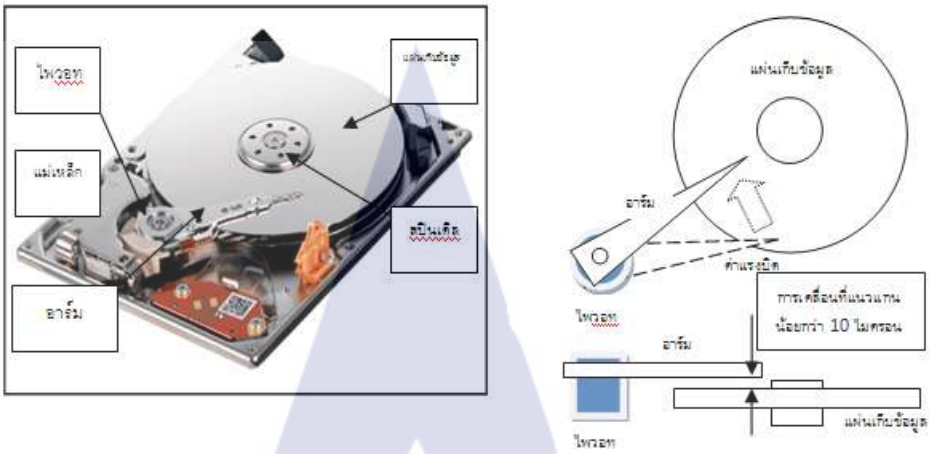
ประเภทที่ 1 ผลิตโดยใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ (Auto Assembly Machine) โดยมีเวลานำในการผลิตสินค้าโดยเฉลี่ย 1.0 วัน

ประเภทที่ 2 ผลิตโดยใช้เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ (Semi Auto Assembly Machine) โดยมีเวลานำในการผลิตสินค้าโดยเฉลี่ย 2.2 วัน

ลักษณะของการวางผังโรงงานเป็นแบบตามกระบวนการ (Process Layout) ที่แต่ละสถานีงานผลิต มีกลุ่มเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้งานประเภทเดียวกันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน และมีการเคลื่อนที่คือพนักงานเคลื่อนที่เข้าหางาน ซึ่งทำให้เกิดความยืดหยุ่นในการผลิตสูง เพื่อเอื้อต่อความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต โดยกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ประเภท มีกระบวนการที่ใช้ในการผลิตเหมือนกัน มีความแตกต่างกันตามประเภทของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเท่านั้น

<u>ลักษณะการใช้ผลิตภัณฑ์</u>

ผลิตภัณฑ์หลักไพวอท คาร์ทริดส์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่อยู่ในอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยทำหน้าที่เป็นแกนหมุนของชุดประกอบหัวอ่านและเขียน (ที่ประกอบบนส่วนปลายของอาร์ม) ของหน่วยความจำถาวรที่เรียกว่า Hard Disk Drive เพื่อเป็นตัวพาให้หัวอ่านเคลื่อนที่และอ่านข้อมูลใน Hard Disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 7 อีกทั้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความละเอียดอ่อนและสำคัญมาก ดังนั้นจึงต้องผลิตในห้อง Clean Room ที่ไม่มีฝุ่นละออง หรือสิ่งปนเปื้อนใดๆเข้าไปภายใน เพราะสิ่งปนเปื้อนนั้นจะมีผลต่อแผ่นข้อมูลและหัวอ่าน เช่นทำให้ข้อมูลสูญหาย วัตถุดิบหลักประกอบด้วย ตลับลูกปืน (Bearing) แกนหมุน (Shaft) ปลอกหุ้ม (Sleeve) และหมวก (Hubcap)

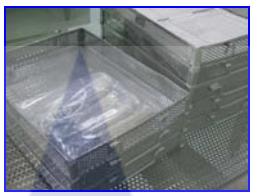


รูปที่ 7 การทำงานของไพวอท คาร์ทริดส์

เมื่อฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทำงานและเริ่มการอ่านหรือการเขียนข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 7 อาร์มซึ่งยึดกับไพวอทจะเคลื่อนที่ด้วยแรงเหนี่ยวนำจากแม่เหล็กไปตามแนวระนาบ เพื่อเคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งบนแผ่นเก็บข้อมูล (Media) ที่ต้องการ โดยไพวอทแต่ละรุ่นจะมีค่าแรงบิด (Torque) ตามข้อกำหนดของลูกค้า ขณะที่สปินเดิลมอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วคงที่ประมาณ 7200 รอบ/นาที ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ (Air Flow) และยกอาร์มให้ลอยอยู่เหนือแผ่นเก็บข้อมูลประมาณ 10 ไมครอน ที่ระดับความละเอียดเป็นไมครอน ไพวอทจึงต้องมีค่าการเคลื่อนที่ในแนวแกน (Axial Play) ไม่เกิน 3 ไมครอน จึงสามารถควบคุมให้หัวอ่านลอยอยู่เหนือแผ่นเก็บข้อมูลได้ ค่าระยะการเคลื่อนที่ในแนวแกน (Axial Play) เพื่อให้อาร์มลอยอยู่เหนือแผ่นเก็บข้อมูลและค่าแรงบิด (Torque) ที่อาศัยแรงการเหนี่ยวนำมีความสำคัญมาก มีผลทำให้การอ่านเขียนข้อมูลผิดพลาดหรือไม่สามารถอ่านเขียนได้

<u>ขั้นตอนการผลิตไพวอท คาร์ทริดส์ในภาพรวม</u>

ในขั้นตอนการผลิตของไพวอท คาร์ทริดส์ เริ่มตั้งแต่การรับวัตถุดิบและผ่านขั้นตอนการตรวจสอบ จนถึงการบรรจุเพื่อขายให้กับลูกค้า ซึ่งแสดงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังรูปที่ 8



กระบวนการรับชิ้นงานวัตถุดิบ (Receiving Material Process)

กระบวนการตรวจสอบชิ้นงานวัตถุดิบ (Inspection Material Process)

กระบวนการล้างชิ้นงานและถาดบรรจุ (Washing Part and Tray Process)

กระบวนการประกอบชิ้นงาน (Auto Assembly Process)

กระบวนการนำผลิตภัณฑ์เข้าเครื่องอบ (Bake Process)

รูปที่ 8 แผนผังกระบวนการผลิตไพวอท คาร์ทริดส์

กระบวนการตรวจสอบคุณสมบัติหลักผลิตภัณฑ์ (Functional Inspection Process)

กระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้วยกล้องไมโครสโคป (Microscope Inspection Process)

กระบวนการการสุ่มตรวจสอบผลิตภัณฑ์ก่อนส่งมอบลูกค้า (Outgoing Inspection Process)

กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติก (Packing Seal Process)

กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ในกล่อง (Carton Packing Process)

รูปที่ 8 แผนผังกระบวนการผลิตไพวอท คาร์ทริดส์ (ต่อ)

รายละเอียดขั้นตอนการผลิตไพวอต คาร์ทริดส์ มีดังนี้

1. กระบวนการรับชิ้นงานวัตถุดิบ (Receiving Material Process)

กระบวนการรับชิ้นงานวัตถุดิบเข้ามาในกระบวนการผลิตประกอบด้วยวัตถุดิบหลัก 3 ชิ้น คือ แกนหมุน (Shaft) ปลอกหุ้ม (Sleeve) และตลับลูกปืน (Bearing) วัตถุดิบรองเป็นส่วนประกอบหลัก ได้แก่ กาวที่ใช้ประกอบ (Adhesive) โดยมีพนักงานทำการตรวจเช็คจำนวนตามใบส่งงานและส่งชิ้นงานต่อไปยังกระบวนการตรวจสอบวัตถุดิบ

2. กระบวนการตรวจสอบชิ้นงานวัตถุดิบ (Inspection Material Process)

เมื่อรับวัตถุดิบแล้วพนักงานตรวจสอบคุณภาพทำการตรวจสอบคุณสมบัติของวัตถุดิบตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้

3. กระบวนการล้างชิ้นงานและถาดบรรจุ (Washing Process)

ในกระบวนการล้างทำความสะอาดแบ่งเป็น 2 กระบวนการ ดังนี้

3.1 กระบวนการล้างชิ้นงานโดยนำชิ้นงานวัตถุดิบ ได้แก่ แกนหมุนและปลอกหุ้มเข้าเครื่องล้างทำความสะอาด (Washing Machine) โดยพนักงานจะทำการเรียงวัตถุดิบเป็นชิ้นงานเรียงลงบนถาด และนำเข้าเครื่องล้างตามระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการล้างแล้วมีความสะอาดตามมาตรฐานที่ควบคุม จึงนำชิ้นงานไปสู่กระบวนการประกอบชิ้นงาน

3.2 กระบวนการล้างถาดบรรจุภัณฑ์ก่อนนำบรรจุภัณฑ์ไปใช้งาน จะต้องนำถาดเข้าเครื่องล้างทำความสะอาด (Tray Washing Machine) ผ่านการล้างทำความสะอาดก่อนนำไปใช้งาน

4. กระบวนการประกอบชิ้นงาน (Assembly Process)

เป็นกระบวนการที่นำส่วนประกอบ ได้แก่ แกนหมุน (Shaft) ปลอกหุ้ม (Sleeve) และตลับลูกปืน (Bearing) มาประกอบเข้าด้วยกันโดยเครื่องจักร

5. กระบวนการนำผลิตภัณฑ์เข้าเครื่องอบ (Baking Process)

กระบวนการนำผลิตภัณฑ์เข้าเครื่องอบตามระยะเวลาที่กำหนดไว้เพื่อให้กาวแห้งและเป็นการลดแรงเค้น (Stress) ของกาวภายในผลิตภัณฑ์

6. กระบวนการตรวจสอบคุณสมบัติหลักผลิตภัณฑ์ (Functional Inspection Process) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.1 การตรวจสอบความยาว (Length) และการเคลื่อนที่ในแนวแกน (Axial Play) ของชิ้นงาน

6.2 การตรวจสอบแรงบิด (Torque) ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นมีสเปคไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับลูกค้ากำหนด

7. กระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้วยกล้องไมโครสโคป (Microscope Inspection Process) ผลิตภัณฑ์จะถูกบรรจุในถาดพลาสติก และถูกนำมาตรวจสอบความสะอาดใต้กล้อง

ไมโครสโคป เพื่อนำสิ่งปนเปื้อนออกจากผลิตภัณฑ์ทีละตัวจนครบจำนวน โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจะถูกบรรจุในถาดพลาสติกจำนวน 100 ชิ้นต่อถาด

8. กระบวนการสุ่มตรวจสอบผลิตภัณฑ์ก่อนส่งมอบลูกค้า (Outgoing Inspection Process) ผลิตภัณฑ์จะถูกสุ่มตรวจสอบตามระดับมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด (AQL) ตรวจสอบคุณสมบัติหลักและตรวจสอบความสะอาด โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจะถูกรับประกันคุณภาพเป็นล็อตและส่งไปบรรจุใส่ถุงพลาสติกในขั้นตอนถัดไป

9. กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติก (Packing Seal Process) ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบจำนวน 100 ชิ้น ต่อถาด จะถูกรวมบรรจุในพลาสติกเป็นกลุ่ม (Pack) จำนวนกลุ่มละ 500 ชิ้น คือ 5 ถาด และ ปิดสนิทด้วยระบบสุญญากาศ ก่อนนำไปบรรจุลงกล่องกระดาษ (Carton Box) ที่ห้องบรรจุเพื่อเตรียมส่งออกขาย

10. กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ในกล่อง (Carton Packing Process) ผลิตภัณฑ์จะถูกนำมาที่ห้องบรรจุซึ่งอยู่ภายนอกห้องสะอาด (Clean Room) เพื่อบรรจุลงในกล่องกระดาษ พนักงานจะทำหน้าที่ตรวจสอบจำนวน การติดฉลากข้างกล่องและจัดเก็บในบริเวณที่จัดเก็บ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้าแต่ละราย โดยเมื่อสิ้นสุดกระบวนการดังกล่าวจะมีหน่วยงานประกันคุณภาพมาทำการสุ่มตรวจสอบชิ้นงานการบรรจุและอนุมัติให้ส่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ส่งมอบให้ลูกค้าเป็นขั้นตอนสุดท้าย

<u>ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของไพวอท คาร์ทริดส์</u>

ค่าแรงบิด (Torque) คือ ค่าแรงที่ต้านทานการหมุนขณะที่มีการตรวจสอบโดยให้ไพวอทหมุนที่ความเร็ว 2 rpm ซึ่งแรงบิดคำนวณได้จากสูตร

แรงบิด = F X r (มีหน่วยเป็น gf.cm)

F คือ ค่าของแรงกระทำ มีหน่วยเป็น gf.

r คือ รัศมีของรอบการหมุนเนื่องจากแรงกระทำ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm.)

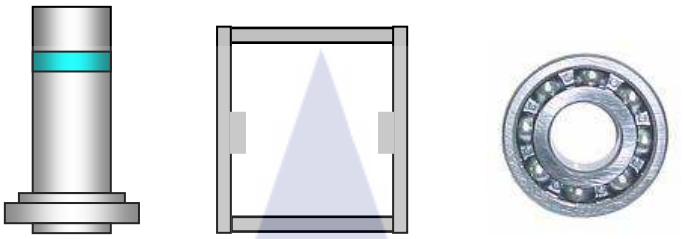
<u>กระบวนการที่ทำการศึกษา</u>

กระบวนการประกอบชิ้นงาน

1. วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการประกอบ

1.1 วัตถุดิบหลัก ได้แก่ แกนหมุน (Shaft) ปลอกหุ้ม (Sleeve) และตลับลูกปืน (Bearing) ดังรูปที่ 9

1.2 วัตถุดิบรอง ได้แก่ กาว (Adhesive) ใช้ประกอบชิ้นงาน

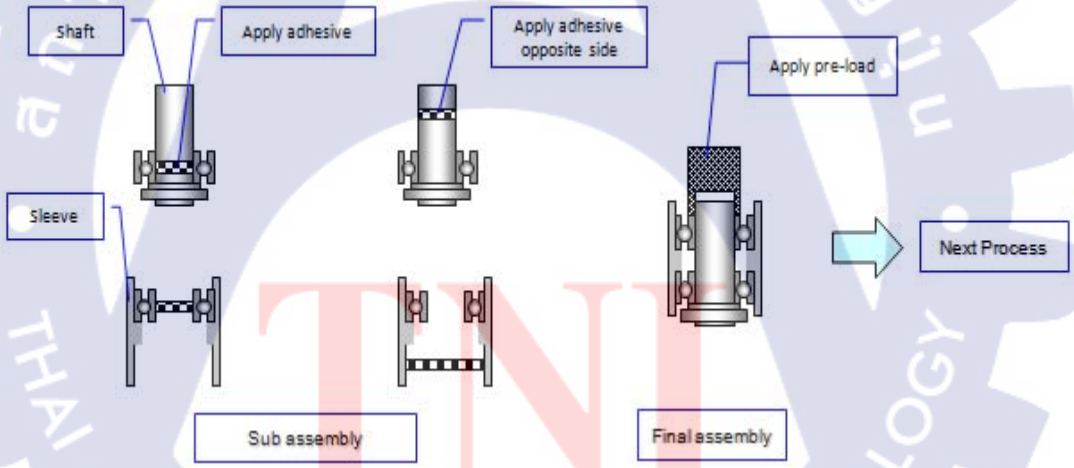


รูปที่ 9 วัตถุดิบหลัก ได้แก่ แกนหมุน ปลอกหุ้ม และตลับลูกปืน

2. ขั้นตอนการประกอบชิ้นงาน

2.1 นำแกนหมุน ปลอกหุ้ม และตลับลูกปืนเรียงบนเครื่องประกอบอัตโนมัติ

2.2 ชิ้นงานถูกประกอบด้วยกาวในเครื่องจักรประกอบชิ้นงานอัตโนมัติ โดยเริ่มจากการประกอบย่อยของ แกนหมุนกับแบริ่ง, ปลอกหุ้มกับแบริ่ง และนำชิ้นส่วนประกอบย่อยมาทำงานประกอบรวมกันได้เป็นผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 10 จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ส่งไปยังกระบวนการถัดไป



รูปที่ 10 การประกอบไพวอท คาร์ทริดส์

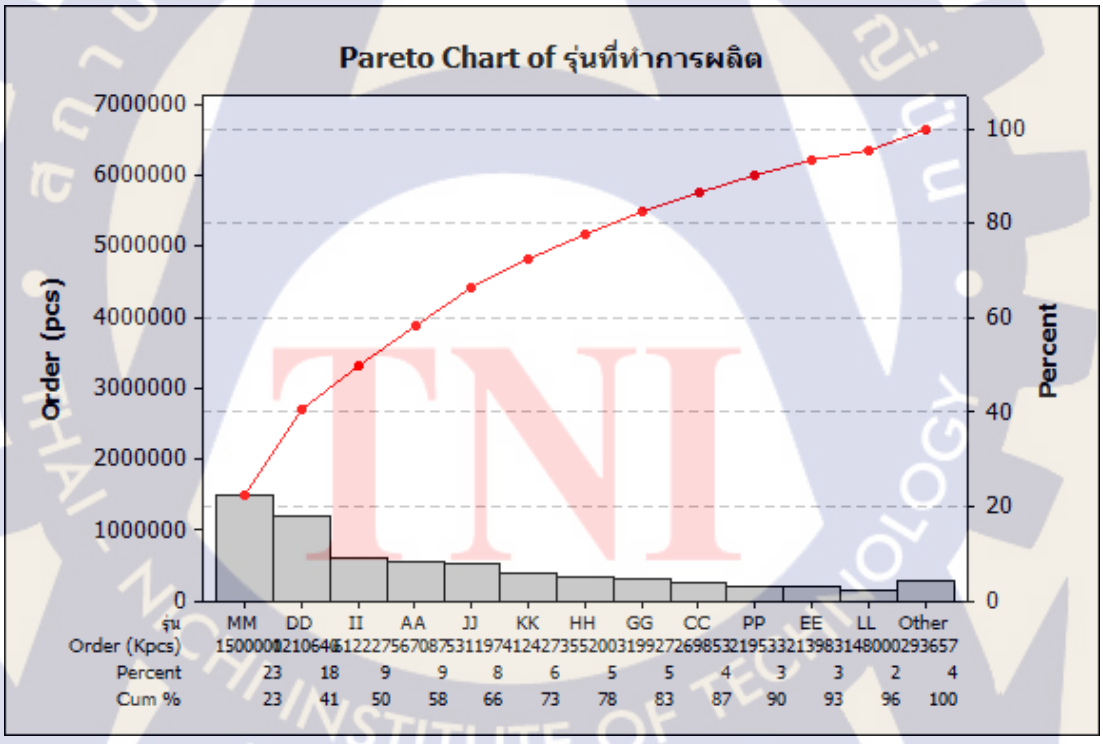
<u>สภาพปัญหาที่พบ</u>

จากการสำรวจข้อมูลประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกรุ่นทั้งหมดตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2555 ถึงเดือน ธันวาคม 2555 พบว่า ค่าอัตราความพร้อมใช้งาน (Availability) ค่าอัตราคุณภาพ (Quality Rate) และค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเฉลี่ย (OEE) ต่ำกว่าเป้าหมาย คือ 87.0% 90.0% และ 77.0% ตามลำดับ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 สรุปประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เฉลี่ยจากการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกรุ่นทั้งหมด ตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2555 ถึง 31 ธันวาคม 2555

ดัชนีชี้วัด	เป้าหมาย	ค่าที่พบ
ค่าอัตราการเดินเครื่อง (Availability)	90.0%	87.0%
ค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance)	95.0%	98.0%
ค่าอัตราคุณภาพ (Quality)	99.0%	90.0%
ประสิทธิภาพโดยรวม (OEE)	85.0%	77.0%

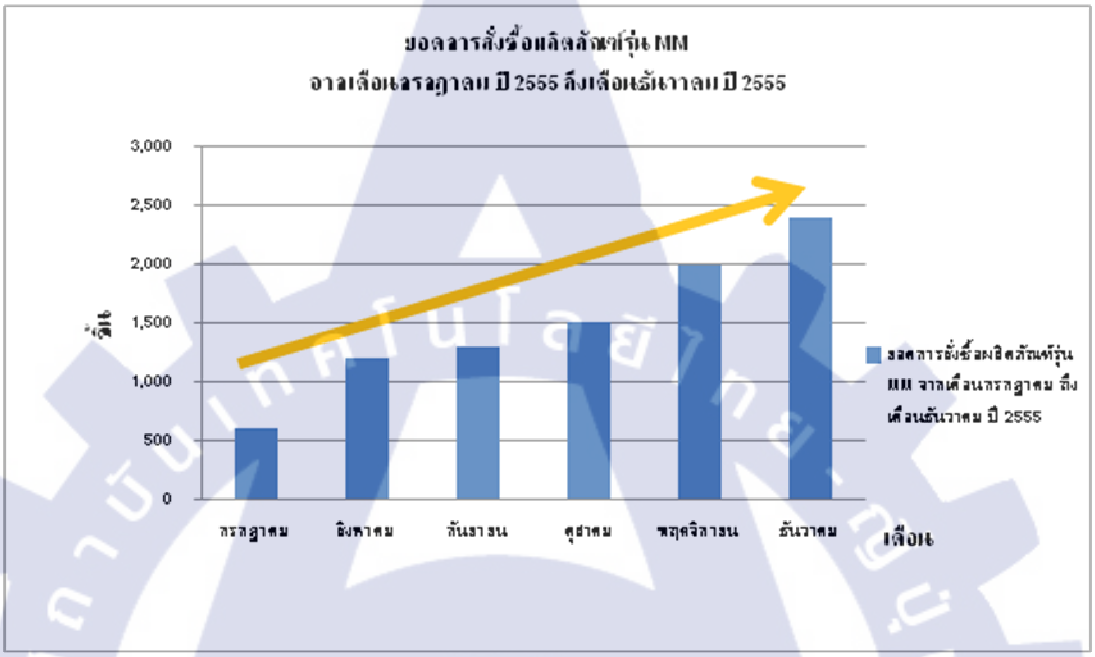
กระบวนการที่ทำการศึกษาคือกระบวนการประกอบชิ้นงานด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ โดยการเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะทำการปรับปรุงนี้เลือกจากผลิตภัณฑ์ที่มียอดการสั่งซื้อมากที่สุด เมื่อพิจารณากราฟ พาเรโตในรูปที่ 11 จากผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 16 รุ่น ผลิตภัณฑ์รุ่น MM เป็นผลิตภัณฑ์ที่มียอดการสั่งซื้อมากที่สุดเฉลี่ย 1,500,000 ชิ้นต่อเดือน หรือคิดเป็น 23% จากยอดการสั่งซื้อทั้งหมดของทุกรุ่นรวมกัน



รูปที่ 11 กราฟพาเรโตแสดงปริมาณการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์

เมื่อทำการพิจารณาแนวโน้มความต้องการจากลูกค้าอีกประเด็นเพื่อประกอบการพิจารณา พบว่าความต้องการของลูกค้ามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นโดยพิจารณาได้จากพยากรณ์

ยอดการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์รุ่น MM จากเดือนกรกฎาคม ปี 2555 ถึงเดือนธันวาคม ปี 2555 ดังแสดงในรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่าปริมาณงานมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์รุ่น MM จึงเป็นผลิตภัณฑ์เป้าหมายที่นำมาพิจารณาในการจัดทำแผนภาพกระแสคุณค่า (Value Stream Mapping)



รูปที่ 12 ยอดการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์รุ่น MM จากเดือนกรกฎาคม ปี 2555 ถึง เดือนธันวาคม ปี 2555

กรณีที่ผลิตภัณฑ์รุ่นใดรุ่งหนึ่ง มีปริมาณการผลิตมากและค่า OEE ต่ำ เป็นการแสดงว่ามีของเสียและผลิตภัณฑ์ที่ต้องแก้ไขจำนวนมากซึ่งเป็นขั้นตอนที่ไม่สร้างมูลค่า (Hidden Process) มีผลทำให้เพิ่มค่าใช้จ่าย เมื่อทำการศึกษาค่า OEE ของผลิตภัณฑ์รุ่น MM ซึ่งทำการผลิตด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ (Auto Assembly Machine) จำนวน 3 เครื่อง โดยเลือกเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการปรับปรุงเป็นระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2555 ดังตารางที่ 9 พบว่าค่า OEE มีแนวโน้มลดต่ำลงและมีค่าต่ำกว่าค่าเป้าหมายที่กำหนด คือ 76.8% 77.0% และ 77.7% ตามลำดับ ทำให้ฝ่ายวางแผนและควบคุมการผลิตต้องปรับแผนการผลิตโดยเพิ่มเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ (Semi Auto Assembly Machine) ในการช่วยผลิตให้ได้ตามปริมาณและเพื่อส่งมอบได้ทันเวลาที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ของผลิตภัณฑ์รุ่น MM ทั้ง 3 เครื่องจักร ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2555

เดือน (2555)	เครื่องจักร 1 (%)				เครื่องจักร 2 (%)				เครื่องจักร 3 (%)			
	A	P	Q	OEE	A	P	Q	OEE	A	P	Q	OEE
ก.ค.	85.3	97.0	95.1	78.7	86.0	97.2	95.1	79.5	86.8	96.1	96.0	80.1
ส.ค.	86.5	95.4	97.0	80.0	92.0	95.8	96.0	84.6	90.2	97.1	98.0	85.8
ก.ย.	85.0	96.8	95.5	78.6	84.1	96.0	96.0	77.5	84.2	96.6	95.1	77.4
ต.ค.	82.6	97.1	95.1	76.3	81.3	94.1	96.0	73.4	83.0	95.1	96.0	75.8
พ.ย.	83.1	96.9	95.1	76.5	81.7	94.5	95.1	73.4	80.8	95.6	95.1	73.5
ธ.ค.	78.1	95.8	94.1	70.4	80.6	95.7	95.1	73.4	79.8	96.8	95.1	73.5
เฉลี่ย	83.3	96.7	95.3	**76.8**	84.3	95.6	95.6	**77.0**	84.1	96.2	95.9	**77.7**
เป้าหมาย	90.0	95.0	99.0	85.0	90.0	95.0	99.0	85.0	90.0	95.0	99.0	85.0

ตัวอย่างการคำนวณ OEE แสดงดังต่อไปนี้

ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น MM ประจำเดือนสิงหาคม 2555

ขั้นที่ 1

เวลาทั้งหมดในการทำงาน	34,560	นาที
เวลาหยุดตามแผน	3,254	นาที
เวลาที่เครื่องจักรหยุด	4,234	นาที
เวลามาตรฐาน	0.052	นาที
จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้	500,000	ชิ้น
ของเสียระหว่างการผลิต	15,154	ชิ้น
ของเสียจากการทำซ้ำ	0	ชิ้น

ขั้นที่ 2

เวลารับภาระงาน = เวลาทั้งหมด - เวลาหยุดตามแผน
= 31,306 นาที

เวลาเดินเครื่อง = เวลารับภาระงาน - เวลาที่เครื่องจักรหยุด
= 27,072 นาที

เวลาเดินเครื่องสุทธิ = เวลามาตรฐาน × จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้
= 25,833 นาที

จำนวนชิ้นงานดี = จำนวนชิ้นงานทั้งหมด - ของเสียระหว่างการผลิต
= 484,846 ชิ้น

ขั้นที่ 3

อัตราการเดินเครื่อง = $\frac{\text{เวลาเดินเครื่อง}}{\text{เวลารับภาระงาน}} \times 100$

= $\frac{27,072}{31,306} \times 100$

= 86.5%

ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง = $\frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}} \times 100$

= $\frac{27,072}{25,833} \times 100$

= 95.4%

อัตราคุณภาพ = $\frac{\text{จำนวนชิ้นงานดี}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด}} \times 100$

= $\frac{484,846}{500,000} \times 100$

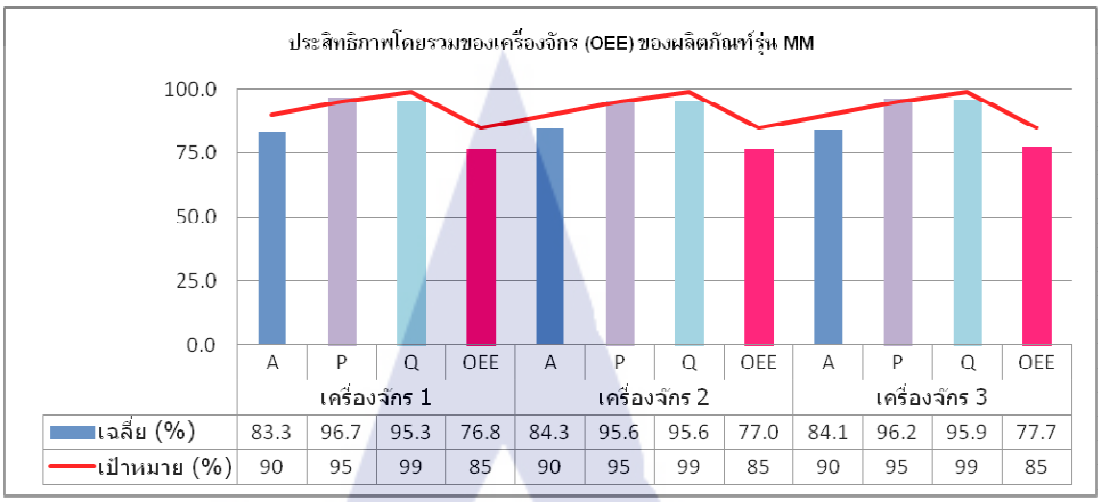
= 97.0%

ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

= อัตราการเดินเครื่อง × ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง × อัตราคุณภาพ

= 86.5% × 95.4% × 97.0%

= 80.0%



รูปที่ 13 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ของผลิตภัณฑ์รุ่น MM เฉลี่ย 6 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2555

จากกราฟรูปที่ 13 ซึ่งแสดงข้อมูลประสิทธิผลภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ของผลิตภัณฑ์รุ่น MM เฉลี่ย 6 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2555 ซึ่งเป้าหมายต้องมีค่ามากกว่า 85.0% พบว่าเครื่องจักรทั้ง 3 เครื่องมีค่า OEE ต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดและมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องจักร 1 มาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาพร้อมแนวทางปรับปรุง และจัดทำเป็นมาตรฐานการทำงานเพื่อใช้ในการปฏิบัติและติดตามผล หลังจากนั้นจึงจะขยายผลไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรอื่นๆต่อไป

เมื่อพิจารณาตัวแปรหลักที่ส่งผลให้ค่า OEE ของเครื่องจักร 1 ไม่ได้ตามเป้าหมาย พบว่า ค่าอัตราการเดินเครื่อง (Availability) และค่าอัตราคุณภาพ (Quality) อยู่ที่ 83.3% และ 95.3% ต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนด ดังข้อมูลในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 สรุปค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ของผลิตภัณฑ์รุ่น MM ที่ทำการผลิตโดยเครื่องจักร 1

ดัชนีชี้วัด	เป้าหมาย	ผลลัพธ์
ค่าอัตราการเดินเครื่อง (Availability)	90.0%	83.3%
ค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance)	95.0%	96.7%
ค่าอัตราคุณภาพ (Quality)	99.0%	95.3%
ประสิทธิภาพโดยรวม (OEE)	85.0%	76.8%

แผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบัน (Value Stream Mapping: Current State Map)

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของกระบวนการผลิตไพวอต คาร์ทริดส์ สามารถนำมาเขียนแผนภาพสายธารคุณค่าในปัจจุบัน (Value Stream Mapping Current State) ได้ดังรูปที่ 14 ซึ่งพบว่าเวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่าหรืองานสุทธิ ได้แก่ กระบวนการล้างชิ้นส่วน กระบวนการประกอบ กระบวนการอบงาน กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน กระบวนการตรวจสอบชิ้นงานด้วยกล้อง ไมโครสโคป กระบวนการสุ่มตรวจสอบชิ้นงานก่อนส่งมอบลูกค้า และกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ซึ่งพิจารณาจากรอบเวลาในการผลิตของแต่ละกระบวนการ (Cycle Time: C/T) สามารถสรุปผลรวมของเวลาที่สูญเสียไปกับกิจกรรมที่เพิ่ม/ไม่เพิ่มคุณค่าได้ดังนี้

Production Lead Time (ระยะเวลาในการผลิตรวม) = 0.5 วัน

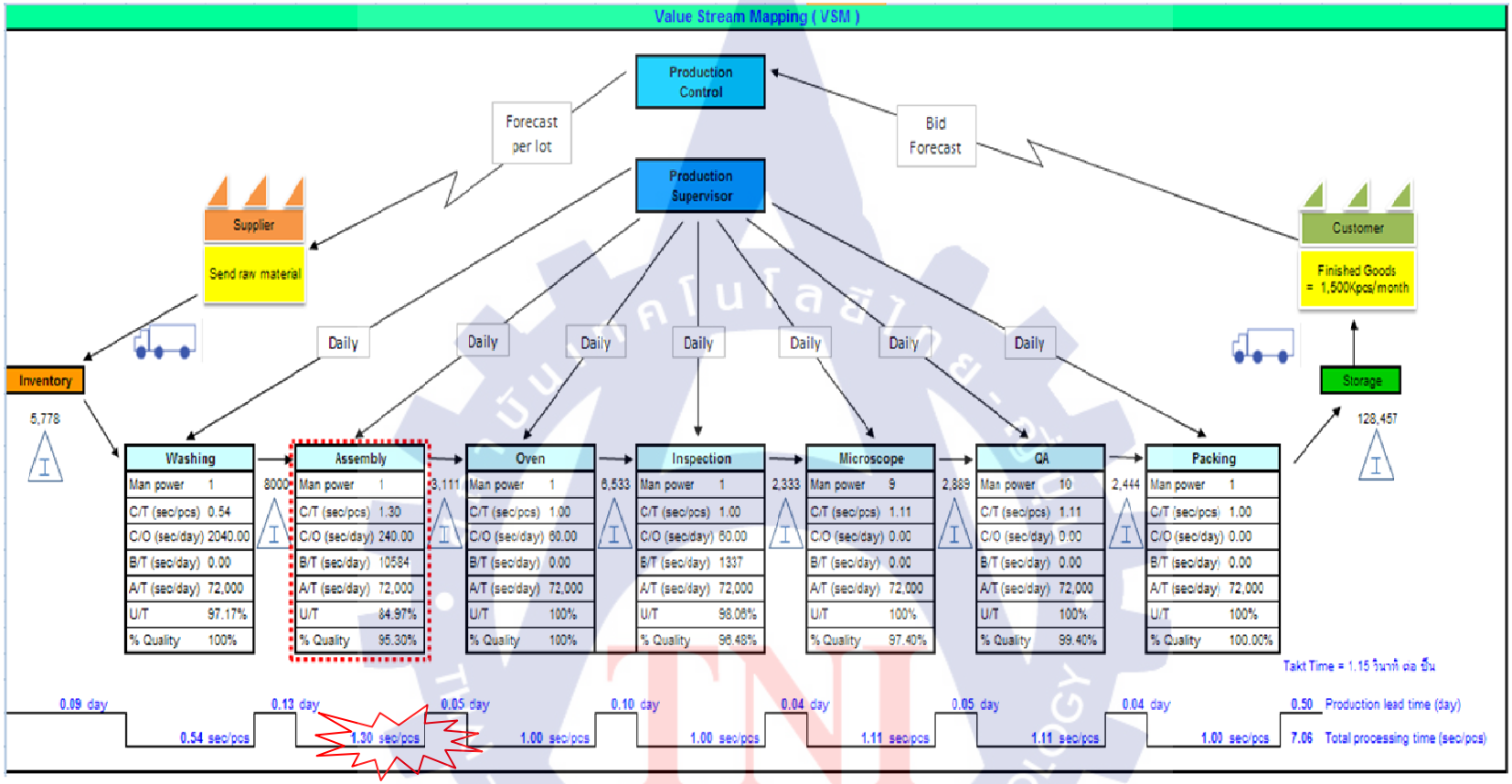
Total Processing Time (รอบเวลาในการผลิตรวม) = 7.06 วินาที

โดยที่ Takt Time คือ เวลาที่ลูกค้าต้องการสินค้าต่อ 1 ชิ้น

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{เวลาการทำงานใน 1 วัน}}{\text{(จำนวนงานที่ลูกค้าต้องการใน 1 เดือน / จำนวนวันทำงานใน 1 เดือน)}}$$

$$= \frac{72{,}000}{62{,}500}$$

$$= 1.15 \text{ วินาที ต่อ ชิ้น}$$



รูปที่ 14 แผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบัน

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 14 ของแผนผังสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบัน ซึ่งแสดงข้อมูลการผลิตของกระบวนการผลิตไพวอท คาร์ทริดส์ เริ่มจากการรับปริมาณความต้องการจากลูกค้าประมาณ 1,500,000 ชิ้น/วัน เข้าสู่กระบวนการวางแผนการผลิตและสั่งซื้อวัตถุดิบจากผู้ขายเข้าสู่กระบวนการผลิต จะเห็นได้ว่ารอบเวลาการทำงาน (Cycle Time) ต่ำกว่า Takt Time แต่หากคิด Cycle Time ที่แท้จริงของกระบวนการ ซึ่งเท่ากับ Cycle Time หารด้วยค่า OEE ดังนั้นจะได้ Cycle Time ของทุกกระบวนการดังตารางที่ 11 และสรุปข้อมูลที่ใช้ในการสร้างสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบันในตารางที่ 12

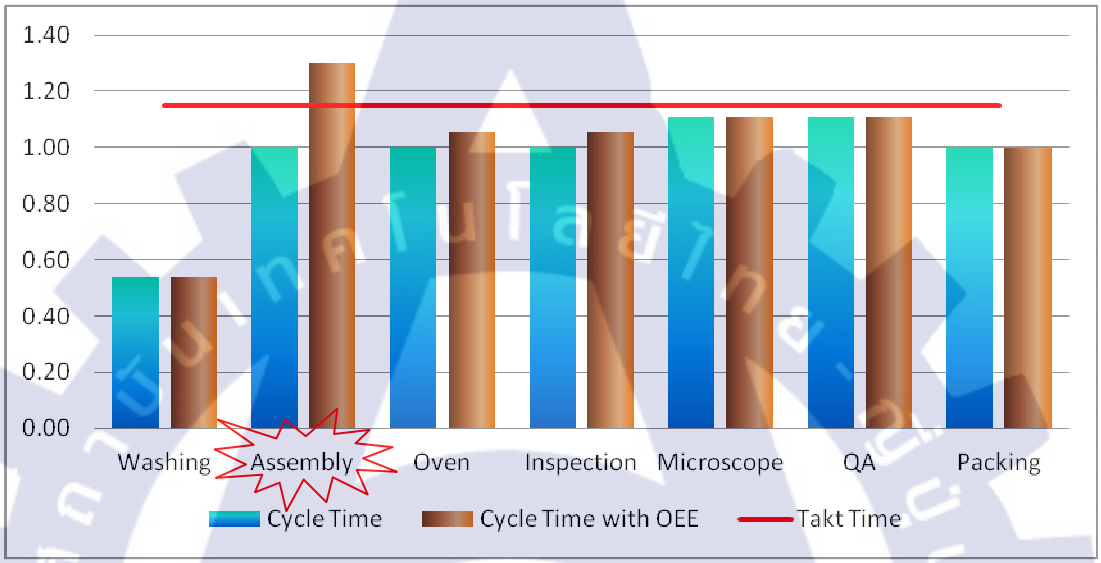
ตารางที่ 11 แสดง Cycle Time รวมค่า OEE ของทุกกระบวนการก่อนการปรับปรุง

Process	Cycle Time	OEE	Cycle Time with OEE	Takt Time
Washing	0.54	100.00%	0.54	1.15
Assembly	**1.00**	**76.80%**	**1.30**	**1.15**
Oven	1.00	95.00%	1.05	1.15
Inspection	1.00	95.00%	1.05	1.15
Microscope	1.11	-	1.11	1.15
QA	1.11	-	1.11	1.15
Packing	1.00	-	1.00	1.15

ตารางที่ 12 แสดงสรุปข้อมูลที่ใช้ในการสร้างสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบัน

Detail	Process						
	Washing	Assembly	Oven	Inspection	Microscope	QA	Packing
Man Power	1	1	1	1	9	10	1
Cycle Time (C/T)	0.54	1.30	1.00	1.00	1.11	1.11	1.00
Changeover Time (C/O)	2040	240	60	60	0	0	0
Breakdown Time (B/T)	0	10,584	0	1,337	0	0	0
Available Time (A/T)	72,000	72,000	72,000	72,000	72,000	72,000	72,000
Uptime (U/T)	97.17%	84.97%	99.92%	98.06%	100.00%	100.00%	100.00%
%Quality	100%	99.55%	100%	96.48%	97.40%	99.40%	100%

รูปที่ 15 แสดงกราฟ Cycle Time ที่ไม่คิดค่า OEE และ Cycle Time ที่คิดค่า OEE โดย Cycle Time หารด้วยค่า OEE ของทุกกระบวนการในแผนผังสายธารคุณค่าสถานะปัจจุบัน เปรียบเทียบกับ Takt Time คือ 1.15 วินาที ซึ่งจะเห็นได้ว่า Cycle Time กระบวนการประกอบ (Assembly) เพียงกระบวนการเดียวเท่านั้นที่เมื่อรวมค่า OEE แล้ว มีค่าสูงกว่า Takt Time คือ 1.3 วินาที ดังนั้นกระบวนการที่เป็นคอขวดของผลิตภัณฑ์ MM คือกระบวนการประกอบ ซึ่งจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการนี้ต่อไป



รูปที่ 15 แสดงกราฟ Cycle Time ของทุกกระบวนการเทียบกับ Takt Time ก่อนการปรับปรุง

เมื่อพิจารณาจากการเก็บบันทึกข้อมูลปัญหาการใช้งานเครื่องจักรในเดือนธันวาคม 2555 พบว่ามีความสูญเสียจากการขัดข้องของเครื่องจักรบ่อยครั้ง ทำให้ต้องสูญเสียเวลาในการแก้ไขเครื่องจักรรวมเป็นเวลา 4,234 นาที ปัจจัยส่วนใหญ่เกิดจากเครื่องจักรมีอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่แรงและไม่ตรงตำแหน่ง ดังตารางที่ 13 นอกจากการขัดข้องบางประเภทต้องใช้เวลาในการแก้ไขนานแล้วยังมีของเสียเกิดขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าการแก้ไขแต่ละครั้งนั้นเบื้องต้นเป็นเพียงการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าเพื่อให้เครื่องจักรทำการผลิตต่อไปได้ ทั้งนี้มีผลมาจากความรีบเร่งที่ต้องทำการผลิต จึงทำให้การแก้ไขปัญหาที่สาเหตุอย่างแท้จริงไม่ได้ถูกปฏิบัติ ดังนั้นผู้วิจัยได้ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญในกระบวนการได้แก่ หน่วยงานซ่อมบำรุง หน่วยงานวิศวกรรม หน่วยงานควบคุมคุณภาพ หน่วยงานประกันคุณภาพ และหน่วยงานผลิตทำการระดมสมองโดยนำเทคนิค FMEA มาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะของข้อขัดข้องหรือความเสียหายของอุปกรณ์และเครื่องจักรซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบตามมา

ตารางที่ 13 ข้อมูลปัญหาการใช้งานเครื่องจักรในเดือนธันวาคม 2555

ลำดับ	ปัญหา	จำนวน (ครั้ง)	เวลา (นาที)	เวลาสะสม (นาที)	เปอร์เซ็นต์
***1	Pusher เคลื่อนที่แรง	15	810	810	19.13%
**2	Slide เคลื่อนที่แรง	13	720	1530	17.01%
3	Chuck transfer ตำแหน่งไม่ตรง	9	584	2114	13.79%
4	Chuck turn วางตำแหน่งไม่ตรง	7	312	2426	7.37%
5	Base sub index ตำแหน่งไม่ตรง	10	420	2846	9.92%
6	Chuck No.204 ตำแหน่งไม่ตรง	5	296	3142	6.99%
7	Chuck No.237ตำแหน่งไม่ตรง	4	262	3404	6.19%
8	Sensor ไม่ตรวจจับงานไม่ได้ขนาด	3	142	3546	3.35%
9	Rotary เคลื่อนที่แรง	10	408	3954	9.64%
10	Base main index ตำแหน่งไม่ตรง	3	280	4234	6.61%

เกณฑ์ในการปฏิบัติการแก้ไข RPN

ตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number: RPN) หมายถึง เลขแสดงความสำคัญที่แสดงถึงความรุนแรงต่อความล้มเหลว โอกาสที่เกิดความล้มเหลว และความสามารถในการตรวจพบบนผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีค่าระหว่าง 1 – 1000 ตัวเลข RPN นี้คำนวณจาก

ตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (RPN) = ความรุนแรงของปัญหา × ความถี่ของปัญหา × การตรวจจับของปัญหา

ข้อพิจารณาในการลดค่า RPN ได้ปฏิบัติตามหลักการที่ได้ระบุแล้วในหน้า 32

ยกตัวอย่างการหาตัวเลข RPN จากปัจจัยพุชเชอร์ (Pusher) เคลื่อนที่ลง (แนวดิ่ง) เร็ว เริ่มจากการให้คะแนนความรุนแรงของข้อบกพร่องที่เกิด และให้คะแนนโดยการระดมสมองร่วมกับผู้เชี่ยวชาญในกระบวนการ โดยเปรียบเทียบกับค่าในตารางที่ 5 หน้า 23 จะได้ผลแสดงดังรูปที่ 16

ปัจจัย	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น	ความรุนแรง	
		ผลกระทบที่เกิดขึ้น	S
พุชเชอร์	เคลื่อนที่ลง (แนวดิ่ง) เร็ว	พุชเชอร์กระแทกกับชิ้นงานทำให้มีค่าแรงบิดสูง	7

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการภายใน	คะแนน
ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์นำไปใช้งานได้แต่ระดับสมรรถนะลดลงจนทำให้ลูกค้าไม่พอใจมาก	มีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบคัดเลือก (Sorting) และผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจถูกทำลาย	7

รูปที่ 16 การให้ลำดับความรุนแรงของผลกระทบของข้อบกพร่อง

หลังจากนั้นทำการประเมินผลโอกาสเกิดข้อบกพร่อง โดยพิจารณาความถี่ในการเกิดขึ้นและให้คะแนนโดยเปรียบเทียบกับค่าในตารางที่ 6 หน้า 26 และระดมสมองในการปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมของบริษัท จะได้ผลแสดงดังรูปที่ 17

ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น	ความรุนแรง		โอกาสการเกิด	
	ผลกระทบที่เกิดขึ้น	S	สาเหตุที่เป็นไปได้	O
เคลื่อนที่ลง (แนวดิ่ง) เร็ว	พุชเชอร์กระแทกกับชิ้นงานทำให้มีค่าแรงบิดสูง	7	แรงดันลมไม่คงที่	4

โอกาสในการเกิดขึ้นของสาเหตุหนึ่ง ๆ	ลักษณะข้อบกพร่องที่เป็นไปได้	คะแนน
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	มีระบบการควบคุมสาเหตุการเกิด ใช้สถิติในการควบคุม มีอุปกรณ์ที่ช่วยควบคุมกระบวนการได้ง่าย	4

รูปที่ 17 การให้ลำดับความถี่จากสาเหตุของข้อบกพร่อง

และทำการประเมินความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง โดยให้คะแนนด้วยการเปรียบเทียบกับค่าในตารางที่ 7 หน้า 28 และระดมสมองในการปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมของบริษัท จากนั้นทำการคำนวณค่า RPN ซึ่ง RPN = 7 × 4 × 8 = 244 ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 18

โอกาสการเกิด		การตรวจจับ		RPN
สาเหตุที่เป็นไปได้	O	การควบคุมในปัจจุบัน	D	
แรงดันลมไม่คงที่	4	ตรวจสอบ 100% หลังการปรับตั้งครั้งแรก	8	224

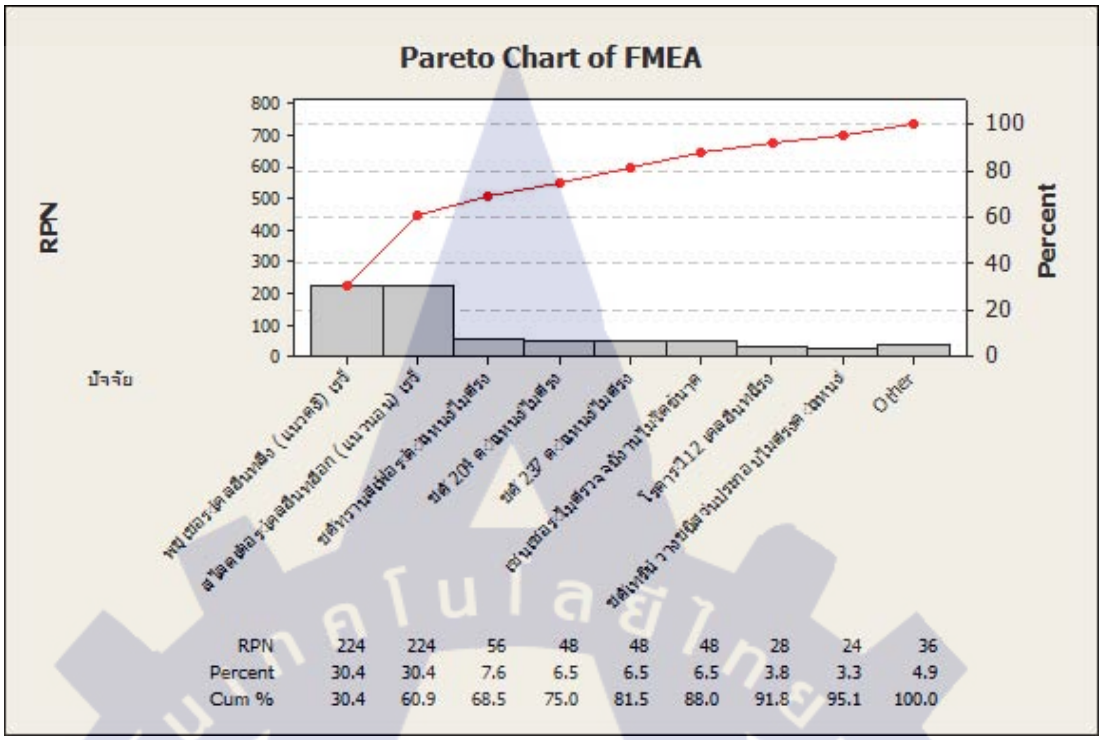
การตรวจสอบ	กฎเกณฑ์	ประเภทของการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
ห่างไกล	มีระบบควบคุมแต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้			×	การควบคุมกระทำได้โดยตรวจสอบด้วยตาเปล่า (Visual Inspection) เท่านั้น	8

รูปที่ 18 การให้ลำดับความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องและ RPN

ผลจากการระดมสมองร่วมกับผู้เชี่ยวชาญในกระบวนการพบว่าความรุนแรงของข้อบกพร่องที่ เกิดจาก 2 ปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 14 และรูปที่ 19 คือ พุชเชอร์ (Pusher) เคลื่อนที่ลง (แนวดิ่ง) เร็วและและสไลด์เดอร์ (Slider) เคลื่อนที่ออก (แนวนอน) เร็วมีผลกระทบรุนแรงต่อค่าแรงบิดสูง ในขณะเดียวกันโอกาสเกิดข้อบกพร่องมีสูงและมีความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องได้น้อย พิจารณาจากตัวเลข RPN มีค่าสูงเป็นลำดับแรก คือ 224 คะแนน (พิจารณาตารางที่ 23 เพิ่มเติมในภาคผนวก)

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องของแรงบิดโดยการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA

ปัจจัย	RPN
1. ชัคทรานส์เฟอร์ ตำแหน่งไม่ตรง	56
2. ชัคเทิร์น วางชิ้นส่วนประกอบไม่ตรงตำแหน่ง	24
3. พุชเชอร์ เคลื่อนที่ลง (แนวดิ่ง) เร็ว	224
4. สไลด์เดอร์ เคลื่อนที่ออก (แนวนอน) เร็ว	224
5. เบสซับอินเด็กซ์ ตำแหน่งไม่ตรง	18
6. ชัค 204 ตำแหน่งไม่ตรง	48
7. ชัค 237 ตำแหน่งไม่ตรง	48
8. เซนเซอร์ ไม่ตรวจจับงานไม่ได้ขนาด	48
9. โรตารี 112 เคลื่อนที่แรง	28
10. เบสซับเมนเด็กซ์ ตำแหน่งไม่ตรง	18



รูปที่ 19 แสดง RPN จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องของแรงบิดโดยการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA

หลักการทำงานของพุชเชอร์จะอาศัยแรงดันลมไปขับเคลื่อนและดันพุชเชอร์ให้กดลงไปบนผิวหน้าลูกปืนของชิ้นงาน เมื่อเกิดแรงกดที่ไม่เหมาะสมหรือเกิดแรงกระแทกแรงๆก็จะทำให้ชิ้นงานเสียหายได้ และเช่นเดียวกันกับสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออกเร็วและปล่อยฟิกเจอร์ตกกระแทกกับชิ้นงานทำให้ชิ้นงานเสียหาย ซึ่งเมื่อนำชิ้นงานที่ได้รับผลทั้ง 2 ปัจจัยไปตรวจวัดค่าแรงบิดจะมีค่าสูงและไม่ผ่านเกณฑ์ที่ลูกค้ากำหนด (พิจาณาเพิ่มเติมในหน้า 44 ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของไพวอท คาร์ทริดส์) จึงแยกเป็นชิ้นงานเสีย (NG) ในที่สุด ดังนั้นค่าแรงบิดจึงถูกนำมาเป็นตัวแปรตอบสนองในการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาเครื่องจักรที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อไป

แนวทางการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

เนื่องจากปัจจัยหลักมี 2 ปัจจัย และแต่ละปัจจัยนั้นมีความสำคัญต่อค่าแรงบิด ในการวิจัยนี้ค่าแรงบิดที่สูงเกินกว่าลูกค้ากำหนดจะส่งผลกระทบให้เกิดความบกพร่องด้านคุณภาพ ดังนั้นเพื่อนำปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญไปศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงเลือกใช้หลักการออกแบบการทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียล โดยที่ k คือจำนวนของปัจจัยที่นำมาทดลอง และ 2 คือจำนวนระดับของแต่ละปัจจัย จากปัจจัยที่ได้แบ่งปัจจัยเป็น 2 ระดับ ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าของปัจจัยหลักในแต่ละระดับสำหรับออกแบบการทดลอง

ปัจจัยนำเข้า	ระดับ		หน่วย
	1	2	
พุชเชอร์เคลื่อนที่ลง (แนวดิ่ง) เร็ว	0.2	0.5	วินาที
สไลด์เคลื่อนที่ออก (แนวนอน) เร็ว	0.2	0.5	วินาที

ปัจจัยแรก ได้แก่ พุชเชอร์เคลื่อนที่ลง (แนวดิ่ง) เร็วมี 2 ระดับ คือ 0.2 และ 0.5 วินาที และอีกปัจจัย ได้แก่ สไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออก (แนวนอน) เร็ว มี 2 ระดับ คือ 0.2 และ 0.5 วินาที ซึ่งจะได้รูปแบบการทดลองเป็นแบบ 2^2 Factorial Design มีจำนวนครั้งของการทดลอง (Run) เท่ากับ 4 การทดลอง และจัดให้ลำดับการทดลองนั้นเป็นแบบสุ่มเพื่อลดอคติ ซึ่งโปรแกรม MINITAB ได้ออกแบบการทดลองดังแสดงในตารางที่ 16 และแต่ละครั้ง (Run) ของการทดลอง ผู้วิจัยกำหนดให้มีจำนวนการทดลองซ้ำ 2 ครั้งเท่านั้น เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องผลกระทบของต้นทุนการทดลอง ระยะเวลาที่ใช้ทดลอง และขั้นตอนการผลิต ซึ่งค่าแรงบิดที่ได้ในแต่ละสิ่งตัวอย่างจะได้มาจากค่าเฉลี่ยของสิ่งตัวอย่างย่อยภายในกลุ่มนั้นๆ ที่ 10 ชิ้น ตามขนาดของสิ่งตัวอย่างของการทดลอง เช่นเดียวกับในขั้นตอนการหาสาเหตุที่ผ่านมา รวมจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 80 ชิ้น (ข้อมูลทั้งหมดและผลการทดลองได้แสดงเพิ่มเติมอ้างอิงในภาคผนวก ข)

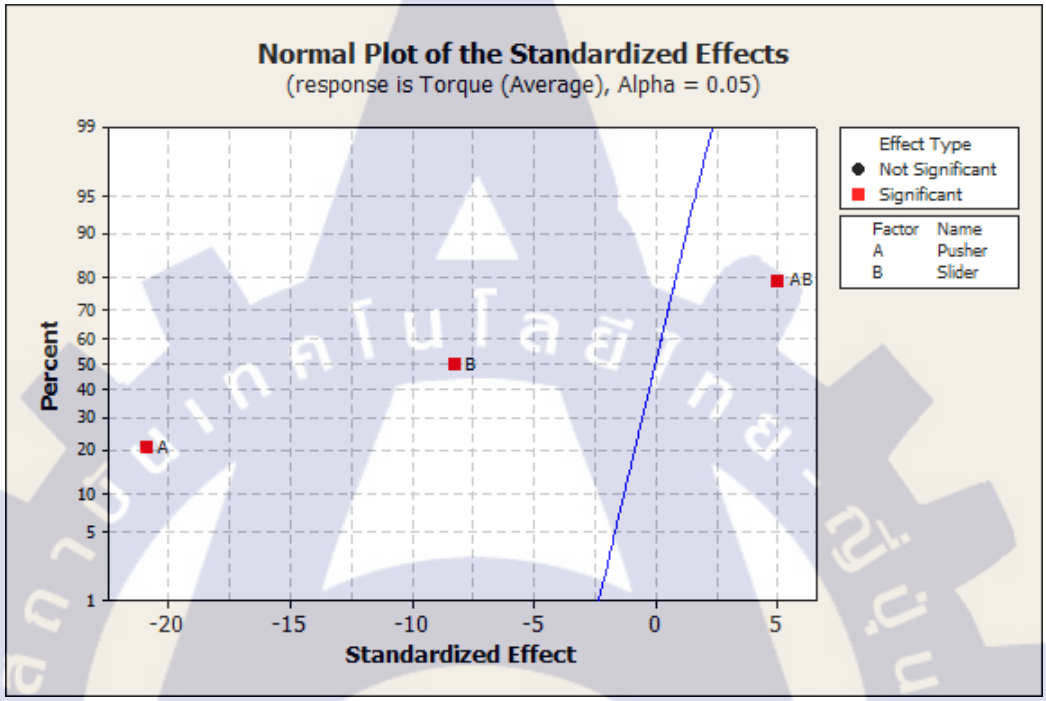
ตารางที่ 16 ค่าของปัจจัยในแต่ละระดับสำหรับออกแบบการทดลอง

Pusher	Slider	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Torque (Average)
0.5	0.5	8	1	1	1	0.04323
0.2	0.5	7	2	1	1	0.06806
0.5	0.2	6	3	1	1	0.04754
0.2	0.5	3	4	1	1	0.06385
0.5	0.2	2	5	1	1	0.04518
0.2	0.2	5	6	1	1	0.08622
0.2	0.2	1	7	1	1	0.08683
0.5	0.5	4	8	1	1	0.03938

ผลจากการทดลองสามารถวิเคราะห์ ได้ดังนี้

1. จากผลของการคำนวณตามรูปที่ 20 พบว่าปัจจัยหลักคือ A พุชเชอร์เคลื่อนที่ลงเร็ว ปัจจัย B สไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออกเร็ว และปัจจัยร่วม (Interaction) ระหว่างปัจจัย A กับ B เป็น

จุดที่อยู่ห่างจากเส้นตรงมากที่สุด ซึ่งหมายความว่าทั้ง 3 เทอมเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าแรงบิดของการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 21 เนื่องจากมีค่า P- Value เท่ากับ 0.000, 0.007 และ 0.001 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ 5% แสดงว่าปัจจัยที่เลือกมามีอิทธิพลต่อค่าแรงบิด



รูปที่ 20 แสดงกราฟ Normal Plot the Standardized Effects ของการทดลอง

Factorial Fit: Torque (Average) versus Pusher, Slider

Estimated Effects and Coefficients for Torque (Average) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.06004	0.000775	77.49	0.000
Pusher	-0.03241	-0.01620	0.000775	-20.91	0.000
Slider	-0.01282	-0.00641	0.000775	-8.27	0.001
Pusher*Slider	0.00776	0.00388	0.000775	5.01	0.007

S = 0.00219137 PRESS = 0.0000768337
R-Sq = 99.25% R-Sq(pred) = 97.01% R-Sq(adj) = 98.69%

Analysis of Variance for Torque (Average) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	
Main Effects	2	0.00242896	0.00242896	0.00121448	252.91	0.000
2-Way Interactions	1	0.00012046	0.00012046	0.00012046	25.08	0.007
Residual Error	4	0.00001921	0.00001921	0.00000480		
Pure Error	4	0.00001921	0.00001921	0.00000480		
Total	7	0.00256863				

Estimated Coefficients for Torque (Average) using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	0.133924
Pusher	-0.168384
Slider	-0.103086
Pusher*Slider	0.172461

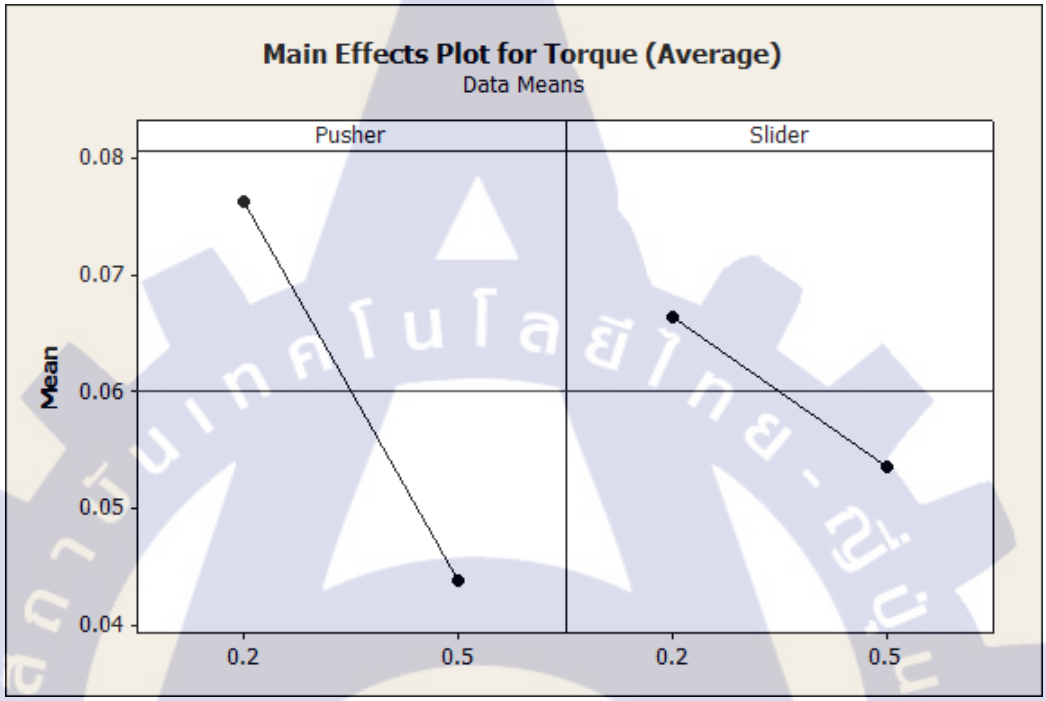
Least Squares Means for Torque (Average)

		Mean	SE Mean
Pusher			
0.2000		0.07624	0.001096
0.5000		0.04383	0.001096
Slider			
0.2000		0.06644	0.001096
0.5000		0.05363	0.001096
Pusher*Slider			
0.2000	0.2000	0.08653	0.001550
0.5000	0.2000	0.04636	0.001550
0.2000	0.5000	0.06595	0.001550
0.5000	0.5000	0.04130	0.001550

รูปที่ 21 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^2

2. การวิเคราะห์หาระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย

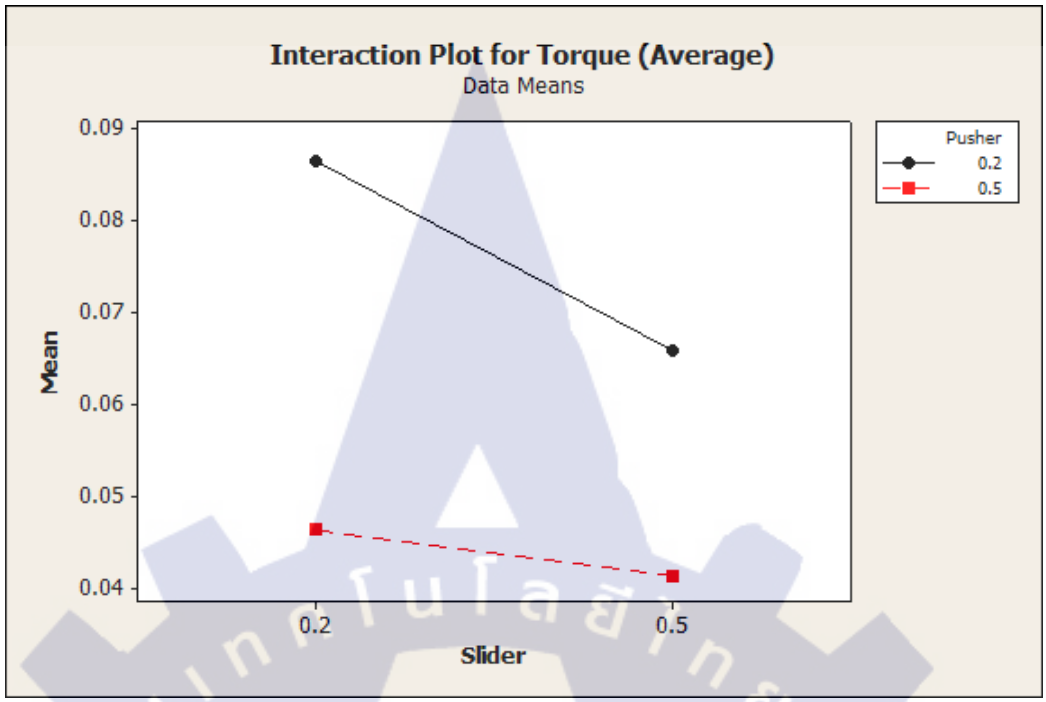
เพื่อหาระดับที่เหมาะสมสำหรับในแต่ละปัจจัยไปใช้กับการผลิต ดังนั้นจึงพิจารณาผ่านกราฟ Main Effect Plot, Interaction Plot และ Cube Plot ซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 22 รูปที่ 23 และ รูปที่ 24



รูปที่ 22 แสดงกราฟ Main Effect Plot

จากรูปที่ 22 กราฟ Main Effect Plot แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยตัวแปรตอบสนอง (ค่าแรงบิด) ในกรณีที่ปัจจัยหลักมีผลอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่สเกลแนวตั้ง (แกน Y) คือ ค่าเฉลี่ยของแรงบิดและสเกลแนวนอน (แกน X) คือปัจจัยที่สนใจ (พุชเชอร์และสไลด์เดอร์) โดยจะใช้กราฟนี้ในการพิจารณาหาจุดที่เหมาะสมสำหรับปัจจัยหลัก

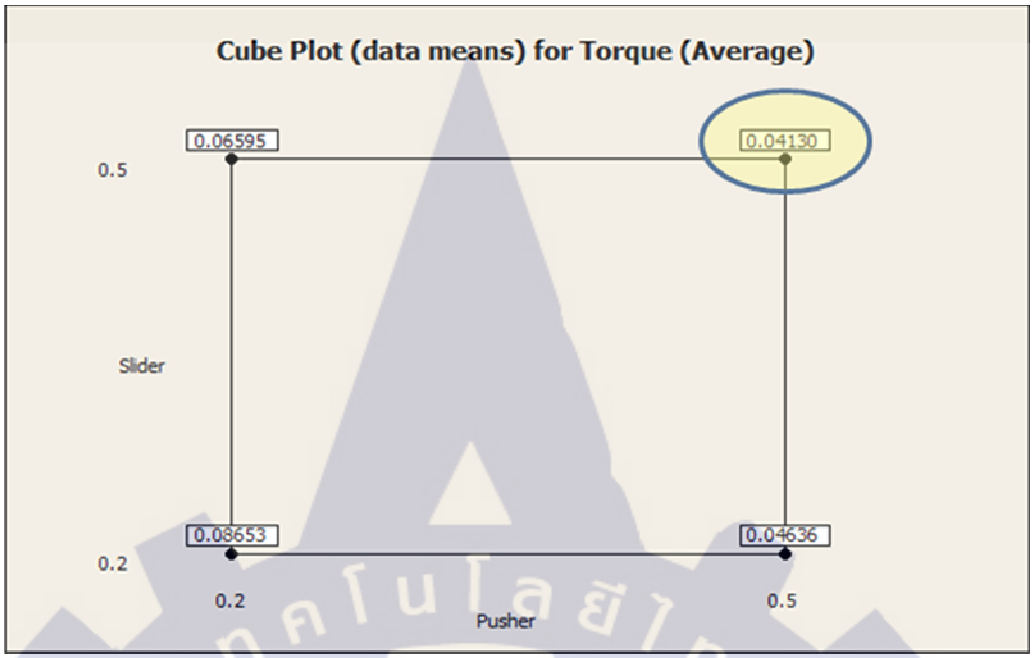
การพิจารณาเพื่อหาระดับของปัจจัย A พุชเชอร์เคลื่อนที่ลงเร็วด้วยเวลา 0.2 วินาที เทียบกับ 0.5 วินาที หรือปัจจัย B สไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออกเร็วด้วยเวลา 0.2 วินาที เทียบกับ 0.5 วินาที ซึ่งผลกระทบจากแต่ละปัจจัยเหล่านี้เรียกว่า Main Effect จากกราฟ Main Effect Plot ควรทำการปรับระดับทั้ง 2 ปัจจัย ไว้ที่ High Level โดยปัจจัย A ความเร็วของพุชเชอร์เคลื่อนที่ลง ไว้ที่ 0.5 วินาที และปัจจัย B ความเร็วของสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออก ไว้ที่ 0.5 วินาที ซึ่งจะทำให้ได้ค่าของแรงบิดที่ดีที่สุด



รูปที่ 23 แสดงกราฟ Interaction Plot

จากรูปที่ 23 กราฟ Interaction Plot แสดงผลกระทบจากการเปลี่ยนระดับของปัจจัยหนึ่งต่ออีกปัจจัยหนึ่งเนื่องจากผลร่วมสามารถทำให้ผลจากปัจจัยหลักมีค่ามากขึ้นหรือลดลง ดังนั้นการพิจารณาผลร่วมจึงมีความสำคัญอย่างมาก โดยที่สเกลแนวตั้ง (แกน Y) คือผลลัพธ์ (ค่าแรงบิด) ในหน่วย gf.cm. และสเกลแนวนอน (แกน X) แสดงระดับของปัจจัย B (ความเร็วของสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออก)

แสดงให้เห็นว่าการปรับระดับความเร็วของพุชเชอร์เคลื่อนที่ลงและความเร็วของสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออก ไว้ที่ 0.5 วินาที จะทำให้ค่าแรงบิดมีค่าต่ำที่สุด (ประมาณ 0.04 gf.cm.) ในขณะที่การปรับความเร็วของพุชเชอร์เคลื่อนที่ลงและความเร็วของสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออก ไว้ที่ 0.2 วินาที จะทำให้ค่าแรงบิดมีค่าสูงที่สุด (ประมาณ 0.086 gf.cm.) เนื่องจากความชันของเส้นความเร็วของพุชเชอร์เคลื่อนที่ลงด้วยเวลา 0.2 วินาที มีความชันมากกว่า



รูปที่ 24 แสดงกราฟ Cube Plot

จากรูปที่ 24 โดยใช้กราฟ Cube Plot เพื่อพิจารณา เพื่อยืนยันผลของระดับปัจจัยทั้งหมด พบว่าจุดที่ทำให้ค่าแรงบิดดีที่สุด คือ 0.04130 gf-cm โดยเป็นจุดที่ปัจจัย A พุชเชอร์เคลื่อนที่ลงเร็วด้วยเวลา 0.5 วินาที และปัจจัย B สไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออกเร็วด้วยเวลา 0.5 วินาที ซึ่งตรงกับการพิจาณาจากกราฟ Main Effect Plot, Interaction Plot ที่กล่าวในเบื้องต้น

สรุปขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าแรงบิดอย่างมีนัยสำคัญทั้ง Main Effect และ Interaction ได้แก่ A พุชเชอร์เคลื่อนที่ลงเร็ว ปัจจัย B สไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออกเร็ว โดยระดับที่เหมาะสมของปัจจัย เมื่อพิจารณาร่วมกับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์แล้ว ได้ค่าที่กำหนด ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ค่าปรับตั้งที่เหมาะสมของแต่ละของปัจจัยนำเข้า

ปัจจัยนำเข้า	ระดับ	หน่วย
พุชเชอร์เคลื่อนที่ลงเร็ว	0.5	วินาที
สไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออกเร็ว	0.5	วินาที

บทที่ 4
ผลการวิจัย

เพื่อยืนยันผลการทดสอบก่อนนำไปใช้จริงกับกระบวนการผลิต จึงกำหนดการทดสอบโดยทดลองในกระบวนการผลิตจริงจำนวน 3 ล็อต จากนั้นนำค่าอัตราคุณภาพที่ได้มาเปรียบเทียบค่าอัตราคุณภาพของการผลิตแบบเดิม โดยพิจารณาจากตารางที่ 18 จากการผลิตแบบเดิมที่ไม่มีการกำหนดระดับของปัจจัยและการผลิตแบบใหม่โดยตั้งเวลาความเร็วของพุชเชอร์เคลื่อนที่ลง 0.5 วินาที และตั้งเวลาความเร็วของสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออก 0.5 วินาที

ตารางที่ 18 แสดงระดับของปัจจัยของการผลิตแบบเดิมกับปัจจัยของการผลิตแบบใหม่

ปัจจัย	ระดับของปัจจัยของการผลิตแบบเดิม	ระดับของปัจจัยของการผลิตแบบใหม่ (จากการออกแบบการทดลอง)
พุชเชอร์เคลื่อนที่ลงเร็ว	ไม่กำหนด	0.5 วินาที
สไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออกเร็ว	ไม่กำหนด	0.5 วินาที

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบผลของปัจจัยของการผลิตแบบเดิมกับปัจจัยของการผลิตแบบใหม่

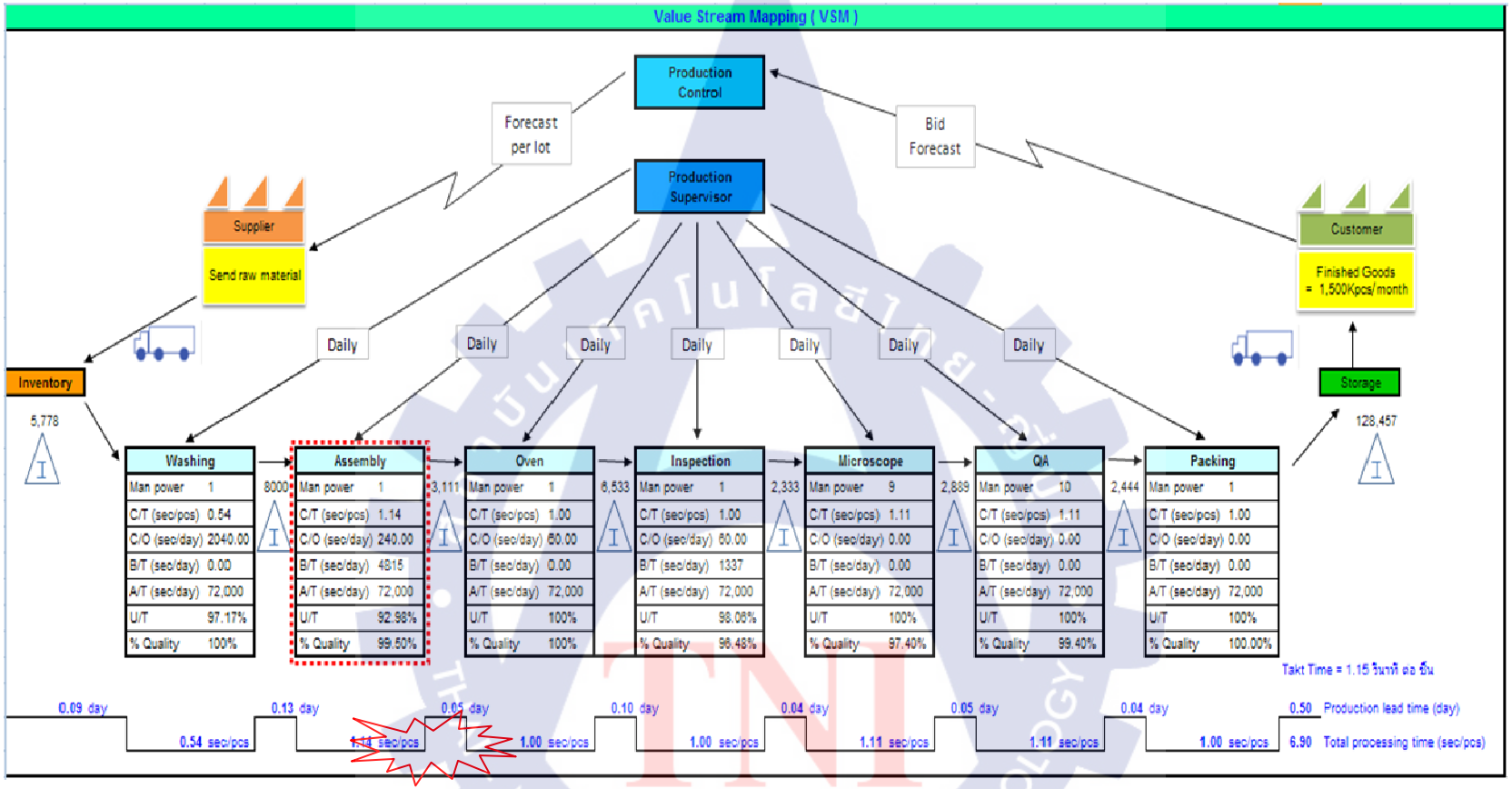
ล๊อต	จำนวนงานทั้งหมด	จำนวนงานดี	เปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องของแรงบิด	อัตราคุณภาพของแรงบิด (การผลิตแบบใหม่)	อัตราคุณภาพของแรงบิด (การผลิตแบบเดิม)
1	995	985	1.00%	99.00%	95.30%
2	998	998	0.00%	100.00%	
3	999	994	0.50%	99.50%	
รวม	2,992	2,977	0.50%	*99.50%*	

จากตารางที่ 19 ผลทดลองพบว่าค่าอัตราคุณภาพของแรงบิด ที่ได้จากการทดลองผลิตด้วยการควบคุมระดับปัจจัยแบบใหม่ คือ ตั้งเวลาความเร็วของพุชเชอร์เคลื่อนที่ลง 0.5 วินาทีและตั้งเวลาความเร็วของสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออก 0.5 วินาที ทำให้ผลของค่าของแรงบิด

สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการทดลองในขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยการผลิตแบบใหม่ทำอัตราคุณภาพของแรงบิดเพิ่มขึ้นจาก 95.3% (อ้างอิงค่าอัตราคุณภาพจากตารางที่ 10 หน้า 50) เป็น 99.5% มีค่าสูงขึ้น 4.2% และมีค่าเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องของการผลิตแบบใหม่เฉลี่ยเท่ากับ 0.5%

แผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะอนาคต (Value Stream Mapping: Future State Map)

หลังจากดำเนินการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการตามหลักการของระบบการผลิตแบบลีน โดยการวิเคราะห์สายธารคุณค่าสถานะปัจจุบันซึ่งทำให้สามารถมองเห็นความสูญเปล่าของกระบวนการผลิตทั้งระบบ เพื่อหาแนวทางในการขจัดความสูญเปล่า โดยอาศัยวิธี FMEA มาวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องของแรงบิดซึ่งมีปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปัญหาการใช้งานเครื่องจักรเกิดจาก 1. พุชเชอร์เคลื่อนที่ลง (แนวดิ่ง) เร็ว 2. สไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออก (แนวนอน) เร็ว จากนั้นนำหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนและการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลจากปัจจัยที่ได้แบ่งปัจจัยเป็น 2 ระดับ ปัจจัยแรก ได้แก่ พุชเชอร์เคลื่อนที่ลง (แนวดิ่ง) เร็วมี 2 ระดับ คือ 0.2 และ 0.5 วินาที และอีกปัจจัย ได้แก่ สไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออก (แนวนอน) เร็ว มี 2 ระดับ คือ 0.2 และ 0.5 วินาที เช่นกัน ผลจากการทดสอบพบว่าการตั้งเวลาความเร็วของพุชเชอร์เคลื่อนที่ลง 0.5 วินาที และตั้งเวลาความเร็วของสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออก 0.5 วินาที เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าแรงบิดอย่างมีนัยสำคัญ และยืนยันผลการทดสอบก่อนนำไปใช้จริงกับกระบวนการผลิตโดยทดลองในกระบวนการผลิตจริงจำนวน 3 ล็อต โดยการผลิตแบบใหม่ทำอัตราคุณภาพของแรงบิดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 95.3% เป็น 99.5% มีค่าสูงขึ้น 4.2% และมีค่าเปอร์เซ็นต์ข้อบกพร่องของการผลิตแบบใหม่เฉลี่ยเท่ากับ 0.5% ดังนั้นแผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะอนาคต (หลังการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ) ดังรูปที่ 25

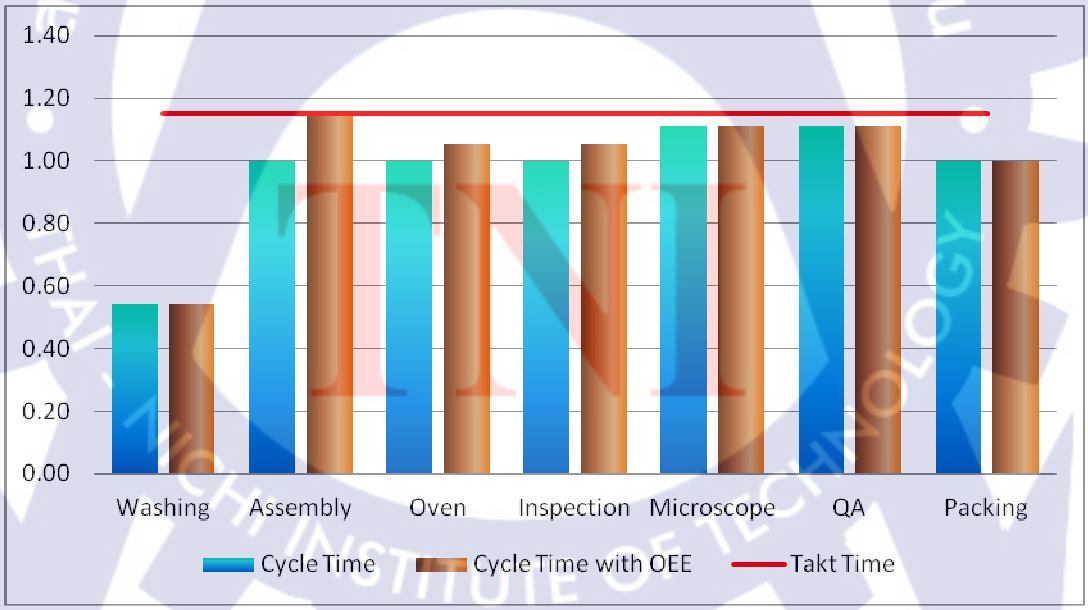


รูปที่ 25 แผนภูมิสายธารคุณค่าสถานะอนาคต (หลังการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ)

ตารางที่ 20 แสดง Cycle Time รวมค่า OEE ของทุกกระบวนการหลังการปรับปรุง

Process	Cycle Time	OEE	Cycle Time with OEE	Takt Time
Washing	0.54	100.00%	0.54	1.15
Assembly	**1.00**	**87.45%**	**1.14**	**1.15**
Oven	1.00	95.00%	1.05	1.15
Inspection	1.00	95.00%	1.05	1.15
Microscope	1.11	-	1.11	1.15
QA	1.11	-	1.11	1.15
Packing	1.00	-	1.00	1.15

จากตารางที่ 20 และรูปที่ 26 จะเห็นได้ว่า Cycle Time ของทุกกระบวนการ เมื่อหารด้วยค่า OEE แล้ว ยังต่ำกว่า Takt Time อยู่ จากเดิมกระบวนการที่เป็นคอขวดของผลิตภัณฑ์ MM คือ กระบวนการประกอบ (Assembly) ซึ่งเป็นกระบวนการเดียวเท่านั้นที่หารด้วยค่า OEE แล้ว Cycle Time (1.3 วินาที) มีสูงกว่า Takt Time (1.15 วินาที) แต่หลังจากดำเนินการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการทำให้คอขวดหายไป Cycle Time ลดลงเป็น 1.14 วินาที และ Total processing time (รอบเวลาในการผลิตรวม) = 6.9 วินาที



รูปที่ 26 แสดงกราฟ Cycle Time ของทุกกระบวนการเทียบกับ Takt Time หลังการปรับปรุง

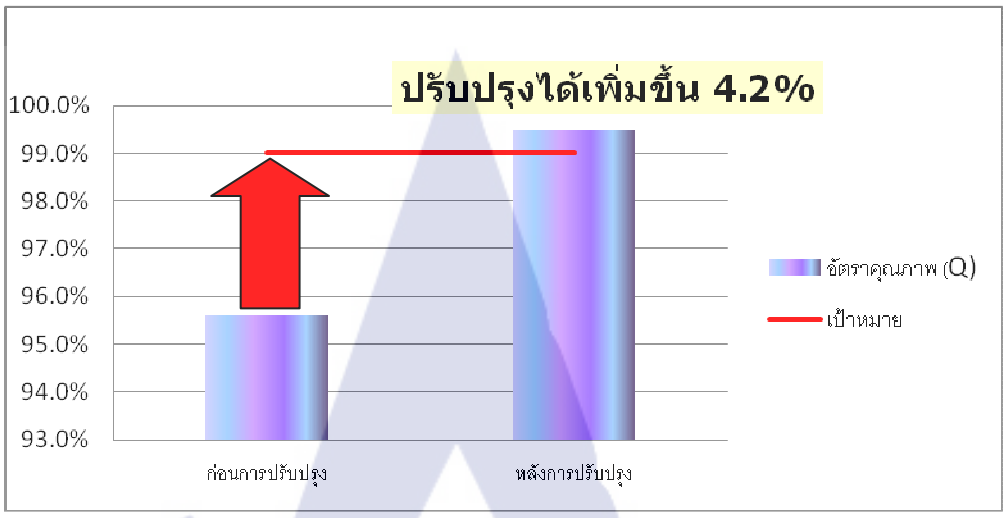
จากการนำแนวคิดการผลิตแบบลีนโดยอาศัยวิธี FMEA ไปประยุกต์ใช้กับการเพิ่มค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร โดยมีเป้าหมายคือ OEE มากกว่า 85.0% ซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม 2556 เป็นต้นมา สามารถสรุปผลโดยมีรายละเอียดดังนี้

จากกรณีศึกษาผลิตภัณฑ์รุ่น MM ที่ผลิตโดยเครื่องจักร 1 เมื่อพิจารณาข้อมูลปัญหาการใช้งานเครื่องจักรนี้ในเดือนธันวาคม 2555 พบว่าปัจจัยหลักเกิดจากเครื่องจักรมีอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่แรงและไม่ตรงตำแหน่ง จึงดำเนินการคัดกรองโดย FMEA พบว่าปัจจัยหลักที่มีผลมี 2 ปัจจัย ได้แก่ พุชเชอร์เคลื่อนที่ลงเร็วและสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออกเร็ว และขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขควบคุมกระบวนการ ได้ค่าที่เหมาะสมคือ ตั้งเวลาความเร็วของพุชเชอร์เคลื่อนที่ลงที่ระดับ 0.5 วินาที และตั้งเวลาความเร็วของสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออกที่ระดับ 0.5 วินาที เพื่อยืนยันผลการทดสอบก่อนนำไปใช้จริงกับกระบวนการผลิต โดยทดลองในกระบวนการผลิตจริงจำนวน 3 ล็อต ผลสรุปการทดลองข้อมูลหลังจากการปรับปรุงเทียบกับข้อมูลก่อนการปรับปรุงแสดงดังตารางที่ 21

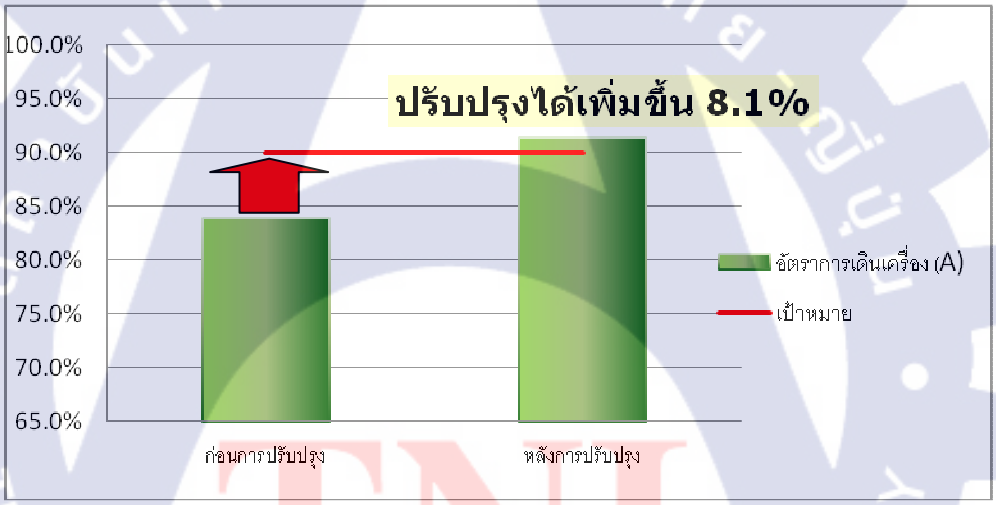
ตารางที่ 21 ผลสรุปการทดลองข้อมูลหลังจากการปรับปรุงเทียบกับข้อมูลก่อนการปรับปรุง

ดัชนีชี้วัด	เป้าหมาย	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ค่าอัตราการเดินเครื่อง (Availability)	90.0%	83.3%	91.4%
ค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance)	95.0%	96.7%	96.7%
ค่าอัตราคุณภาพ (Quality)	99.0%	95.3%	99.5%
ประสิทธิภาพโดยรวม (OEE)	85.0%	76.8%	87.4%

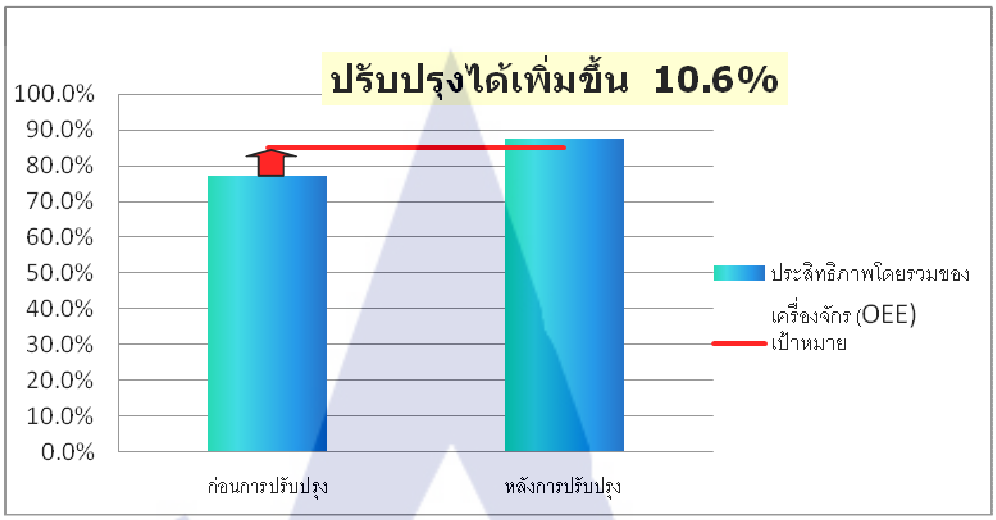
ผลจากการปรับปรุงแก้ไขปัญหาพุชเชอร์เคลื่อนที่ลงเร็วและสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออกเร็วทำให้เวลาที่ต้องหยุดเดินเครื่องจักรเนื่องจากเครื่องจักรเสียลดลง ส่งผลให้ค่าอัตราการเดินเครื่องเพิ่มขึ้นจาก 83.3% เป็น 91.4 % เพิ่มขึ้น 8.1% และค่าอัตราคุณภาพของแรงบิดเพิ่มขึ้นจาก 95.3% เป็น 99.5% เพิ่มขึ้น 4.2% คิดเป็นมูลค่าของงานเสียที่สามารถลดได้เท่ากับ 420,000 บาทต่อเดือน ในขณะที่ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรก็เพิ่มขึ้นจาก 76.8% เป็น 87.4% เพิ่มขึ้น 10.6% ดังรูปที่ 27, 28 และ 29 ตามลำดับ และนอกจากนี้ยังผลให้ Cycle Time ของสายธารคุณค่าสถานะอนาคต(หลังการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ)ลดลงจาก 7.06 วินาที เป็น 6.90 วินาที



รูปที่ 27 แสดงกราฟค่าอัตราคุณภาพเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง



รูปที่ 28 แสดงกราฟค่าอัตราการเดินเครื่องเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง



รูปที่ 29 แสดงกราฟค่า OEE เปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

ผลจากการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเมื่อทำการประเมินค่า RPN อีกครั้งพบว่าค่า RPN ก่อนการปรับปรุงมีคะแนน 244 คะแนนและหลังการปรับปรุงลดลงเหลือ 8 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 แสดงค่า RPN เปรียบเทียบระหว่างก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

ปัจจัย	RPN (ก่อนการปรับปรุง)	RPN (หลังการปรับปรุง)
พุชเชอร์ เคลื่อนที่ลง (แนวดิ่ง) เร็ว	224	8
สไลด์เดอร์ เคลื่อนที่ออก (แนวนอน) เร็ว	224	8

อุปสรรค ปัญหาและการดำเนินการแก้ไข

ปัญหาความสูญเปล่าที่เกิดจากการผลิตที่มากเกินความจำเป็นโดยมีการเผื่อสต็อกเอาไว้เพื่อรองรับกรณีที่มีของเสียเกิดขึ้นรวมทั้งการใช้ทรัพยากรในการผลิต เช่น เครื่องจักรเพิ่มขึ้นเพื่อให้มีกำลังการผลิตสินค้าได้ตามจำนวนและส่งมอบได้ทันเวลาที่ลูกค้าต้องการ พิจารณาจากข้อมูลการใช้เครื่องจักรที่ผ่านมา พบว่ามีความสูญเสียจากการขัดข้องของเครื่องจักรบ่อยครั้ง บางชนิดของการขัดข้องต้องใช้เวลาในการแก้ไขนานทั้งยังมีของเสียเกิดขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าการแก้ไขแต่ละครั้งนั้นเบื้องต้นเป็นเพียงการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าเพื่อให้เครื่องจักรทำการผลิตต่อไปได้ ทั้งนี้มีผลมาจากความรีบเร่งที่ต้องทำการผลิต จึงทำให้การแก้ไขปัญหาที่สาเหตุอย่างแท้จริงไม่ได้ถูกปฏิบัติ

จากความร่วมมือกับทีมคุณภาพโดยได้ดำเนินการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไขในแต่ละขั้นตอน ซึ่งผลของการแก้ไขมีส่วนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และพัฒนาความรู้ความสามารถของทุกๆ คน ดังนั้นการส่งเสริมให้องค์กรมีวัฒนธรรมแบบลีนจะส่งผลให้องค์กรสามารถสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันได้อย่างยั่งยืน ดังนั้นองค์กรต้องพิจารณาควบคู่กันไปและดำเนินการอย่างต่อเนื่อง

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY TNI

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยครั้งนี้

ประโยชน์ต่อบริษัทกรณีศึกษา

1. สามารถเพิ่มค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรรุ่น MM เครื่องจักร 1 จากเดิม 76.8% เพิ่มเป็น 87.4%

2. สามารถสร้างต้นแบบในการประยุกต์ใช้แนวคิดการผลิตแบบลีนโดยอาศัยวิธี FMEA กับอุตสาหกรรมการประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยการนำไปประยุกต์ใช้กับทีมคุณภาพ เพื่อการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์และพัฒนาทีมงานในการวิเคราะห์และตัดสินใจตามหลักสถิติ

3. จากการปรับปรุงค่าอัตราคุณภาพของแรงบิดเพิ่มขึ้นจาก 95.3% เป็น 99.5% เพิ่มขึ้น 4.2% นั้นคิดเป็นมูลค่าของงานเสียที่สามารถลดได้เท่ากับ 420,000 บาทต่อเดือน

ประโยชน์ต่อผู้วิจัย

สามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษาไปประยุกต์ใช้กับการปรับปรุงคุณภาพและประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเพื่อสร้างความได้เปรียบสำหรับการแข่งขันให้กับบริษัทได้

ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง

1. การทดลองนี้เป็นตัวอย่างหนึ่งของการวิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขจากเครื่องจักรตัวอย่าง 1 เครื่อง ที่จะเป็นต้นแบบในการปรับใช้กับเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตไพวอท คาร์ทริดส์อื่นๆ ดังนั้นแม้ว่าผลที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมายหลักจะเพิ่มขึ้นแต่ในอนาคตจะต้องดำเนินการปรับปรุงเครื่องจักรและแก้ไขปัญหาอื่นๆ ร่วมด้วยเพื่อการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง (Continual Improvement) โดยการใช้ขั้นตอนในงานวิจัยนี้เป็นตัวอย่างแนวทางการดำเนินงานได้

2. ผลของการปรับปรุงกระบวนการในการวิจัยนี้ สามารถที่จะนำผลไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตไพวอท คาร์ทริดส์ที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน แต่ควรที่จะต้องมีการศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นและมีการทดสอบเพื่อยืนยันผลการทดลองก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง

3. เครื่องมือที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของงานวิจัยนี้เป็นเพียงแนวทางหนึ่งตามแนวคิดของลีนเท่านั้น ดังนั้นในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ควรเลือกประยุกต์ใช้เครื่องมือต่างๆ

ตามความเหมาะสมกับลักษณะของกระบวนการผลิตที่ทำการปรับปรุงและข้อจำกัดอื่นๆ ในการประยุกต์ใช้เครื่องมือในองค์กร

4. เพื่อให้ระบบการผลิตแบบลีนสามารถนำไปใช้พัฒนาองค์กรได้อย่างยั่งยืน การอบรมเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับระบบการผลิตแบบลีนเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องปฏิบัติ ผู้บริหารและพนักงานทุกคนจะต้องเห็นความสำคัญและให้ความร่วมมือกัน นอกจากนี้มีสิ่งสำคัญในการดำเนินโครงการลีนให้เกิดประโยชน์และประสบความสำเร็จแก่องค์กรอย่างแท้จริง ก็คือความจริงจัง ความรวดเร็วในการดำเนินมาตรการต่างๆ การติดตามปัญหา มีกำหนดเสร็จและผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **โปรแกรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ภายใต้แผนกลยุทธ์การวิจัยและพัฒนา สวทช. ระยะที่ 2 พ.ศ. 2554 - 2559.** สืบค้นเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2555, จาก http://www.nstda.or.th/industrial-research/8101-program-hddi-strategic-planning

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2551). **FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

กุณฑิกา โพธิเกษม. (2553). **การปรับปรุงค่าแรงบิดของไพวอต คาร์ทริดส์ โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง.** สารนิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

จุฑาทิพย์ ซื่อตระกูลพานิชย์. (2552). **การประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบลีนในกระบวนการประกอบกันชนหลังรถยนต์.** วิทยานิพนธ์ คอ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จุติวัฒน์ ธวัชธาดา. (2553). **การปรับปรุงงานโดยบูรณาการแนวคิดลีนและเครื่องมือซิกซ์ ซิกม่า.** วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เจี๊ยม จันทร์อนันต์. (2552). **การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ในกระบวนการการตรวจสอบขั้นสุดท้ายสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตวงจร**. วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น.

ชาญชัย กระแสร์. (2553). **การสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันโดยประยุกต์ใช้กลยุทธ์ ซิกซ์ ซิกมา กรณีศึกษาโรงงานประกอบชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ.** วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น.

ชาญชัย พรศิริรุ่ง. (2549). **คู่มือปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรพร้อมกรณีศึกษาและเทคนิคปฏิบัติที่ได้ผลจริง.** กรุงเทพฯ : สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

ประดิษฐ์ วงศ์มณีรุ่ง ; และคณะ. (2547). **1-2-3 ก้าวสู่ลีน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

โปรดักซ์ติวิตี้ เพรส ดิวิลอปเม้นท์ ทีม. (2550). **ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร.** แปลโดย พรเทพ เหลือทรัพย์สุข ; และคณะ. กรุงเทพฯ : อี.ไอ.สแควร์.

พิมพ์ชนก ไพศาลภานุมาศ. (2550). **การลดระยะเวลานำในการผลิตในโรงงานผลิตเลนส์แว่นตา โดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ซิกมา.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พฤทธิพงศ์ โพธิวราพรรณ. (2548). **ประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีนในอุตสาหกรรมผสม (แบบต่อเนื่อง-แบบช่วง) กรณีศึกษาโรงงานผลิตเหล็กรูปพรรณ**. วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ :บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

มยุรา หนองเส. (2555). **การปรับปรุงกระบวนการผลิตแกนยึดหัวอ่านสำหรับฮาร์ดดิสก์โดยใช้แนวคิดซิกซ์ซิกมา.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. (2556). **ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรอุปกรณ์.** สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2556, จาก http://www.rmuti.ac.th/faculty/production/ ie/html/Oee.htm

วิโรจน์ ลักขณาอดิศร. (2552). **ลีนอย่างไรสร้างกำไรให้องค์กร (Profitable Lean Manufacturing).** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วีรชัย มัฏฐารักษ์ ; และคณะ. (2553). การเพิ่มผลผลิตด้วยวิธีการปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร กรณีศึกษาโรงงานผลิตอาหารสัตว์. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม**. 6 (2) : 18-24.

วีรเทพ เฉลิมสมิทธิ์ชัย. (2550). **การศึกษาปริมาณธาตุที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กดิบโดยวิธีการออกแบบการทดลอง**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เษกสรร สิงห์ธนู. (2550). **การบำรุงรักษาเชิงแผนงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรกรณีศึกษาสายการบรรจุน้ำยาทำความสะอาดสุขภัณฑ์**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมการผลิต). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สมภพ ตลับแก้ว. (2550). **การประยุกต์ใช้วิธีการ FMEA เพื่อการปรับปรุงความพึงพอใจของลูกค้า.** สืบค้นเมื่อ 28 กรกฎาคม 2554, จาก http://www.tpmconsulting.org/dwnld/article/tpm/fmea.pdf

เอกราช คงสรรค์เสถียร. (2555). **การประยุกต์ใช้ FMEA ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ขนาดกลางและขนาดย่อม กรณีศึกษาโรงงานผลิตปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น**. สารนิพนธ์ บธ.ม. (การจัดการอุตสาหกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น.

ฮาเวียร์ ซานโตส ; และคณะ. (2551). **ปรับปรุงการผลิตด้วยแนวคิดแบบลีน.** แปลโดย พรเทพ เหลือทรัพย์สุข. กรุงเทพฯ : อี.ไอ.สแควร์.

AIAG. (2008). **Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**. 4th ed. USA. : AIAG – Automotive Industry Action Group.

Fang Zhang. (2012). **HDD Industry Reports Bleak Results as Shipments Plunge in Q3**. Retrieved November 27, 2012, from http://www.isuppli.com/Memory-and-Storage/MarketWatch/Pages/HDD-Industry-Reports-Bleak-Results-as-Shipments-Plunge-in-Q3.aspx.

Green, B. M. (2002). **Taxonomy of The Adaptation of Lean Production Tools and Techniques.** Thesis Ph.D (Engineering). USA. : Faculty of Engineering Science, The University of Tennessee.

Hard Drive Shipments Rebound to Record Level in 2012. (2012). Retrieved November 27, 2012, from http://www.isuppli.com/memory-and-storage/news/pages/hard- drive-shipments-rebound-to-record-level-in-2012.aspx.

Hines, P. ; and Taylor, D. (2000). **Going lean.** UK : Lean Enterprise Research Centre Cardiff Business School.

Nakajima, S. (1988). **Introduction to Total Productive Maintenance.** Cambridge : Productivity Press.

Womack, J.P. ; and Jones, D. T. (1996). **Lean Thinking**. New York : Simon & Schuster.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

ตารางที่ 23 แสดงผลวิเคราะห์ FMEA เพื่อคัดเลือกปัจจัยก่อนการปรับปรุง

ปัจจัย	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น	ความรุนแรง		โอกาสการเกิด		การตรวจจับ		RPN
		ผลกระทบที่เกิดขึ้น	S	สาเหตุที่เป็นไปได้	O	การควบคุมในปัจจุบัน	D	
ชัคทรานส์เฟอร์	ตำแหน่งไม่ตรง	กดทับงานทำให้ค่าแรงบิดสูง	7	อุปกรณ์ชำรุด	2	ปฏิบัติตามข้อปฏิบัติในการทำงาน	4	56
ชัคเทิร์น	วางชิ้นส่วนประกอบไม่ตรงตำแหน่ง	รอยขีดข่วนบนชิ้นงานไม่เป็นที่ยอมรับ	6	ค่าตำแหน่งเริ่มต้นเปลี่ยนไป	1	ปฏิบัติตามข้อปฏิบัติในการทำงาน	4	24
พุชเชอร์	เคลื่อนที่ลง (แนวดิ่ง) เร็ว	พุชเชอร์กระแทกกับชิ้นงานทำให้มีค่าแรงบิดสูง	7	แรงดันลมไม่คงที่	4	ตรวจสอบ 100% หลังการปรับตั้งครั้งแรก	8	224
สไลด์เดอร์	เคลื่อนที่ออก (แนวนอน) เร็ว	ฟิกเจอร์กระแทกชิ้นงานทำให้มีค่าแรงบิดสูง	7	แรงดันลมไม่คงที่	4	ตรวจสอบ 100% หลังการปรับตั้งครั้งแรก	8	224
เบส ซับอินเด็กซ์	ตำแหน่งไม่ตรง	รอยขีดข่วนบนชิ้นงานไม่เป็นที่ยอมรับ	6	ค่าตำแหน่งเริ่มต้นเปลี่ยนไป	1	ปฏิบัติตามข้อปฏิบัติในการทำงาน	3	18

ตารางที่ 23 แสดงผลวิเคราะห์ FMEA เพื่อคัดเลือกปัจจัย (ต่อ)

ปัจจัย	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น	ความรุนแรง		โอกาสการเกิด		การตรวจจับ		RPN
		ผลกระทบที่เกิดขึ้น	S	สาเหตุที่เป็นไปได้	O	การควบคุมในปัจจุบัน	D	
ชัค 204	ตำแหน่งไม่ตรง	รอยขีดข่วนบนชิ้นงานไม่เป็นที่ยอมรับ	6	ลูกปืนแตก	2	ปฏิบัติตามข้อปฏิบัติในการทำงาน	4	48
ชัค 237	ตำแหน่งไม่ตรง	รอยขีดข่วนบนชิ้นงานไม่เป็นที่ยอมรับ	6	ลูกปืนแตก	2	ปฏิบัติตามข้อปฏิบัติในการทำงาน	4	48
เซนเซอร์	ไม่ตรวจจับงานไม่ได้ขนาด	ชิ้นงานไม่ได้ขนาดหลุดลอดไปยังกระบวนการถัดไป	6	Sensor เสีย	2	ปฏิบัติตามข้อปฏิบัติในการทำงาน	4	48
โรตารี 112	เคลื่อนที่แรง	ค่าแรงบิดสูงกว่าเกณฑ์ที่ลูกค้ากำหนด	7	การตั้งค่าตำแหน่งยกชัคสูงเกินไป	1	ตรวจสอบ 100% หลังการปรับตั้งครั้งแรก	4	28
เบส ซับเมนเด๊กซ์	ตำแหน่งไม่ตรง	รอยขีดข่วนบนชิ้นงานไม่เป็นที่ยอมรับ	6	ค่าตำแหน่งเริ่มต้นเปลี่ยนไป	1	ปฏิบัติตามข้อปฏิบัติในการทำงาน	3	18

ตารางที่ 24 แสดงผลวิเคราะห์ FMEA หลังการปรับปรุง

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) — **Process**

Product/ Process:	**Auto Assembly Machine**	**Date:**	**15 January 2013**
Part/System:	**Product MM**	**Rev:**	**NR**
Responsible:	**Maintenance, Production, QC, QA & Engineer**		

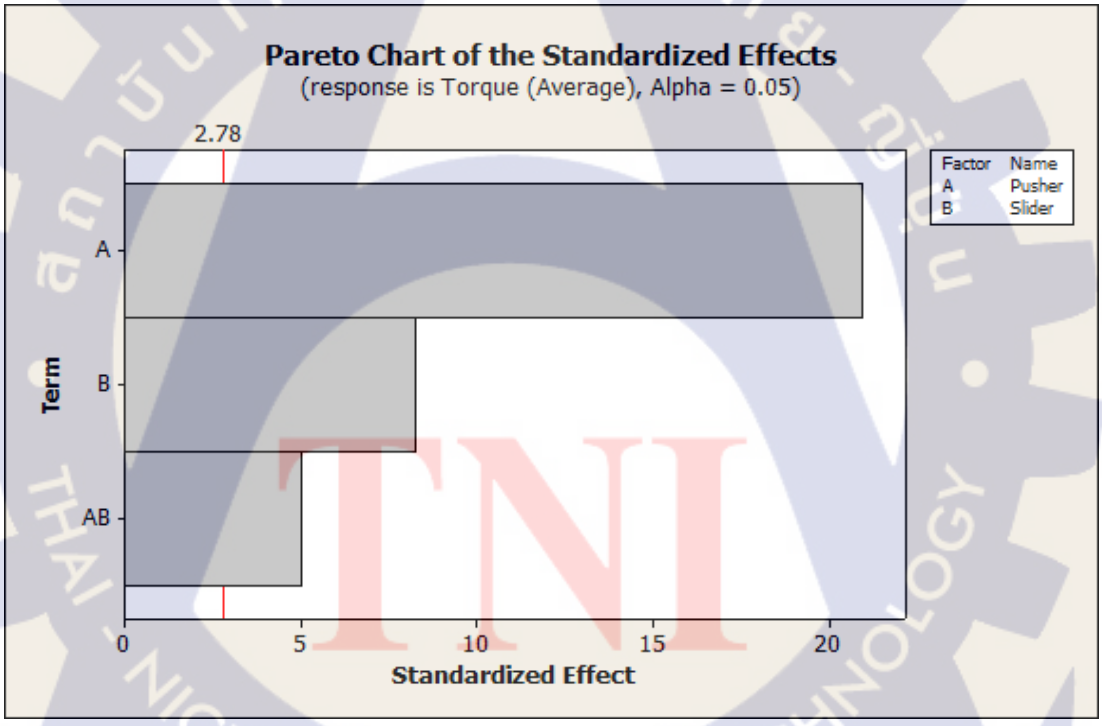
ปัจจัย	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น	ความรุนแรง		โอกาสการเกิด		การตรวจจับ		RPN	Actions			Resultant RPN			
		ผลกระทบที่เกิดขึ้น	S	สาเหตุที่เป็นไปได้	O	การควบคุมในปัจจุบัน	D		Recommended Corrective Action	Owner	Status	S	O	D	RPN
พุชเชอร์	เคลื่อนที่ลง (แนวดิ่ง) เร็ว	พุชเชอร์กระแทกกับชิ้นงานทำให้มีค่าแรงบิดสูง	7	แรงดันลมไม่คงที่	4	ตรวจสอบ 100% หลังการปรับตั้งครั้งแรก	8	224	เซ็ตโปรแกรม PLC สำหรับหน่วงเวลาความเร็วของพุชเชอร์เคลื่อนที่ลง 0.5 วินาที และเซ็ตโปรแกรม alarm และหยุดเครื่องจักรทันทีเมื่อเวลาที่หน่วงไว้เร็วกว่า 0.5 วินาที	Maintenance	Done	8	1	1	8
สไลด์เดอร์	เคลื่อนที่ออก (แนวนอน) เร็ว	ฟิกเจอร์กระแทกชิ้นงานทำให้มีค่าแรงบิดสูง	7	แรงดันลมไม่คงที่	4	ตรวจสอบ 100% หลังการปรับตั้งครั้งแรก	8	224	เซ็ตโปรแกรม PLC สำหรับหน่วงเวลาความเร็วของสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออก 0.5 วินาที และเซ็ตโปรแกรม alarm และหยุดเครื่องจักรทันทีเมื่อเวลาที่หน่วงไว้เร็วกว่า 0.5 วินาที	Maintenance	Done	8	1	1	8

ภาคผนวก ข
รายละเอียดขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ภาคผนวก ข
รายละเอียดขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ตารางที่ 25 ผลการทดลองของปัจจัยนำเข้าที่มีอิทธิพลต่อค่าแรงบิด

พุช เซอร์	สไลด์ เดอร์	แรงบิด	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10
0.5	0.5	0.04323	0.04308	0.04421	0.04265	0.04287	0.04356	0.04208	0.04353	0.04275	0.04293	0.04459
0.2	0.5	0.06806	0.06677	0.06923	0.06756	0.06834	0.06522	0.06845	0.06912	0.06945	0.06742	0.06900
0.5	0.2	0.04754	0.04865	0.04724	0.04952	0.04656	0.04721	0.04586	0.04678	0.04834	0.04711	0.04813
0.2	0.5	0.06385	0.06366	0.06512	0.06578	0.06812	0.06256	0.06289	0.06366	0.06211	0.06157	0.06298
0.5	0.2	0.04518	0.04276	0.04298	0.04523	0.04601	0.04509	0.04604	0.04823	0.04612	0.04513	0.04423
0.2	0.2	0.08622	0.08723	0.08512	0.08467	0.08943	0.08497	0.08623	0.08387	0.08805	0.08765	0.08502
0.2	0.2	0.08683	0.08543	0.08753	0.08478	0.08809	0.08667	0.08912	0.08822	0.08489	0.08617	0.08743
0.5	0.5	0.03938	0.04230	0.03874	0.03965	0.03721	0.04187	0.04042	0.03809	0.03798	0.03856	0.03902



รูปที่ 30 พาเรโตแสดงอิทธิพลของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อค่าแรงบิด