การลดของเสียในกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์โดยการประยุกต์ใช้กระบวนการทาง ซิกส์-ซิกมา: กรณีศึกษา บริษัทผลิตคอมปาวด์แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง

มนตรี มีชัย

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
สาขาวิชาบริหารธุรกิจ สำหรับผู้บริหาร
วิทยาลัยพาณิชยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
เมษายน 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ดร.สาวิตรี บิณฑสันต์ และ ดร.วราภรณ์ ข้องเกี่ยวพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษางานนิพนธ์ ซึ่งได้สละเวลาให้คำปรึกษาและให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ยิ่ง ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ คอยเป็นกำลังใจและ ให้ความห่วงใยเสมอมา ผู้ทำการวิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ประธานกรรมการสอบงานนิพนธ์ และ กรรมการสอบงานนิพนธ์ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะให้งานนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และกราบขอบพระคุณคณาจารย์ วิทยาลัยพาณิชยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และประสบการณ์การเรียนการสอนที่มีค่ายิ่ง

สุดท้ายนี้ขอรำลึกพระคุณของ บิดา มารดา ผู้เป็นที่รักและมีพระคุณอันยิ่งใหญ่ ที่ให้กำเนิด ให้สติปัญญา ให้ความรักและความห่วงใย และอยู่เบื้องหลังความสำเร็จของผู้ทำการวิจัยด้วยความกรุณาเสมอมา ขอขอบคุณกัลยาณมิตรทุกท่าน ที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ด้วยดีตลอดมา จนงานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับจากงานนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ทำการวิจัยขอมอบแด่บุพการี คณาจารย์ ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้

มนตรี มีชัย

56710197: สาขาวิชา: บริหารธุรกิจ สำหรับผู้บริหาร; บธ.ม. (บริหารธุรกิจ สำหรับผู้บริหาร)
คำสำคัญ: การลดของเสีย/ คอมปาวด์/ ซิกส์-ซิกมา

มนตรี มีชัย: การลดของเสียในกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์โดยการประยุกต์ใช้กระบวนการทาง ซิกส์-ซิกมา: กรณีศึกษา บริษัทผลิตคอมปาวด์แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง (THE REDUCTION OF WASTED MATERIALS IN COMPOUND PRODUCTION PROCESS BY APPLYING DMAIC : A CASE STUDY OF A COMPOUND RUBBER COMPANY IN RAYONG PROVINCE) อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์: สาวิตรี บิณฑสันต์, Ph.D., วราภรณ์ ข้องเกี่ยวพันธุ์, Ph.D. 87 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

การวิจัยเรื่องการลดของเสียในกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์โดยการประยุกต์ใช้กระบวนการทาง ซิกส์-ซิกมา: กรณีศึกษา บริษัทผลิตคอมปาวด์แห่งหนึ่งในจังหวัดระยองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัญหาและสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย และเพื่อหาแนวทางในการลดของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตโดยใช้กระบวนการแนวทางของ ซิกส์ซิกม่า โดยใช้หลักการ DMAIC ซึ่งเป็นกระบวนการหลักของแนวทางซิกส์ ซิกม่า จากผลการศึกษาพบว่า ในขั้นตอนเลือกปัญหาทำการเลือกปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในไลน์การผลิตที่เกิดของเสียมากที่สุดคือ ไลน์ F1 โดยวิเคราะห์สาเหตุเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ ได้แก่ ขนาดวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอ และการตกค้างของเศษวัตถุดิบ โดยทำการวิเคราะห์ในกรณีของเสียจากสาเหตุดังกล่าวโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียโดยใช้สูตร FE-212BX นั้นแบ็ทไซด์การผสมแต่ละครั้งเท่ากับ 65 กิโลกรัม จากปริมาณสารเคมีที่ตกค้างนั้นวัดได้ร้อยละ 1.80-2.20 ซึ่งจะเท่ากับ 1.17-1.43 กิโลกรัมต่อครั้ง ที่ยังมีจำนวนสารเคมีไม่ได้ถูกผสมและปนเปื้อนลงไปหลังผสมเสร็จ และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดส่วนที่ไม่กระจายตัวและกลายเป็นปัญหาคุณภาพ โดยมีการปรับปรุงโดยการจัดทำมาตรฐานในขั้นตอนการตรวจรับวัตถุดิบให้มีการตรวจวัดขนาด Particle size แนวทางในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในปัญหาการตกค้างของวัตถุดิบนั้นได้ทำการปรับปรุงเครื่องจักรให้มีรูปร่างที่ทำให้สารเคมีไม่สามารถตกค้างได้ โดยมีการควบคุมการปรับปรุงมาตรฐานสเป็คการตรวจรับวัตถุดิบโดยการเพิ่มสเป็คของขนาด Particle size ไว้ในมาตรฐานการรับเข้าวัตถุดิบและขึ้นทะเบียน การควบคุมข้อบกพร่องพบว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลสถิติข้อมูลของเสียย้อนหลังก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงพบว่าจำนวนของเสียในกระบวนการผลิตคอมปาวด์เทียบจากจำนวนน้ำหนักลดลงจาก 0.09 เป็น 0.07 คิดเป็นร้อยละ 22.22

56710197: MAJOR: BUSINESS ADMINISTRATION FOR EXECUTIVE; M.B.A. (BUSINESS ADMINISTRATION FOR EXECUTIVE)
KEYWORDS: REDUCTION OF WASTED MATERIALS/ COMPOUND/ SIX-SIGMA

MONTRI MEECHAI: THE REDUCTION OF WASTED MATERIALS IN COMPOUND PRODUCTION PROCESS BY APPLYING DMAIC: A CASE STUDY OF A COMPOUND RUBBER COMPANY IN RAYONG PROVINCE. ADVISORS: SAWITREE BINTASAN, Ph.D., WARAPORN KONGKIEWPHAN, Ph.D. 87 P. 2016.

The research had objectives to study the causes and solutions to the problems of waste materials in compound rubber production process by applying DMAIC which was the key principle of six sigma. From the study, it was found that F1 was the line that caused the most waste materials. From the analysis, there were two reasons. The first reason was the materials whose particle sizes were uneven. Secondly, there were residues of the waste materials in the machine. Then, analyses of these problems were made by calculating the loss into percent by using FE212BX formula. When each batch size was 65 kilograms, 1.80-2.20 percent of residues were measured. This meant that 1.17-1.43 kilograms of materials were wasted for each production process. Moreover, some chemicals were not spread well, and the compound was contaminated with these chemicals after the production process. This caused the problem of incomplete compound which led to quality problem. For the solution of the first problem, the department improved the standard of the material preparation by measuring the size of the material particles carefully. For the solution of the second problem, the shape of the machine was improved not to allow the residues to remain. In fact, there was the control and improvement of the specification standard for particle size and this was determined in material registration. For the control of deficiencies, it was found that when comparing the statistics of waste dating back before the improvement and after the improvement, it was found that the amount of the weight of the waste materials in the production process fell from 0.09 to 0.07 percent. This meant that the loss was reduced by 22.22 percent.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

กรอบแนวคิดในการวิจัย 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 4

ขอบเขตการวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

ประวัติของ Six sigma 6

กระบวนการหกซิกมา 7

เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ 21

ทฤษฎีความสูญเสีย 7 ประการ 26

ข้อมูลทั่วไปของบริษัทผลิตคอมปาวด์ แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง 31

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35

3 วิธีดำเนินงานวิจัย 38

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 38

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 39

การวิเคราะห์ข้อมูล 40

การสรุปผลและข้อเสนอแนะ 40

4 ผลการวิจัย 41

ขั้นตอนการเลือกปัญหา 41

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ขั้นตอนการวัด	50
	ขั้นตอนการวิเคราะห์	54
	ขั้นตอนการปรับปรุง	66
	ขั้นตอนการควบคุม	70
5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	76
	สรุปผลการวิจัย	76
	อภิปรายผลการวิจัย	77
	ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย	78
	ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป	79
บรรณานุกรม		80
ภาคผนวก		81
ประวัติย่อของผู้วิจัย		87

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1-1 ของเสียในแต่ละไลน์การผลิตของปี ค.ศ. 2014 2

2-1 การเปรียบเทียบความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกิจการต่าง ๆ ได้ที่ระดับความเชื่อมั่นที่แตกต่าง 12

2-2 สรุปจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ 13

2-3 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นที่ระดับต่าง ๆ ของซิกมา เมื่อมีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย 14

3-1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล 40

4-1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียของปัญหาซึ่งเกิดขึ้นจากการดำเนินการกระบวนการผลิตไลน์ F1 42

4-2 การวิเคราะห์ตั้งแต่ผู้ส่งมอบ ปัจจัยนำเข้า กระบวนการ ตลอดจนลูกค้าตามหลักการ... 44

4-3 วิธีการคำนวณหาความต้องการของลูกค้าด้านคุณภาพของยางคอมปาวด์ 48

4-4 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ 50

4-5 ผลการทดสอบเกี่ยวกับการทดสอบค่าความแข็งซึ่งเป็นค่าที่ทางลูกค้า..... 52

4-6 พารามิเตอร์ Temp, Time, Speed, Pressure ที่ใช้ในการผสม ของแต่ละแบ็ท 57

4-7 ความสามารถพารามิเตอร์ Temperature 58

4-8 ความสามารถของพารามิเตอร์ Time 59

4-9 ความสามารถของพารามิเตอร์ Speed 59

4-10 ความสามารถของพารามิเตอร์ Pressure 60

4-11 ผลการตรวจสอบ Particle distribution 61

4-12 น้ำหนักจริงที่ใช้ในการผลิตคอมปาวด์จำนวน 40 แบ็ท 63

4-13 การวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการชั่งน้ำหนักสารเคมี 4 ชนิด 64

4-14 การสุ่มเช็คสารเคมีที่ตกค้างในเครื่องผสมจำนวน 4 ล็อตกับสูตร FE-212BX 65

4-15 ข้อบกพร่องทั้ง 2 ปัญหา 66

4-16 ตัวอย่างมาตรฐานการกำหนดสเป็คขนาดของวัตถุดิบ-ผงแป้งสำหรับใช้เป็นสารตัวเติม 67

4-17 มาตรฐานขั้นตอนการนำเสนอแนวทางการปรับปรุง 70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-18 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียของปัญหาซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการดำเนินจากการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตไลน์ F1 72

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 ปริมาณของเสียในแต่ละสายการผลิต (จำแนกโดยจำนวนแบ็ทที่ผลิตแล้วเสียในปี ค.ศ. 2014) 3

1-2 ปริมาณของเสียในแต่ละสายการผลิตวิเคราะห์ปริมาณของเสียสายการผลิตใดมากที่สุด 3

1-3 กรอบแนวคิดในการวิจัย 4

2-1 ค่า Z และพื้นที่ใต้โค้งปกติ 11

2-2 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเมื่อ Z = $\pm$3 11

2-3 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเมื่อ Z = $\pm$1 ถึง Z = $\pm$6 12

2-4 ลักษณะการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ยการแจกแจงแบบปกติ Shifted $\pm$ 1.5σ 14

2-5 จำนวนการเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ระดับต่าง ๆ ของซิกมา 15

2-6 กรอบการทำงานกระบวนการ Key Process Output Variable: KPOV 16

2-7 โอกาสที่จะเกิดของเสียในกระบวนการผลิตตุ๊กตาปูนปลาสเตอร์ของโรงงานแห่งหนึ่ง 17

2-8 การคำนวณหาค่า DPO และ DPMO 18

2-9 การหาจุดบกพร่องโดยการคำนวณหาค่า DPU และ DPO 19

2-10 ผังเหตุและผล 23

2-11 แผนภูมิพาเรโต 23

2-12 กราฟแบบต่าง ๆ 24

2-13 ตัวอย่างแผ่นตรวจสอบ 24

2-14 ฮีสโตแกรม 25

2-15 ผังการกระจาย 25

2-16 แผนภูมิควบคุม 26

2-17 กระบวนการผลิตยางคอมปาวด์ 32

2-18 สารเคมีที่ใช้ 33

2-19 สารยาสุกสำหรับคอมปาวด์สำหรับการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ 33

2-20 คอมปาวด์สำหรับขึ้นรูป 33

2-21 สายการผลิตและกำลังการผลิต 34

2-22 วิเคราะห์ปริมาณของเสียในไลน์ F1 35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-1 ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นเกิดจากกระบวนการผลิตไลน์ F1 41
4-2 แผนภาพยอดของเสียในกระบวนการ 43
4-3 รายละเอียดปัญหาที่เกิดขึ้นในไลน์ F1 45
4-4 แผนผังกระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดของเสีย 46
4-5 แผนผังกระบวนไหล ณ จุดผสมยาง 47
4-6 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด 53
4-7 ผลการวิเคราะห์ Gauge R & R 53
4-8 แผนภาพรายละเอียดปัญหาที่เกิดขึ้น 54
4-9 แผนภาพก้างปลาการวิเคราะห์สาเหตุของเสีย 55
4-10 ตัวอย่างการบันทึกพารามิเตอร์ในขั้นตอนการผสมและขั้นตอนการทำงาน
อย่างละเอียด 56
4-11 การทดสอบวัดขนาดวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการคอมปาวด์ 62
4-12 ตัวอย่างกราฟการกระจายของข้อมูลขนาดวัตถุดิบที่ไม่สมมาตรโดยมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น
เพิ่มขึ้นทางด้านขวา 62
4-13 การตกค้างวัตถุดิบในขณะทำการผสมผลิตคอมปาวด์ 64
4-14 ข้อมูลการกำหนดกำหนดสเป็คมาตรฐานขนาด Particle ช่วงที่สามารถยอมรับได้
บันทึกผลลงใน X-chart 68
4-15 ขั้นตอนเปิดฝาครอบทำความสะอาดเพื่อกวาดสารเคมีที่ตกค้าง 68
4-16 การดึงยางออกจาหัวแรม 69
4-17 ภาพก่อนและหลังการปรับปรุง 69
4-18 การตรวจรับวัตถุดิบโดยการเพิ่มสเป็คของขนาด Particle size ไว้ในมาตรฐาน
การรับเข้าวัตถุดิบ 71
4-19 กราฟการติดตามข้อมูลด้วย Control chart 73
4-20 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์การสูญเสียภายหลังการแก้ไขปรับปรุง 74
4-21 แนวโน้มการเกิดปัญหาของเสียและส่งมอบถึงลูกค้า 74

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

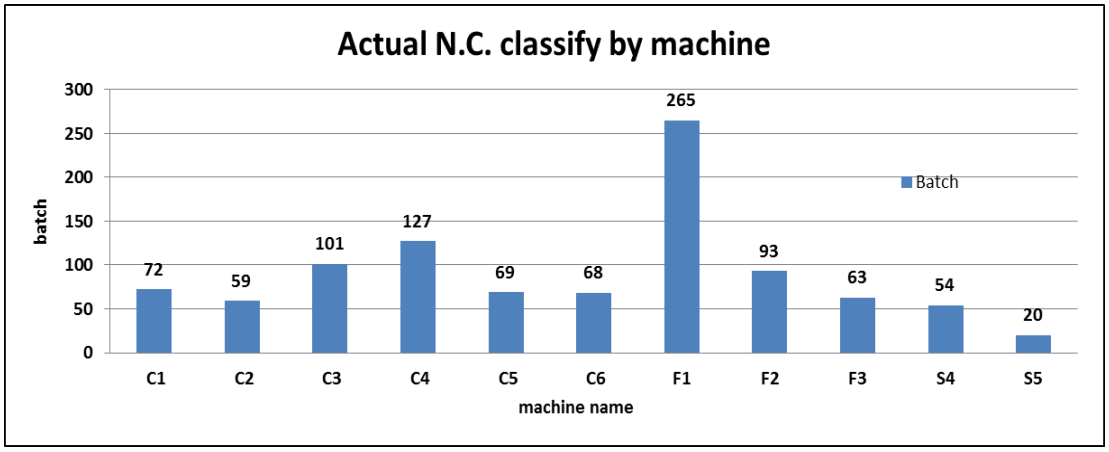
อุตสาหกรรมรถยนต์ ปีที่ผ่านมาเป็นปีที่ไม่ดีนักเนื่องจากได้รับผลกระทบจากหลายเหตุการณ์ ทั้งเศรษฐกิจ ปัญหาหนี้ครัวเรือน รวมถึงความผันผวนของตลาดที่เกิดจากโครงการรถคันแรก ซึ่งแม้จะจบไปนานแล้ว แต่ยังมีผลกระทบต่อเนื่องถึงปัจจุบัน เนื่องจากยอดการผลิตที่ลดลงจากยอดขายที่ลดลงของการผลิตรถยนต์ในช่วงที่ผ่านมาส่งผลกระทบต่อโรงงานที่เป็น Supply chain ของชิ้นส่วนของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ ทำให้ยอดการผลิตลดลงและประสบปัญหาคุณภาพเพิ่มมากขึ้น

จากยอดการผลิตที่ลดต่ำลงทางฝ่ายบริหารจึงได้มีนโนบายในการขยายตลาดใหม่ไปในส่วนที่เป็นต่างประเทศเพราะอุตสาหกรรมยานยนต์บางส่วนได้มีการย้ายฐานการผลิตไปยังละตินอเมริกา และอินโดนีเซียเพื่อลดต้นทุนที่สูงขึ้น ดังนั้นโรงงานที่เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนใน Supply chain จะต้องตามไปลงทุน หรือส่งวัตถุดิบเพื่อสนันสนุนการผลิต แต่จากการขนส่งและระยะเวลาที่เพิ่มทำให้เกิดปัญหาในด้านการจัดการมากมาย ไม่ว่าจะเป็นด้านคุณภาพ ด้านโลจิสติก ด้านมาตรการกีดกันทางการค้า แต่ทุกปัญหาโดยส่วนใหญ่เกิดจากคุณภาพสินค้าที่จะส่งไปต่างประเทศที่ไม่มีความสม่ำเสมอ และหากเจอความผิดปกติกับผลิตภัณฑ์ก็จะกระทบกับแผนงานที่เตรียมไว้ในขั้นถัดไป รวมทั้งสินค้าที่บางส่วนถูกส่งไปยังต่างประเทศ แม้จะถึงลูกค้าแล้วแต่ถ้าเจอว่าสินค้าไม่เป็นไปตามสเป็คที่กำหนด ต้นทุนในการแก้ปัญหายังต่างประเทศค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงได้มีนโยบายในการปรับปรุงปัญหาคุณภาพของสินค้า โดยมุ่งเน้นที่กระบวนการทราบความต้องการของลูกค้าตั้งแต่เริ่มต้นของกระบวนการคือการออกแบบ และการเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมกับกระบวนการ การควบคุมกระบวนการ และการตรวจสอบสินค้าโดยใช้เครื่องมือที่เป็นมาตรฐานสากลสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตไปแล้วให้ดำเนินการทบทวนคุณภาพสินค้า และตรวจสอบความเสถียรของกระบวนการผลิต และทบทวนระดับคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้กับระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ โดยให้เริ่มพิจารณาจากสถิติของงานที่ไม่ตรงตามสเป็คภายในระยะเวลาหนึ่งปีย้อนหลัง และตรวจสอบว่าปัจจุบันปัญหาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นยังเจอปัญหาอีกหรือไม่ ถ้าเจอให้ดำเนินการรวบรวมและนำมาดำเนินการปรับปรุง จากการนำข้อมูลของเสียมาวิเคราะห์พบว่าแต่ละไลน์มีของเสียไม่เท่ากันโดยไลน์ F1 มีของเสียมากที่สุด โดยสามารถแสดงปริมาณของเสียในแต่ละไลน์การผลิต ดังต่อไปนี้

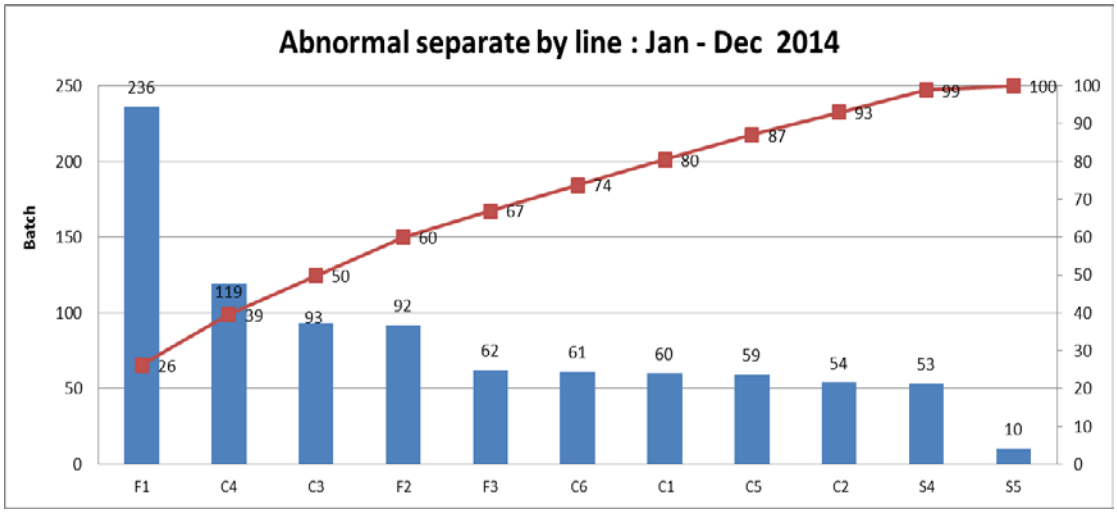
ตารางที่ 1-1 ของเสียในแต่ละไลน์การผลิตของปี ค.ศ. 2014

Abnormal 2014-separate by line																								
Month	**Jan**		**Feb**		**Mar**		**April**		**May**		**June**		**July**		**Aug**		**Sep**		**Oct**		**Nov**		**Dec**	
Line	**Bt**	**Kg.**	**Bt**	**Kg.**	**Bt**	**Kg.**	**Bt**	**Kg.**	**Bt**	**Kg.**	**Bt**	**Kg.**	**Bt**	**Kg.**	**Bt**	**Kg.**	**Bt**	**Kg.**	**Bt**	**Kg.**	**Bt**	**Kg.**	**Bt**	**Kg.**
C1	4	368	4	357	5	378	5	452	1	80	4	352	9	980	9	800	13	1014	6	502	3	288	9	775	72	6346
C2	1	88	6	523	1	64	14	1245	0	0	0	0	7	620	15	1319	7	617	3	259	3	276	2	185	59	5196
C3	7	530	17	1454	21	1743	5	389	3	262	9	750	13	959	12	1022	3	233	3	250	7	485	1	77	101	8155
C4	8	691	37	3289	15	1321	37	2886	13	1120	6	482	3	239	0	0	0	0	0	0	8	670	1	0	127	10953
C5	4	334	21	1887	6	980	0	0	5	463	7	523	2	170	1	77	11	932	2	179	9	666	1	66	69	6277
C6	12	1173	29	435	1	88	1	87	5	443	0	0	3	242	2	167	0	0	8	766	5	345	2	168	68	3915
F1	14	954	38	3915	33	2082	18	1269	22	1514	15	992	27	2231	16	1138	19	1079	34	2539	8	558	21	1714	265	20515
F2	6	6580	1	544	20	1974	3	314	3	281	18	1801	14	1287	18	1933	8	452	1	240	1	137	0	0	93	9543
F3	3	205	22	1389	10	679	7	590	2	188	2	119	6	559	0	0	4	616	6	599	0	0	1	132	63	5075
S4	3	267	19	1631	4	384	13	1143	2	1293	0	0	10	876	0	0	0	0	2	995	0	0	1	25	54	6615
S5	1	89	0	0	4	211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	445	0	0	1	273	9	1431	20	2449
TOTAL	63	11279	194	15424	120	9904	103	8375	56	5644	61	5019	94	8163	73	6456	70	5388	65	6329	45	3698	48	4573	991	85039

* Bt = จำนวน Batch



ภาพที่ 1-1 ปริมาณของเสียในแต่ละสายการผลิต (จำแนกโดยจำนวนแบ็ทที่ผลิตแล้วเสียในปี ค.ศ. 2014)



ภาพที่ 1-2 ปริมาณของเสียในแต่ละสายการผลิตวิเคราะห์ปริมาณของเสียสายการผลิตใดมากที่สุด

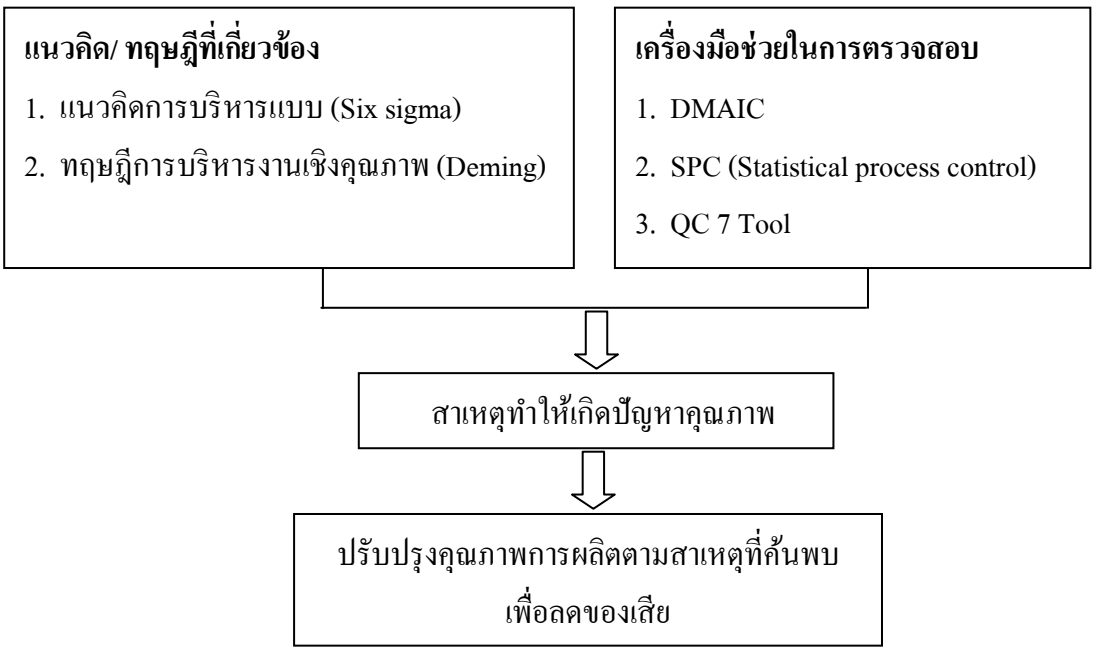
จากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ พบว่า F1 มีของเสียมากที่สุดและในสถานการณ์ปัจจุบันคุณภาพเป็นสิ่งสำคัญในการแข่งขันดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกศึกษารายละเอียดของปัญหาของเสียเพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันทางด้านธุรกิจ โดยทางฝ่ายบริหารได้พยายามหาเครื่องมือที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลขององค์กรในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า และเนื่องจาก Six sigma เป็นปรัชญาหนึ่งในด้านการจัดการในด้านการส่งเสริมคุณภาพที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าโดยมีขั้นตอนการดำเนินงานที่เรียกร้องความร่วมมือ

จากฝ่ายบริหารเพื่อสร้างระบบการจัดการกระบวนการธุรกิจ และมีการสื่อสารถึงวัตถุประสงค์ของกลยุทธ์ของกระบวนการทางธุรกิจและมีการวัดสมรรถนะ การดำเนินงานในปัจจุบันของบริษัทและมีหลายองค์กรที่นำไปใช้แล้วพิสูจน์ได้ว่าสามารถเพิ่มขีดความสามารถของกระบวนการทางด้านธุรกิจได้เป็นอย่างดี ดังนั้นงานวิจัยเล่มนี้จึงได้ตัดสินใจเลือกหลักการ DMAIC ซึ่งเป็นกระบวนดำเนินงานตามปรัชญาของ Six sigma มาใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาและสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตคอมปาวด์
2. เพื่อหาแนวทางในการลดของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิต

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1-3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาคุณภาพ
2. เสนอแนวทางในการปรับปรุงให้กับผู้บริหารเพื่อการปรับปรุงคุณภาพโดยการลด

ปริมาณของเสีย

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาปัญหาที่เกิดกับผลิตภัณฑ์มากที่สุด
2. วิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา
3. ดำเนินการทดลองแก้ปัญหา ติดตามเก็บข้อมูล และสรุปผล
4. ระยะเวลาในการดำเนินการศึกษา เดือนมิถุนายน-กันยายน พ.ศ. 2558

นิยามศัพท์เฉพาะ

Six sigma หมายถึง หลักแนวคิดและการปฏิบัติในการปรับปรุงกระบวนการโดยใช้หลักสถิติ และเครื่องมือทางสถิติ เพื่อลดต้นทุน เพื่อสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้า และเพื่อลดข้อบกพร่องให้น้อยที่สุด

บริษัทผลิตคอมปาวด์ หมายถึง บริษัทที่ผสมพอลิเมอร์ สารตัวเติม น้ำมัน และสารเคมีเข้าด้วยกัน

การประยุกต์ใช้ หมายถึง การนำหลักการและแนวคิดเกี่ยวกับระบบ Six sigma มาปรับใช้เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่ตั้งไว้

ปัญหา หมายถึง อุปสรรคต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการผลิตของเสีย

มูนนี่ หมายถึง ความหนืดของคอมปาวด์ที่ผสมเสร็จแล้ว

การกระจายตัว หมายถึง ความสม่ำเสมอของการกระจายของสารที่นำมาผสมกัน

คอมปาวด์ หมายถึง สารผสมระหว่างพอลิเมอร์ สารตัวเติม น้ำมัน และสารเคมี

DMAIC หมายถึง หลักการการดำเนินกิจกรรมตามแนวปรัชญา ซิก ซิกส์มา

QC 7 Tool หมายถึง เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ

SPC (Statistical process control) หมายถึง การประยุกต์ใช้สถิติเพื่อการควบคุมกระบวนการ

สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาคุณภาพ ในงานวิจัยนี้หมายถึงสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการผลิตเกิดเป็นของเสีย

ปรับปรุงคุณภาพการผลิต หมายถึง การนำสาเหตุที่ค้นพบมาทดลองแก้ไขในกระบวนการผลิตและติดตามผลหลังจากการแก้ไข

ทฤษฎีการบริหารเชิงคุณภาพ (Deming) หมายถึง วงจรการบริหารคุณภาพตามหลักการเดมมิ่ง

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาการประยุกต์ทฤษฎีคุณภาพกับโรงงานผลิตผู้วิจัยคอมปาวด์ ทางผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการวิจัย โดยแบ่งสาระสำคัญเป็น

1. ประวัติของ Six sigma
2. กระบวนการหกซิกมา (Six sigma process)
3. เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ
4. ความสูญเสีย 7 ประการ (7 Wastes)
5. ข้อมูลทั่วไปของบริษัทผลิตคอมปาวด์ แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประวัติของ Six Sigma

เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1990 บริษัท Motorola คิดเทคนิคการบริหารกระบวนการขึ้นมาชนิดหนึ่งเรียกว่า “Six sigma” โดยตั้งชื่อตามตัวอักษรกรีก ที่มีความหมายนัยทางสถิติคือ ระดับของความผันแปรของกระบวนการ บริษัท Motorola ได้รับผลสำเร็จที่วัดออกมาเป็นตัวเงินมหาศาล จากการดำเนินงานตามแนวทางของ Six sigma ต่อมาบริษัท GE โดย Jack Welch ปรับเปลี่ยนรูปแบบดั้งเดิมของ Six sigma ให้เหมาะสมในการไปประยุกต์ใช้มากขึ้น โดยปรับแก้รูปแบบ Six sigma ของ Motorola ให้เป็นลักษณะของ Project based approach คือ เน้นทำเป็นเรื่องในระยะเวลาที่กำหนดไว้ (โดยประมาณ 6 เดือน) นอกจากนี้ ยังเพิ่มเติมในส่วนของการบริหารโครงการ และแนวทางในการจูงใจให้ผู้บริหารทุกระดับเล็งเห็นความสำคัญของการเนินงานไม่ใช่คิดเพียงว่าเป็นหน้าที่ของวิศวกรในการปรับปรุงกระบวนการและยังเพิ่มในส่วนของวิธีการประเมินผลสำเร็จที่สามารถวัดผลออกมาได้ในรูปของการเงินที่ดีขึ้นของบริษัท ด้วยรูปแบบใหม่ของ Six sigma จึงเป็นที่นิยมมากในบรรดาบริษัททั่วไป กล่าวกันว่าบริษัทจะสามารถลดต้นทุน การดำเนินงานได้อย่างน้อย 500,000-1,000,000 เหรียญสหรัฐ จากการดำเนินโครงการ Six sigma เพียงแค่ 3-4 โครงการต่อปีอาจกล่าวได้ว่าการที่ Six sigma มีชื่อเสียงขึ้นมาได้เป็นเพราะเข้ามาในจังหวะที่เหมาะสมกับสถานการณ์พอดี เพราะเมื่อประมาณ 7-8 ปี ที่ผ่านมาเป็นช่วงที่เศรษฐกิจของโลกกำลังตกอับ โดยเฉพาะประเทศยักษ์ใหญ่อย่างสหรัฐอเมริกา พอถึงสิ้นปีหลายบริษัทประกาศผลการ

ดำเนินงานให้ผู้ถือหุ้นทราบ ซึ่งแน่นอนว่าผู้ถือหุ้นหลายรายมีผลประกอบการที่ขาดทุน แต่เป็นที่น่าประหลาดใจมาก เพราะท่ามกลางกระแสเศรษฐกิจขาลง กลับมีเพียงไม่กี่บริษัทที่ออกมาประกาศว่าตัวเองได้กำไรในปีดำเนินงานนี้ และย้ำว่าการได้รับอานิสงส์จากผลกำไรเช่นนี้ เนื่องจากแนวคิดอันยอดเยี่ยมของผู้บริหารที่นำเทคนิคการปรับปรุงซึ่งมีชื่อเรียกอย่างประหลาดว่า “Six sigma” มาใช้ในองค์กร และยิ่งทำให้เกิดกระแสความนิยมของ Six sigma มากขึ้น เมื่อบริษัทอื่น ๆ ดำเนินรอยตามบริษัทที่ได้รับผลสำเร็จไปก่อนหน้านั้น ต่างก็ได้รับผลสำเร็จเช่นกัน จึงทำให้ชื่อของ Six sigma เป็นที่รู้จักไปทั่วโลกในเวลาที่รวดเร็ว กล่าวโดยสรุป Six sigma คือ แนวทางการพัฒนาองค์กรที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งหลายองค์กรที่นำไปใช้ได้พิสูจน์แล้ว สามารถเพิ่มขีดความสามารถของกระบวนการทางด้านธุรกิจได้เป็นอย่างดี ด้วยเป้าหมายที่ท้าทายคือ 3.4 ความผิดพลาดใน 1 ล้านครั้งของการทำงาน (เช่น มีของเสีย 3.4 ชิ้น ต่อการผลิต 1 ล้านครั้ง หรือการลงบันทึกทางบัญชีที่ผิดพลาดเพียง 3.4 ครั้งต่อ 1 ล้านครั้ง ของการทำงาน) ทั้งนี้องค์กรสามารถบรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้โดยการประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติชั้นสูงที่มีระเบียบแบบแผนในการปฏิบัติอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงถือได้ว่า Six sigma เป็นนวัตกรรมการบริหารองค์กรยุคใหม่

หลักการและการนำไปใช้

Sigma: σ เป็นอักษรกรีกโบราณ ในทางสถิติใช้แทนความหมายระดับความผันแปรของกระบวนการหรือ เรียกเป็นภาษาวิชาการว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: σ, SD) ถ้ายกกำลังสองของ σ ก็จะมีชื่อใหม่ว่าความแปรปรวน (Variance: σ 2, SD^2) โดยความหมายทางกายภาพทั้งส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความแปรปรวน จะกล่าวถึงระดับความผันแปรของกระบวนการด้วยกันทั้งนั้น เคยมีคนถามว่ามีกระบวนการใดบ้างที่ไม่มีความผันแปรเกิดขึ้น คือ ชิ้นงานทุกชิ้นที่ออกจากกระบวนการเหมือนกันทุกประการ คำตอบก็คือ ไม่มีทางเป็นไปได้อย่างแน่นอน แต่ในบางครั้งเราไม่สามารถสังเกตเห็นความผันแปรนั้นได้ เนื่องจากค่าระดับของความผันแปรมีขนาดเล็กมาก หรืออาจเป็นไปได้ว่าอุปกรณ์การวัดมีความหยาบเกินไปในการวัดค่าระดับของความผันแปร

กระบวนการหกซิกมา (Six sigma process)

กระบวนการหกซิกมา (Six sigma process) เป็นกลยุทธ์ที่นำมาใช้ในการบริหารคุณภาพขององค์กรที่ประกอบด้วยการพัฒนาและการควบคุมคุณภาพ เช่นเดียวกันกับการบริหารองค์กรแบบ TQM แต่มีความแตกต่างอยู่ที่ขั้นตอนและรายละเอียดของการปฏิบัติกลยุทธ์นี้สามารถมาใช้ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการในทุกระดับ โดยเฉพาะกระบวนการผลิตที่ต้องการมีข้อบกพร่องของสินค้า/ ผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด ซึ่งจะก่อให้เกิดคุณภาพอันเป็นที่พอใจของลูกค้าและช่วย

ลดต้นทุนการผลิต กระบวนการหกซิกมานี้เป็นการบริหารที่เป็นระบบมีการดำเนินงานที่เป็นขั้นตอน

1. ขั้นตอนกระบวนการหกซิกมา (Six sigma process)

กรณีที่องค์กรใดองค์กรหนึ่งจะนำกระบวนการหกซิกมา มาใช้นั้น จะต้องเกิดจากการมีวิสัยทัศน์ของฝ่ายบริหารประกอบกับการกำหนดแนวทางการใช้กระบวนการหกซิกมา และโครงสร้างพื้นฐานขององค์กร ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลให้การนำกระบวนการหกซิกมา มาใช้ในองค์กรจะประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวได้ โดยเฉพาะการสร้างโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรซึ่งหมายถึงกระบวนการหรือวิธีการใดก็ตามที่ทำให้ทุกคนในองค์กรตระหนักถึงการพัฒนาคุณภาพในงานที่ทำอยู่ทุก ๆ วัน ขั้นตอนของกระบวนการ หกซิกมาประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน หรือที่มักใช้คำย่อว่า DMAIC ดังนี้

1.1 การกำหนด (Define) หรือระยะการเตรียมการ (Deployment phase)

1.2 การวัดผลงาน (Measurement)

1.3 การวิเคราะห์ผลงาน (Analysis)

1.4 การปรับปรุง (Improvement)

1.5 การควบคุมกระบวนการ (Controlling process)

ขั้นตอนที่ 1: การกำหนด (Define: D) เริ่มจากวิสัยทัศน์ของฝ่ายบริหารในการวางแผนการจัดการให้เกิดขึ้นในองค์กร ก่อนอื่นต้องทราบก่อนว่าบริษัทอยู่ในระดับการผลิตที่ระดับเท่าใดของซิกมา (Sigma) แล้วทำการตั้งเป้าหมายของกระบวนการผลิต จากนั้นทำการคัดเลือกบุคคลตามระดับความรู้ความสามารถที่เหมาะสมเพื่อทำหน้าที่ในการกำกับดูแลงานในส่วนต่าง ๆ โดยบุคลากรเหล่านี้แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ แชมป์เปียน (Champion) แบล็คเบล (Black belt) และกรีนเบล (Green belt) โดยบุคลากรแต่ละประเภทควรมีคุณสมบัติ และ หน้าที่ดังนี้ แชมป์เปียน (Champion) ผู้ที่จะถูกคัดเลือกให้เป็นแชมป์เปียนนี้ จะต้องเป็นผู้ให้คำปรึกษาทางด้านธุรกิจและเป็นผู้จัดการอาวุโส มีภาวะการเป็นผู้นำ มีความสามารถที่จะสร้างวิสัยทัศน์ของโครงการ (Leader) โดยมีหน้าที่เป็นผู้นำของโครงการ (Project) สร้างแผนงานและองค์กรย่อย พัฒนาวิธีการวัดต่าง (Measure) โดยส่วนมากจะมีแชมป์เปียน 1 คนต่อโรงงาน สำหรับการเตรียมบุคคลที่จะเป็นแชมป์เปียนนั้น ต้องมีการอบรม 2 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1 เป็นเวลา 1 สัปดาห์ สำหรับการอบรมภาวะการเป็นผู้นำ และการประชุมวางแผนงาน

ช่วงที่ 2 เป็นเวลา 1 สัปดาห์ สำหรับศึกษาเรื่องหกซิกมา (Six Sigma) และความเป็นไปได้ของบริษัทหรือองค์กร

แบล็คเบล (Black belt) หรือผู้เชี่ยวชาญทางสถิติ ผู้ที่จะถูกคัดเลือกให้เป็นแบล็คเบล จะต้องเป็นผู้ที่อยู่ระดับปฏิบัติการ หรือระดับเทคนิค มีความชำนาญทางด้านเทคนิค และการวิเคราะห์ทั้งด้านพื้นฐานและการประยุกต์ได้รับความไว้วางใจจากฝ่ายบริหาร โดยมีหน้าที่เป็นผู้นำในการนำกลยุทธวิธีการและเทคนิคที่มีผลกระทบกับการพัฒนากระบวนการมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ (Project) เป็นตัวแทนริเริ่มในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงฝึกหัด แนะนำสมาชิกของทีมที่มาจากหลาย ๆ หน้าที่ที่แตกต่างกัน (Cross-functional team members) และทำหน้าที่เป็นผู้นำของโครงการ (Project) เต็มเวลา (Full-time project leader) จำนวนแบล็คเบลที่เหมาะสม คือ แบล็คเบล 1 คนต่อพนักงาน 50 คน หรือแบล็คเบล 1 คน ต่อ พนักงาน 100 คน สำหรับการเตรียมบุคคลที่จะเป็นแบล็คเบลนั้น ต้องมีการอบรม 2 ช่วง คือ

ช่วงที่1 เป็นเวลา 1 สัปดาห์ สำหรับการอบรมทฤษฎี และกำหนดโครงการ (Project)

ช่วงที่ 2 เป็นเวลา 3 สัปดาห์ สำหรับการปฏิบัติจริงในโครงการ (Project) ทบทวนความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของโครงการ (Project)

กรีนเบล (Green belt) ผู้ที่จะถูกคัดเลือกให้เป็นกรีนเบลจะต้องเป็นผู้ที่มีพื้นฐานทางด้านการใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ มีความรู้ในการปฏิบัติงาน การใช้เทคนิคขั้นพื้นฐานและการประยุกต์ โดยมีหน้าที่นำทีมเพื่อการพัฒนากระบวนการ (Project) เป็นผู้ฝึกหัด และแนะนำในเรื่องการใช้เครื่องมือ เทคนิค และวิธีการในการวิเคราะห์ โดนปกติกรีนเบล (Green belt) จะมีหน้าที่ประจำตามปกติที่ได้รับมอบหมาย ดังนั้นจึงทำหน้าที่ดูแลโครงการ (Project) ในบางเวลา(Part-time project) จำนวนกรีนเบล ที่เหมาะสม คือกรีนเบล 1 คนต่อพนักงาน 20 คน สำหรับการเตรียมบุคคลที่จะเป็นกรีนเบล นั้น ต้องมีการอบรม 2 ช่วง คือ

วงที่ 1 เป็นเวลา 5 วัน สำหรับการประชุมอบรมเพื่อเตรียมความพร้อม

ช่วงที่ 2 เป็นเวลา 1 เดือน สำหรับประยุกต์ ตรวจสอบ และพิจารณาโครงการ (Project) โดยบุคลากรผู้ทำหน้าที่เป็นผู้นำเหล่านี้จะมีการวางแผน ประสานงาน และทำการประชุมเพื่อระดมความคิดและระบุถึงสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ และทำการติดตามผลตามระยะเวลาที่เหมาะสมของการวางแผนงาน เพื่อการพัฒนาและควบคุมกระบวนการผลิตนั่นเอง

ขั้นตอนที่ 2: การวัดผลงาน (Measurements) อาจเริ่มจากการเขียนผังของกระบวนการเพื่อให้เห็นขอบเขตในการผลิตของกระบวนการ สร้างผังแสดงเหตุและผล เช่น ผังก้างปลา หรือผังพาเรโต แล้วประเมินว่าควรทำการแก้ไขที่จุดใด มีค่าวัดบ้างสำหรับกระบวนการผลิตนั้น ๆ สิ่งที่ป้อนเข้าในกระบวนการ และผลลัพธ์ที่ได้จากระบวนการ รวมถึงการเกิดชิ้นงานที่บกพร่องและผลกระทบที่เกิดจากการเกิดข้อบกพร่อง

ขั้นตอนที่ 3: การวิเคราะห์ผลงาน (Analysis: A) เมื่อทราบจุดที่ต้องทำการแก้ไข จึงมีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดค่าวิกฤตของคุณภาพ ซึ่งหมายถึงขอบเขตที่ลูกค้าไม่ยอมรับสินค้า สร้างสมมติฐานที่สนใจและทำการทดสอบ หาที่มาของความผันแปรในกระบวนการผลิต หาความสัมพันธ์ของตัวแปร ใช้วิธีการที่เหมาะสมทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 4: การปรับปรุง (Improvement: I) ใช้การวางแผนการทดลอง (Design of Experiments: DOE) หรือกระบวนการอื่น ๆ ทางสถิติที่เหมาะสมกับสายงาน เพื่อควบคุมความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

ขั้นตอนที่ 5: การควบคุมกระบวนการ (Controlling Process: C) กำหนดแผนควบคุม ปรับปรุงแผนควบคุม ติดตามเฝ้าดูกระบวนการให้อยู่ในขอบเขตที่ควบคุม

2. หกซิกมาในความหมายทางสถิติ

เนื่องจากการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของข้อมูลทางด้านอุตสาหกรรม โดยที่รูปแบบของการแจกแจงแบบปกติขึ้นอยู่กับค่ากลาง และลักษณะการกระจายของข้อมูล ซึ่งในการประยุกต์วิธีการแจกแจงปกติกับการควบคุมคุณภาพนี้ จะนำไปใช้กับการหาขอบเขตของการยอบรับผลิตภัณฑ์ภายใต้ขอบเขตต่าง ๆ ที่กำหนดด้วยพื้นที่ขนาดต่าง ๆ จากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน กล่าวคือ ถ้าการกระจายของข้อมูลมากช่วงของการยอมรับผลิตภัณฑ์ก็มีมาก ทำให้ผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ผิดพลาดได้มาก โดยสามารถแสดงได้ดังนี้

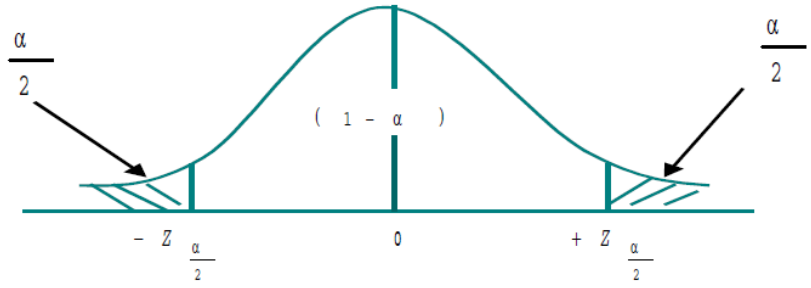
X คือ ค่าสังเกตหรือค่าที่ทำการศึกษาจากผลิตภัณฑ์

μ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร

σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

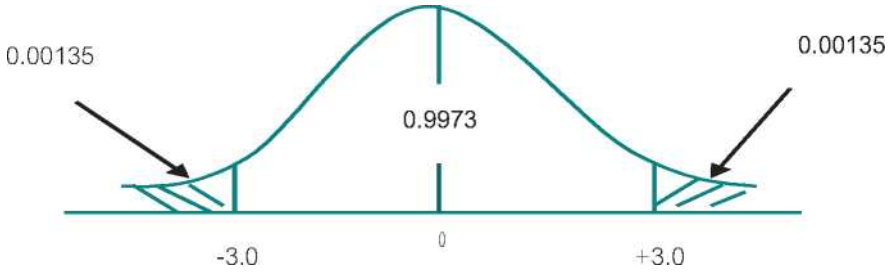
ถ้าการแจกแจงของ X เป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) จะได้ว่าค่า Z เป็นค่าปกติมาตรฐาน มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 มีความแปรปรวนเป็น 1($X \sim N(0,1)$) ดังนั้น ที่ระดับความเชื่อมั่น (1-) ร้อยละ 100 จะเขียน X อยู่ในรูปช่วง ดังสมการ

$$\mu - Z\sigma < X < \mu + Z\sigma \text{ ……..……} \quad (1)$$



ภาพที่ 2-1 ค่า Z และพื้นที่ใต้โค้งปกติ

เนื่องจากพื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเป็น 1.000 ดังนั้น พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติตรงช่วงกลางซึ่งเป็นช่วงที่เชื่อมั่นได้จะเป็น 0.9973 พื้นที่ที่เหลือจะเป็น 1- 0.9973 = 0.00270 พื้นที่ทางด้านซ้ายและด้านขวาซึ่งอยู่นอกขอบเขตความเชื่อมั่นจะเป็น 0.00270 ÷ 2 = 0.00135 ถ้าเปิดตารางปกติจะได้ Z เป็น $\pm$ 3 เทียบระดับความเชื่อมั่นเป็นร้อยละ 99.73 เรียกว่าช่วง $\pm 3\sigma$ ดังภาพที่ 2-2 ซึ่งช่วงความเชื่อมั่นนี้ได้นำไปสร้างขอบเขตควบคุมบนและล่างของแผนภูมิควบคุมคุณภาพ



ภาพที่ 2-2 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเมื่อ Z = $\pm$ 3

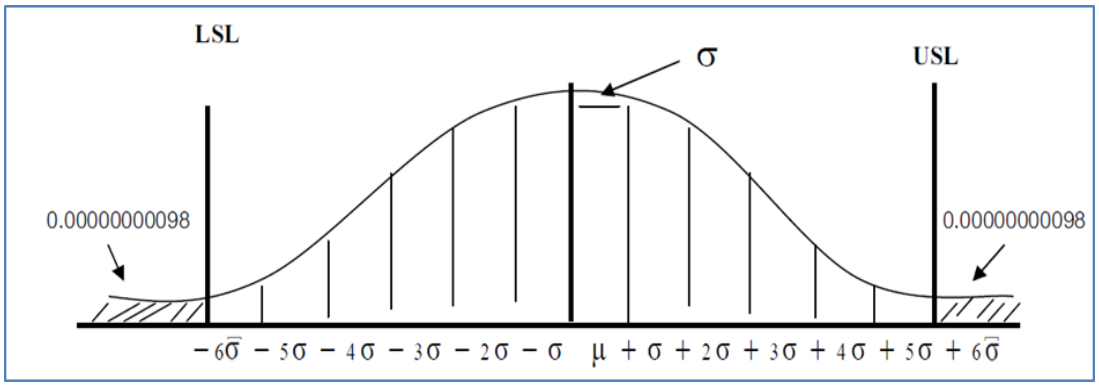
จากภาพที่ 2-2 กล่าวคือ หากบริษัทใดทำการผลิตสินค้า/ ผลิตภัณฑ์โดยใช้ระดับความเชื่อมั่นนี้ในการควบคุมกระบวนการผลิตจะอธิบายได้ว่า ถ้ายอมรับกระบวนการผลิตจะมีสินค้า/ ผลิตภัณฑ์ดีหรือไม่มีข้อบกพร่องร้อยละ 99.73 และจะเกิดสินค้า/ ผลิตภัณฑ์ที่เสียหรือมีข้อบกพร่องร้อยละ 0.27 สำหรับกระบวนการหกซิกมา คือให้ Z = $\pm$ 6 โดยมีแนวความคิดว่าต้องการให้เกินจำนวนสินค้า/ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด นั่นคือ มีสินค้า/ ผลิตภัณฑ์ดีหรือไม่มีข้อบกพร่องร้อยละ 99.9999998 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกิจการต่าง ๆ ได้เมื่อใช้ความเชื่อมั่นที่แตกต่างกัน ระหว่างความเชื่อมั่นที่ให้ค่า Z = $\pm$ 3 กับ Z = $\pm$ 6

(Harry, 1998) ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 การเปรียบเทียบความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกิจการต่าง ๆ ได้ที่ระดับความเชื่อมั่นที่แตกต่าง

Z = ±3 หรือ ±3σ	**Z = ±6 หรือ 6σ**
1. ไปรษณียภัณฑ์สูญหาย 20,000 ชิ้นต่อชั่วโมง 2. น้ำดื่มที่ไม่ปลอดภัยเกือบ 15 นาทีในแต่ละวัน 3. การทำศัลยกรรมอย่างไม่ถูกต้อง 5,000 ราย 4. มีการนำเครื่องบินลงจอดด้วยระยะที่ใกล้หรือไกลเกินไปประมาณ 2 รายต่อวัน 5. แพทย์จ่ายใบสั่งยาผิด 200,000 รายในแต่ละปี 6. ไฟฟ้าดับเกือบ 7 ชั่วโมงต่อเดือน	1. ไปรษณียภัณฑ์สูญหายเพียง 7 ชิ้นต่อชั่วโมง 2. มีน้ำดื่มที่ไม่ปลอดภัยเพียง 1 นาทีในทุก 7 เดือน 3. การทำศัลยกรรมที่ไม่ถูกต้องเพียง 1.7 รายต่อสัปดาห์ 4. มีการนำเครื่องบินลงจอดด้วยระยะที่ใกล้หรือไกลเพียง 1 ราย ในทุก ๆ 5 ปี 5. แพทย์จ่ายใบสั่งยาผิดเพียง 68 รายในแต่ละปี ไฟฟ้าดับเพียง 1 ชั่วโมง ในทุก 34 ปี

จากตารางที่ 2-1 พบว่า ถ้าองค์กรหรือบริษัทใด อยู่ที่ระดับ $Z = \pm 6$ ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจะลดน้อยลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับระดับ $Z = \pm 3$



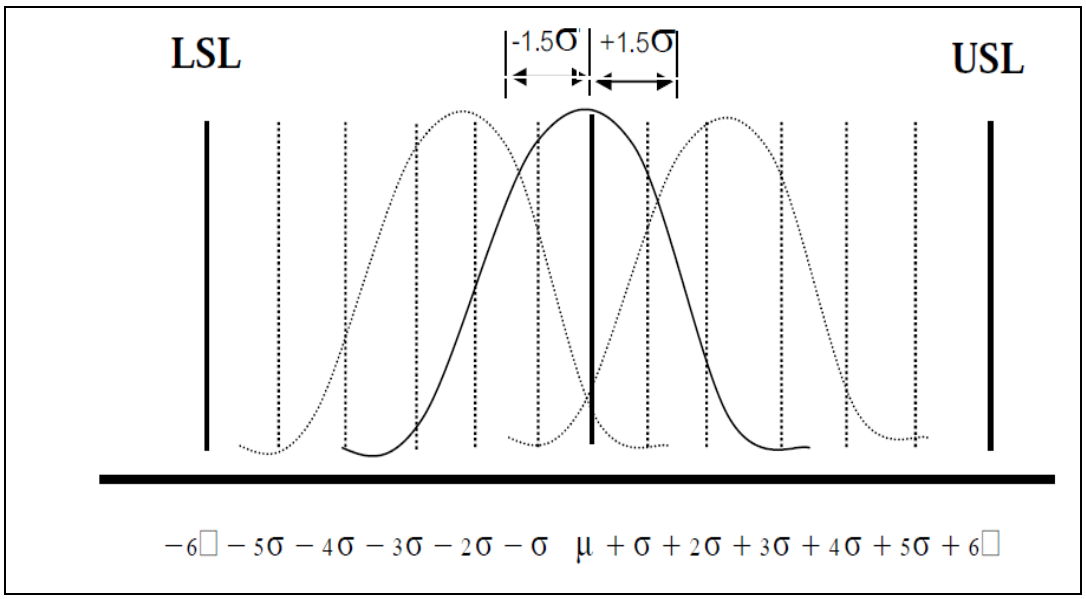
ภาพที่ 2-3 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเมื่อ $Z = \pm 1$ ถึง $Z = \pm 6$

จากภาพที่ 2-3 แสดงพื้นที่ใต้โค้งของการแจกแจงปกติที่มีค่า Z ต่าง ๆ และ สามารถคำนวณหาร้อยละของผลิตภัณฑ์เสียหรือมีข้อบกพร่อง (Defect) ต่อหนึ่งล้านหน่วย (Part per million: ppm) ที่เกิดขึ้นที่ระดับต่าง ๆ ของซิกมา (Sigma: σ) เมื่อกระบวนการผลิตมีการผลิตที่คงที่ไม่มีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 สรุปจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ

ขอบเขตกรยอมรับ (Spec. Limit)	**ระดับความเชื่อมั่น (%)**	**จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง (Part per million: ppm)**
$\pm 1\sigma$	68.27	31,7300
$\pm 2\sigma$	95.45	45,500
$\pm 3\sigma$	99.73	2,700
$\pm 4\sigma$	99.9937	63
$\pm 5\sigma$	99.999943	0.57
$\pm 6\sigma$	99.9999998	0.002

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 2-3 และ ตารางที่ 2-2 จะพบว่า เมื่อค่า Z เพิ่มขึ้น หรือระดับความเชื่อมั่นขึ้นจำนวนสินค้า/ หรือผลิตภัณฑ์ที่เสียหรือมีข้อบกพร่องจะมีค่าน้อยลง ในทางปฏิบัติจะเลือกใช้ระดับความเชื่อมั่นใดนั้น จะต้องคำนึงถึงการกระจายของข้อมูลเป็นหลักโดยในกระบวนการผลิตใด ๆ จะต้องพยายามลดการกระจายให้ต่ำลงเท่าที่จะทำได้ นอกจากการกระจายแล้วค่าเฉลี่ยของข้อมูลหรือค่าเฉลี่ยกระบวนการผลิตนับเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าการกระจาย ซึ่งจะมีผลต่อจำนวนสินค้า/หรือผลิตภัณฑ์ที่เสียหรือมีข้อบกพร่อง เช่นกัน โดยเฉพาะการเกิดค่าเฉลี่ย (μ) ที่ไม่คงที่ หรือมีการแกว่ง ดังแสดงในภาพที่ 2-4 และตารางที่ 2-3



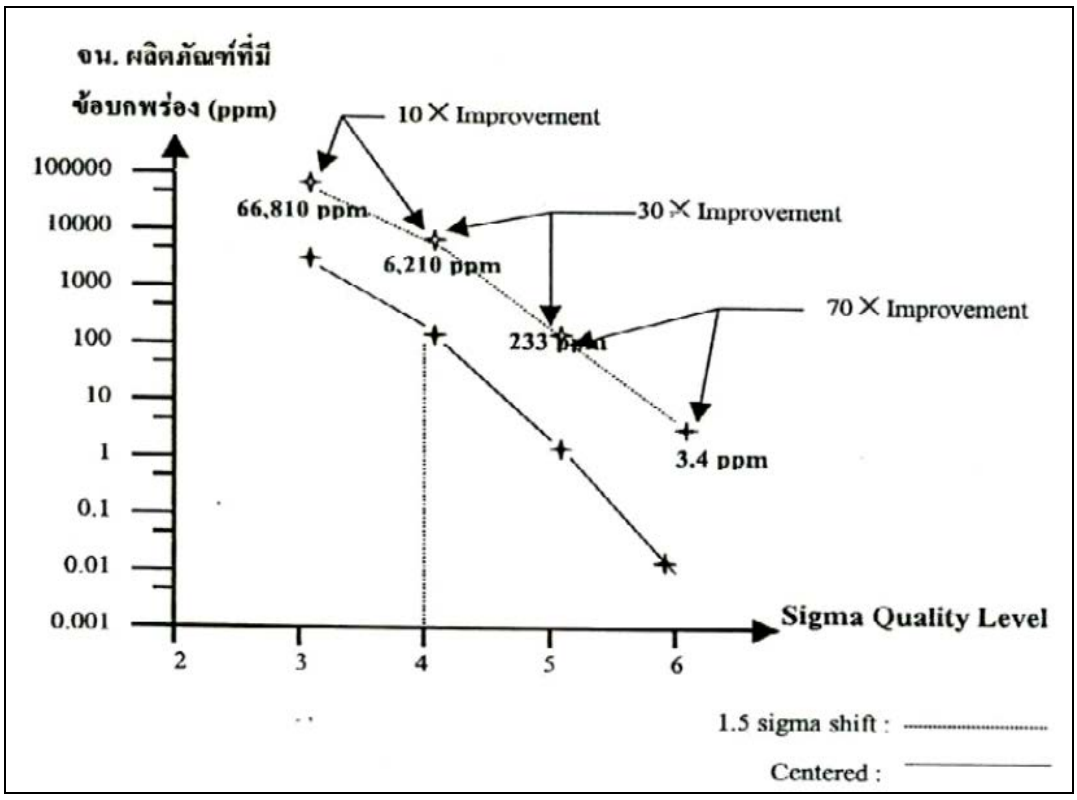
ภาพที่ 2-4 ลักษณะการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ยการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) Shifted ± 1.5σ

จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตที่มีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ยหรือแกว่งไป เท่ากับ ± 1.5σ จะมีจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องเพิ่มขึ้นจากจำนวนเดิมตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง (Defect) ที่เกิดขึ้นที่ระดับต่าง ๆ ของซิกมา เมื่อมีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย (μ)

ขอบเขตการยอมรับ (Spec. limit)	**ระดับความเชื่อมั่น (%)**	**จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง (Part per million: ppm)**
±1σ	30.23	697,700
±2σ	69.13	308,700
±3σ	93.32	66,810
±4σ	99.3790	6,210
±5σ	99.97670	233
±6σ	99.99960	34

จากตารางที่ 2-3 จะเห็นได้ว่า ถึงแม้มีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย (μ) จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ขอบเขตการยอมรับที่ 6 ซิกมา ก็ยังมีจำนวนน้อย คือ เกิดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องเพียง 3.4 ชิ้นต่อการผลิตหนึ่งล้านชิ้น(3.4 parts per million: ppm) เท่านั้น ในขณะที่การใช้ขอบเขตของการยอมรับที่ระดับที่ $\pm 3\sigma$ ทำให้เกิดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องจำนวน 66,810 ชิ้นต่อการผลิตหนึ่งล้านชิ้น (66,810 parts per million: ppm) ในปัจจุบัน พบว่า การพัฒนาองค์กรเกือบทุกองค์กรต้องการนำกระบวนการหกซิกมา มาปรับใช้อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลดลงได้



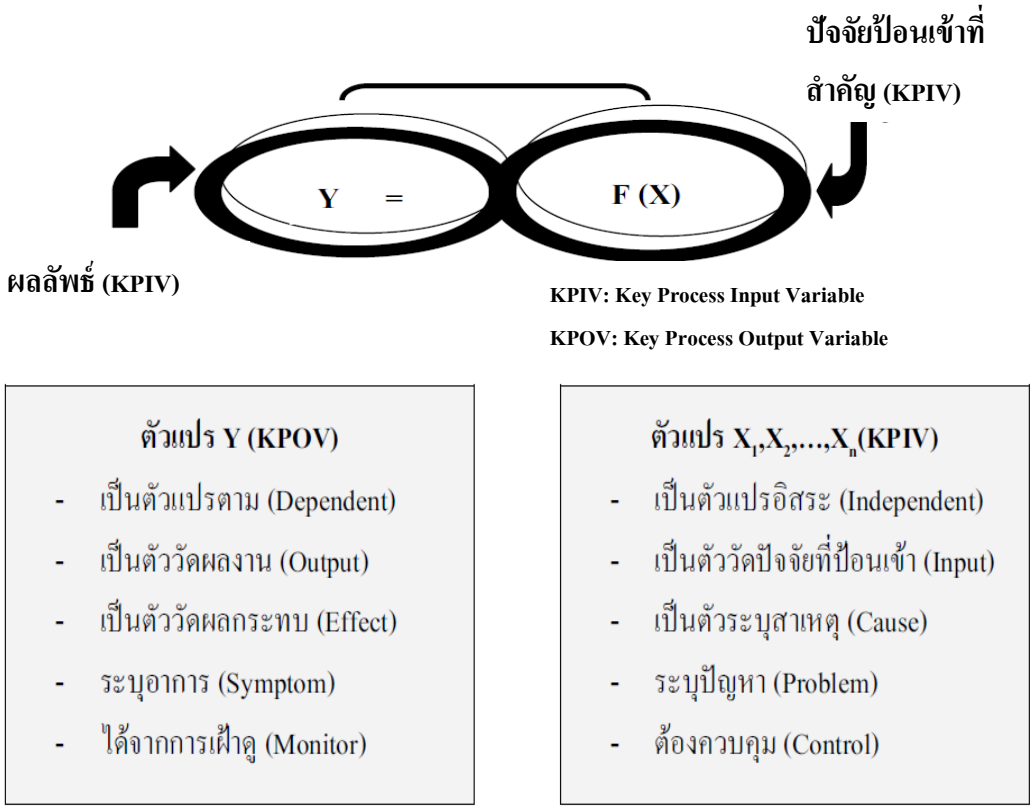
ภาพที่ 2-5 จำนวนการเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ระดับต่าง ๆ ของซิกมา

จากภาพที่ 2-5 จะเห็นได้ว่าหากบริษัทหรือองค์กรมีกระบวนการผลิตอยู่ที่ระดับ 3 ซิกมา จะต้องทำการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิต 10 เท่า จึงจะสามารถทำให้กระบวนการผลิตที่ระดับ 4 ซิกมา จะต้องทำการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิต 30 เท่า จึงจะสามารถทำให้กระบวนการผลิตอยู่ที่ระดับ 5 ซิกมา และหากบริษัทหรือองค์กรมีกระบวนการผลิตอยู่ที่ระดับ 5 ซิกมา จะต้องทำการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิต 70 เท่า จึงจะสามารถทำให้กระบวนการ

การผลิตอยู่ที่ระดับ 6 ซิกมา

3. กรอบการทำงานของกระบวนการซิก-ซิกมาในเชิงสถิติ (The framework sig sixma)

กรอบการทำงานของกระบวนการหกซิกมาในเชิงสถิตินั้น คือ การพยายามหาจุดบกพร่องหรือสาเหตุและทำการควบคุมให้ถูกจุดโดยกำหนดสิ่งที่ได้ออกมาจากกระบวนการก็คือตัวแปรผลลัพธ์ (Y หรือ Key Process Output Variable: KPOV) หรือเรียกอีกอย่างว่าตัวแปรตาม (Dependent) ตัวแปรนี้ได้จากการวัดผลงานวัดผลกระทบได้จากอาการที่บ่งบอกและได้จากการติดตามเฝ้าดู



ภาพที่ 2-6 กรอบการทำงานกระบวนการ Key Process Output Variable (KPOV)

ในการพัฒนา และปรับปรุงผลลัพธ์นั้นสิ่งที่ควรคำนึงถึงคือที่มาของผลลัพธ์ ในที่นี้กำหนดให้เป็นฟังก์ชันของ X ให้ X คือ ตัวแปรอิสระ ตัวระบุสาเหตุหรือปัญหา หรือตัวที่ต้องควบคุม เนื่องจากการทำการแก้ไขที่ผลลัพธ์เป็นสิ่งที่ล่าช้าเกินไป ดังนั้น หากเราสามารถควบคุมสิ่งที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการ (Key Process Input Variable: KPIV) ได้ก็จะเกิดประโยชน์อย่างยิ่ง

4. มาตรวัดของซิก-ซิกมา (Sig sixma measurement)

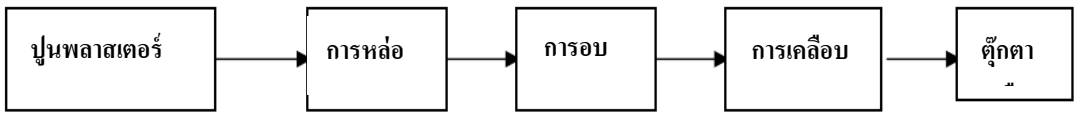
มาตรวัดที่จะนำมาใช้ในการวัดของหกซิกมา มีหลายอย่าง เช่น การวัดความสามารถของกระบวนการ (Process capability index) รอบเวลาของกระบวนการ (Process cycle time) โอกาสที่จะเกิดของเสีย/ โอกาสที่จะเกิดจุดของเสียในล้านส่วน (Defects per opportunity: DPO/ Defects per Million Opportunities: DPMO) และผลผลิต/ ผลผลิตทั้งกระบวนการ (Yield/ Rolled Though out Yield: RTY) มาตรวัดแต่ละมาตรวัดจะมีประโยชน์ที่แตกต่างกันในการนำไปใช้ต้องศึกษาและทำความเข้าใจคุณสมบัติของมาตรวัดต่าง ๆ ให้เป็นอย่างดี

4.1 รอบเวลาของกระบวนการ (Process cycle time)

รอบเวลาของกระบวนการ (Process cycle time) หมายถึง อัตราส่วนของเวลาที่ใช้จริงในการผลิตสินค้าต่อหนึ่งหน่วย ทั้งนี้จะไม่นำเอาเวลาที่สูญเสีย วัตถุดิบที่สูญเสีย หรือปัจจัยอื่น ๆ มาทำการคำนวณ แต่ในความเป็นจริงองค์ประกอบที่มีผลต่อรอบเวลาของกระบวนการมีอยู่มากมาย รวมถึงเวลาในการตรวจสอบ การทดสอบ การวิเคราะห์ การซ่อม การจัดเตรียมเครื่องจักรและอื่น ๆ เป็นต้น รอบระยะเวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์นับว่ามีความสำคัญมากในการแข่งขันทางธุรกิจ ตัวอย่างเช่นมีองค์กรสองแห่งเป็นคู่แข่งขันทางธุรกิจกัน องค์กรหนึ่งสามารถลดรอบเวลาลงได้ 1 ปี ก็เท่ากับว่าได้เปรียบคู่แข่งขันครั้งนี้ 1 ปี

4.2 โอกาสที่จะเกิดของเสีย/ จุดของเสียในล้านส่วน

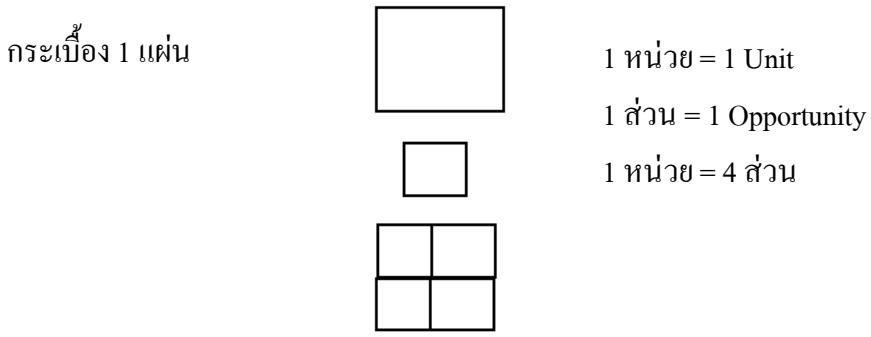
โอกาสที่จะเกิดของเสีย (Defects Per Opportunity: DPO) หมายถึง จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง รอยตำหนิหรือมีการชำรุดที่เกิดขึ้นต่อหน่วยของการผลิต เช่น ในกระบวนการผลิตตุ๊กตาปูนปลาสเตอร์ของโรงงานแห่งหนึ่งประกอบด้วยกระบวนการผลิตทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ การหล่อพิมพ์ การอบให้แห้ง การเคลือบ ดังรูป



ภาพที่ 2-7 โอกาสที่จะเกิดของเสียในกระบวนการผลิตตุ๊กตาปูนปลาสเตอร์ของโรงงานแห่งหนึ่ง

ถ้าในการผลิตตุ๊กตาปูนปลาสเตอร์จำนวน 500 ตัว โดยใช้ขั้นตอนการผลิต 3 ขั้นตอน นี้ปรากฏมีตุ๊กตาปูนพลาสเตอร์จำนวน 5 ตัว ที่มีข้อบกพร่อง นั่นหมายถึงกระบวนการผลิตนี้มี DPO เป็นร้อยละ 1.0 ถ้าคิดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง รอยตำหนิหรือมีการชำรุดที่เกิดขึ้นในหนึ่งกระบวนการ ต่อหนึ่งล้านหน่วยจะเรียกว่าโอกาสที่จะเกิดจุดของเสียในล้านส่วน (Defects Per

Opportunity: DPO / Defects Per million Opportunities-DPMO) ซึ่งค่า DPMO นี้มักจะใช้คำนวณในกรณีที่สินค้า/ ผลิตภัณฑ์ที่ก่อนจะกลายมาเป็นสินค้า/ ผลิตภัณฑ์หนึ่งชิ้นนั้น มีองค์ประกอบ (หรือส่วน) เล็ก ๆ หลายองค์ประกอบด้วยกัน ในแต่ละองค์ประกอบอาจจะมีข้อบกพร่อง รอยตำหนิหรือมีการชำรุดที่เกิดขึ้นได้ จึงต้องมีการคำนึงถึงข้อบกพร่อง รอยตำหนิหรือมีการชำรุดที่เกิดขึ้นเป็นจุดหรือเป็นหน่วยย่อยของแต่ละองค์ประกอบนั้น การคำนวณหาค่า DPO และ DPMO ทำได้ดังนี้ สมมุติการผลิตแผ่นกระเบื้องสำหรับปูพื้น ซึ่งกระเบื้องแต่ละแผ่นจะมี 4 ส่วน ดังภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-8 การคำนวณหาค่า DPO และ DPMO

โดยให้

O (Opportunities for a defect) คือโอกาสของการเกิดความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ต่อผลิตภัณฑ์หนึ่งชิ้น

D (Defect) คือ สินค้า/ ผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง รอยตำหนิหรือมีการชำรุด

U (Unit) คือ หน่วยของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ หน่วยของการผลิต

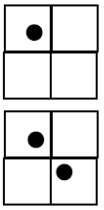
DPU (Defect per Unit) คือ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องต่อหน่วย

โดยที่ $DPU = D/U$ …… (2)

$DPO = DPU/O = (D/U) \times O$ …… (3) และ

$DPMO = DPO \times 10^6$ …… (4)

ถ้าให้ ● แทน จุดบกพร่อง (Defect) คำนวณหาค่า DPU และ DPO ได้ดังนี้



$$DPU = \frac{D}{U} = 1 \qquad DPO = \frac{DPU}{O} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$DPU = \frac{D}{U} = 2 \qquad DPO = \frac{DPU}{O} = \frac{2}{4} = 0.50$$

ภาพที่ 2-9 การหาจุดบกพร่องโดยการคำนวณหาค่า DPU และ DPO

4.3 ผลผลิต/ ผลผลิตทั้งกระบวนการ

ในการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งชนิดอาจมีขั้นตอนหรือกระบวนการในการผลิตหลาย ๆ ขั้นตอน ซึ่งในแต่ละขั้นจะต้องมีวัสดุที่นำเข้าสู่กระบวนการหรือ Input และเมื่อผ่านกระบวนการแล้วก็จะทำให้เกิดผลลัพธ์ในการผลิตของแต่ละกระบวนการ หรือ Output เนื่องจากในกระบวนการผลิตแต่ละครั้งจะมีผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นในจำนวนที่ไม่แน่นอน เมื่อพิจาณาเหตุดังกล่าวที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจะพบว่า จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องมีความน่าจะเป็นในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีข้อบกพร่องสามารถคำนวณได้จาก

$$Y = P(x=0) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x} = e^{-\lambda}$$

$$= e^{-D/U} = e^{-DPU}$$

โดยที่

Y คือ ความน่าจะเป็นในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีข้อบกพร่อง (Throughput yield)

X คือ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง

λ คือ ค่าเฉลี่ยของการแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson)

ให้ Y_{TP} (Throughput yield) คือ ผลผลิตที่ได้จากการผลิตแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ

โดยที่

$Y_{TP} = e^{-DOU}$ และ

Y_{RT} (Rolled throughput yield) คือ ผลผลิตที่ได้จากการผลิตเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการการผลิตซึ่งคำนวณได้จากผลคูณของผลผลิตของกระบวนการ หรือผลผลิตที่ได้จากการผลิตของกระบวนการของขั้นที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ m เมื่อ m คือ จำนวนขั้นตอนในกระบวนการ ผลิตจะได้

$$Y_{RT} = \prod_{i=1}^{m} Y_{TP_i} \quad ; \; i = 1, 2, \ldots, m$$

โดยทั่วไปแล้ว บริษัทผู้ผลิตส่วนใหญ่จะมีการวัดผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตในกระบวนการ 2 แบบ คือ ผลผลิตเริ่มต้นที่ผลิตได้ (First-time yield) และผลผลิตที่ผลิตได้เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ (Final yield) โดยที่ ผลผลิตเริ่มต้นที่ผลิตได้ (First-time yield) นี้นับรวมจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้โดยที่มีการทำซ่อม (Rework) เกิดขึ้นแล้ว ดังนั้น สิ่งที่ผู้ผลิตเห็นจากค่าของผลผลิตเริ่มต้นที่ผลิตได้ (First-time yield) ก็คือ บริษัทสามารถทำการผลิตได้ในระดับที่ดี มีจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีข้อบกพร่องที่ผลิตได้จำนวนมากทั้ง ๆ ที่มีการทำซ่อมเกิดขึ้นแต่วิธีการวัดแบบหกซิกมาจะสนใจที่ผลผลิตของกระบวนการ หรือผลผลิตที่ได้จากการผลิตในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ (Throughput yield) และผลผลิตที่ได้จากการผลิตเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต (Rolled throughput yield) ซึ่งไม่นับรวมผลิตภัณฑ์ที่มีการทำซ่อม (Rework) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สามารถมองภาพการผลิต และทำให้สามารถทราบประสิทธิภาพในการผลิตของกระบวนการผลิตที่แท้จริง

5. การคำนวณระดับของซิก-ซิกมา (Six sigma) เมื่อทราบจำนวนข้อบกพร่อง

ในการประเมินว่าบริษัทใดบริษัทหนึ่งอยู่ระดับใดของซิกมา (Sigma) (Schmidt & Launsby (1997) ได้สร้างสมการ การหาค่าระดับของซิกมา (Sigma quality level) ไว้ เมื่อทราบจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง ดังนี้

$$\text{ระดับของซิกมา} = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.21 \times \text{In (ppm)}}$$

6. ข้อสรุปเกี่ยวกับสถิติที่ใช้ในกระบวนการหกซิกมา

สถิตินับว่ามีบทมากในกระบวนการหกซิกมา สำหรับสถิติที่จะนำไปใช้ในกระบวนการหกซิกมานั้น จะมีมากมายตามลักษณะของงาน ซึ่งเริ่มตั้งแต่สถิติพื้นฐาน เครื่องมือ 7 ชนิดทางสถิติ ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ นอกจากนั้นยังต้องอาศัยสถิติที่สูงขึ้นที่ใช้ในการปรับปรุงและพัฒนา (Improvement and development) กระบวนการผลิต อันได้แก่ การออกแบบการทดลอง (Design of experiments: DOE) สถิติที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA) เป็นต้น ดังนั้นองค์กรใดจะนำระบบนี้มาใช้ฝ่ายปฏิบัติต้องมีความรู้ความสามารถเชิงสถิติ ผู้ปฏิบัติที่เกี่ยวข้องดังกล่าวก็คือกลุ่มแบลคเบล โดยบุคคลกลุ่มนี้จะได้รับการอบรมหกซิกมาใน 4 ขั้นตอน (S^4) คือ

1. การวัดผลงาน

2. การวิเคราะห์ผลงาน
3. การปรับปรุงกระบวนการ
4. การควบคุมกระบวนการ

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าสถิติจะมีบทบาทและมีความสำคัญมากในกระบวนการนี้ เพราะทำให้เห็นหรือมีหลักฐานที่ชัดเจนในทุก ๆ ขั้นตอน แต่ในส่วนดีอาจจะมีส่วนที่ทำให้เกิดความยุ่งยากในการปฏิบัติหรือข้อควรระวังในการใช้สถิติที่ผิดกับลักษณะข้อมูลอาจจะทำให้ตัดสินใจผิดพลาดได้ และอีกประเด็นหนึ่งคือถ้าองค์กรใดที่นำกลยุทธ์นี้มาใช้ในการบริหารโดยที่องค์กรมีนักสถิติที่มีความสามารถเชิงสถิติอย่างยอดเยี่ยมก็ใช่ว่าองค์กรนั้นจะประสบผลสำเร็จในการใช้กลยุทธ์นี้แต่ในทางกลับกันการที่องค์กรจะประสบผลสำเร็จนั้นต้องมีการดำเนินการทั้งกระบวนการดังที่กล่าวมาแล้วเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่า การพัฒนาองค์กรโดยการนำกระบวนการหกซิกมามาปรับใช้อย่างต่อเนื่องสามารถทำให้ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลดลงได้ ในปัจจุบันพบว่าบริษัทผู้ผลิตที่มีการนำกระบวนการหกซิกมามาปรับใช้แล้วสามารถพัฒนาบริษัทไปสู่กระบวนการผลิตที่ทำให้เกิดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง ที่ระดับสี่ซิกมา (4 Sigma) และบริษัทเหล่านี้กำลังพยายามที่มุ่งสู่กระบวนการผลิตที่หกซิกมา (6 Sigma)

เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ

ในปี ค.ศ. 1946 JUSE หรือ Union of Japanese Scientists and Engineers ได้ถูกก่อตั้งขึ้นพร้อม ๆ กับการจัดตั้งกลุ่ม Quality control research group ขึ้นเพื่อค้นคว้าให้การศึกษาและเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบการควบคุมคุณภาพทั่วทั้งประเทศ โดยมีจุดหมายเพื่อลบภาพพจน์สินค้าคุณภาพต่ำ ราคาถูก ออกจากสินค้าที่ "Made in Japan" และเพิ่มพลังการส่งออกไปพร้อม ๆ กันหลังจากนั้นมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งก็คือ Japanese Industrial Standards (JIS) marking system ได้ถูกกำหนดเป็นกฎหมายในปี ค.ศ. 1950 พร้อม ๆ กับการเชื้อเชิญ Dr. Deming มาเปิดสัมมนาทาง QC ให้แก่ผู้บริหารระดับต่าง ๆ และวิศวกรในประเทศ นับเป็นการจุดประกายของการตระหนักถึงการพัฒนาคุณภาพ อันตามมาด้วยการก่อตั้งรางวัล Deming prize อันมีชื่อเสียง เพื่อมอบให้แก่โรงงานซึ่งมีความก้าวหน้าในการพัฒนาคุณภาพดีเด่นของประเทศ ต่อมาในปี ค.ศ. 1954 Dr. Juran ได้ถูกเชิญมายังประเทศญี่ปุ่น เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหารระดับสูงภายในองค์กรในการนำเทคนิคเหล่านี้มาใช้งาน โดยได้รับความร่วมมือจากพนักงานทุก ๆ คน นับเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาและรวบรวมเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพรวม 7 ชนิด ที่เรียกว่า QC 7 Tools มาใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพทั้ง 7 ชนิดนี้ ตั้งชื่อตามนักรบในตำนานของชาวญี่ปุ่นที่ชื่อ "บงเค " (Ben-ke) ผู้ซึ่งมีอาวุธอันร้ายกาจแตกต่างกัน 7 ชนิด

พกอยู่ที่หลัง และสามารถเลือกดึงมาใช้สยบคู่ต่อสู้ที่มีฝีมือร้ายกาจคนแล้วคนเล่า สำหรับเครื่องมือทั้ง 7 ชนิด สามารถแจกแจงได้ดังนี้

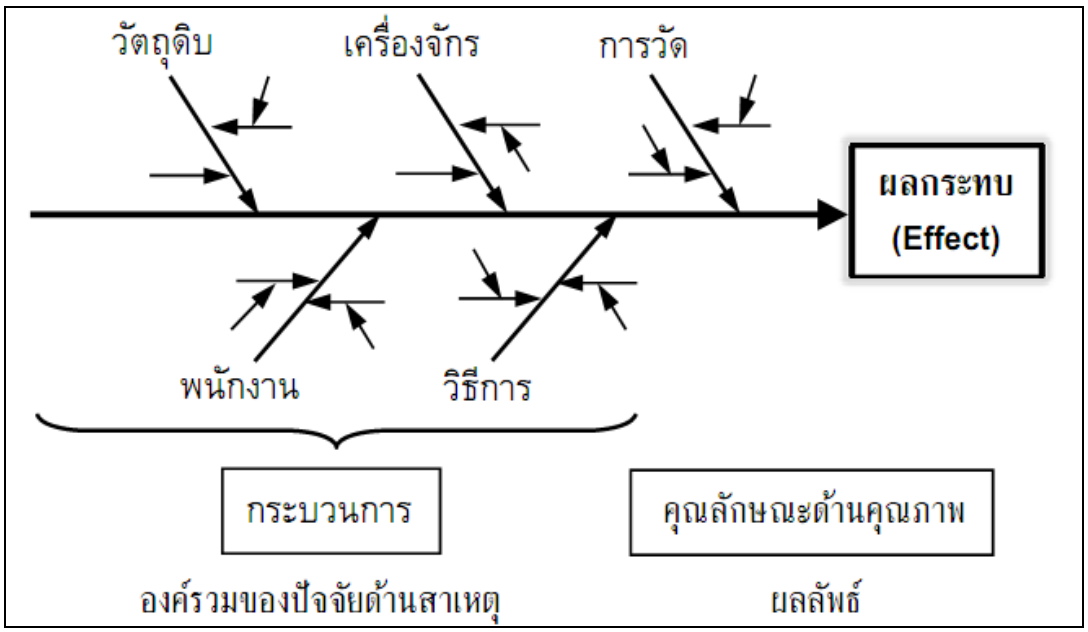
1. ผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-effect diagram) หรือผังก้างปลา (Fishbone diagram) บางครั้งเรียกว่า Ishikawa Diagram ซึ่งเรียกตามชื่อของ Dr.Kaoru Ishikawa ผู้ซึ่งเริ่มนำผังนี้มาใช้ในปี ค.ศ. 1953 เป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ ทางคุณภาพกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องรายละเอียดผังก้างปลา หรือง่าย ๆ คือ หัวปลาที่เขียนนั้นก็คือ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ส่วนก้างแต่ละก้างนั้นก็คือเหตุที่ทำให้เกิดผลนั้น โดยในส่วนของการผลิตนั้นมักจะใช้ 4M นั่นก็คือ Man/ Machine/ Method / Material และในปัจจุบันนั้นได้มีการเพิ่ม M ที่ 5 ก็คือ Money อีกด้วย จะยกตัวอย่างให้เห็นกัน ชัดเจนมากขึ้น เช่น หัวปลาคือ ไลน์การผลิตหยุดสาเหตุเกิดจาก

Man เกิดจากคนขาดประสิทธิภาพ ความเชี่ยวชาญในการทำงาน จะต้องทำการถามต่อด้วย Why-why analysis ว่าทำไมคนถึงทำงานไม่มีประสิทธิภาพ อาจจะเกิดจาก แรงจูงใจต่ำ ขาดการฝึกอบรมอย่างต่อเนื่อง พนักงานลาออกบ่อยเป็นต้น

Machine เกิดจากเครื่องจักรทำงานช้า ติดขัด เสียบ่อย ต้องถามต่อว่าทำไมเสียบ่อย อาจจะเป็นเพราะขาดการบำรุงรักษาทั้งในเชิงป้องกันและบำรุงรักษา เป็นต้น

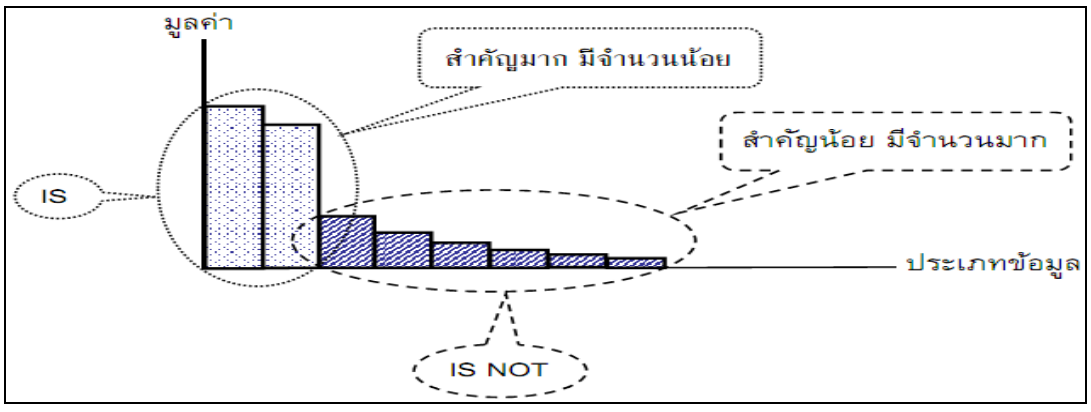
Method เกิดจากวิธีการไม่ดี อาจจะเกิดจาก ทำงานซ้ำบ่อย Rework repair บ่อย เพราะฉะนั้นทางแก้อาจจะใช้เทคนิคทาง IE หรือวิศวกรรมอุตสาหกรรมเข้ามาช่วย รวมทั้งการศึกษา Time and motion study และ Ergonomic ที่เน้นทางด้านการศึกษาความเหมาะสมทางกายภาพของมนุษย์ ต่อการทำงานให้เหมาะสม

Material เกิดจากวัสดุ ชิ้นส่วน ที่ใช้ในการผลิตซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ เป็นที่แน่นอนว่าชิ้นส่วนประกอบที่ไม่ดีย่อมทำให้ผลิตภัณฑ์มีปัญหาอย่างแน่นอน



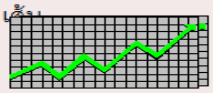
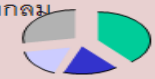
ภาพที่ 2-10 ผังเหตุและผล (Cause-and-effect diagram)

2. แผนภูมิพาราโต (Pareto diagram) เป็นแผนภูมิที่ใช้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของความบกพร่องกับปริมาณความสูญเสียที่เกิดขึ้น กฎที่จะต้องจำกันไว้ นั่นก็คือ กฎ 80-20 เพื่อความจดจำ สาเหตุหลักทั้งหมดที่ทำให้เกิดปัญหานั้นมีเพียงสาเหตุหลัก ๆ เพียงไม่กี่สาเหตุ (สิ่งสำคัญมีน้อย) ส่วนสาเหตุที่เหลือจำนวนมากทั้งหมดอีกร้อยละ 80 เป็นสาเหตุย่อย ๆ ของปัญหานั้น ๆ โดยปกติแล้ว พาราโตนั้นจะใช้คู่กับแผนภาพก้างปลาเสมอ



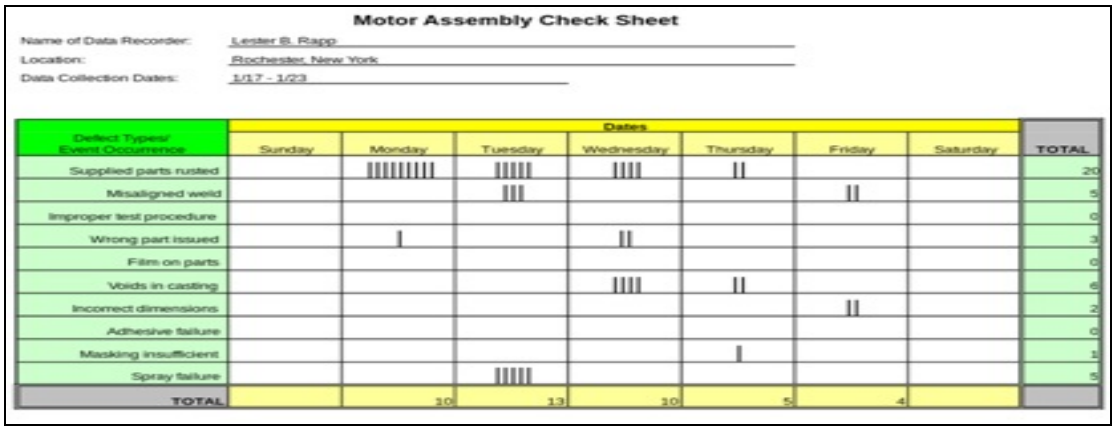
ภาพที่ 2-11 แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram)

3. กราฟ (Graphs) คือภาพลายเส้น แท่ง วงกลม หรือจุดเพื่อใช้แสดงค่าของข้อมูลว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือแสดงองค์ประกอบต่าง ๆ รายละเอียดกราฟเส้น

กราฟ	วัตถุประสงค์	ลักษณะ
กราฟแท่ง	เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางปริมาณ	1. ทุกแท่งมีความกว้างเท่ากัน 2. ความยาวของแต่ละแท่งขึ้นกับจำนวนที่เปรียบเทียบ
กราฟเส้น 	ดูการเปลี่ยนแปลงเมื่อ เวลาหรือสถานการณ์เปลี่ยน	ความสูง/ต่ำ ของเส้นกราฟขึ้นกับปริมาณจำนวนที่เก็บข้อมูลได้
กราฟวงกลม 	แสดงสัดส่วนของสิ่งที่ต่างกัน	เป็นภาพวงกลมแยกเป็นสัดส่วนตามปริมาณที่เกิดขึ้นในแต่ละเรื่อง ช่วยให้เข้าใจความสัมพันธ์ของสัดส่วนได้ง่ายขึ้น

ภาพที่ 2-12 กราฟแบบต่าง ๆ (Graphs)

4. แผ่นตรวจสอบ (Check sheet) คือแบบฟอร์มที่มีการออกแบบช่องว่างต่าง ๆ ไว้เพื่อใช้บันทึกข้อมูล



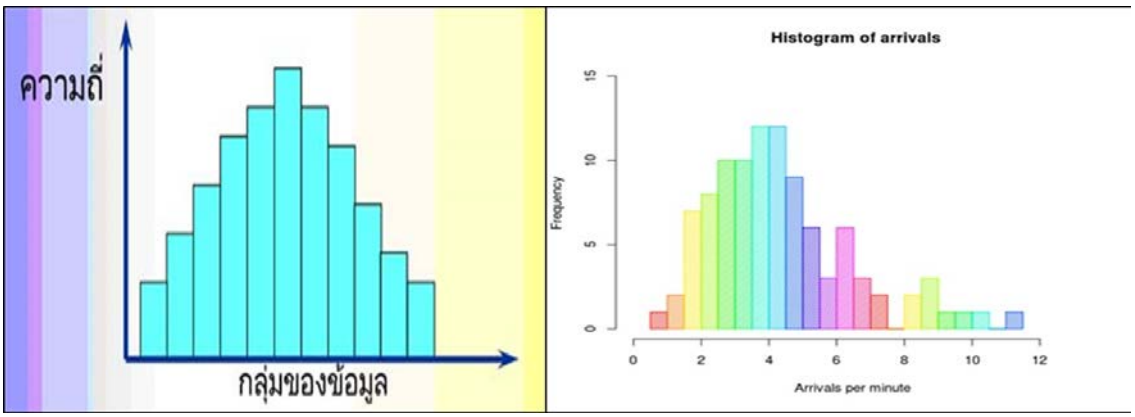
Motor Assembly Check Sheet

Name of Data Recorder: Lester B. Rapp
Location: Rochester, New York
Data Collection Dates: 1/17 - 1/23

Defect Types/ Event Occurrence	Dates							TOTAL
	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	
Supplied parts rusted		|||||	|||||	|||||	||			20
Misaligned weld			|||			||		5
Improper test procedure								0
Wrong part issued								3
Film on parts								0
Voids in casting				|||||	||			6
Incorrect dimensions						||		2
Adhesive failure								0
Masking insufficient								1
Spray failure			|||||					5
TOTAL		10	13	10	5	4		

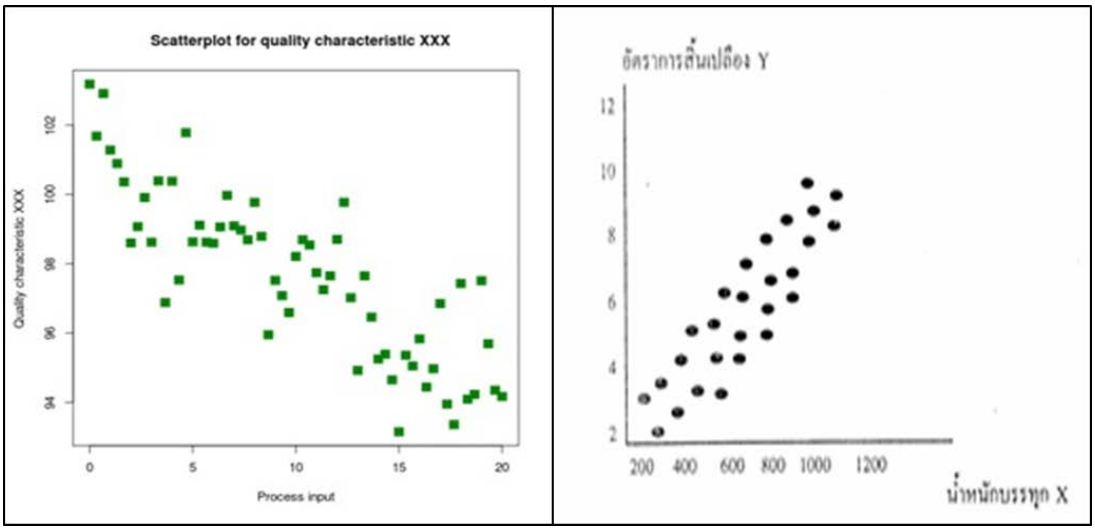
ภาพที่ 2-13 ตัวอย่างแผ่นตรวจสอบ (Check sheet)

5. ฮีสโตแกรม (Histogram) เป็นกราฟแท่งที่ใช้สรุปการอนุมาน (Inference) ข้อมูลเพื่อที่จะใช้สรุปสถานภาพของกลุ่มข้อมูลนั้น



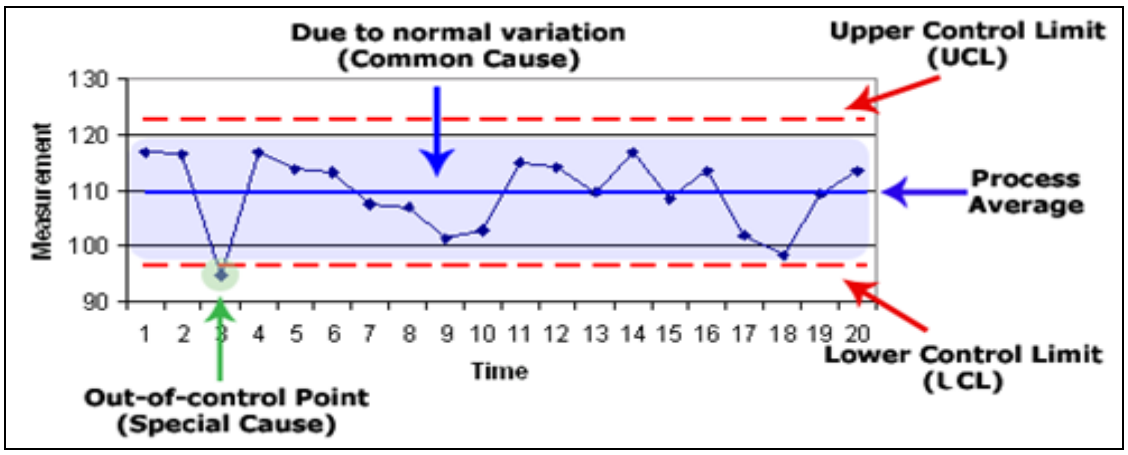
ภาพที่ 2-14 ฮีสโตแกรม (Histogram)

6. ผังการกระจาย (Scatter diagram) คือ ผังที่ใช้แสดงค่าของข้อมูลที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัวว่ามีแนวโน้มไปในทางใด เพื่อที่จะใช้หาความสัมพันธ์ที่แท้จริง



ภาพที่ 2-15 ผังการกระจาย (Scatter diagram)

7. แผนภูมิควบคุม (Control chart) คือแผนภูมิที่มีการเขียนขอบเขตที่ยอมรับได้ของคุณลักษณะตามข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification) เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการผลิต โดยการติดตามและตรวจจับข้อมูลที่ออกนอกขอบเขต (Control limit)



ภาพที่ 2-16 แผนภูมิควบคุม (Control chart)

นับว่าในปัจจุบันนี้แนวความคิดของการควบคุมคุณภาพ ได้ถูกเผยแพร่และนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วโลกในหลากหลายองค์กร ทุกระดับชั้นไม่ว่าจะเป็นหัวหน้างาน หรือคนงานระดับปฏิบัติการ ชายหรือหญิง พนักงานประจำหรือลูกจ้างชั่วคราว โดยมิจุดประสงค์เดียวกันเพื่อนำมาซึ่งคุณภาพของสินค้า และบริการอันเป็นที่พึงพอใจของลูกค้า (Customer Satisfaction: CS)

ทฤษฎีความสูญเสีย 7 ประการ (7 Wastes)

ในกระบวนการผลิตมักพบว่ามีความสูญเสียต่างเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกระบวนการต่ำกว่าที่ควรจะเป็น เช่น ใช้เวลานานในการผลิตสินค้าคุณภาพต่ำต้นทุนสูงดังนั้นจึงมีแนวความคิดเพื่อพยายามจะลดความสูญเสียเหล่านี้เกิดขึ้นมากมายแนวความคิดที่คิดค้นโดย Mr. Shigeo Shingo และ Ohon คือระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota production system) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดความสูญเสีย 7 ประการ ได้แก่

1. ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction)
2. ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory)
3. ความสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง (Transportation)
4. ความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion)
5. ความสูญเสียเนื่องจากการกระบวนการผลิต (Processing)
6. ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay)

7. ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect)

1. ความสูญเสียเนื่องจากการสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction)

การผลิตสินค้าปริมาณมากเกินความต้องการการใช้งานในขณะนั้น หรือผลิตไว้ล่วงหน้าเป็นเวลานานมาจากแนวความคิดเดิมที่ว่าแต่ละขั้นตอนจะต้องผลิตงานออกมาให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อให้เกิดต้นทุนต่อหน่วยต่ำสุดในแต่ละครั้งโดยไม่คำนึงถึงว่าจะทำให้มีงานระหว่างทำงาน (Work In Process: WIP) ในกระบวนการเป็นจำนวนมากและทำให้กระบวนการผลิตขาดความยืดหยุ่น

1.1 ปัญหาจากการผลิตมากเกินไป

1.1.1 เสียเวลาและแรงงานไปในการผลิตที่ยังไม่จำเป็น

1.1.2 เสียพื้นที่ในการจัดเก็บ

1.1.3 เกิดการขนย้าย

1.1.4 ของเสียไม่ได้รับการแก้ไขทันที

1.1.5 ต้นทุนจม

1.1.6 ปิดบังปัญหาการผลิต

1.2 การปรับปรุง

1.2.1 บำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมผลิตตลอดเวลา

1.2.2 ลดเวลาการตั้งเครื่องจักร โดยศึกษาเวลาในการตั้งเครื่องจักร จากนั้นทำการปรับปรุง

1.2.3 ปรับปรุงขั้นตอนที่เป็นคอขวด (Bottle-neck) ในกระบวนการเพื่อลดรอบเวลาการผลิต

1.2.4 ผลิตในปริมาณมากและเวลาที่ต้องการเท่านั้น

1.2.5 ฝึกให้พนักงานมีทักษะหลายอย่าง

2. ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory)

การซื้อวัสดุคราวละมาก ๆ เพื่อเป็นการประกันว่าจะมีวัสดุสำหรับการผลิตตลอดเวลาหรือเพื่อให้ได้ส่วนลดในการสั่งซื้อ จะส่งผลให้วัสดุที่มีอยู่ในคลังมีปริมาณมากเกินความต้องการใช้งานอยู่เสมอเป็นภาระในการดูแลและการจัดการ

2.1 ปัญหาจากการเก็บวัสดุคงคลัง

2.1.1 ใช้พื้นที่ในการจัดเก็บมาก

2.1.2 ต้นทุนจม

2.1.3 วัสดุเสื่อมคุณภาพ (หากระบบการควบคุมวัสดุคงคลังไม่ดีพอ)

2.1.4 สั่งซื้อซ้ำซ้อน (หากระบบการควบคุมวัสดุคงคลังไม่ดีพอ)

2.1.5 ต้องการแรงและการจัดการมาก

2.2 การปรับปรุง

2.2.1 กำหนดระดับในการจัดเก็บ มีจุดสั่งซื้อที่ชัดเจน

2.2.2 ควบคุมปริมาณวัสดุ โดยใช้เทคนิคการควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual control)

2.2.3 เพื่อให้สามารถเข้าใจและสังเกตได้ง่าย

2.2.4 ใช้ระบบเข้าก่อน ออกก่อน (First in first out) เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุตกค้างเป็นเวลานาน

2.2.5 วิเคราะห์หาวัสดุทดแทน (Value engineering) ที่สามารถสั่งซื้อได้ง่ายมาใช้แทนเพื่อลดปริมาณวัสดุที่ต้องทำการจัดเก็บ

3. ความสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง (Transportation)

การขนส่งเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่วัสดุ เป็นการเคลื่อนที่ใด ๆ ภายในโรงงานอย่างเช่น และการเคลื่อนไหวที่ที่เกินความจำเป็น เป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายและทำให้สัดส่วนระหว่างเวลาในกระบวนการทำงานไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องควบคุมและลดระยะทางในการขนส่งให้เหลือเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

3.1 ปัญหาจากการขนส่ง

3.1.1 ต้นทุนในการขนส่ง ได้แก่ เชื้อเพลิง แรงงาน

3.1.2 เสียเวลาในการผลิต

3.1.3 วัสดุเสียหายหลายวิธีการขนส่งไม่เหมาะสม

3.1.4 เกิดอุบัติเหตุหากขาดความระมัดระวังในการขนส่ง

3.2 การปรับปรุง

3.2.1 วางแผนเครื่องจักรใหม่ จัดลำดับเครื่องจักรตามกระบวนการผลิตให้อยู่ในบริเวณเดียวกันเพื่อลดระยะทางขนส่งแต่ละขั้นตอน

3.2.2 ลดการขนส่งซ้ำซ้อน

3.2.3 ใช้อุปกรณ์ขนถ่ายที่เหมาะสม

3.2.4 ลดปริมาณชิ้นงานในการขนส่งแต่ละครั้ง เพื่อให้สามารถส่งไปให้ขั้นตอนต่อไปได้เร็วขึ้นไม่ต้องเสียเวลารอนาน

4. ความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion)

ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น ต้องเอื้อมหยิบของที่อยู่ไกล ก้มตัวยกของหนักที่วางอยู่บนพื้นทำให้เกิดความล้าต่อร่างกายและทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน

4.1 ปัญหาจากการเคลื่อนไหว

4.1.1 เกิดจากระยะทางในการเคลื่อนที่ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิต

4.1.2 เกิดความล้าและความเครียด

4.1.3 อุบัติเหตุ

4.1.4 เสียเวลาและแรงงานในการทำงานที่ไม่จำเป็น

4.2 การปรับปรุง

4.2.1 ศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion study) เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานให้เกิดการเคลื่อนไหวน้อยที่สุดและเหมาะสมที่สุดตามหลักการพลศาสตร์ (Ergonomic) เท่าที่จำได้

4.2.2 จัดสภาพการทำงาน (Working condition) ให้เหมาะสม

4.2.3 ปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงานให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน

4.2.4 ทำอุปกรณ์ช่วยในการจับยึดชิ้นงาน (Jig, fixture) เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

4.2.5 ออกกำลังกาย

5. ความสูญเสียเนื่องจากการกระบวนการผลิต (Processing)

เกิดจากกระบวนการผลิตที่มีการทำงานซ้ำ ๆ กันในหลายขั้นตอน ซึ่งไม่มีความจำเป็น เพราะงานเหล่านั้นไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ รวมทั้งงานในกระบวนการผลิตที่ไม่ช่วยให้ตัวผลิตภัณฑ์เกิดความเที่ยงตรงมากขึ้นหรือคุณภาพดีขึ้น เช่น กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกระบวนการนี้ควรรวมอยู่ในกระบวนการผลิตให้พนักงานหน้างานเป็นผู้ตรวจสอบไปพร้อมกับการทำงานหรือขณะคอยเครื่องจักรทำงาน

5.1 ปัญหาจากการกระบวนการผลิต

5.1.1 เกิดต้นทุนที่ไม่จำเป็นของการทำงาน

5.1.2 สูญเสียพื้นที่การทำงานสำหรับกระบวนการนั้น ๆ

5.1.3 ใช้เครื่องจักรและแรงงานโดยไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์

5.2 การปรับปรุง

5.2.1 วิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยใช้ Operation process chart

5.2.2 ใช้หลักการ 5W 1H เพื่อวิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละกระบวนการ

5.2.3 หากกระบวนการทดแทนที่ก่อให้เกิดผลลัพธ์ของงานอย่างเดียวกัน

6. ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay)

การรอคอยเกิดจากการที่เครื่องจักร หรือพนักงานหยุดการทำงานเพราะต้องรอคอยบางปัจจัยที่จำเป็นต่อการผลิต เช่น การรอวัตถุดิบ การรอคอยเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้อง การรอคอยเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่สมดุล การรอคอยเนื่องจากการเปลี่ยนการผลิต เป็นต้น

6.1 ปัญหาจากการรอคอย

6.1.1 ต้นทุนสูญเปล่าของแรงงาน เครื่องจักร และค่าโสหุ้ยที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม

6.1.2 เกิดต้นทุนเสียโอกาส

6.1.3 เกิดปัญหาเรื่องขวัญและกำลังใจ

6.2 การปรับปรุง

6.2.1 จัดวางแผนการผลิต วัตถุดิบ และลำดับการผลิตให้ดี

6.2.2 บำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา

6.2.3 จัดสรรงานให้มีความสมดุล

6.2.4 วางแผนการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต และจัดสรรกำลังคนให้เหมาะสม

6.2.5 เครื่องมือที่จะใช้ปรับประบวนการผลิตให้พร้อมก่อนหยุดเครื่อง

6.2.6 ใช้อุปกรณ์เพื่อช่วยให้เกิดความสะดวกในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต

7. ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect)

เมื่อของเสียถูกผลิตออกมา ของเสียเหล่านั้นอาจถูกนำไปแก้ไขใหม่ให้ได้คุณสมบัติตามที่ลูกค้าต้องการหรือถูกนำไปกำจัดทิ้ง จึงทำให้มีการสูญเสียเนื่องจากการผลิตขึ้น

7.1 ปัญหาจากการผลิตของเสีย

7.1.1 ต้นทุนวัตถุดิบ เครื่องจักร สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์

7.1.2 สิ้นเปลืองสถานที่ในการจัดเก็บ และการกำจัดของเสีย

7.1.3 เกิดการทำงานซ้ำเพื่อแก้ไขงาน

7.1.4 เกิดต้นทุนค่าเสียโอกาส

7.2 การปรับปรุง

7.2.1 มีมาตรฐานของงานและมาตรฐานของวัตถุดิบที่ถูกต้อง

7.2.2 พนักงานต้องปฏิบัติงานให้ถูกต้องตามมาตรฐานตั้งแต่แรก

7.2.3 ปรับปรุงอุปกรณ์ที่สามารถป้องกันการทำงานที่ผิดพลาด (Poka-yoke)

7.2.4 ฝึกพนักงานมีจิตสำนึกทางด้านคุณภาพ

7.2.5 ให้มีการตอบสนองข้อมูลด้านคุณภาพอย่างรวดเร็ว ในทุกขั้นตอน

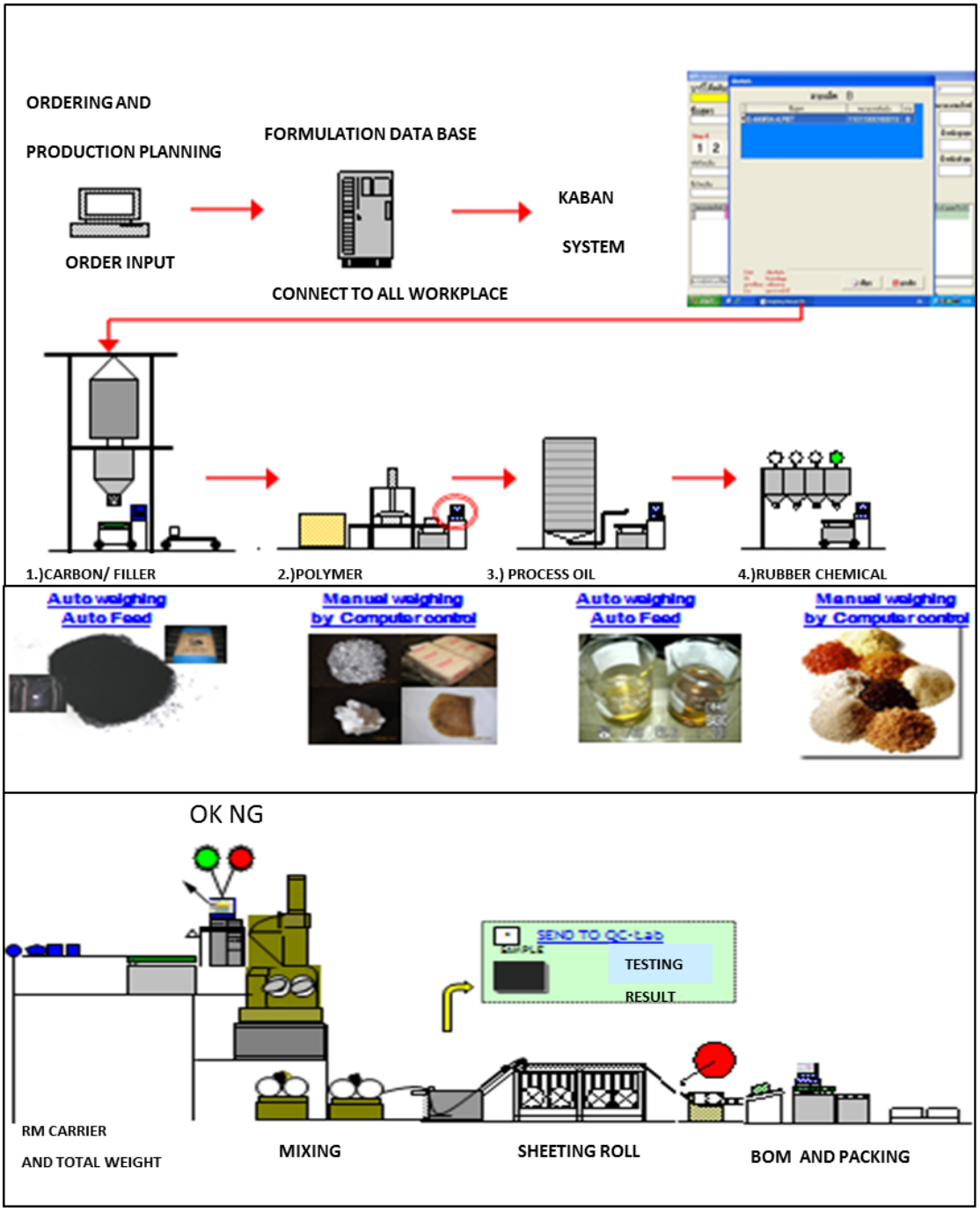
ข้อมูลทั่วไปของบริษัทผลิตคอมปาวด์ แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง

บริษัท เอบีซี อินโนเวชั่น จำกัด เป็นบริษัทที่ดำเนินงานโดยคนไทย 100 เปอร์เซ็นต์ เริ่มเปิดดำเนินการ ตั้งแต่ พ.ศ. 2527 ตั้งอยู่เลขที่ 186/94 หมู่ 6 ตำบลละหาร อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง 21140 ได้ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตคอมปาวด์โดยมีผลิตภัณฑ์หลักคือ คอมปาวด์ส่งให้กับผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้า ปัจจุบันมีพนักงานในกลุ่มมีประมาณ 200 คน

บริษัทฯ มียอดจำหน่ายและกำลังการผลิตสินค้าคอมปาวด์ในประเทศไทยและภูมิภาคอาเซียน โดยปัจจุบันมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 50,000 ตันต่อปี และยังผลิตสินค้าประเภท เม็ดพลาสติกโพลีเมอร์ สารเคมี (สารตั้งต้นของการผลิตเม็ดพลาสติกและยางคอมปาวด์) ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์และอิเล็กทรอนิกส์

สภาพทั่วไปของสายการผลิตเป็นแบบสายการผลิต กึ่งอัตโนมัติโดยมีรถเข็นลำเลียงวัตถุดิบไปยังสถานีงานต่าง ๆ โดยในแต่ละสถานีงานจะมีพนักงานประจำอยู่ในแต่ละสถานีงานนั้น ๆ ซึ่งสภาพการทำงานโดยทั่วไปจะใช้เครื่องจักรผสมวัตถุดิบเป็นหลัก

กระบวนการผลิตยางคอมปาวด์



ภาพที่ 2-17 กระบวนการผลิตยางคอมปาวด์

ภาพวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต

พอลิเมอร์ ฟิลเลอร์ น้ำมัน สารเคมี

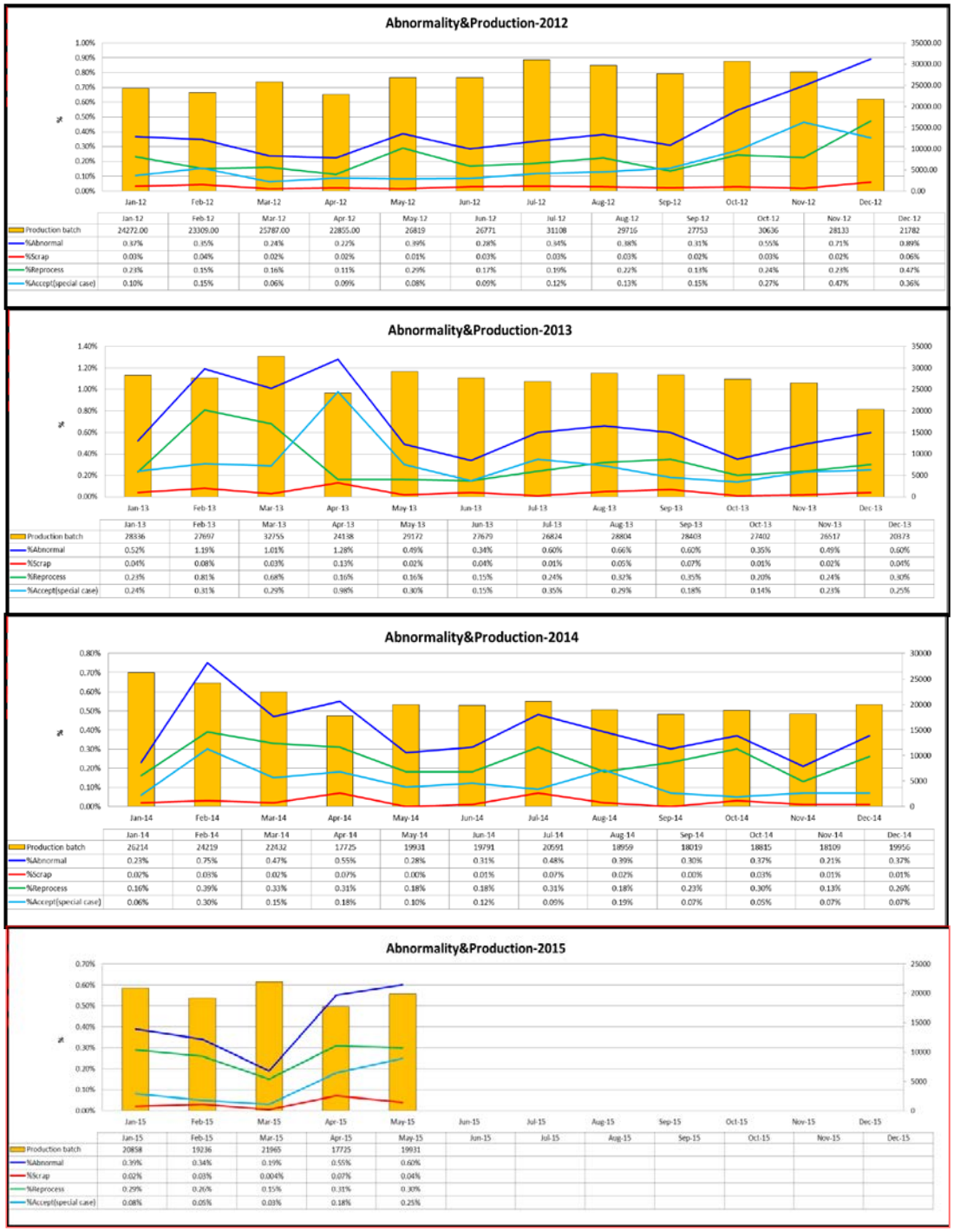
ภาพที่ 2-18 สารเคมีที่ใช้

ผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่นำเสนอ

ภาพที่ 2-19 สารยาสุก (Curing agent) สำหรับคอมปาวด์สำหรับการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์

ภาพที่ 2-20 คอมปาวด์สำหรับขึ้นรูป

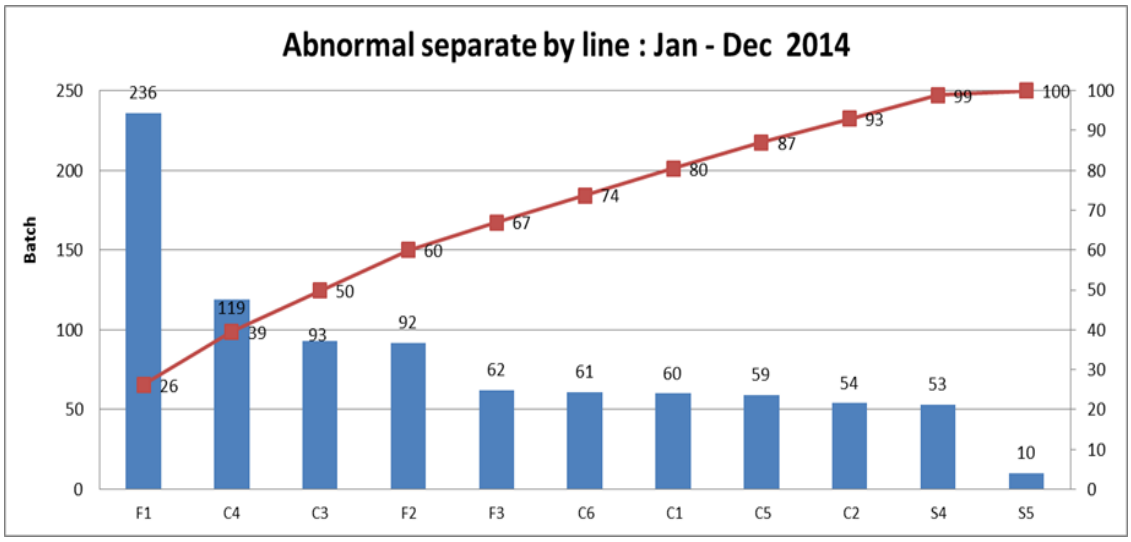
ปัจจุบันบริษัทมีสายการผลิตที่เป็นลักษณะเดียวกันแบบนี้จำนวน 11 สายการผลิตและมีกำลังการผลิตดังนี้



ภาพที่ 2-21 สายการผลิตและกำลังการผลิต

จากยอดการผลิตที่ลดต่ำลงทางฝ่ายบริหารจึงได้มีนโนบายในการขยายตลาดใหม่ไปในส่วนที่เป็นต่างประเทศเพราะอุตสาหกรรมยานยนต์บางส่วนได้มีการย้ายฐานการผลิตเพื่อลดต้นทุน ดังนั้นโรงงานที่เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนใน Supply chain จะต้องตามไปลงทุน หรือส่งวัตถุดิบเพื่อสนับสนุนการผลิต แต่จากการขนส่งและระยะเวลาที่เพิ่มทำให้เกิดปัญหาในด้านการจัดการมากมาย ไม่ว่าจะเป็นด้านคุณภาพ ด้านโลจิสติก ด้านมาตรการกีดทางการค้า แต่โดยส่วนมากทุกปัญหาโดยส่วนใหญ่เกิดจากคุณภาพสินค้าที่จะส่งไปต่างประเทศที่ไม่มีความสม่ำเสมอ และหากเจอความผิดปกติกับผลิตภัณฑ์ก็จะกระทบกับแผนงานที่เตรียมไว้ในขั้นถัดไป รวมทั้งสินค้าที่บางส่วนถูกส่งไปยังต่างประเทศ แม้จะถึงลูกค้าแล้วแต่ถ้าเจอว่าสินค้าไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ต้นทุนในการแก้ปัญหายังต่างประเทศค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงได้มีนโยบายในการปรับปรุงปัญหาคุณภาพของสินค้า โดยมุ่งเน้นที่กระบวนการทราบความต้องการของลูกค้าตั้งแต่เริ่มต้นของกระบวนการคือการออกแบบ และการเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมกับกระบวนการ การควบคุมกระบวนการ และการตรวจสอบสินค้าโดยใช้เครื่องมือที่เป็นมาตรฐานสากล

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตไปแล้วให้ดำเนินการทบทวนคุณภาพสินค้า และทบทวนกระบวนการผลิต โดยให้เริ่มพิจารณาทบทวนจากสถิติของงานที่ไม่ตรงตามสเป็คภายในระยะเวลาหนึ่งปีย้อนหลัง และตรวจสอบว่าปัจจุบันปัญหาด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นยังมีอีกหรือไม่ ถ้าเจอให้ดำเนินการรวบรวมและนำมาดำเนินการปรับปรุง จากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์พบว่าแต่ละไลน์มีของเสียไม่เท่ากันโดยไลน์ F1 มีของเสียมากที่สุด



ภาพที่ 2-22 วิเคราะห์ปริมาณของเสียในไลน์ F1

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กมลรัตน์ ศรีสังข์สุข และณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย (2553) การลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตสายเคเบิลขนาดเล็กโดยแนวทางลีน ซิก ซิกซ์มา จากการที่ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตสายเคเบิลขนาดเล็กพบว่ามีปัญหาผลผลิตที่ต่างและต้นทุนการผลิตสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตสายเคเบิลขนาดเล็ก โดยประยุกต์ใช้แนวทางลีน ซิกซ์ ซิกมาทั้ง 5 ขั้น ตอนมาใช้คือ การนิยามปัญหา การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การปรับปรุงแก้ไขประบวนการ และการควบคุมกระบวนการตามลำดับ โดยทำการศึกษากระบวนการผลิตเพื่อหาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิต โดยทำการวัดสายธารคุณค่าก่อนการปรับปรุง การวิเคราะห์ความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ จากนั้น ได้ทำการปรับปรุงโดยการออกแบบการผลิตใหม่และทำการวัดสายธารคุณค่าหลังการปรับปรุง การลดความสูญเปล่าจากสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็นโดยหลักการ 5ส การขนส่ง ตัวจับยึดชิ้น งาน และการลดข้อบกพร่องของการเกิดปัญหา Short circuit ในกระบวนการผลิตโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง และควบคุมกระบวนการมาตรฐานการทางานจากค่าที่ได้จากการทดลองและมีการติดตามให้พนักงานทำงานตามมาตรฐานนั้น ๆ ผลที่ได้จากการปรับปรุงการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตสายเคเบิลขนาดเล็ก พบว่า การผลิตมีแนวโน้มที่ดีขึ้น คือ ผลผลิตจาก 15 ชิ้นต่อชั่วโมง การทางานของพนักงานหนึ่งคนเป็น 24 ชิ้นต่อชั่วโมง การทำงานของพนักงานหนึ่งคนคิดเป็นร้อยละ 37.5 อีกทั้ง ยังส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลดลงจาก 48.25 บาทต่อชิ้น เป็น 42.54 บาทต่อชิ้น คิดเป็นร้อยละ 11.83

กฤษณ เกตุงาม, ณัฐพงศ์ ไทยกิจ และสุรวิทย์ แก้วเจริญ (2548) การศึกษากระบวนการทำงานและแนวทางการลดความสูญเปล่าของกระบวนการพับขึ้นรูปศึกษาถึงสภาพของแผนกับขึ้นรูปและวิเคราะห์ปรับปรุงสภาพการทำงานของเครื่องจักรและพนักงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยอาศัยการของแผนภูมิ คน-เครื่องจักร มาทำการวิเคราะห์ กำหนดมาตรฐานการทำงานของพนักงานและศึกษาสมดุลสายการผลิต โดยใช้หลักการของการศึกษางาน ซึ่งได้ผลการศึกษาว่าการเพิ่มพนักงานในการผลิต 1 คนไม่มีผลกระทบต่อการเพิ่มจำนวนยอดการผลิต แต่ทำให้เพิ่มต้นทุนค่าแรงของพนักงาน 4,600 บาทต่อเดือน ในส่วนของเครื่องจักร และวัตถุดิบ ต้องออกแบบเครื่องจักรรวมถึงระบบการทำงานของเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพและควบคุม คุณภาพของวัตถุดิบก่อนนำเข้าสู่ระบบการผลิต จะทำให้สามารถแก้ปัญหาเรื่องยอดการผลิตต่ำกว่ามาตรฐานได้และลดต้นทุนเป็นเงิน 6,7722.5 บาทต่อเดือน และคาดว่าจะสามารถคลความสูญเปล่าจากการผลิตร้อยละ 16.6

สุนิสา คำสุข, อรทัย แก้วหมื่น และอังศุธร อรรธรังสี (2549) ได้ศึกษาระบบการป้องกันการเกิดของเสียในการบวนการผลิตเป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการลดของเสียในโรงงานผลิตสิ่งทอแผนกชุดผลิตแผ่นเส้นใน ซึ่งมีลักษณะการเสียหลัก ๆ ของผลิตภัณฑ์คือ หน้ากว้างไม่ได้มาตรฐาน น้ำหนักไม่ได้มาตรฐานและแผ่นเส้นเป็นลาย วัตถุประสงค์ของการจัดทำโครงงานนี้เพื่อศึกษาปัญหาและสาเหตุที่เกิดของเสียและหาแนวทางในการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยเครื่องมือที่ให้ในการวิเคราะห์ปัญหาคือการวิเคราะห์ 7 อย่าง และการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ทางกายภาพ ซึ่งจากการวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียดังกล่าว ทำให้ทราบสาเหตุที่แท้จริง และแนวทางแก้ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในหลายแนวทาง ประกอบด้วย การจัดทำมาตรฐาน เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากผู้ที่ปฏิบัติงาน การซ่อมแซมการชำรุดสึกหรอ รวมถึงการจัดทำแผนกบำรุงรักษาเครื่องจักร มาตรฐานการตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักร ผลที่ได้จากโครงการนี้ คือ สามารถลดของเสียหลังจากทำการปรับปรุงได้เท่ากับ 14.9 เปอร์เซ็นต์ของเสียทั้งหมด และได้จัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน และแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร เผื่อที่จะนำไปปฏิบัติและปรับปรุงวิธีการทำงาน เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตต่อไป

เอกรินทร์ แผ้วพลสง (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์กระบวนการผลิตเพื่อเป็นแนวทางในการลดของเสีย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสีย โดยใช้หลักการวิเคราะห์แบบ 4M และการสัมภาษณ์พนักงาน พบว่าการวางแผนงานที่สอดคล้องกันทั้งองค์กร การวางผังการไหลที่ดี การฝึกอบรมพนักงานเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในการควบคุมกระบวนการให้เกิดของเสียน้อยที่สุด

ปารเมศ ชุติมา และภาณุ ชุดเจือจีน (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การประยุกต์ซิกซ์ ซิกมาเพื่อลดของเสียจากการพ่นสีรองในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิการาคาแพงโดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อปรับปรุงของผลิตภัณฑ์ตามแนวความคิดของ ซิกส์ ซิกมา โดยใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติเป็นสำคัญ พบว่าการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบสามารถลดความผันแปรของกระบวนการได้

กมลรัตน์ ศรีสังข์สุข และ นัฐชา ทวีแสงสกุลไทย (2553) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การลดความสูญเปล่าในกระบวนผลิตสายเคเบิลโดยแนวทางลีน ซิก ซิกส์มา โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการ พบว่าความสูญเปล่ามาจากการจัดเก็บสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น การเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม และวิธีการทำงานที่เข้าใจไม่ตรงกัน ทำให้เกิดความสูญเปล่า

ประวิทย์ ถาวร และสรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ (2553) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยใช้แนวความคิดลีนร่วมกับ ซิกซ์ ซิกมา โดยมีวัตถุประสงค์

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต พบว่า ผังการผลิตที่ไม่เหมาะสมทำให้การไหลของงานไม่ต่อเนื่อง ซึ่งสามารถปรับปรุงได้ด้วยระบบกัมบัง

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

ภายหลังจากการศึกษาวิจัยจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวรรณกรรมปริทรรศน์แล้วได้กำหนดขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย โดยผนวกจากขั้นตอนที่ได้ศึกษากับแนวทางการแก้ปัญหาตามทฤษฎี ซิกส์ ซิกมา ซึ่งกระบวนการและขั้นตอนในการวิจัยนี้จะได้ประยุกต์การวิเคราะห์การดำเนินโครงการตามแนวความคิดของ ซิกส์ ซิกมา โดยในแต่ละ Phase ของการดำเนินงานโครงการซึ่งได้กำหนดขั้นตอนและกระบวนการวิจัยดังนี้

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การวิเคราะห์ข้อมูล
4. การสรุปผลและข้อเสนอแนะ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. การกำหนดและสร้างผังกระบวนการดำเนินโครงการ (Define)

ในขั้นตอนนี้ของงานวิจัย เป็นการศึกษาปัญหาของบริษัทตัวอย่าง เพื่อกำหนดและสร้างผังกระบวนการดำเนินโครงการซิกส์ ซิกมา โดยประกอบด้วยรายละเอียดในการดำเนินงานศึกษาและกำหนดโครงการได้แก่ การรวบรวมและศึกษาจากผลดำเนินงานในอดีต (Historical data) การวิเคราะห์ความสูญเสียในกระบวนการผลิต การศึกษาปัจจัยวิกฤติที่มีผลต่อคุณภาพ (Critical to quality) และการศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละกระบวนการเป็นต้น ซึ่งเมื่อขั้นตอนนี้เสร็จสิ้นจะสามารถกำหนดโครงการปรับปรุง และเป้าหมายของโครงการซิกส์ ซิกมาเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยนี้

2. การกำหนดและประเมินการวัดผล (Measure)

เมื่อทราบปัญหาและเป้าหมายของการศึกษาวิจัยนี้จากขั้นตอนที่ผ่านมาแล้วขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดวิธีการวัดผลสำเร็จของการแก้ไขปัญหา โดยใช้การพิจารณาเปรียบเทียบกับผลการดำเนินงานในอ้างอิงในเชิงคุณภาพ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะได้ประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process capability) การวิเคราะห์ระบบการวัดโดยพิจารณาความลำเอียงและความเป็นเส้นตรงของเครื่องมือวัด (Linearity and bias study) เป็นต้น ซึ่งเป้าหมายของการปรับปรุงที่ถูกกำหนดขึ้นจะถูกใช้ในการอ้างอิงเปรียบเทียบก่อนและ

หลังการดำเนินโครงการซิกส์ ซิกมาต่อไป

3. การวิเคราะห์ปัญหา (Analysis)

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาของงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาปัจจัยหรือสาเหตุต้นตอของปัญหาที่ได้จากการศึกษาในขั้นตอนก่อนหน้า โดยในการประยุกต์ใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ทางสถิติตามความเหมาะสม เช่น การวิเคราะห์แผนผังกระบวนการไหลแบบแยกปัจจัย (X, Y Process mapping) การวิเคราะห์แบบทางเดียว (Simple linear regression) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis test) เป็นต้น โดยงานวิจัยนี้จะได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติประยุกต์ในการวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งเมื่อขั้นตอนนี้เสร็จสิ้นจะสามารถกำหนดตัวแปรหรือปัจจัยสำหรับใช้ในการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการเพื่อการแก้ไขปัญหาของโรงงานตัวอย่างในขั้นตอนต่อไปได้

4. การปรับปรุงกระบวนการ (Improve)

ขั้นตอนนี้จะเป็นการใช้ผลจากการวิเคราะห์เพื่อศึกษาปัจจัยหรือตัวแปรที่ส่งผลต่อปัญหาในการกำหนดค่าสำหรับการควบคุมกระบวนการ โดยประยุกต์ใช้เทคนิค (Design of experiment) ในการศึกษาค่าสำหรับการควบคุมปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการ แล้วนำไปใช้ทำการเปรียบเทียบตัววัดผลที่กำหนดขึ้นไว้ในขั้นตอนการวัดผลแล้ว ในระหว่างการดำเนินการตามขั้นตอนนี้จะมีการทบทวนผลลัพธ์และปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปตามค่าเป้าหมาย

5. การควบคุม (Control)

ขั้นตอนการควบคุมผลจากการปรับปรุงสำหรับงานวิจัยนี้ จะเป็นการประเมินผลสำเร็จของโครงการเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายของโครงการซิกส์ ซิกมาที่กำหนดขึ้นในขั้นตอนแรกและสรุปค่าควบคุมสำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหา เพื่อส่งมอบให้กับผู้บริหารของโรงงานตัวอย่างสำหรับการนำไปใช้ในการควบคุมผลลัพธ์จากการปรับปรุงให้สามารถรักษาผลที่ได้รับอย่างยั่งยืนสำหรับโรงงานต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยจะเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตและข้อร้องเรียนจากลูกค้า เช่น จำนวนการผลิตของแต่ละเดือน รายการของเสียแต่ละเดือน พารามิเตอร์ของเครื่องจักร ข้อร้องเรียนของลูกค้า ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลตั้งแต่ กรกฎาคม พ.ศ. 2558 ถึง กันยายน พ.ศ. 2558

การวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับการวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสีย

โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงปริมาณของของเสีย

ตารางที่ 3-1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

ลำดับที่	ขั้นตอนการดำเนินวิจัย	เครื่องมือที่ใช้ปรับปรุง
1	การเก็บรวบรวมข้อมูลและระบุปัญหา	1. กราฟและแผนภูมิต่าง ๆ 2. การระดมสมอง 4M 3. Process mapping
2	การวัดความสามารถของกระบวนการผลิต	1. ใบบันทึก 2. ใบรายงานการผลิต
3	การวิเคราะห์กระบวนการผลิต	1. Cause and effect diagram 2. QC 7 Tool
4	แนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต	1. Check sheet
5	การควบคุมกระบวนการหลังการปรับปรุงและเปรียบเทียบข้อมูล	1. Pareto chart

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับการวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสีย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงปริมาณของของเสีย

การสรุปผลและข้อเสนอแนะ

ภายหลังจากกระบวนการศึกษาวิจัยแล้วเสร็จ จะทำให้สามารถสรุปประโยชน์ของการดำเนินโครงการซิกส์ซิกมา ร่วมกับการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนของโครงการจนถึงภาพรวมของการดำเนินโครงการทั้งหมดได้ นอกจากนี้ในขั้นตอนนี้จะเป็นการสรุปปัญหา แนวทางการแก้ไขปัญหา และสิ่งที่ได้รับจากงานวิจัย พร้อมกันนี้จะได้นำเสนอข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่

สนใจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องว่าจะได้รับประโยชน์จากงานวิจัยนี้ หรือมีแนวทางสำหรับการวิจัยต่อเนื่องอย่างไรบ้าง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

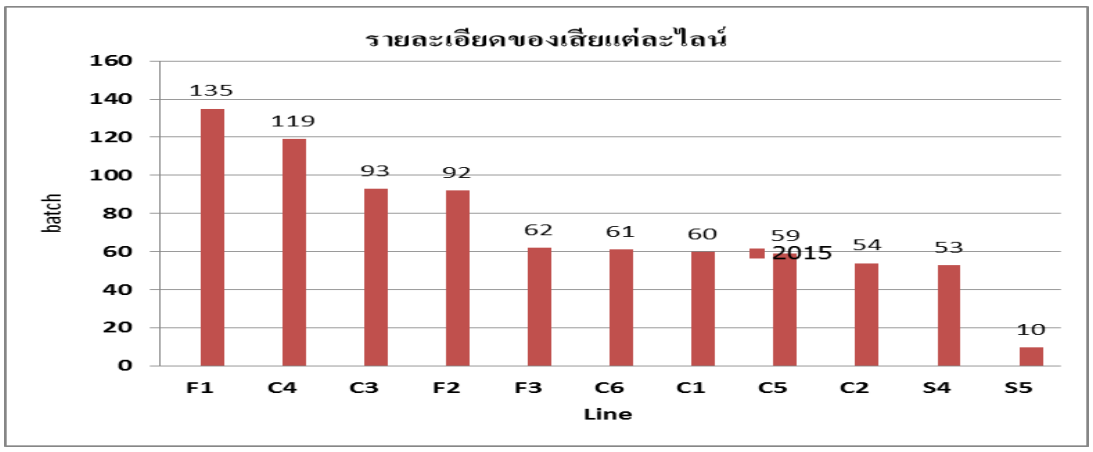
การศึกษาเรื่อง การลดของเสียในกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์โดยการประยุกต์ใช้กระบวนการทาง ซิกส์-ซิกมา: กรณีศึกษา บริษัทผลิตคอมปาวด์แห่งหนึ่งในจังหวัดระยองผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนการวิจัย ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define phase)
2. ขั้นตอนการวัด (Measure phase)
3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze phase)
4. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase)
5. ขั้นตอนการควบคุม (Control phase)

ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)

1. สถานการณ์ปัจจุบัน

จากการเก็บข้อมูลสัดส่วนปัญหาของการผลิตระยะ 6 เดือนระยะเวลา ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2558 พบว่าปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นเกิดจากกระบวนการผลิตแต่ละไลน์มีของเสียไม่เท่ากันโดยไลน์ F1 มีของเสียมากที่สุด ดังตารางที่ 4-1 และภาพที่ 4-1

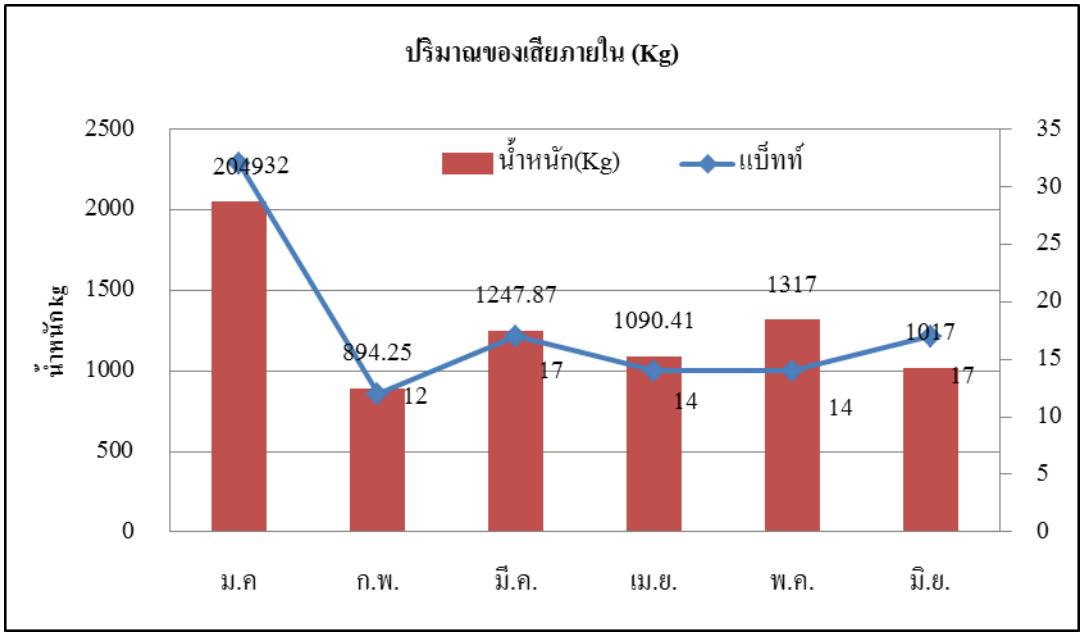


ภาพที่ 4-1 ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นเกิดจากกระบวนการผลิตไลน์ F1

ตารางที่ 4-1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียของปัญหาซึ่งเกิดขึ้นจากการดำเนินการกระบวนการผลิตไลน์ F1

ยอดการผลิต	เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	รวม/ เฉลี่ย
ยอดผลิตทั้งหมด	แบ็ท	20,858.00	19,236.00	21,965.00	14,067.00	18,201.00	18,284.00	112,611.00
	น้ำหนัก (กก.)	1,907,989.74	1,640,179.31	1,922,669.18	1,367,001.11	1,647,222.46	1,722,916.66	10,207,978.46
ยอดของเสียใน	แบ็ท	32.00	12.00	17.00	14.00	14.00	17.00	106.00
กระบวนการ	น้ำหนัก (กก.)	2,049.00	894.25	1,247.87	1,090.41	1,317.00	1,017.00	7,615.53
ยอดของเสียจากลูกค้า	แบ็ท	1.00	14.00	2.00	3.00	2.00	7.00	29.00
	น้ำหนัก (กก.)	75.00	927.37	50.00	319.54	89.65	394.48	1,856.04
ยอดของเสียรวมทั้งหมด	แบ็ท	33.00	26.00	19.00	17.00	16.00	24.00	135.00
	น้ำหนัก (กก.)	2,124.00	1,821.62	1,297.87	1,409.95	1,406.65	1,411.48	9,471.57
% ของเสีย	เปอร์เซ็นต์โดยแบ็ท (%)	0.16	0.14	0.09	0.12	0.09	0.13	0.73
	น้ำหนัก (กก.)	0.11	0.11	0.07	0.10	0.09	0.08	0.09

จากข้อมูลตารางที่ 4-1 พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นเกิดในกระบวนการ F1 มากที่สุดมีจำนวนเท่ากับ 135 แบ็ท โดยคิดเป็นร้อยละ 0.09 ของยอดแบ็ทการผลิตทั้งหมด หรือจำนวนน้ำหนักของเสียทั้งหมด 9471.57 กิโลกรัม จากยอดการผลิตทั้งกระบวนการโดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยใช้แผนภูมิแท่งดังภาพที่ 4-2 พบว่า ปริมาณของเสียค่อนข้างคงที่หลังจากเดือนที่ 2



ภาพที่ 4-2 แผนภาพยอดของเสียในกระบวนการ

2. จากปัญหาที่เกิดส่งผลกระทบต่อ Voice of Customer (VOC) ดังนี้

2.1 ลูกค้าภายนอกได้รับสินค้าล่าช้าเพราะต้องรอการแก้ไขหรือผลิตใหม่ และบางครั้งต้องทำลายของเสียทำให้เกิดต้นทุนและการจัดการที่ยุ่งยาก

2.2 ลูกค้าภายใน เจอปัญหางานเสียที่สูงถึง 900 ppm และเสี่ยงที่ของเสียจะหลุดไปยังลูกค้าเนื่องจากต้องใช้การตรวจสอบด้วยสายตา

3. การวิเคราะห์ตั้งแต่ผู้ส่งมอบ ปัจจัยนำเข้า กระบวนการ ผลลัพธ์ไปจนถึงลูกค้า

ในงานวิจัยได้ทำการเลือกใช้การวิเคราะห์ตั้งแต่ผู้ส่งมอบ ปัจจัยนำเข้า กระบวนการตลอดจนลูกค้าตามหลักการ (Supplier-input-process-output-customer) เพื่อทำความเข้าใจภาพรวมของกระบวนการ ขอบเขตของกระบวนการ และลูกค้าภายในกระบวนการ ทำให้เราสามารถเข้าใจกระบวนการได้มากขึ้น ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ด้วย SIPOC สามารถแสดงได้แสดงรายละเอียดดังนี้

Supplier คือ ผู้ผลิตวัตถุดิบและส่งมอบวัตถุดิบให้แก่บริษัท

Input คือ วัตถุดิบประกอบด้วย พอลิเมอร์ ฟิลเลอร์ น้ำมัน สารเคมี ยาสุก

Process คือ กระบวนการผสมคอมปาวด์

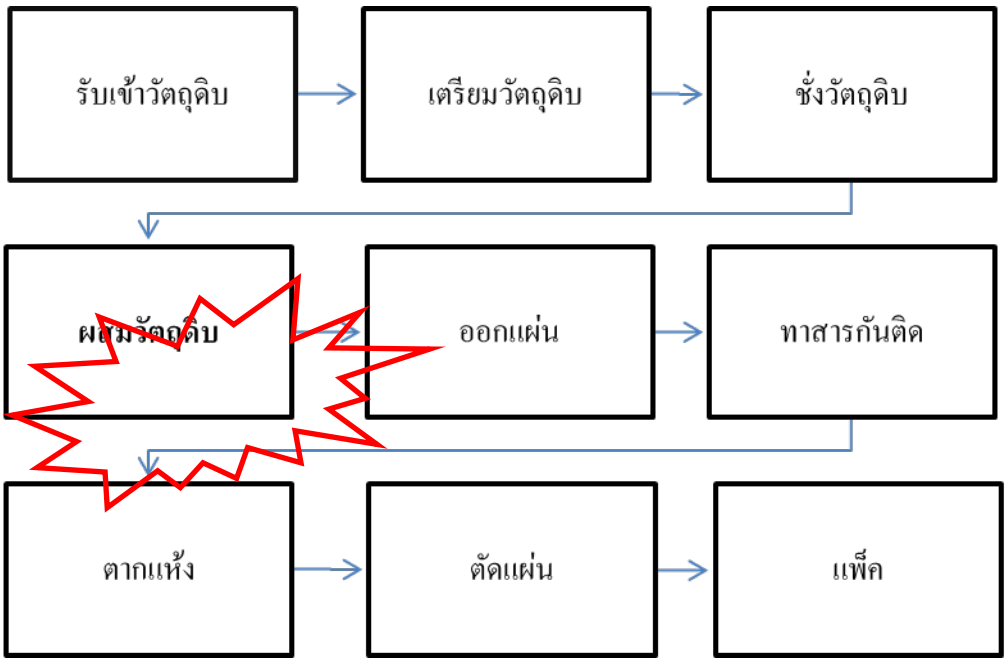
Output คือ คอมปาวด์สำหรับส่งลูกค้า

Customer คือ บริษัทขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

ตารางที่ 4-2 การวิเคราะห์ตั้งแต่ผู้ส่งมอบ ปัจจัยนำเข้า กระบวนการ ตลอดจนลูกค้าตามหลักการ (Supplier-input-process-output-customer)

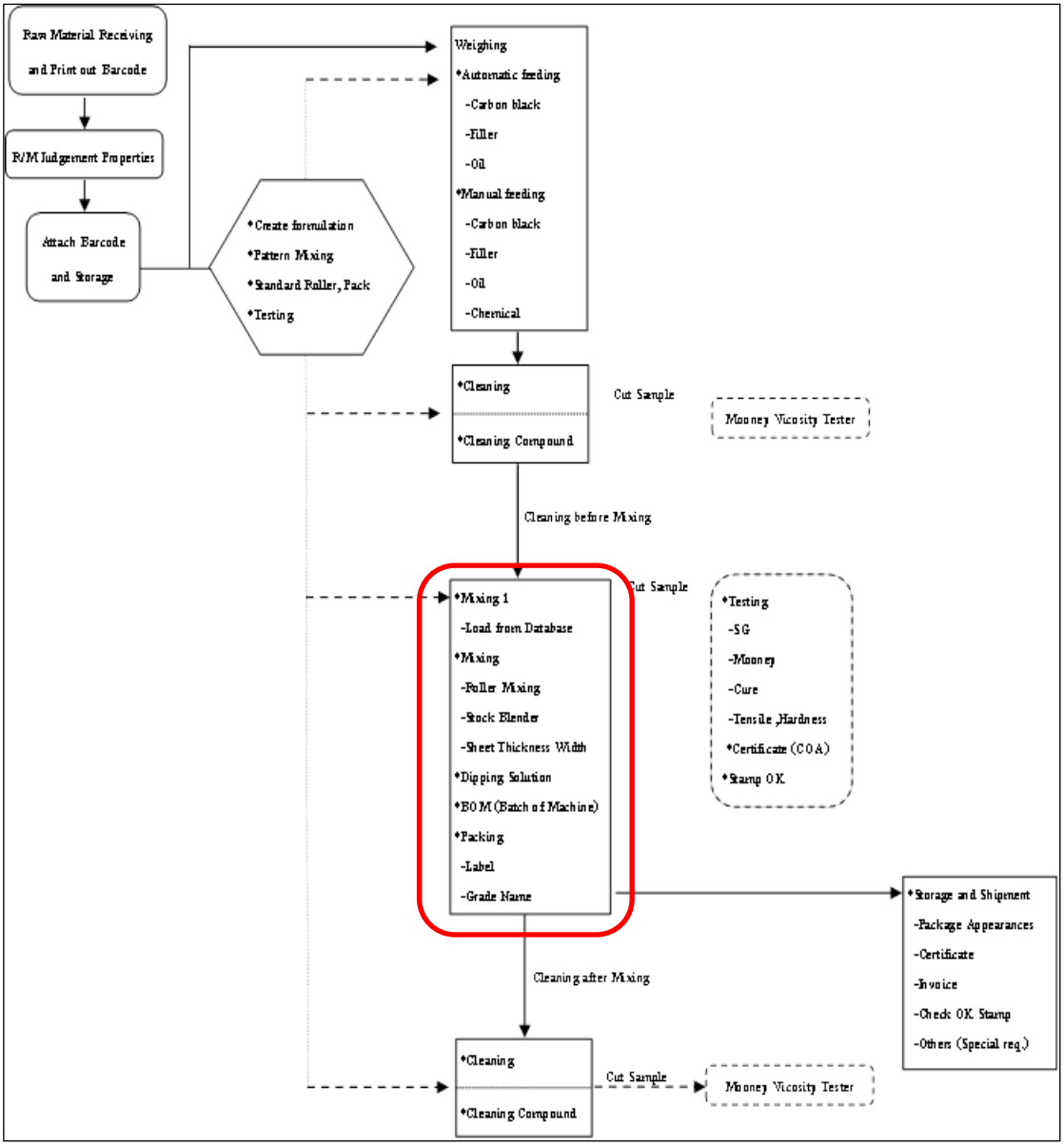
Supplier	**Input**	**Process**	**Output**	**Customer**
ผู้ผลิตวัตถุดิบ	พอลิเมอร์ ฟิลเลอร์ น้ำมัน สารเคมี สารยาสุก	รับเข้าวัตถุดิบ เตรียมวัตถุดิบ ชั่งวัตถุดิบ ผสมวัตถุดิบ ออกแผ่น ทาสารกันติด ตากแห้ง ตัดแผ่น แพ็ค	คอมปาวด์ที่มีคุณภาพ	บริษัทขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

จากตารางที่ 4-2 ทำให้เข้าใจกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์มากขึ้นทำให้สามารถประเมินระดับความสำคัญของแต่ละต่อกระบวนการที่มีผลต่อคุณภาพของสินค้าและเพื่อง่ายต่อความเข้าใจได้เขียน Diagram เพิ่มเพื่อง่ายต่อการทำการศึกษาขั้นตอนย่อยในกระบวนการผสม ดังภาพที่ 4-3



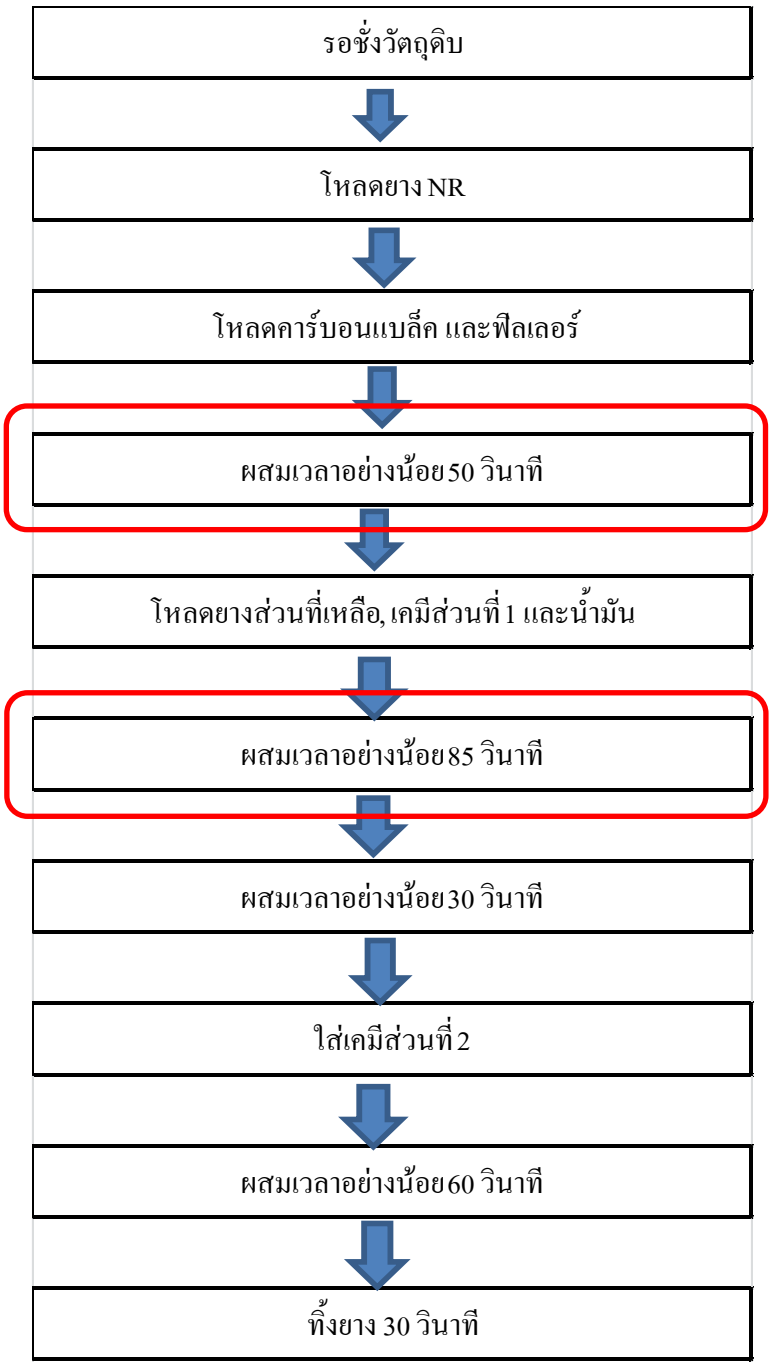
ภาพที่ 4-3 รายละเอียดปัญหาที่เกิดขึ้นในไลน์ F1

จากข้อมูลข้างต้นมีการเก็บตัวอย่างจากขั้นตอนการผสมและตรวจสอบคุณภาพและเจอของเสียที่จุดนี้ แสดงให้เห็นปัญหาหลักที่เกิดขึ้นและส่งผลต่อการเกิดของเสียมากที่สุดคือปัญหาของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตที่ไลน์ F1 โดยเกิดจากกระบวนการในขั้นตอนการผสม ดังนั้นทางทีมงานจึงได้เลือกจุดนี้ไปทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไป และได้เข้าไปสำรวจกระบวนการผลิต F1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผสม (Macro process flow chart) ได้รายละเอียดตามภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 แผนผังกระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดของเสีย

เมื่อทำการศึกษาบริเวณจุดผสม ซึ่งจะมีขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดดังนี้ ณ จุดผสมยางดังนี้



ภาพที่ 4-5 แผนผังกระบวนไหล ณ จุดผสมยาง

จากปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักการตั้งคำถาม 3W2H ดังนี้

1. What พบของเสียจากจุดการผสม
2. Where ไลน์การผลิต F1

3. When ตั้งแต่เดือน มกราคม-มิถุนายน 2558

4. How ใบรายงานตรวจสอบคุณภาพประจำวัน

5. How much คิดเป็นร้อยละ 0.09/ น้ำหนักยอดการผลิตทั้งหมด

เมื่อพิจารณาจากผังของกระบวนการไหลของการผสมแล้วพบว่ากระบวนการผสมในขั้นตอนการผสมเป็นขั้นตอนที่เหมาะสมกับการศึกษาเพื่อลดของเสีย นอกจากนั้นได้มีการระดมสมองจากทีมงานที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพว่าลูกค้าต้องการอะไรบ้าง สมาชิกของทีมประกอบด้วย

1. ผู้จัดการฝ่ายผลิต
2. หัวหน้างานฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ
3. หัวหน้างานฝ่ายวิศวกรรมการผลิต
4. หัวหน้างานฝ่ายเทคโนโลยีของกระบวนการ
5. หัวหน้างานฝ่ายประกันคุณภาพ
6. พนักงานฝ่ายผลิต

จากการระดมสมองเพื่อหาความต้องการของลูกค้าเราสามารถได้ความต้องการของลูกค้าตามรายละเอียดด้านล่าง

ตารางที่ 4-3 วิธีการคำนวณหาความต้องการของลูกค้าด้านคุณภาพของยางคอมปาวด์

		ความต้องการด้านเทคนิค	สมบัติทางกายภาพ	การคืนตัว	ลักษณะการฉุดตัว	ความหนืด	การกระจายตัว	ความทนทานต่อน้ำมัน	ความทนทานต่อสภาพอากาศ	ความทนทานต่อความร้อน	ความต้านทานการฉีกขาด	ความยืดหยุ่นการผสม	ความแข็งเฉพาะ	ค่าความกระด้างกระดอน
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ความต้องการของลูกค้า	**ลำดับความสำคัญ**												
1	สภาพแพ็คเกจสมบูรณ์ขณะรับเข้า	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	คุณภาพตรงตามสเป็คที่กำหนด	12	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
3	สามารถขึ้นรูปได้ (Molding process)	11	2	0	3	2	0	0	0	0	0	3	0	0
4	ของเสียได้ตามเป้าหมาย	10	3	2	2	3	3	0	0	0	0	3	0	0

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

			ความต้องการด้านเทคนิค	สมบัติทางกายภาพ	การคืนตัว	ลักษณะการลูกตัว	ความหนืด	การกระจายตัว	ความทนทานต่อน้ำมัน	ความทนทานต่อสภาพอากาศ	ความสามารถทนทานต่อความร้อน	ความต้านทานการฉีกขาด	ความสามารถในการผสม	ความต่างจำเพาะ	ค่าความกระด้างกระดอน
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ความต้องการของลูกค้า	ลำดับความสำคัญ													
5	รอบเวลาการผลิตไม่เกินเป้าหมาย	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
6	ส่งมอบตรงเวลา	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	การบริการ/ ความสัมพันธ์กับลูกค้าดี	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	สามารถติดต่อซื้อขายได้ง่าย	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	ราคาแข่งขันได้	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
11	ใช้งานได้ทนทาน	3	2	3	1	0	0	0	3	0	3	0	0	3
12	ความน่าเชื่อถือทางธุรกิจ	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		คะแนน	179	65	96	126	88	36	45	24	45	132	36	45
		%	19.52	7.09	10.47	13.74	9.60	3.93	4.91	2.61	4.91	14.39	3.93	4.91
	ลำดับความสำคัญทางเทคนิค	ความสัมพันธ์ ลำดับความสำคัญ	1	4	3	2	3	6	5	7	5	2	6	5

3. ความสัมพันธ์มาก
2. ความสัมพันธ์ปานกลาง
1. ความสัมพันธ์น้อย
0. ไม่มีความสัมพันธ์

วิธีการคำนวณจะใช้ลำดับความสำคัญจากความต้องการของลูกค้าคูณด้วยความสำคัญทางเทคนิคและรวมผลคะแนนที่ได้ออกมาและนำคะแนนมาเรียงตามลำดับมากไปหาน้อย

จากการทราบความต้องการของลูกค้าได้มีการนำมาเรียงลำดับคะแนนตามความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและความต้องการด้านเทคนิคสามารถเรียงตามลำดับได้ดังนี้

1. สมบัติทางกายภาพ เช่น ความแข็ง ความต้านทานการฉีกขาด ความสามารถในการต้านการดึงยืด ความต้านทานแรงดึง

2. ความหนืดของคอมปาวด์
3. ลักษณะการสุกตัวและการกระจายตัว
4. การคืนตัว
5. ความต้านทานการฉีกขาดและการกระเด้งกระดอน
6. ความถ่วงจำเพาะและความทนทานน้ำมัน
7. ความสามารถการทนความร้อน

จากความต้องการที่มีความสัมพันธ์กับทางเทคนิคมากที่สุดคือสมบัติทางกายภาพดังนั้นในการวิเคราะห์ทางด้านคุณภาพเกี่ยวกับคอมปาวด์เราจะใช้สมบัติทางกายภาพเพื่อการวิเคราะห์เพราะเป็นค่าที่มีความสำคัญต่อคุณภาพ

ขั้นตอนการวัด (Measure phase)

เมื่อทราบปัญหาจากขั้นตอนการคัดเลือกที่ผ่านมาแล้วในขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดวิธีการวัดผลเพื่อทราบสถานะปัจจุบันของกระบวนการผลิตซึ่งทางผู้วิจัยจะประยุกต์ใช้การวัดความสามารถของกระบวนการ ในด้านความต้านการทดสอบสมบัติทางกายภาพได้แก่ความต้านทานต่อแรงดึง การยืดตัว และความแข็งมาทดสอบ เนื่องจากด้วยสมบัติทางกายภาพเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อปัจจัยเชิงคุณภาพดังที่ได้กล่าวมาแล้วเบื้องต้นในขั้นตอนการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า ดังนั้นจึงเลือกปัจจัยเหล่านี้มาใช้ในการวัด

1. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

หลังจากทำการเก็บข้อมูลด้านความต้านทานต่อแรงดึงจำนวน 30 ข้อมูล ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่อง Tensile และทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D412 และได้ทดลองนำมาศึกษาค่า CP และ CPK โดยใช้วัตถุดิบล็อตเดียวกัน เครื่องจักรเดียวกัน คนทดสอบเพียง 1 คน ได้ผลดังด้านล่าง

ตารางที่ 4-4 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

Before improve process	**TB**	**EB**	**HD**
DETAIL/ ITEM			
n =	30.00	30.00	30.00
MAX =	231.00	452.00	77.00
MIN =	206.00	380.00	75.00

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

Before improve process	**TB**	**EB**	**HD**
DETAIL/ ITEM			
AVERAGE	219	412	76
STDEV (s)	8.699	17.386	0.498
CPU = (USL-Xbar)/ 3σ	1.178	1.679	2.501
CPL = (Xbar-LSL)/ 3σ	1.121	1.197	4.198
Cp = (USL-LSL)/ 6σ	1.150	1.438	3.349
Cpk = Min (CPU, CPL)	1.121	1.197	2.501
Cpk = Min (CPU, CPL)	1.121	1.197	2.501
Process control spec	241	456	79
	198	369	73
Product control spec	250	500	80
	190	350	70

จากผลการวัดความสามารถของกระบวนการในหัวข้อการทดสอบสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาจากกกระบวนการพบว่าค่า Cpk, TB = 1.212 , EB = 1.197, HD = 2.501 ซึ่งจาก HD มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย แต่สำหรับค่า TB และ EB ยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ยถ้าหากเราสามารถปรับปรุงในส่วน TB และ EB ให้สูงขึ้นจะทำให้สามารถตอบสนองความต้องการลูกค้าได้มากขึ้น

2. การวิเคราะห์ความสามารถระบบการวัด

ระบบการวัดเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการแยกแยะของเสียออกจากของดี การประเมินระบบการวัดในกระบวนการเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากสำหรับกระบวนการปรับปรุง เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและค่ามาตรฐานต่างๆของเครื่องมือ จำเป็นต้องมีการทดสอบ และทำการสอบเทียบเครื่องมือก่อนเริ่มการผลิตเพื่อความแม่นยำในการวัด นอกจากเครื่องมือแล้วบุคลากรก็จำเป็นต้องมีการทดสอบ หรือต้องผ่านการอบรมและถูกสอบเทียบด้วยเช่นกันในส่วนของการประเมินการวัดนั้นจะมีการวิเคราะห์รายละเอียดของแต่ละกระบวนการที่ใช้ผลิตหากพบว่ากระบวนการใดที่มีปัญหา และมาตรในการวัดใดไม่เป็นไปตามข้อกำหนดก็จำเป็นที่จะต้องทำการปรับปรุงในส่วนของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดในกระบวนการนั้นเสียก่อนเป็นอันดับแรก และทำการทดสอบพนักงานว่าสามารถทำการวัดได้ถูกต้องแม่นยำตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ ดังนั้นจึงได้มีการวิเคราะห์ระบบการวัดว่าสามารถยอมรับได้หรือไม่ ในส่วนนี้จะเป็นการทดสอบ

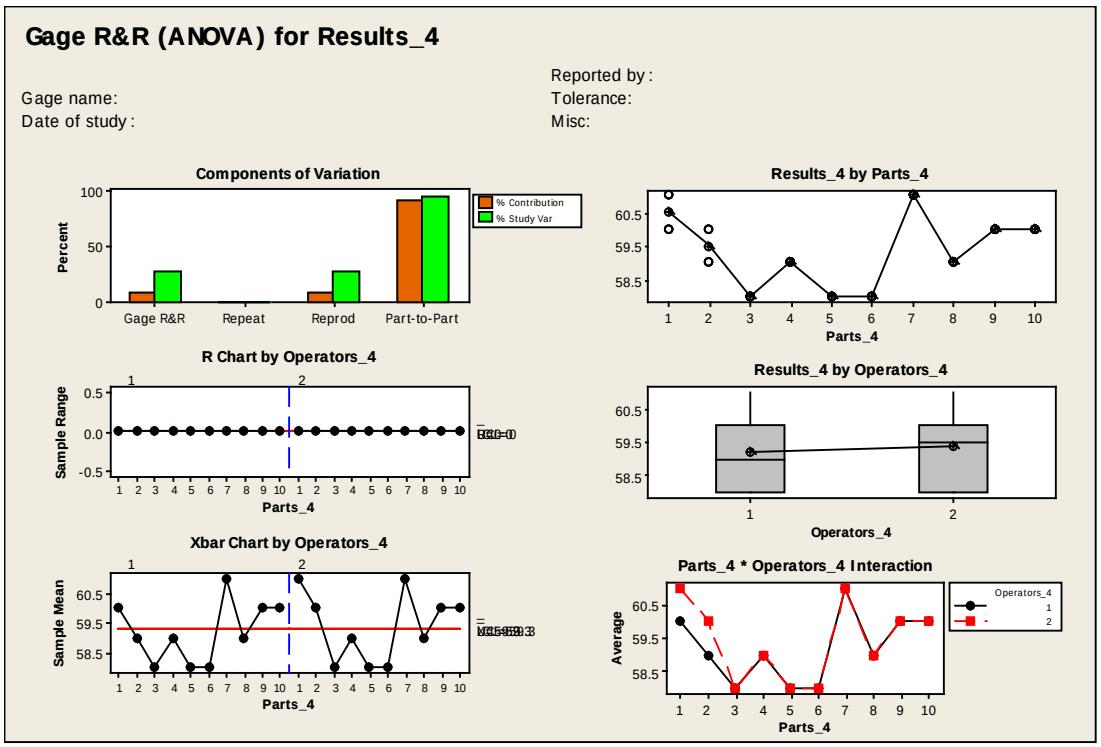
เกี่ยวกับการทดสอบค่าความแข็งซึ่งเป็นค่าที่ทางลูกค้าให้ความสำคัญตามที่ได้ทำการศึกษาไว้ในขั้นตอนการกำหนดขอบเขตการศึกษาดังนั้นจึงได้มีการทดสอบดังนี้

1. เลือกสูตรหนึ่งสูตรสำหรับทำการทดสอบระบบวัด
2. จัดเตรียมชิ้นตัวอย่างจำนวน 10 ชิ้น
3. พนักงานสองคนทำการวัด 3 ครั้งติดต่อกัน
4. พนักงานที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์เป็นพนักงานที่ทำงานประจำจุดการตรวจสอบค่าความแข็ง
5. เครื่องทดสอบค่าความแข็ง ใช้เครื่องเดียวกันตลอดการทดลอง

ตารางที่ 4-5 ผลการทดสอบเกี่ยวกับการทดสอบค่าความแข็งซึ่งเป็นค่าที่ทางลูกค้า

ตัวอย่าง	**พนักงานคนที่ 1**			**พนักงานคนที่ 2**		
1	60	61	60	61	61	61
2	59	59	59	60	60	60
3	58	58	58	58	58	58
4	59	59	59	59	59	59
5	58	58	58	58	58	58
6	58	58	58	58	58	58
7	61	61	61	61	61	61
8	59	59	59	59	59	59
9	60	60	60	60	60	60
10	60	60	60	60	60	60

เมื่อนำผลการทดลองไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมมินิแทบและทำการวัดด้วยวิธี Gauge R & R (ANOVA) จะได้กราฟดังภาพด้านล่าง



ภาพที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.30068	26.42
Repeatability	0.30068	26.42
Reproducibility	0.00000	0.00
Operators_5	0.00000	0.00
Part-To-Part	0.83754	73.58
Total Variation	1.13822	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.54834	3.29006	51.40
Repeatability	0.54834	3.29006	51.40
Reproducibility	0.00000	0.00000	0.00
Operators_5	0.00000	0.00000	0.00
Part-To-Part	0.91517	5.49104	85.78
Total Variation	1.06687	6.40125	100.00

Number of Distinct Categories = 2

ภาพที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์ Gauge R & R

จากภาพที่ 4-6 การวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab จะได้ผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. ค่าความสามารถในการแยกแยะของแต่ละหมวดหมู่ (Number of district category) มีค่าเท่ากับ 2 ถือว่า อยู่ในเกณฑ์ที่ระบบสามารถแยกแยะความต่างของข้อมูลออกมาเป็นกลุ่มตามคุณลักษณะของข้อมูลได้ แต่เนื่องจากทางผู้วิจัยไม่ได้ใส่ตัวอย่างที่มีความต่างกันเพื่อเช็คความสามารถในการแยกแยะของข้อมูลที่ต่างกันจึงทำให้ค่าความสามารถในการแยกแยะออกมา 2 แต่กระบวนการวัดนี้สามารถยอมรับได้เพราะสเป็คจริงของการวัดความแข็งใช้ช่วงการยอมรับที่ = 5

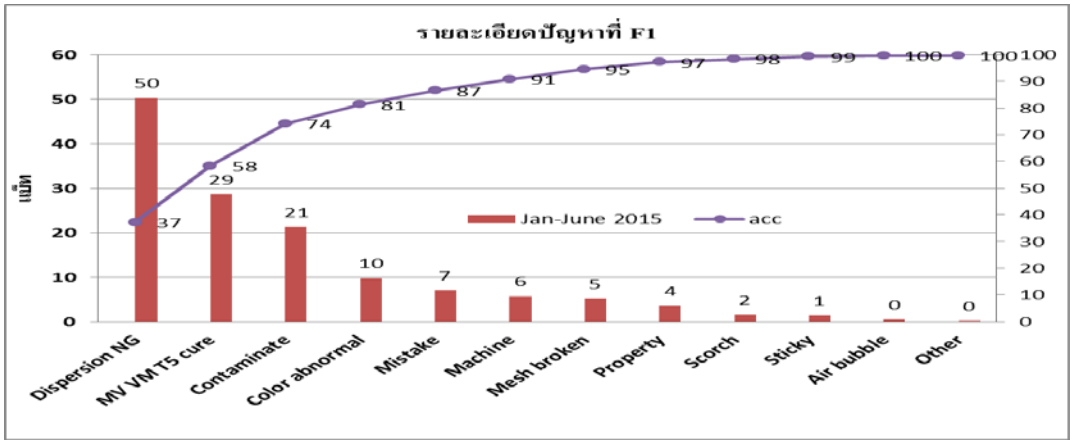
2. ค่า Total gauge R & R เท่ากับ 3.29% แสดงว่า ระบบการวัดสามารถยอมรับได้ เนื่องจากมีค่าน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ (AIAG)

ดังนั้นภาพรวมจากการวิเคราะห์ระบบการวัดสามารถยอมรับได้ และสามารถใช้ในการวัดข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์กระบวนการได้ไม่ต้องปรับปรุงกระบวนการวัด

นอกจากนั้นได้มีการศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตว่ามีความผันแปรมากน้อยเพียงใด และส่งผลต่อคุณสมบัติของคอมปาวด์ในขั้นสุดท้ายหรือไม่ และได้นำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ตอนทำการวิเคราะห์

ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze phase)

จากสถิติของเสียที่พบในสายการผลิต F1 นั้นทางผู้วิจัยได้นำข้อมูลของเสียที่พบตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2558 มาทำการวิเคราะห์ชนิดของเสียที่พบโดยอ้างอิงตามปริมาณแบ็ทที่พบสามารถแสดงปัญหาที่พบได้ดังรายละเอียดในกราฟแท่งด้านล่าง

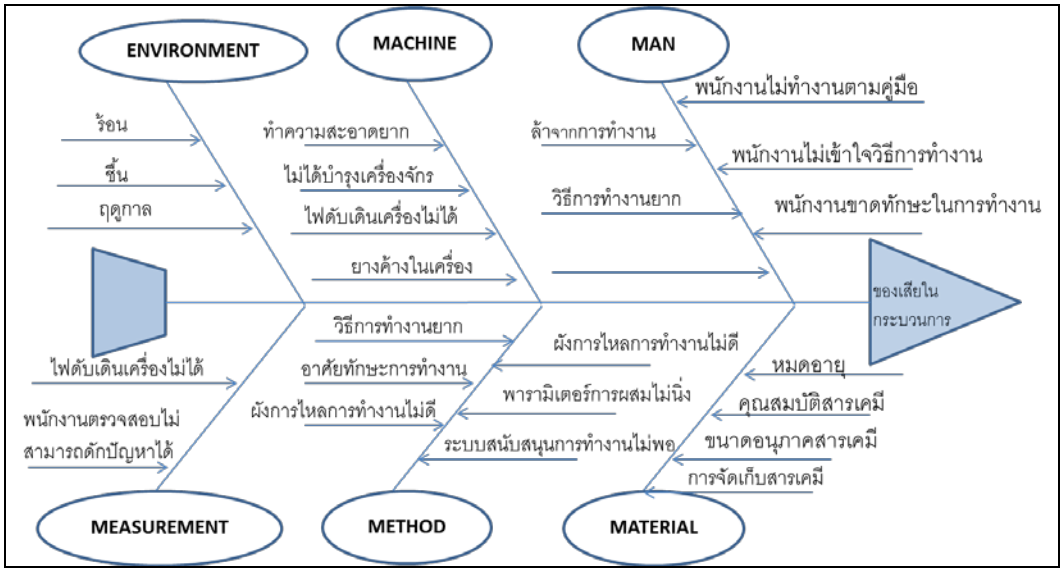


ภาพที่ 4-8 แผนภาพรายละเอียดปัญหาที่เกิดขึ้น

จากการวิเคราะห์ชนิดของเสียตามอาการ โดยใช้แผนภูมิแท่งพบว่าชนิดของเสียที่พบมากลำดับที่ 1, 2, 3 ตามลำดับ คือ

1. Dispersion N.G.
2. Mv Vm T5 cure
3. Contaminate ตามลำดับ

ดังนั้นจากอาการเบื้องต้นตามภาพด้านบนนั้นเป็นอาการที่ส่งผลกระทบต่อลูกค้าดังนั้นจึงได้มีการระดมความคิดเพื่อคาดการณ์ปัจจัยที่คิดว่ามีผลต่อจำนวนของเสีย และค้นหาว่าตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการมีอะไรบ้าง จากนั้นทำการระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่อาจทำให้เกิดปัญหา โดยนำแผนผัง SIPOC ในหัวข้อที่ 1 มาประกอบการวิเคราะห์หาสาเหตุโดยการใช้แผนภูมิก้างปลาเพื่อระดมสมองถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพ



ภาพที่ 4-9 แผนภาพก้างปลาการวิเคราะห์สาเหตุของเสีย

จากการระดมสมองของทีมงานดังกล่าวทางทีมงานได้ระดมสมองเพื่อคัดเลือกปัญหาที่มีโอกาสมากที่สุดมาทำการพิสูจน์สาเหตุโดยที่ปัญหาที่เราเลือกมาทำการวิเคราะห์ 4 รายการประกอบด้วย 1) พารามิเตอร์การผสม 2) ขนาดอนุภาคสารเคมี 3) อัตราส่วนการผสมหรือน้ำหนักสารเคมีที่ใช้ และ 4) สารเคมีและวัตถุดิบตกค้างในเครื่องขณะผสม

1. พารามิเตอร์การผสม

โดยเริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ที่ใช้ในการผสมมาทำการวิเคราะห์ โดยข้อมูลพารามิเตอร์ที่นำมาวิเคราะห์ประกอบด้วย แรงดันลมที่ใช้ขณะทำการผสม ความเร็วรอบโรเตอร์ เวลาที่ใช้ในการผสมโดยมาตรฐานขั้นตอนการทำงานมีรายละเอียด ตามตัวอย่างด้านล่าง

Order:	2015-07-04 20:04:25	Customer Batch:	2253					TCU 1	0 °C			
Recipe:		Start of order:	05/07/15 03:57					TCU 2	0 °C			
Line:	P1(GK 250E)							TCU 3	0 °C			
	Process step	Ram Position		Rotor Speed	Spec. Ram-	Step time	temperature	mean value of the	maximum of the	Revolutions	Energy	Cycle time
No.		U	Dow	[1/min]	[N/cm²]	[s]	[°C]	[A]	[A]	[...]	[kJ]	[s]
S1	รอชั่งวัตถุดิบ	X		20	0	72.5	97	278	401	0		0
S2	เริ่มผสมอุณหภูมิน้อยกว่า 80 องศาเซลเซียส	X		20	0	55.2	80	277	282	0		72
S3	โหลดพอลิเมอร์	X		20	0	17.3	74	295	384	0		127
S4	ผสมเวลาอย่างน้อย 53 วินาที		X	45	50	53.3	97	386	518	36		145
S5	โหลดเคมี	X		20	0	21.8	79	290	476	3		197
S6	โหลดคาร์บอนแบล็ค (Fix carbon black 53.53	X		20	0	22.3	65	297	327	5		220
S7	ผสมเวลาอย่างน้อย 80 วินาที		X	40	50	81.0	138	717	1026	52		242
S8	ทำความสะอาด 10 วินาที	X		25	0	10.9	119	321	686	1		323
S9	ผสมเวลาอย่างน้อย 40 วินาที		X	45	50	56.4	165	691	935	41		334
S10	ทิ้งยางอุณหภูมิ 165		X	40	50	30.6	138	350	847	3		390
S11	กลับสู่สภาวะพร้อมใช้งาน		X	21	0	7.8	134	276	280	3		420
		Dumptemp.:										
		Display:	165 °C						**1026**	**144**		**07:00**
		Manual:	°C									

ภาพที่ 4-10 ตัวอย่างการบันทึกพารามิเตอร์ในขั้นตอนการผสมและขั้นตอนการทำงานอย่าง ละเอียด

จากภาพที่ 4-10 แสดงขั้นตอนการทำงานมีขั้นตอนที่ S4, S7 และ S9 ที่เป็นขั้นตอนการผสมที่มีความสำคัญจึงได้มีการดึงพารามิเตอร์ของการผสมในขั้นตอนนี้มาทำการวิเคราะห์ โดยข้อมูลที่ใช้ในการผลิตจริงทดลองเก็บข้อมูล 40 แบ็ท มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4-6 พารามิเตอร์ Temp, Time, Speed, Pressure ที่ใช้ในการผสม ของแต่ละแบ็ท

No	Temp s4	Temp s7	Temp s9	Temp Drop	Time s4	Time s7	Time s9	Speed s4	Speed s7	Speed s9	Ram Press s4	Ram Press s7	Ram Press s9
1	53	126	165	165	53.1	80.1	74.3	45.0	40.0	45.0	50	50	50
2	96	135	166	166	53.8	81.0	67.2	45.0	40.0	45.0	50	50	50
3	73	136	165	165	53.1	80.5	64.1	45.0	40.0	45.0	50	50	50
4	68	131	165	165	53.3	81.0	69.9	45.0	40.0	45.0	50	50	50
5	73	133	165	165	53.4	80.2	55.9	45.0	40.0	45.0	50	50	50
6	94	137	165	165	53.6	81.0	56.1	45.0	40.0	45.0	50	50	50
7	94	140	166	166	53.4	80.5	52.0	45.0	40.0	45.0	50	50	50
8	97	141	166	166	53.3	80.4	55.5	45.0	40.0	45.0	50	50	50
9	67	126	166	166	54.0	80.9	66.3	45.0	40.0	45.0	50	50	50
10	90	140	165	165	53.4	80.5	68.3	45.0	40.0	45.0	50	50	50
11	88	138	165	165	53.3	81.0	66.2	45.0	40.0	45.0	50	50	50
12	85	131	165	165	53.2	80.5	59.7	45.0	40.0	45.0	50	50	50
13	97	138	165	165	53.3	81.0	56.4	45.0	40.0	45.0	50	50	50
14	95	146	165	165	53.4	80.2	61.8	45.0	40.0	45.0	50	50	50
15	90	137	166	166	53.4	81.0	58.4	45.0	40.0	45.0	50	50	50
16	96	138	166	166	53.9	80.9	58.3	45.0	40.0	45.0	50	50	50
17	74	134	166	166	53.3	80.8	57.3	45.0	40.0	45.0	50	50	50
18	97	144	165	165	53.7	80.7	50.1	45.0	40.0	45.0	50	50	50
19	68	134	165	165	53.8	80.2	63.7	45.0	40.0	45.0	50	50	50
20	82	133	166	166	53.4	80.7	58.6	45.0	40.0	45.0	50	50	50
21	95	139	166	166	53.7	80.7	52.0	45.0	40.0	45.0	50	50	50
22	98	142	165	165	53.1	81.0	56.6	45.0	40.0	45.0	50	50	50
23	93	141	166	166	53.3	80.8	56.9	45.0	40.0	45.0	50	50	50
24	72	135	165	165	53.5	81.0	52.8	45.0	40.0	45.0	50	50	50
25	101	138	165	165	53.1	80.2	53.2	45.0	40.0	45.0	50	50	50
26	93	134	165	165	53.6	81.0	63.9	45.0	40.0	45.0	50	50	50
27	83	132	166	166	53.3	80.7	68.9	45.0	40.0	45.0	50	50	50
28	101	140	167	167	53.4	80.5	56.0	45.0	40.0	45.0	50	50	50
29	88	138	166	166	53.3	80.5	59.1	45.0	40.0	45.0	50	50	50
30	70	131	165	165	53.8	80.1	68.0	45.0	40.0	45.0	50	50	50
31	101	142	166	166	53.7	80.6	62.4	45.0	40.0	45.0	50	50	50
32	72	138	166	166	53.0	80.3	53.4	45.0	40.0	45.0	50	50	50
33	94	139	165	165	53.8	80.3	56.4	45.0	40.0	45.0	50	50	50
34	97	140	165	165	53.5	80.0	54.4	45.0	40.0	45.0	50	50	50

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

No	Temp s4	Temp s7	Temp s9	Temp Drop	Time s4	Time s7	Time s9	Speed s4	Speed s7	Speed s9	Ram Press s4	Ram Press s7	Ram Press s9
35	91	141	165	165	53.1	80.6	58.0	45.0	40.0	45.0	50	50	50
36	69	135	165	165	53.3	80.7	56.0	45.0	40.0	45.0	50	50	50
37	79	135	166	166	53.5	80.8	66.2	45.0	40.0	45.0	50	50	50
38	99	141	165	165	53.9	80.1	56.2	45.0	40.0	45.0	50	50	50
39	92	140	165	165	53.3	80.7	59.9	45.0	40.0	45.0	50	50	50
40	64	128	165	165	53.4	81.1	64.0	45.0	40.0	45.0	50	50	50

จากตารางที่ 4-6 แสดงข้อมูลพารามิเตอร์ที่ศึกษาจากกระบวนการนำมาศึกษาเพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยใดบ้างเมื่อมีความผันแปรแล้วมีผลต่อคุณสมบัติของคอมปาวด์ โดยได้ศึกษาค่าพารามิเตอร์เทียบกับค่ามาตรฐานว่ามีความผันแปรอย่างไร มีรายละเอียดตามตารางด้านล่าง

ตารางที่ 4-7 ความสามารถพารามิเตอร์ Temperature

ความสามารถพารามิเตอร์ Temperature	Temp s4	Temp s7	Temp s9	Temp drop
Avg	86	137	165	165
Max	101	146	167	167
Min	53	126	165	165
USL	76	127	155	155
LSL	96	147	175	175
Sigma	13.33	5.36	2.17	2.17
CPU	0.26	0.64	1.47	1.47
CPL	0.24	0.60	1.61	1.61
Cpk	0.24	0.60	1.47	1.47

จากตารางที่ 4-7 พบว่า แม้ว่าอุณหภูมิการเริ่มการผสมที่ต่างกัน แต่อุณหภูมิ Temp drop โดยรวมจะมีความใกล้เคียงกันและจากค่า Cpk ของพารามิเตอร์ Drop temp มีค่าเท่ากับ 1.47 ดังนั้น พารามิเตอร์ Temp จึงสามารถยอมรับได้

ตารางที่ 4-8 ความสามารถของพารามิเตอร์ Time

ความสามารถพารามิเตอร์ Time	Time s4	Time s7	Time s9
Avg	53.4	80.6	59.9
Max	54.0	81.1	74.3
Min	53.0	80.0	50.1
USL	52.0	80.0	59.0
LSL	54.0	82.0	61.0
Sigma	0.35	0.40	6.07
CPU	0.54	1.15	0.06
CPL	1.36	0.52	0.05
Cpk	0.54	0.52	0.05

จากตารางที่ 4-8 พบว่า แม้ว่าเวลาการผสมมีค่า Cpk ของพารามิเตอร์ Time s4, Time s7 มีค่าเท่ากับ 0.54, 0.52 แม้ว่าค่า Cpk จะต่ำแต่ช่วงการยอมรับที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นั้นมีค่าบวก-ลบหนึ่งวินาที และทุกค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลอยู่ในช่วงการยอมรับดังนั้นพารามิเตอร์ Time จึงสามารถยอมรับได้

ตารางที่ 4-9 ความสามารถของพารามิเตอร์ Speed

ความสามารถพารามิเตอร์ Speed	Speed s4	Speed s7	Speed s9
Avg	45.0	40.0	45.0
Max	45.0	40.0	45.0
Min	45.0	40.0	45.0
USL	44.0	39.0	44.0
LSL	46.0	41.0	46.0
Sigma	0.21	0.21	0.21
CPU	1.56	1.56	1.56
CPL	1.56	1.56	1.56
Cpk	1.56	1.56	1.56

จากตารางที่ 4-9 พบว่า แม้ว่าเวลาการผสมมีค่า Cpk ของพารามิเตอร์ Speed s4, Speed s7 และ Speed s9 มีค่า เท่ากับ 1.56 , 1.56 และ 1.56 ดังนั้นพารามิเตอร์ Speed อยู่ในช่วงการยอมรับที่ยอมรับดังนั้นพารามิเตอร์ Speed จึงสามารถยอมรับได้

ตารางที่ 4-10 ความสามารถของพารามิเตอร์ Pressure

ความสามารถพารามิเตอร์ Pressure	Ram press s4	Ram press s7	Ram press s9
Avg	50	50	50
Max	50	50	50
Min	50	50	50
USL	48	48	48
LSL	52	52	52
Sigma	0.43	0.43	0.43
CPU	1.35	1.35	1.35
CPL	1.74	1.74	1.74
Cpk	1.35	1.35	1.35

จากตารางที่ 4-10 พบว่า แม้ว่าเวลาการผสมมีค่า Cpk ของพารามิเตอร์ Pressure s4, Pressure s7 และ Pressure s9 มีค่าเท่ากับ 1.35, 1.35 และ 1.35 ดังนั้นพารามิเตอร์ Pressure อยู่ในช่วงการยอมรับที่ยอมรับดังนั้นพารามิเตอร์ Pressure จึงสามารถยอมรับได้ จากการศึกษาพารามิเตอร์การผสม อุณหภูมิการผสม เวลาการผสม ความเร็วรอบ แรงดันขณะทำการผสม พบว่า พารามิเตอร์ทั้ง 4 ตัวสามารถยอมรับได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในส่วนของปัจจัยในข้อถัดไป

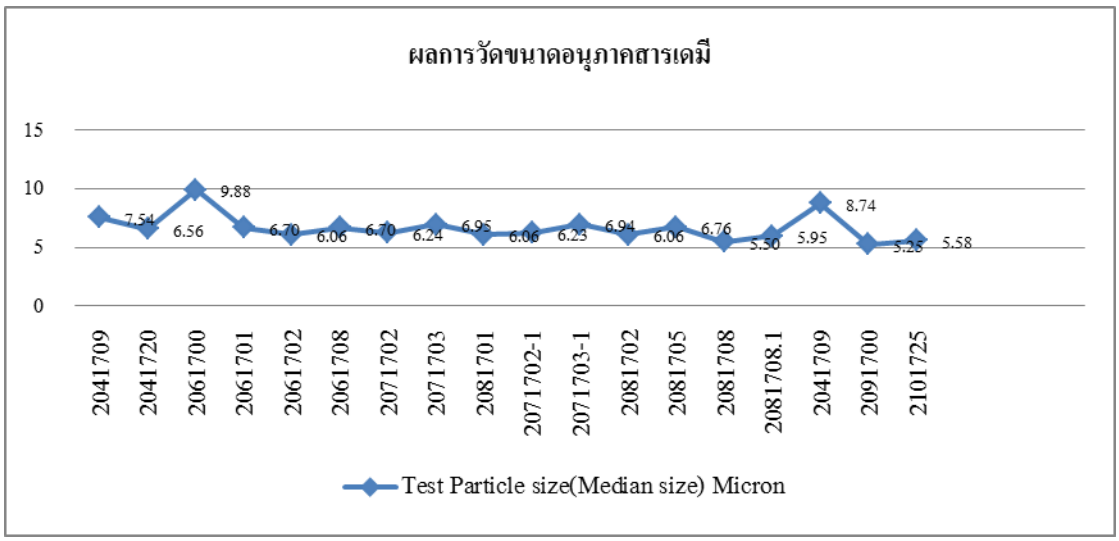
2. ขนาดอนุภาคสารเคมี

จากการระดมสมองได้มีการระบุปัจจัยขนาดสารเคมีว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพ ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มเอาสารเคมีที่เป็นกลุ่มเสี่ยงมาทำการวัดขนาด เพื่อศึกษาความแปรปรวนของขนาดอนุภาคสารเคมีที่นำมาใช้ในกระบวนการ ในขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์สาเหตุโดยการนำวัตถุดิบมาทำตรวจสอบขนาดก่อนการเข้าสู่กระบวนการผลิต Compound โดยมีการนำวัตถุดิบจำนวน 1 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนวัตถุดิบทั้งหมดมาทำการตรวจสอบขนาดของวัตถุดิบได้ผลข้อมูล ดังตารางที่

ตารางที่ 4-11 ผลการตรวจสอบ Particle distribution

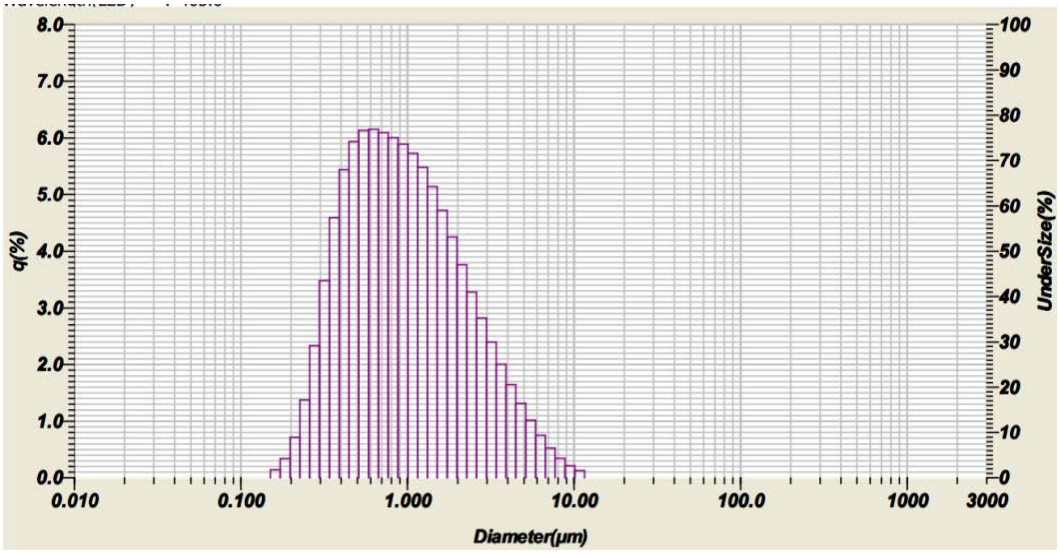
หมายเลขล็อต	Test particle size (Median size) (Micron)	ลักษณะกราฟ
2041709	7.54	ปกติ
2041720	6.56	พบอนุภาคใหญ่กว่า 30 ไมครอนเล็กน้อย
2061700	9.88	พบอนุภาคใหญ่กว่า 30 ไมครอนเล็กน้อย
2061701	6.70	ปกติ
2061702	6.06	ปกติ
2061708	6.70	พบอนุภาคใหญ่กว่า 30 ไมครอนเล็กน้อย
2071702	6.24	ปกติ
2071703	6.95	ปกติ
2081701	6.06	ปกติ
2071702-1	6.23	ปกติ
2081702	6.06	ปกติ
2081705	6.76	ปกติ
2081708	5.50	ปกติ
2081708.1	5.95	ปกติ
2041709	8.74	ปกติ
2091700	5.25	ปกติ
2101725	5.58	ปกติ

ข้อมูลจากผลการวัดสามารถแสดงในรูปกราฟ ดังภาพที่ 4-11



ภาพที่ 4-11 การทดสอบวัดขนาดวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการคอมปาวด์

จากภาพที่ 4-11 พบว่า ขนาดของวัตถุดิบมีขนาดไม่สม่ำเสมอจากจำนวนตัวอย่างที่นำมาทดสอบ โดยพบว่าวัตถุดิบมีขนาดใหญ่กว่าปกติในบางช่วง



ภาพที่ 4-12 ตัวอย่างกราฟการกระจายของข้อมูลขนาดวัตถุดิบที่ไม่สมมาตร โดยมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นเพิ่มขึ้นทางด้านขวา

3. น้ำหนักสารเคมีที่ใช้

จากการระดมสมองได้มีการระบุปัจจัยอัตราส่วนการหรือน้ำหนักสารเคมีที่ใช้ว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มน้ำหนักสารเคมีที่ใช้จริงมาทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาความแปรปรวนของน้ำหนักสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการจำนวน 40 แบ็ทและเป็นข้อมูลชุดเดียวกับที่ใช้ในการศึกษาพารามิเตอร์

ตารางที่ 4-12 น้ำหนักจริงที่ใช้ในการผลิตคอมปาวด์จำนวน 40 แบ็ท

Name	NR	BR	Black	Sta	Name	NR	BR	Black	Sta
Lot no.- Batch	Wt.	Wt.	Wt.	Wt.	Lot no.- Batch	Wt.	Wt.	Wt.	Wt.
150704-01	91.56	25.00	54.070	3.494	150704-21	91.56	25.00	54.070	3.494
150704-02	91.56	25.08	54.070	3.480	150704-22	91.56	25.08	54.070	3.480
150704-03	91.56	25.08	54.070	3.478	150704-23	91.56	25.08	54.070	3.478
150704-04	91.56	25.08	54.070	3.484	150704-24	91.56	25.08	54.070	3.484
150704-05	91.56	25.08	54.070	3.480	150704-25	91.56	25.08	54.070	3.480
150704-06	91.50	25.08	54.017	3.482	150704-26	91.50	25.08	54.017	3.482
150704-07	91.56	25.08	54.070	3.480	150704-27	91.56	25.08	54.070	3.480
150704-08	91.56	25.08	54.070	3.518	150704-28	91.56	25.08	54.070	3.518
150704-09	91.56	25.00	54.070	3.508	150704-29	91.56	25.00	54.070	3.508
150704-10	91.56	25.00	54.070	3.482	150704-30	91.56	25.00	54.070	3.482
150704-11	91.56	25.00	54.070	3.492	150704-31	91.56	25.00	54.070	3.492
150704-12	91.56	25.00	54.070	3.468	150704-32	91.56	25.00	54.070	3.468
150704-13	91.56	25.00	54.070	3.490	150704-33	91.56	25.00	54.070	3.490
150704-14	91.56	25.00	54.070	3.468	150704-34	91.56	25.00	54.070	3.468
150704-15	91.56	25.08	54.070	3.488	150704-35	91.56	25.08	54.070	3.488
150704-16	91.50	25.08	54.070	3.522	150704-36	91.50	25.08	54.070	3.522
150704-17	91.56	25.08	54.070	3.488	150704-37	91.56	25.08	54.070	3.488
150704-18	91.56	25.08	54.070	3.504	150704-38	91.56	25.08	54.070	3.504
150704-19	91.56	25.08	54.070	3.474	150704-39	91.56	25.08	54.070	3.474
150704-20	91.56	25.08	54.070	3.484	150704-40	91.56	25.08	54.070	3.484

จากตารางที่ 4-12 แสดงการศึกษาความแปรปรวนของน้ำหนักที่ใช้ในการผลิตแต่ละตัวที่เป็นปัจจัยนำเข้าในกระบวนการผลิตเทียบกับช่วงการยอมรับได้ผลตามตารางด้านล่าง

ตารางที่ 4-13 การวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการชั่งน้ำหนักสารเคมี 4 ชนิด

ความสามารถกระบวนการชั่ง	NR	BR	Black	Sta
Avg	91.53	25.03	54.07	3.49
Max	91.58	25.08	54.07	3.52
Min	91.50	25.00	54.02	3.47
USL	90.62	24.55	53.53	3.00
LSL	92.45	25.60	54.61	4.00
Sigma	0.197	0.118	0.116	0.107
CPU	1.545	1.610	1.556	1.581
CPL	1.545	1.345	1.556	1.522
Cpk	1.545	1.345	1.556	1.522

จากตารางที่ 4-13 แสดงการวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการชั่งน้ำหนักส 4 ชนิดประกอบด้วย NR, BR, Black, Sta มีค่า Cpk เท่ากับ 1.545, 1.345, 1.556 และ 1.552 ตามลำดับดังนั้นช่วงน้ำหนักที่ใช้ในการนำเข้ามาผสมซึ่งเป็นปัจจัยนำเข้าของกระบวนการผสมคอมปาวด์ อยู่ในช่วงการยอมรับที่สามารถยอมรับได้

4. สารเคมีและวัตถุดิบตกค้างในเครื่องขณะผสม

เนื่องจากสารเคมีและวัตถุดิบตกค้างในเครื่องขณะผสมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทางทีมได้ระดมสมองและคัดเลือกว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของคอมปาวด์ ดังนั้นจึงได้ทำการสำรวจสภาพขณะทำงานจริงว่ามีสารเคมีตกค้างหรือไม่

ภาพที่ 4-13 การตกค้างวัตถุดิบในขณะทำการผสมผลิตคอมปาวด์

จากการสำรวจพบสารเคมีตกค้างบริเวณเครื่องผสม 2 จุด ได้แก่ บริเวณทางป้อนวัตถุดิบ และบริเวณหัวแรมสำหรับกดขณะทำการผสมจากการศึกษาปริมาณสารเคมีที่ตกค้างในเครื่องผสมนั้น พบว่าปริมาณสารที่ตกค้างและสูญเสียระหว่างการผสมของแต่ละล็อตการผลิตนั้นค่อนข้างคงที่ โดยผู้วิจัยได้ทำการสุ่มเช็คจำนวน 4 ล็อตกับสูตร FE-212BX ผลดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 4-14 การสุ่มเช็คสารเคมีที่ตกค้างในเครื่องผสมจำนวน 4 ล็อตกับสูตร FE-212BX

ล็อตการผลิต	เปอร์เซนต์การสูญเสีย (%)
150721	2.05
150722	2.50
150724	1.80
150730	2.20

จากผลการศึกษากับสูตร FE-212BX นั้นแบ็ทไซด์การผสมแต่ละครั้งเท่ากับ 65 กิโลกรัม จากปริมาณสารเคมีที่ตกค้างนั้นเราวัดได้ 1.80-2.20 เปอร์เซ็นต์ ชั่งจากเท่ากับ 1.17-1.43 กิโลกรัมต่อครั้ง ที่ยังมีจำนวนสารเคมีไม่ได้ถูกผสมและปนเปื้อนลงไปหลังผสมเสร็จ และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดส่วนที่ไม่กระจายตัวและกลายเป็นปัญหาคุณภาพ

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ผล (Analyze) พบว่า สาเหตุต้นตอที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษา ทั้งหมดโดยสาเหตุ ประกอบด้วย

1. ขนาดของวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอ

จากกระบวนการผลิตคอมปาวด์ พบว่า ในไลน์ F1 ซึ่งเป็นไลน์ที่พบปัญหาเรื่องการกระจายตัวมากที่สุดในกระบวนการดังกล่าวจะมีการนำวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นเม็ดมาผสมในแต่สูตรของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากการที่เม็ดวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอส่งผลให้เกิดการแตกตัวไม่สม่ำเสมอในขั้นตอนดังกล่าวทำให้เกิดของเสียขึ้น

2. การตกค้างของวัตถุดิบบริเวณเครื่องผสมซึ่งประกอบด้วยเศษ สารเคมีที่ค้างบนหัวแรม (หัวแรม คือ ส่วนของเครื่องผสมที่ใช้ในสำหรับกดวัตถุดิบเพื่อให้เกิดการผสม)

สารเคมีที่ตกค้างบริเวณขอบของเครื่องผสม เมื่อมีการตกค้างบนขอบและร่วงลงไปผสมกับคอมปาวด์ที่ถูกผสมเข้ากันอย่างดีก่อนหน้านี้แล้ว ส่วนสารเคมีที่ตกลงไปทีหลังจะกลายเป็นส่วนที่กระจายตัวไม่ดีเพราะไม่ได้ถูกผสมในขั้นตอนหน้านั้น

ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase)

จากการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อกลั่นกรองปัจจัยต่าง ๆ (Screening factor) มีปัจจัยต้องปรับปรุง สาเหตุ ซึ่งเป็นแนวทางในการปรับปรุงนั้นสรุปในตารางด้านล่าง

ตารางที่ 4-15 ข้อบกพร่องทั้ง 2 ปัญหา

ลำดับที่	ปัญหา	สาเหตุข้อบกพร่อง	เครื่องมือที่ใช้ปรับปรุง
1	ขนาดสารเคมีไม่สม่ำเสมอ	พบว่า ลักษณะขนาดของสารเคมีไม่สม่ำเสมอ	กำหนดมาตรฐานขนาดของวัตถุดิบก่อนที่จะมีการรับเข้าและอนุมัติใช้งาน
2	มีเศษสารเคมีค้างในเครื่องผสม	ลักษณะที่พบ 1. ค้างบนแรม 2. ค้างบนขอบของห้องผสม จากการสังเกตฟุ้งขณะกดแรมและระหว่างที่ทำการผสม	1. กำหนดมาตรฐานวิธีการทำงานให้ทำความสะอาดระหว่างทำการผสม 2. ปรับปรุงขอบเครื่องผสมให้สามารถเป่าทำความสะอาดได้อัตโนมัติ

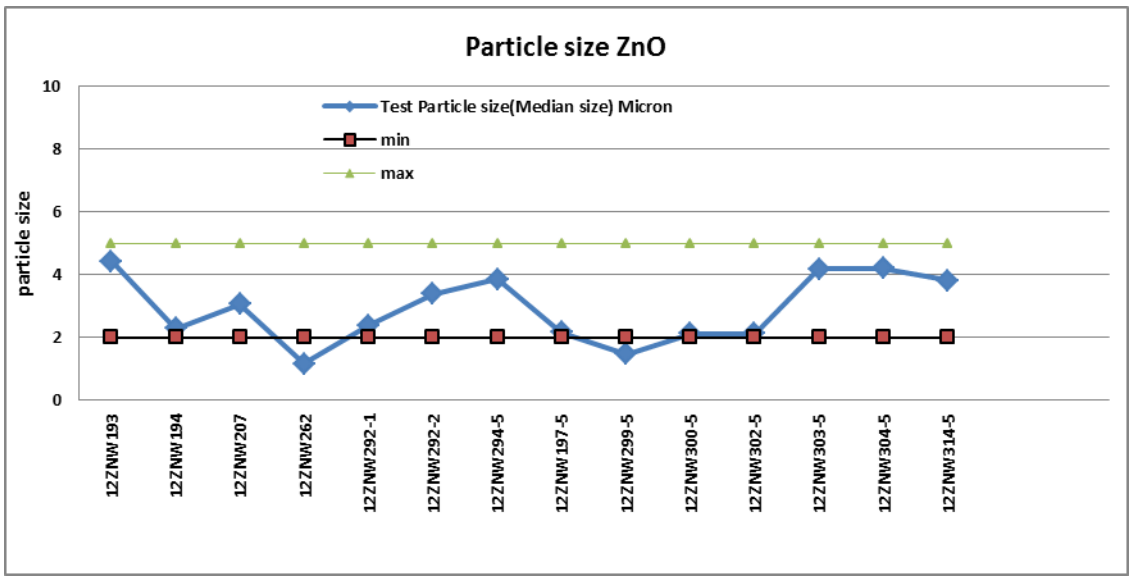
1. การจัดทำมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบ (Operation standard)

แนวทางในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในปัญหาขนาดวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอได้มีการกำหนดให้ขั้นตอนการตรวจรับวัตถุดิบให้มีการตรวจวัดขนาด Particle size ในกลุ่มสารเคมีที่มีเจอปัญหาเรื่องการกระจายตัวไม่ดีอยู่บ่อยครั้ง และได้มีการกำหนดสเป็คมาตรฐานขนาด Particle ช่วงที่สามารถยอมรับได้

ตารางที่ 4-16 ตัวอย่างมาตรฐานการกำหนดสเป็คขนาดของวัตถุดิบ-ผงแป้งสำหรับใช้เป็นสารตัวเติม

Content	**Residue on 325 mesh (%)**	**Brightness (dry powder) (-)**	**Moisture content (%)**	**DOP absorption (g/100g)**	**Median size (d50) (micron)**
Spec	0.05 Max	97.50 Min	0.20 Max	32.00 Max	4.00-6.00
Method	ASTM C-110	Spectrophotometer	Infared rays	ASTM D281-84	Laser diffraction
Content	Top cut (d97) (Micron)	-	-	-	-
Spec	25 Max	-	-	-	-
Method	Laser diffraction	-	-	-	-

ซึ่งจะมีรายละเอียดเกี่ยวกับขนาดของสารเคมีเพิ่มเข้าทางด้านขวาของตารางในหัวข้อ Median size (4-6 micron) นอกจากนั้นในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในปัญหาขนาดวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอได้มีการกำหนดให้ขั้นตอนการตรวจรับวัตถุดิบให้มีการตรวจวัดขนาด Particle size ในกลุ่มสารเคมีที่มีเจอปัญหาเรื่องการกระจายตัวไม่ดีอยู่บ่อยครั้ง และได้มีการกำหนดสเป็คมาตรฐานขนาด Particle ช่วงที่สามารถยอมรับได้ บันทึกผลลงใน X-chart และรายงานข้อมูลดังตัวอย่าง



ภาพที่ 4-14 ข้อมูลการกำหนดกำหนดสเป็คมาตรฐานขนาด Particle ช่วงที่สามารถยอมรับได้ บันทึกผลลงใน X-chart

2. แนวทางในการปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องในปัญหาการตกค้างของเศษวัตถุดิบ ได้กำหนดแนวทางการปรับปรุงแก้ไขดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เปิดฝาครอบทำความสะอาดเพื่อกวาดสารเคมีที่ตกค้าง

ภาพที่ 4-15 ขั้นตอนเปิดฝาครอบทำความสะอาดเพื่อกวาดสารเคมีที่ตกค้าง

ขั้นตอนที่ 2 กรณีที่เห็นว่ายางติดใต้หัวแรมให้ดึงยางออกจาหัวแรมใส่ในแบ็ทถัดไป (เศษยางแบ็ทสุดท้ายให้ทิ้ง)

ภาพที่ 4-16 การดึงยางออกจาหัวแรม

นอกจากนั้นได้ระดมความคิดจากทีมงานเพื่อทำการปรับปรุงเครื่องจักรเพื่อแก้ไขในส่วนของบริเวณที่มีสารเคมีตกค้างให้สามารถทำความสะอาดได้ง่ายขึ้นหรือเหลือสารเคมีตกค้างน้อยลง ซึ่งทางทีมได้มีการออกแบบหัวแรมใหม่ให้มีมุมลาดเอียงเพื่อให้สารเคมีสามารถไหลลงได้ไม่ตกค้าง และสามารถเป่าลมทำความสะอาดได้เลยโดยการติดตั้งระบบเป่าลมทำความสะอาด

ภาพก่อนการปรับปรุง

ภาพหลังการปรับปรุง

ภาพที่ 4-17 ภาพก่อนและหลังการปรับปรุง

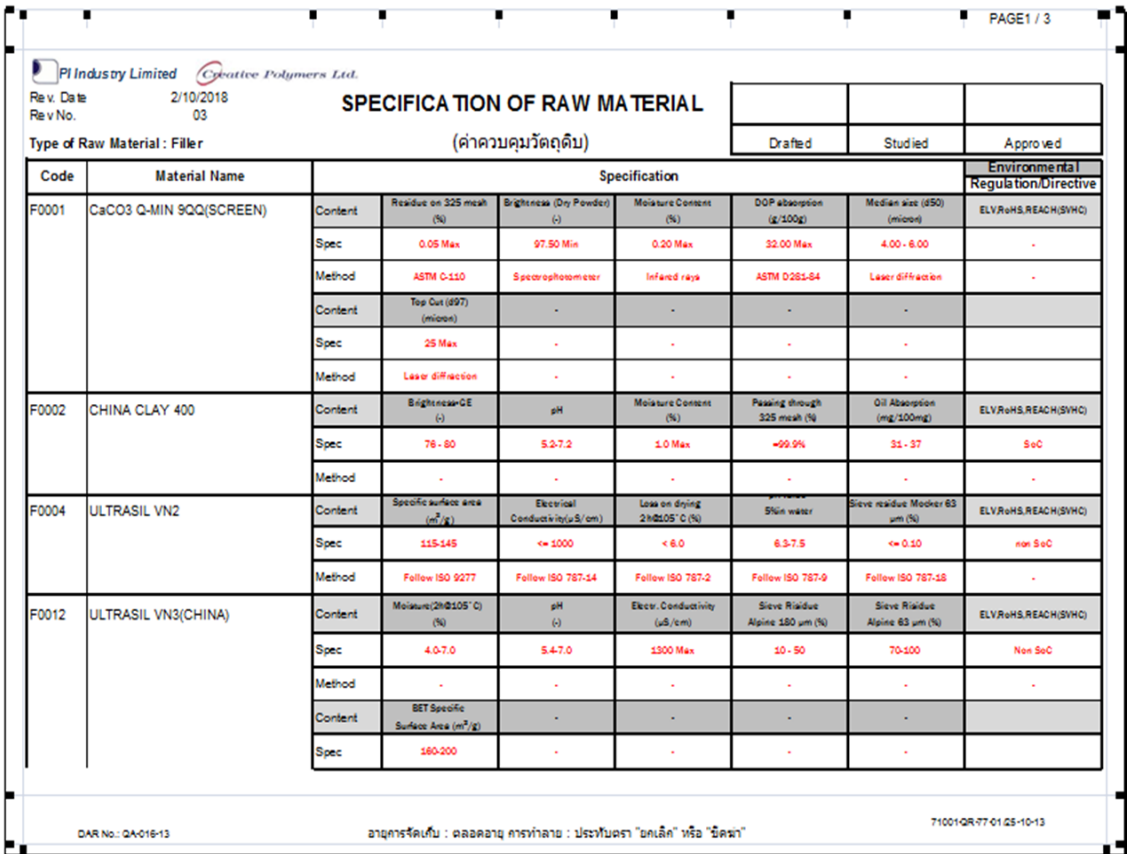
ตารางที่ 4-17 มาตรฐานขั้นตอนการนำเสนอแนวทางการปรับปรุง

กระบวนการ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางการปรับปรุง	จุดมุ่งหมาย	การประเมินผล
ผลิตคอมปาวด์	ขนาดเม็ดวัตถุดิบไม่เท่ากัน	ตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบอย่างสม่ำเสมอ	ลดปริมาณของเสียขณะกระบวนการผลิตและ	มีปริมาณการสูญเสียลดลง
	มีเศษวัตถุดิบตกค้าง	ปรับปรุงเครื่องจักร	ลดการค้างวัตถุดิบ	ไม่มีเศษวัตถุดิบตกค้าง

ขั้นตอนการควบคุม (Control phase)

การควบคุมข้อบกพร่องต่าง ๆ ซึ่งจะมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม ต้องทำการควบคุมระบบการทำงานเพื่อจะไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำอีก หรือเป็นการตรวจติดตามปัญหาอย่างต่อเนื่องเพื่อดูความผิดปกติของกระบวนการและต้องควบคุมทั้งปัจจัยภายในและภายนอกด้วย โดยได้ทำการออกแบบและจัดสร้างวิธีการติดตามผลและเอกสารการปฏิบัติงานในการควบคุมคุณภาพ ดังนี้

1. ปรับปรุงมาตรฐาน สเป็คการตรวจรับวัตถุดิบโดยการเพิ่มสเป็คของขนาด Particle size ไว้ในมาตรฐานการรับเข้าวัตถุดิบและขึ้นทะเบียนพร้อมทั้งขยายผลไปยังวัตถุดิบตัวอื่น ๆ



PAGE1 / 3

PI Industry Limited Creative Polymers Ltd.

Rev. Date 2/10/2018
Rev No. 03

SPECIFICATION OF RAW MATERIAL

(ค่าควบคุมวัตถุดิบ)

Type of Raw Material : Filler

	Drafted	Studied	Approved

Code	Material Name	Specification						Environmental Regulation/Directive
F0001	CaCO3 Q-MIN 9QQ(SCREEN)	Content	Residue on 325 mesh (%)	Brightness (Dry Powder) (-)	Moisture Content (%)	DOP absorption (g/100g)	Median size (d50) (micron)	ELV,RoHS,REACH(SVHC)
		Spec	0.05 Max	97.50 Min	0.20 Max	32.00 Max	4.00 - 6.00	-
		Method	ASTM C-110	Spectrophotometer	Infared rays	ASTM D281-84	Laser diffraction	-
		Content	Top Cut (d97) (micron)	-	-	-	-	
		Spec	25 Max	-	-	-	-	
		Method	Laser diffraction	-	-	-	-	
F0002	CHINA CLAY 400	Content	Brightness+CE (-)	pH	Moisture Content (%)	Passing through 325 mesh (%)	Oil Absorption (mg/100mg)	ELV,RoHS,REACH(SVHC)
		Spec	76 - 80	5.2-7.2	1.0 Max	=99.9%	31 - 37	SoC
		Method	-	-	-	-	-	-
F0004	ULTRASIL VN2	Content	Specific surface area (m^2/g)	Electrical Conductivity(µS/cm)	Loss on drying 2H@105°C (%)	[illegible] 5%in water	Sieve residue Mocker 63 µm (%)	ELV,RoHS,REACH(SVHC)
		Spec	115-145	<= 1000	< 6.0	6.3-7.5	<= 0.10	non SoC
		Method	Follow ISO 9277	Follow ISO 787-14	Follow ISO 787-2	Follow ISO 787-9	Follow ISO 787-18	-
F0012	ULTRASIL VN3(CHINA)	Content	Moisture(2H@105°C) (%)	pH (-)	Electr. Conductivity (µS/cm)	Sieve Riaidue Alpine 180 µm (%)	Sieve Riaidue Alpine 63 µm (%)	ELV,RoHS,REACH(SVHC)
		Spec	4.0-7.0	5.4-7.0	1300 Max	10 - 50	70-100	Non SoC
		Method	-	-	-	-	-	-
		Content	BET Specific Surface Area (m^2/g)	-	-	-	-	
		Spec	160-200	-	-	-	-	

DAR No.: QA-016-13

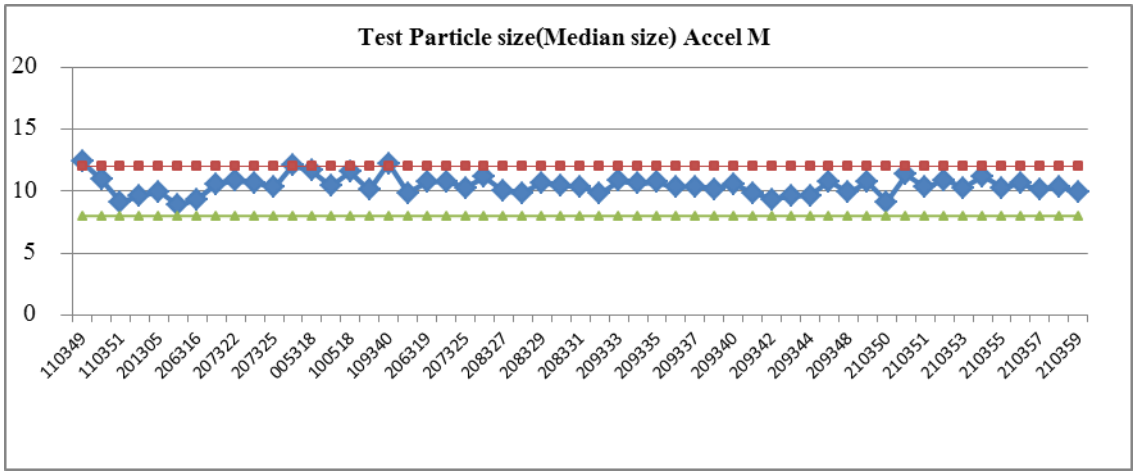
อายุการจัดเก็บ : คลอดอายุ การทำลาย : ประทับตรา "ยกเลิก" หรือ "ยึดหน่า"

71001-QR-77-01.GS-10-13

ภาพที่ 4-18 การตรวจรับวัตถุดิบโดยการเพิ่มสเป็คของขนาด Particle size ไว้ในมาตรฐานการรับเข้าวัตถุดิบ

ตารางที่ 4-18 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียของปัญหาซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการดำเนินจากการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตไลน์ F1

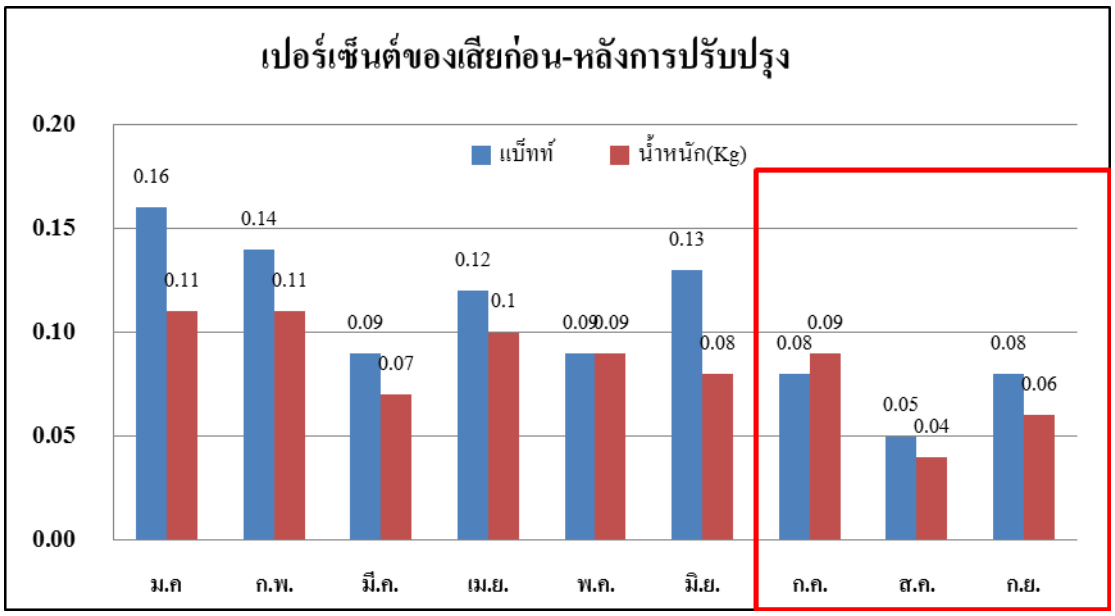
ยอดการผลิต	เดือน	ม.ค	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	รวม
	น้ำหนัก (กก)	1907989.74	1640179.31	1922669.18	1367001.11	1647222.46	1722916.66	1982807.24	1864102.85	1982108.11	16036997
ยอดของเสียใน	แบ็ทท์	32	12	17	14	14	17	16	9	17	148
กระบวนการ	น้ำหนัก (กก)	2049	894.25	1247.87	1090.41	1317	1017	1200.17	741.35	1241.4	10798.45
	แบ็ทท์	1	14	2	3	2	7	3	2	0	34
ยอดของเสียจากลูกค้า	น้ำหนัก (กก)	75	927.37	50	319.54	89.65	394.48	516.74	90.06	0	2462.84
ยอดของเสียรวม	แบ็ทท์	33	26	19	17	16	24	19	11	17	182
ทั้งหมด	น้ำหนัก (กก)	2124	1821.62	1297.87	1409.95	1406.65	1411.48	1716.91	831.41	1241.4	13261.29
% ของเสีย	% ของเสียโดยแบ็ทท์	0.16	0.14	0.09	0.12	0.09	0.13	0.08	0.05	0.08	0.94
	% โดยน้ำหนัก	0.11	0.11	0.07	0.10	0.09	0.08	0.09	0.04	0.06	0.75



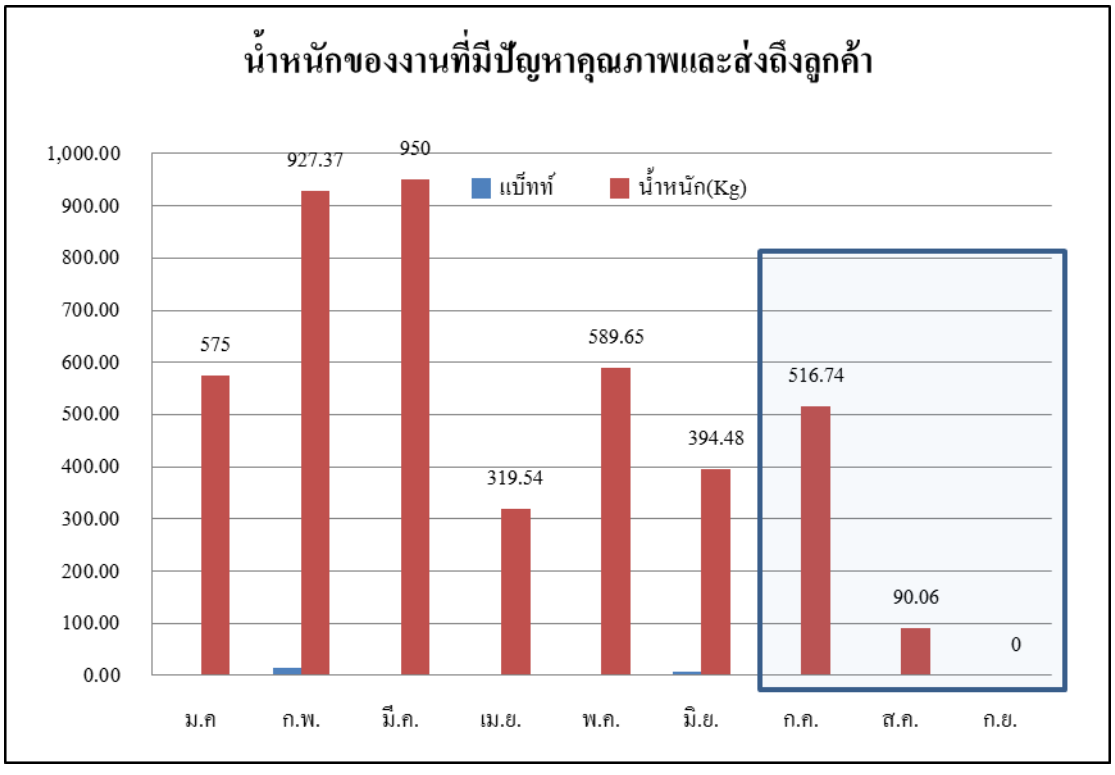
ภาพที่ 4-19 กราฟการติดตามข้อมูลด้วย Control chart

2. ผลการเก็บข้อมูลหลังทำการควบคุมข้อบกพร่อง

วัตถุประสงค์ในการทำงานการวิจัยฉบับนี้ คือ เพื่อลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตคอมปาวด์ โดยประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ซึ่งหลังจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหา ทีมงานทำการนำเสนอผลการเก็บข้อมูลใหม่หลังการปรับปรุงในส่วนของผลการดำเนินงานภายใน เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการเกิดปัญหาก่อนและหลังการปรับปรุงรวมถึงทำการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ พบว่าของเสียมีปริมาณลดลง



ภาพที 4-20 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์การสูญเสียภายหลังการแก้ไขปรับปรุง



ภาพที่ 4-21 แนวโน้มการเกิดปัญหาของเสียและส่งมอบถึงลูกค้า

โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลสถิติข้อมูลของเสียย้อนหลังก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงพบว่า มีจำนวนการสูญเสียของของเสียในกระบวนการผลิตคอมปาวด์เทียบจากจำนวนน้ำหนักลดลงจาก 0.09 เป็น 0.07 คิดเป็นร้อยละ 22.22 และหลังจากการการปรับปรุงกระบวนการของเสียของกระบวนการลดลงจาก 900 ppm เป็น 700 ppm และค่าซิกมาใหม่ของกระบวนการมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 4.61 เป็น 4.69

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยเรื่องการลดของเสียในกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์โดยการประยุกต์ใช้กระบวนการทาง ซิกส์-ซิกมา: กรณีศึกษาบริษัทผลิตคอมปาวด์แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัญหาและสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย และเพื่อหาแนวทางในการลดของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตโดยใช้กระบวนการแนวทางของ ซิกส์ซิกม่า โดยใช้หลักการ DMAIC ซึ่งเป็นกระบวนการหลักของแนวทางซิกส์ ซิกม่า จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ถึงเหตุลและผลได้เสนอแนวทางการปรับปรุงจากผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

1. จากผลการศึกษาขั้นตอนการผลิต พบว่า ในขั้นตอนเลือกปัญหาทำการเลือกปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในไลน์การผลิตที่เกิดของเสียมากที่สุดคือ ไลน์ F1 จากการรวบรวมข้อมูล 6 เดือน โดยมีของเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการมากที่สุด โดยมีค่า แบ็ทท์ เท่ากับ 148 โดย คิดเป็นร้อยละ 0.94 ของยอดแบ็ทท์การผลิตทั้งหมด หรือ จำนวนน้ำหนักของเสียทั้งหมด 10,798.45 กิโลกรัม

2. ขั้นตอนการวัด โดยทำการศึกษาขั้นตอนการไหลขบวนการที่เกิดของเสียมากที่สุด โดยพบว่า มีของเสียเกิดที่กระบวนการผสมสารเคมีโดยวัตถุดิบ โดยทำการวิเคราะห์สาเหตุ พบว่าเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ ได้แก่ ขนาดวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอ และการตกค้างของเศษวัตถุดิบ

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยนำปัญหาที่เกิดขึ้น 2 สาเหตุ มาวิเคราะห์ถึงต้นตอปัญหา พบว่า ขนาดของวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอเกิดจาก ในไลน์ F1 ซึ่งเป็นไลน์ที่พบปัญหาเรื่องการกระจายตัวมากที่สุดในกระบวนการดังกล่าวจะมีการนำวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นเม็ดมาผสมในแต่สูตรของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากการที่เม็ดวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอส่งผลให้เกิดการแตกตัวไม่สม่ำเสมอ ในขั้นตอนดังกล่าวทำให้เกิดของเสียขึ้น และการตกค้างของวัตถุดิบบริเวณเครื่องผสมซึ่งประกอบด้วยเศษสารเคมีที่ค้างบนหัวแรม ทำให้สารเคมีที่ตกค้างบริเวณขอบของเครื่องผสม เมื่อมีการตกค้างบนขอบและร่วงลงไปผสมกับคอมพาวด์ที่ถูกผสมเข้ากันอย่างดีก่อนหน้านี้แล้ว ส่วนสารเคมีที่ตกลงไปทีหลังจะกลายเป็นส่วนที่กระจายตัวไม่ดีเพราะไม่ได้ถูกผสมในขั้นตอนหน้านั้น โดยทำการพิสูจน์สาเหตุโดยใช้การประเมินความสามารถของระบบวัดแบบข้อมูลนับ โดยใช้การสุ่มทดสอบขนาดวัตถุดิบ พบว่าขนาดของวัตถุดิบมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ หรือไม่มีความสม่ำเสมอของขนาดนั่นเอง และทำการวัดปริมาณสารตกค้าง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียโดยใช้สูตร FE-212BX นั้น

แบ็ทไซด์การผสมแต่ละครั้งเท่ากับ 65 กิโลกรัม จากปริมาณสารเคมีที่ตกค้างนั้นเราวัดได้ 1.80-2.20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเท่ากับ 1.17-1.43 กิโลกรัมต่อครั้ง ที่ยังมีจำนวนสารเคมีไม่ได้ถูกผสมและปนเปื้อนลงไปหลังผสมเสร็จ และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดส่วนที่ไม่กระจายตัวและกลายเป็นปัญหาคุณภาพ

4. ขั้นตอนการปรับปรุง มีการกำหนดนำเสนอวิธีการปรับปรุงมาตรฐานโดยจัดทำลำดับขั้นตอน (Step check) ตามที่มาตรฐานได้กำหนดไว้เพื่อให้เข้าใจถึงความสำคัญและผลที่จะตามมาหากไม่ทำการปรับตั้งค่าของเครื่องจักรตามที่กำหนด และตรวจสอบสภาพร้อมใช้งานของเครื่องจักรเพื่อให้มีความชัดเจน หลังจากนั้นนำสารเคมีที่ผ่านการวัดขนาดที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมาเข้าสู่กระบวนการและวัดปริมาณการสูญเสียที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องโดยกำหนดให้มีขั้นตอนการตรวจรับวัตถุดิบให้มีการตรวจวัดขนาด Particle size ในกลุ่มสารเคมีที่มีเจอปัญหาเรื่องการกระจายตัวไม่ดีอยู่บ่อยครั้ง และได้มีการกำหนด สเป็คมาตรฐานขนาด Particle ช่วงที่สามารถยอมรับได้ และแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในปัญหาการตกค้างของวัตถุดิบ การทำความสะอาด กรณีที่เห็นว่ายางติดใต้หัวแรมให้ดึงยางออกจาหัวแรมใส่ในแบ็ทถัดไป รวมทั้งการปรับปรุงเครื่องจักรให้มีรูปร่างที่ทำให้สารเคมีไม่สามารถตกค้างได้

5. ขั้นตอนการควบคุม โดยทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาและควบคุมปัญหาที่เกิดขึ้นทั้ง 2 สาเหตุและนำมาวัดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น ได้แก่ การปรับปรุงมาตรฐานสเป็คการตรวจรับวัตถุดิบโดยการเพิ่มสเป็คของขนาด Particle size ไว้ในมาตรฐานการรับเข้าวัตถุดิบและขึ้นทะเบียนการควบคุมข้อบกพร่อง พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลสถิติข้อมูลของเสียย้อนหลังก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงพบว่า มีจำนวนการสูญเสียของของเสียในกระบวนการผลิตคอมปาวด์เทียบจากจำนวนน้ำหนักลดลงจาก 0.09 เป็น 0.07 คิดเป็นร้อยละ 22.22

จากปริมาณของเสียที่ลดลงจาก 0.09 เป็น 0.07 นั้นทำให้ของเสียมีปริมาณลดลงจาก 4,228 เป็น 3,789.72 กิโลกรัม (กก.) ทางงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ราคากลางประมาณที่ 80 บาทต่อกิโลกรัม เพื่อคำนวณต้นทุนจากของเสียที่ลดลงทำให้ต้นทุนลดลง 35,068.4 บาท

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่องการลดของเสียในกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์โดยการประยุกต์กระบวนการทาง ซิกส์-ซิกมา: กรณีศึกษา บริษัทผลิตคอมปาวด์แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง สามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

1. การศึกษาปัญหาและสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตคอมปาวด์จากการศึกษาพบว่า ของเสียที่เกิดขึ้นในการผลิตคอมปาวด์เกิดขึ้นในส่วนของกระบวนการผลิตในขั้นตอนของผสมสารเคมีหรือโดยสาเหตุจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผสมมีขนาดไม่สม่ำเสมอหรือ

มีการตกค้างของสารเคมีและวัตถุดิบรอบบริเวณเครื่องผสมซึ่งส่งผลกระทบให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพน้อยลงการนำหลักการ DMAIC ซึ่งเป็นแนวทางหลักของซิกส์-ซิกมา ซึ่งจะมีขั้นตอนของหลักการทั้ง 5 ขั้นตอนมาใช้วิเคราะห์หาสาเหตุ แนวทางการปรับปรุงแก้ไข การสร้างมาตรฐาน การควบคุมการผลิตให้เกิดของเสียน้อยที่สุดหรือสามารถลดปริมาณของเสียให้น้อยลงที่สุด รวมทั้งถือเป็นเครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาได้อย่างตรงจุดด้วยการระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อรวบรวมหาสาเหตุร่วมกัน โดยการวิเคราะห์ครั้งนี้ใช้เครื่องมือ ได้แก่ แผนภูมิต้นไม้ (Tree diagram) ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเพื่อกำหนดปัจจัยที่จะนำมาพิจารณาจากนั้นดำเนินการปรับปรุงโดยอาศัยการออกแบบทดลอง และการรวบรวมข้อมูลปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละไลน์การผลิตคอมปาวด์ โดยพบกระบวนการที่มีของเสียมากที่สุดนำไปสู่การเป็นกรณีศึกษาในการศึกษาเชิงลึกในขั้นตอนนั้น ๆ และนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาซึ่งเกิดจากปัจจัยจากขนาดวัตถุดิบ และการตกค้างของวัตถุดิบ นำไปสู่การดำเนินการแก้ไข ปรับปรุงจนสามารถลดปริมาณของเสียได้ ร้อยละ 22.2 ผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับปารเมศ ชุติมา และภาณุ ชุดเจือจีน (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่องการประยุกต์ ซิกส์ ซิกมา ลดของเสียจากการพ่นสีรองพื้น ในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิการาคาแพง โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อปรับปรุงของผลิตภัณฑ์ตามแนวความคิดของ ซิกส์ซิกมา โดยใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติเป็นสำคัญ พบว่าการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบสามารถลดความผันแปรของกระบวนการได้ และผลการศึกษาของ สุนิสาน คำสุข และคณะ (2549) ระบบการป้องกันการเกิดของเสียในการบวนการผลิตเป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการลดของเสียในโรงงานผลิตสิ่งทอแผนกชุดผลิตแผ่นเส้นในโดยเครื่องมือที่ให้ในการวิเคราะห์ปัญหาคือการวิเคราะห์ 7 อย่าง และการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ทางกายภาพ ซึ่งจากการวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียดังกล่าว ทำให้ทราบสาเหตุที่แท้จริง และแนวทางแก้ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในหลายแนวทาง ประกอบด้วยการจัดทำมาตรฐานเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากผู้ที่ปฏิบัติงาน การซ่อมแซมการชำรุดสึกหรอ รวมถึงการจัดทำแผนกบำรุงรักษาเครื่องจักร มาตรฐานการตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักร ผลที่ได้จากโครงการนี้คือ สามารถลดของเสียหลังจากทำการปรับปรุงได้เท่ากับ 14.9 เปอร์เซ็นต์ ของเสียทั้งหมด และได้จัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน และแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร เผื่อที่จะนำไปปฏิบัติและปรับปรุงวิธีการทำงาน เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตต่อไป

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าการนำหลักการ DMAIC มาใช้ในการการลดของเสียในกระบวนการผลิตยางคอมปาวด์โดยการประยุกต์ใช้กระบวนการทางซิกส์-ซิกมา โดยจากการศึกษาพบว่า

มีสามารถลดปริมาณของเสียลงได้ในขบวนการผสมสารเคมี หรือสามารถลดปริมาณของเสียลงได้ร้อยละ 22.22 ในระยะเวลา 6 เดือน ดังนั้นจากผลการศึกษาที่ได้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการที่จะนำหลักการซิกส์-ซิกมา โดยหลักการ DMIAC มาใช้ตั้งแต่เริ่มต้นของกระบวนการผลิตทั้งหมด โดยศึกษาในแต่ละขบวนการ โดยเริ่มจากขบวนการที่มากที่สุด ไปยังขบวนการที่น้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อช่วยลดปริมาณของเสียให้เหลือน้อยที่สุดและมีการติดตามประเมินผลอย่างต่อเนื่องและจริงจังอันนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตต่อไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการศึกษาครั้งต่อไป ในกรณีที่มีการเพิ่มเติมโดยการนำหลักการ DMAIC มาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนอื่นหรือสามารถนำหลักการดังกล่าวไปปรับปรุงใช้ในกระบวนการผลิตในขั้นตอนอื่น ๆ ตั้งแต่เริ่มขบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตให้มากยิ่งขึ้น ส่งผลต่อการลดต้นทุนการผลิตซึ่งส่งผลประโยชน์สูงสุดแก่องค์กร

2. ทำการศึกษาเปรียบเทียบโดยนำหลักการอื่น ๆ เพื่อทราบถึงความแตกต่างและเปรียบเทียบของเสียของแต่ละหลักการเพื่อให้มีความหลากหลายเครื่องมือและสามารถลดปริมาณของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กมลรัตน์ ศรีสังข์สุข และณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย. (2553). การลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตสายเคเบิลขนาดเล็กโดยแนวทางลีน ซิก ซิกซ์มา. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์*, *2*(2), 1-13.

กมลรัตน์ ศรีสังข์สุข และณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย. (2553). การลดความสูญเปล่าในกระบวนผลิตสายเคเบิลโดยแนวทางลีน ซิก ซิกส์มา. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์: วิศกรรมเคมีไทย*, *2*(2), 1-14.

กฤษณ เกตุงาม, ณัฐพงศ์ ไทยกิจ และสุรวิทย์ แก้วเจริญ. (2548). *การศึกษากระบวนการทำงานและแนวทางการลดความสูญเปล่าของกระบวนการพับขึ้นรูป*. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารอุตสาหกรรมและวิสาหกิจ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุนิสา คำสุข, อรทัย แก้วหมื่น และอังศุธร อรรธรังสี. (2549). *ระบบการป้องกันการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเพื่อการลดของเสียในโรงงานผลิตสิ่งทอแผนกชุดผลิตแผ่นเส้นใน*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

เอกรินทร์ แผ้วพลสง. (2550). *การวิเคราะห์กระบวนการผลิตเพื่อเป็นแนวทางในการลดของเสีย กรณีศึกษา บริษัทผู้ผลิตกระจกแผ่นดิสก์*. งานนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการทั่วไป, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีธัญบุรี.

ปารเมศ ชุติมา และภาณุ ชุดเจือจีน. (2550). *การประยุกต์ซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดของเสียจากการพ่นสีรองในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิการาคาแพง*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประวิทย์ ถาวร และสรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์. (2553). การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยใช้แนวความคิดลีนร่วมกับซิกซ์ ซิกมา. ใน *การประชุมทางวิชาการ "การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48"* (หน้า 429-436). กรุงเทพฯ: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Harry, M. J. (1998). Six-Sixma: A breakthrough strategy for profitability. *Quality Progress, 31*(5), 60-64.

Schmidt, S. R., & Launsby, R. G. (1997). *Understanding industrial designed experiments.* New York: Prentice-Hall.

ภาคผนวก

Step Report

Printed
Line: P(GK 250E)
Station: PKS-ONLINE-01

Printed by:

Water Temperatures:

Order: 2015-07-04 20:04:25
Customer Batch: 2241
TCU 1 0 °C
Recipe: xxx
Start of order: 05/07/15 01:23
TCU 2 0 °C
Line: P
TCU 3 0 °C

	Process step	Ram Position		Rotor Speed	Spec. Ram-	Step time	temperature	mean value of the	maximum of the	Revolutions	Energy	Cycle time
No.		U	Dow	[1/min]	[N/cm²]	[s]	[°C]	[A]	[A]	[...]	[kJ]	[s]
1	รอชั่งวัตถุดิบ	X		20	0	74.0	30	276	377	0		0
2	เริ่มผสมอุณหภูมิน้อยกว่า 80 องศาเซลเซียส	X		20	0	0.4	30	0	0	0		74
3	โหลดพอลิเมอร์	X		20	0	16.7	38	283	316	0		74
4	ผสมเวลาอย่างน้อย 53 วินาที		X	45	50	53.1	53	288	403	36		91
5	โหลดเคมี	X		20	0	21.5	44	278	293	0		143
6	โหลดคาร์บอนแบล็ค (Fix carbon black 53.53	X		20	0	22.3	44	292	333	0		166
7	ผสมเวลาอย่างน้อย 80 วินาที		X	40	50	80.1	126	722	1031	49		188
8	ทำความสะอาด 10 วินาที	X		25	0	11.0	106	296	573	2		268
9	ผสมเวลาอย่างน้อย 40 วินาที		X	45	50	74.3	165	697	873	55		279
10	ทิ้งยาง		X	40	50	30.7	137	338	766	4		353
11	กลับสู่สภาวะพร้อมใช้งาน		X	22	0	7.9	132	276	281	3		384
				Dumptemp.:								
				Display: 165 °C					**1031**	**149**		**06:24**
				Manual: °C								

Step Report

Printed
Line: P1(GK 250E)
Station: PKS-ONLINE-01

Printed by:

Water Temperatures:

Order: 2015-07-04 20:04:25
Customer Batch: 2242
TCU 1 0 °C
Recipe:
Start of order: 05/07/15 01:29
TCU 2 0 °C
Line: P1(GK 250E)
TCU 3 0 °C

	Process step	Ram Position		Rotor Speed	Spec. Ram-	Step time	temperature	mean value of the	maximum of the	Revolutions	Energy	Cycle time
No.		U	Dow	[1/min]	[N/cm²]	[s]	[°C]	[A]	[A]	[...]	[kJ]	[s]
1	รอชั่งวัตถุดิบ	X		20	0	220.4	56	277	362	0		0
2	เริ่มผสมอุณหภูมิน้อยกว่า 80 องศาเซลเซียส	X		20	0	0.4	56	0	0	0		220
3	โหลดพอลิเมอร์	X		20	0	16.5	53	289	328	0		221
4	ผสมเวลาอย่างน้อย 53 วินาที		X	45	50	53.8	96	384	484	36		237
5	โหลดเคมี	X		20	0	21.5	78	285	398	1		290
6	โหลดคาร์บอนแบล็ค (Fix carbon black 53.53	X		20	0	21.7	64	284	297	1		312
7	ผสมเวลาอย่างน้อย 80 วินาที		X	40	50	81.0	135	693	989	51		334
8	ทำความสะอาด 10 วินาที	X		25	0	10.9	118	329	699	2		415
9	ผสมเวลาอย่างน้อย 40 วินาที		X	45	50	67.2	166	662	849	49		426
10	ทิ้งยาง		X	0	17	70.9	117	85	1068	4		493
11	กลับสู่สภาวะพร้อมใช้งาน	X		5	0	74.7	85	287	1069	0		563
				Dumptemp.:								
				Display: 166 °C					**1069**	**142**		**09:23**
				Manual: °C								

Printed by:

Water Temperatures:

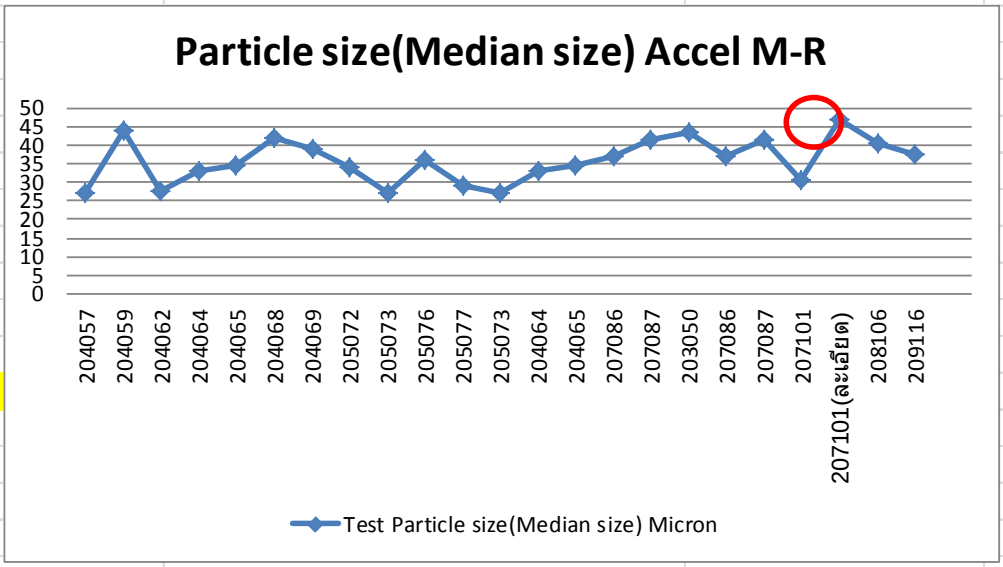
Order: 2015-07-04 20:04:25
Customer Batch: 2243
TCU 1 0 °C
Recipe:
Start of order: 05/07/15 01:40
TCU 2 0 °C
Line: P1(GK 250E)
TCU 3 0 °C

	Process step	Ram Position		Rotor Speed	Spec. Ram-	Step time	temperature	mean value of the	maximum of the	Revolutions	Energy	Cycle time
No.		U	Dow	[1/min]	[N/cm²]	[s]	[°C]	[A]	[A]	[...]	[kJ]	[s]
1	รอชั่งวัตถุดิบ	X		20	0	97.8	62	277	382	0		0
2	เริ่มผสมอุณหภูมิน้อยกว่า 80 องศาเซลเซียส	X		20	0	0.4	62	0	0	0		99
3	โหลดพอลิเมอร์	X		20	0	16.8	61	287	313	0		98
4	ผสมเวลาอย่างน้อย 53 วินาที		X	45	50	53.1	73	320	482	35		116
5	โหลดเคมี	X		20	0	21.8	58	276	289	0		168
6	โหลดคาร์บอนแบล็ค (Fix carbon black 53.53	X		20	0	21.8	53	278	283	0		190
7	ผสมเวลาอย่างน้อย 80 วินาที		X	40	50	80.5	136	747	1032	47		212
8	ทำความสะอาด 10 วินาที	X		25	0	11.0	115	320	787	1		293
9	ผสมเวลาอย่างน้อย 40 วินาที		X	45	50	64.1	165	701	879	46		304
10	ทิ้งยาง		X	40	50	30.0	140	347	802	4		368
11	กลับสู่สภาวะพร้อมใช้งาน		X	21	0	7.7	135	276	280	3		397
				Dumptemp.:								
				Display: 166 °C					**1032**	**137**		**06:37**
				Manual: °C								

ผลการทดสอบ Particle Distribution

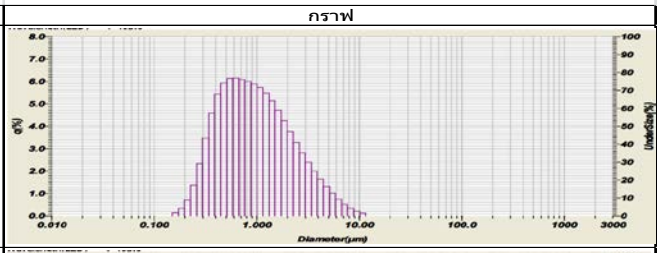
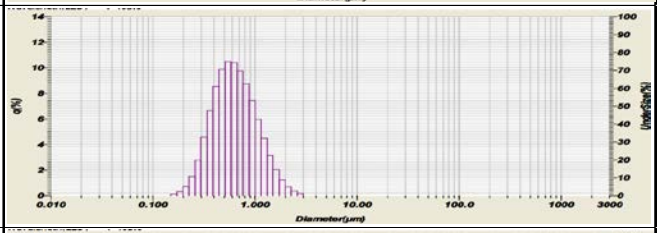
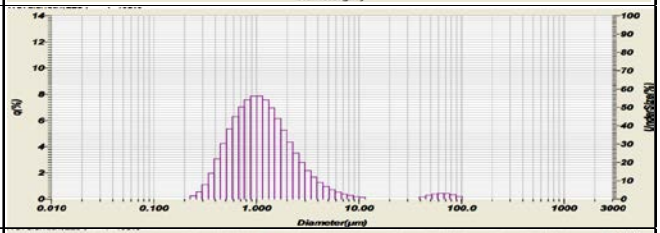
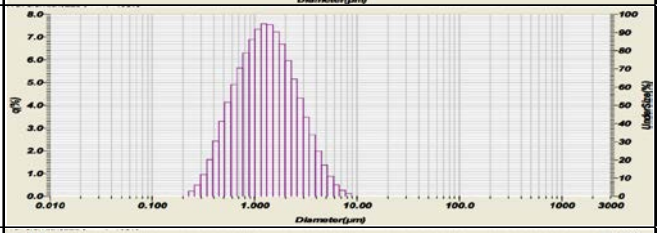
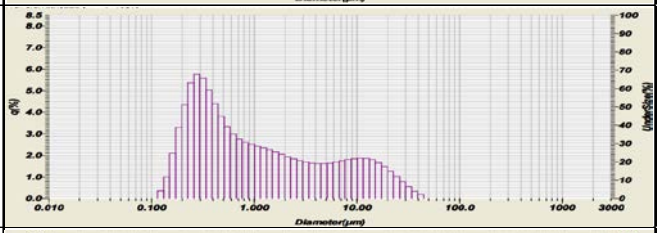
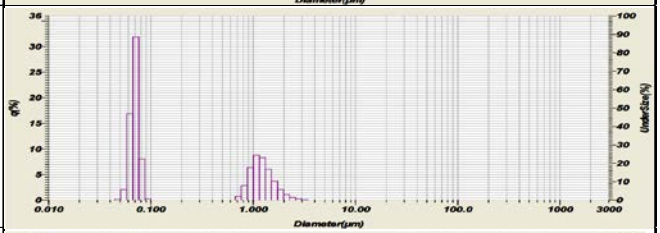
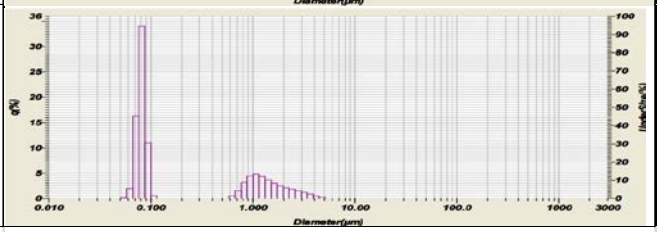
ชื่อวัตถุดิบ Accel M-R

หมายเลขล็อต	Test Particle size(Median size) Micron	ลักษณะกราฟ
204057	27.13	ปกติ
204059	43.7	ย้ายไปทางขวามาก
204062	27.41	ปกติ
204064	33.03	ปกติ
204065	34.39	ปกติ
204068	42.15	ย้ายไปทางขวามาก
204069	38.95	ปกติ
205072	33.81	ปกติ
205073	26.93	ปกติ
205076	35.81	ปกติ
205077	28.89	ปกติ
205073	26.93	ปกติ
204064	33.02	ปกติ
204065	34.39	ปกติ
207086	36.77	ปกติ
207087	41.21	ปกติ
203050	43.41	ปกติ
207086	36.76	ปกติ
207087	41.21	ปกติ
207101	30.62	ปกติ
207101(ละเอียด	47.05	ย้ายไปทางขวามาก
208106	40.52	ปกติ
209116	37.3	ปกติ



มีการ Complaint ข้อมูล ที่ค่าอนุภาคมีขนาดใหญ่ไปทาง Kawaguchi ซึ่งเป็นผู้ผลิต

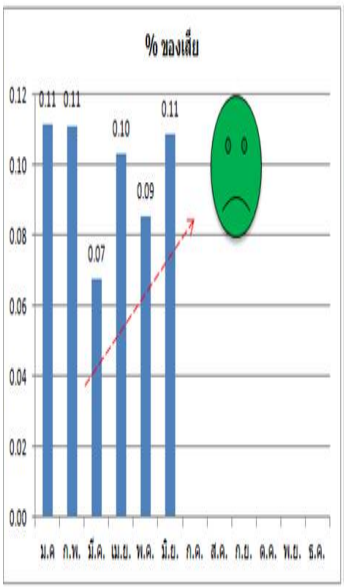
การเปรียบเทียบอนุภาคแต่ละชนิด

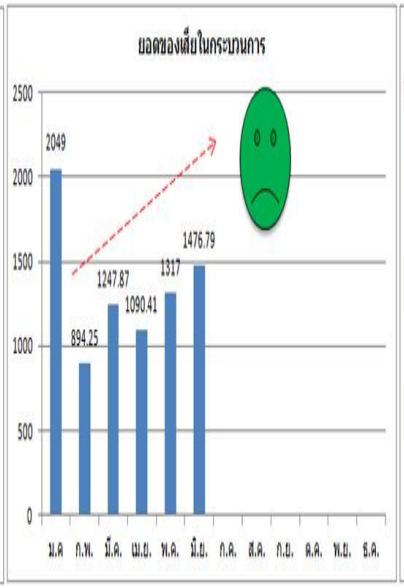
TiO	กราฟ
R-103	
R-350	
R-820	
R-902+	
R-902	
CR-828	
CR-834	

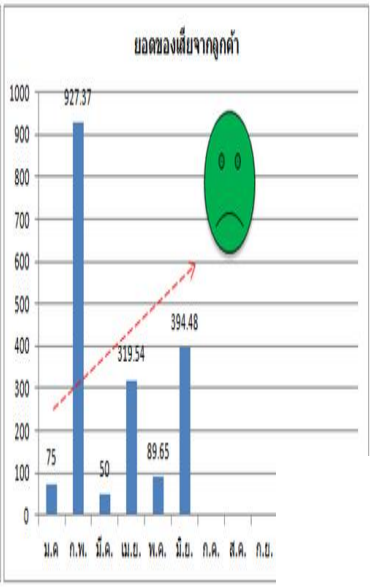
การรายงานปัญหาคุณภาพ

รายงานปัญหาคุณภาพ Compound FMB 2015

	เดือน	ม.ค	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ยอดผลิตทั้งหมด	แบ็ทท์	20858	19236	21965	14067	18201	18284						
	น้ำหนัก(Kg)	1907989.74	1640179.31	1922669.18	1367001.11	1647222.46	172291 6.66						
ยอดของเสียใน	แบ็ทท์	32	12	17	14	14	17						
กระบวนการ	น้ำหนัก(Kg)	2049	894.25	1247.87	1090.41	1317	1476.79						
ยอดของเสียจาก	แบ็ทท์	1	14	2	3	2	7						
ลูกค้า	น้ำหนัก(Kg)	75	927.37	50	319.54	89.65	394.48						
ยอดของเสียรวม	แบ็ทท์	33	26	19	17	16	24						
ทั้งหมด	น้ำหนัก(Kg)	2124	1821.62	1297.87	1409.95	1406.65	1871.27						
% ของเสีย	แบ็ทท์	0.16	0.14	0.09	0.12	0.09	0.13						
	น้ำหนัก(Kg)	0.11	0.11	0.07	0.10	0.09	0.11						







ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายมนตรี มีชัย
วัน เดือน ปีเกิด	23 มิถุนายน พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดตรัง
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	186/97 ถนนริมน้ำ ตำบลเชิงเนิน อำเภอเมือง จังหวัดระยอง
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2545-ปัจจุบัน	บริษัท พีไอ อินดัสทรี จำกัด
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2544	วิทยาศาสตรบัณฑิต (พอลิเมอร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (วิทยาเขตหาดใหญ่)
พ.ศ. 2559	บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (บริหารธุรกิจ สำหรับผู้บริหาร) วิทยาลัยพาณิชยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Ev 37

อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ มนตรี มีชัย ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สำหรับผู้บริหาร ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร.สาวิตรี บิณฑสันต์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.วราภรณ์ ข้องเกี่ยวพันธุ์)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน

(ดร.สาวิตรี บิณฑสันต์)

.....กรรมการ

(ดร.วราภรณ์ ข้องเกี่ยวพันธุ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐวุฒิ รู้แทนคุณ)

.....กรรมการ

(ดร.กฤษณา โพธิสารัตนะ)

วิทยาลัยพาณิชยศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สำหรับผู้บริหาร ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีวิทยาลัยพาณิชยศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรพต วิรุณราช)

วันที่ 19 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2559