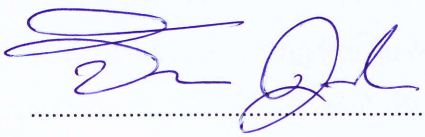
การปรับปรุงกระบวนการเชื่อมประสานในการผลิตเสากลางโครงรถยนต์ ตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า

ศิริยุพา เศวตจามร

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์ และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ ศิริยุพา เศวตจามร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

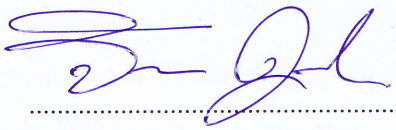
คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์



.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

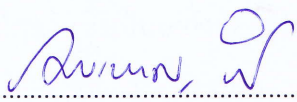
(ดร. จักรวาล คุณะดิลก)

คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์



.....ประธาน

(ดร. จักรวาล คุณะดิลก)



.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

ฤกุลล์ จันทรสา .....กรรมการ

(ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่ 3 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.จักรวาล คุณะดิลก หัวหน้าภาคและอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยบูรพา อาจารย์ที่ปรึกษางานนิพนธ์ที่ได้ให้ความรู้ แนวคิด ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรหาญ ลิลา และ ดร.ฤภูวัลย์ จันทรสา อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการสอบงานนิพนธ์นี้ และกรุณาให้คำแนะนำ และตรวจสอบความถูกต้องของงานนิพนธ์ อีกทั้งยังให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยนี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณมณฑิรา ชื่นค้า ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกรับประกันคุณภาพ บริษัท ซูมิโช เมทัล (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณทีมงานที่ให้ความร่วมมือ เพื่อให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนตลอดมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานนิพนธ์นี้ ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ศิริยุพา เศวตจามร

56921238: สาขาวิชา: การจัดการงานวิศวกรรม; วศ.ม. (การจัดการงานวิศวกรรม)
คำสำคัญ: ซิกซ์ ซิกม่า/ อุตสาหกรรมยานยนต์/ การเชื่อมประสาน/ คราบเขม่าดำ

ศิริยุพา เศวตจามร: การปรับปรุงกระบวนการเชื่อมประสานในการผลิตเสากลางโครงรถยนต์ ตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า (WELDING PROCESS IMPROVEMENT OF PILLAR BY USING SIX SIGMA APPROACH) อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์: จักรวาล คุณะดิลก, Ph.D., 69 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์ เพื่อลดของเสียปัญหาคราบเขม่าดำจากกระบวนการเชื่อมเสาประตูรถยนต์ โดยอาศัยแนวทางแก้ปัญหาคุณภาพแบบซิกซ์ ซิกม่า มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิต กระบวนการเชื่อมประสานของชิ้นงานเสาประตูรถยนต์ถูกเลือกมาทำการปรับปรุงเนื่องจากพบปัญหาเกิดข้อร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องคราบเขม่าดำบริเวณแนวเชื่อม ซึ่งเป็นปัญหาที่ไม่เคยถูกร้องเรียนมาก่อน ทำให้ต้องมีการส่งพนักงานไปทำการแก้ไขงานที่บริษัทลูกค้า และก่อให้เกิดต้นทุนคุณภาพที่บกพร่อง จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าลูกค้าร้องเรียนเรื่องปัญหาคราบเขม่าดำจำนวน 5 ครั้ง จากการส่งทั้งหมด 11 ครั้ง ภายใน 1 เดือน การประยุกต์ซิกซ์ ซิกม่าในการปรับปรุงคุณภาพเริ่มจากการกำหนดเป้าหมายที่จะทำให้ปัญหาคราบเขม่าดำหมดไป จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบการวัด พบว่าระบบการวัดมีความเที่ยงตรงเท่ากับ 82.50% และประเมินความสามารถของกระบวนการปัจจุบันโดยใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย พบว่าบริษัทมีเปอร์เซ็นต์ของเสียเนื่องจากคราบเขม่าดำเท่ากับ 3.27% การวิเคราะห์สาเหตุด้วยเครื่องมือผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล และการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) ถูกนำมาใช้เพื่อบ่งชี้ว่าสาเหตุของปัญหาคราบเขม่าดำ พบว่าสาเหตุหลักเกิดจากระดับแรงดูดควันด้านบนและด้านล่างไม่เหมาะสมโดยมีค่า RPN เท่ากับ 576 จึงทำการปรับปรุงให้ชิ้นงานไม่เกิดปัญหาคราบเขม่าดำด้วยการหาค่าระดับแรงดูดควันด้านบนและล่างที่เหมาะสมด้วยการใช้การออกแบบการทดลองแบบครั้งละปัจจัย หลังจากนั้นใช้สร้างเอกสารวิธีปฏิบัติงาน (Work instruction) เพื่อควบคุมการตั้งค่าระดับแรงดูดควันใหม่ และใช้ใบตรวจสอบเพื่อเฝ้าติดตามการเกิดปัญหาต่อไป ผลการวิจัยพบว่าปัญหาคราบเขม่าดำหมดไปจากกระบวนการผลิตโดยมีเปอร์เซ็นต์ของเสียลดลงเหลือ 0.61% การวิเคราะห์ค่า FMEA หลังการปรับปรุงพบว่ามีค่า RPN ลดลงเหลือ 4 และไม่เกิดข้อร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องปัญหาคราบเขม่าดำ

56921238: MAJOR: ENGINEERING MANAGEMENT; M.Eng. (ENGINEERING MANAGEMENT)
KEYWORDS: SIX SIGMA/ AUTOMOTIVE INDUSTRIAL/ WELDING PROCESS/ SMOKE
SIRIYUPA SAWETJAMORN: WELDING PROCESS IMPROVEMENT OF PILLAR BY USING SIX SIGMA APPROACH. ADVISORY COMMITTEE: JAKRAWARN KUNADILOK, Ph.D., 69 P. 2016.

The objective of this research is to reduce smoke issue from welding process of Pillar. This research is based on applying Six Sigma as a guide line to solve quality problems and to improve the manufacturing process. The production line selected to improve in this research is welding process of Pillar due to an occurring of customer complaint in the smoke issue around weld area of the product. This complaint issue had occurred for the first time therefore company needed to take corrective action immediately by sending operators to rework unacceptable parts at customer's company. This issue initiated expenses which is called cost of poor quality due to customer complaint 5 times from 11 lots of delivery in a month. An implementation of Six Sigma for quality improvement was started from setting the target to eliminate all of smoke issue occurring at weld area. Next, measurement capability of appraisals was analyzed by using Measurement System Analysis for attributes. The result revealed that the measurement system was capable with 82.5% of accuracy which is acceptable based on company standard. Then, the proportion defective control chart was applied to determine the current process capability. It showed that the process produced 3.27% of defective. Afterward, the cause and effect diagram and the failure mode and effect analysis tools were utilized for find out the causes of problem. Subsequently, the velocities of upper and lower at suction unit were not appropriate as RPN before the improvement was 576. Therefore they were pointed to be major causes of the smoke problem. The one factor at a time experimental design was used to determine the suitable conditions of those velocities. After that a work instruction was used to control new velocity setting values and a check sheet was also conducted to monitoring the smoke issue. After improved, the percent of defective was reduced to 0.61%, RPN was decreased to 4 and no customer complaint in the smoke issue.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 3

ขอบเขตของการวิจัย..... 4

ข้อจำกัดของการวิจัย..... 4

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

ทฤษฎีเกี่ยวกับซิกซ์ ซิกม่า..... 5

ความหมายของของซิกซ์ ซิกม่า..... 5

ขั้นตอนกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า..... 6

เครื่องมือที่นิยมใช้ในกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า..... 10

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ..... 18

การประเมินความสามารถของระบบการวัดสำหรับข้อมูลไม่ต่อเนื่อง
(ข้อมูลการตรวจนับ)..... 19

ค่าใช้จ่ายทางด้านคุณภาพ..... 20

ซิกซ์ ซิกม่าในความหมายสถิติ..... 23

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 28

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 31

โครงสร้างทีมงานวิจัย..... 32

ขั้นตอนการกำหนดปัญหา..... 32

ขั้นตอนการวัด..... 32

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ขั้นตอนการวิเคราะห์	34
	ขั้นตอนการปรับปรุง	35
	ขั้นตอนการควบคุม	35
	สรุปผลการดำเนินงาน	35
4	ผลการวิจัย	36
	ขั้นตอนการกำหนดปัญหา	36
	ขั้นตอนการวัด	37
	ขั้นตอนการวิเคราะห์	44
	ขั้นตอนการปรับปรุง	54
	ขั้นตอนการควบคุม	58
5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	64
	สรุปผลการวิจัย	64
	ข้อเสนอแนะ	66
บรรณานุกรม		67
ประวัติย่อของผู้วิจัย		69

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1-1 รายละเอียดต้นทุนคุณภาพที่บกพร่องของปัญหาคราบเขม่าดำ..... 3

2-1 ของเสียที่ซิกม่าในระดับต่าง ๆ..... 6

2-2 กระบวนการซิกซ์ ซิกม่า และเครื่องมือที่นิยมใช้..... 9

2-3 เกณฑ์การให้ลำดับขั้นของผลกระทบของความรุนแรง..... 15

2-4 การให้ลำดับโอกาสการเกิดความผิดพลาด..... 16

2-5 โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ..... 17

2-6 การเปรียบเทียบความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกิจการต่าง ๆ ได้ที่ระดับความเชื่อมั่นที่แตกต่าง..... 24

2-7 สรุปจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ..... 25

2-8 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง (Defect) ที่เกิดขึ้นที่ระดับต่าง ๆ ของซิกม่าเมื่อมีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย (μ)..... 27

4-1 ผลการทดลองในการวิเคราะห์ระบบการวัดในปัจจุบันภายในบริษัท..... 38

4-2 การเก็บข้อมูลปัญหาคราบเขม่าดำของชิ้นงานเสาประตูรถยนต์ภายในบริษัท..... 43

4-3 รายละเอียดของสาเหตุหลัก..... 45

4-4 การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA)..... 48

4-5 รายละเอียดการให้คะแนนค่าความเสี่ยง (RPN)..... 49

4-6 ผลการทดลองครั้งที่ 1 กำหนดให้ระดับแรงดูดควันด้านล่างคงที่ 7.50 m/s..... 55

4-7 ผลการทดลองครั้งที่ 2 กำหนดให้ระดับแรงดูดควันด้านบนคงที่ 2.00 m/s..... 56

4-8 การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) ของก่อนและหลังการปรับปรุง..... 57

4-9 จำนวนการร้องเรียนจากลูกค้าในช่วงหลังการปรับปรุง..... 57

5-1 ผลการเปรียบเทียบค่า RPN ของก่อนและหลังการปรับปรุง..... 65

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	ปัญหาคราบเขม่าดำ	2
1-2	ตัวอย่างการเก็บข้อมูลในรูปแบบ Excel ของฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ	3
2-1	SIPOC Process model	7
2-2	ขั้นตอนในการดำเนินโครงการของซิกซ์ ซิกม่า	8
2-3	ขั้นตอนโดยสรุปของซิกซ์ ซิกม่า	9
2-4	โครงสร้างทั่วไปของผังแสดงเหตุและผล	12
2-5	ค่า Z และพื้นที่ใต้โค้งปกติ	23
2-6	พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเมื่อ Z = ± 3	24
2-7	พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเมื่อ Z = ±1 ถึง Z = ±6	25
2-8	ลักษณะการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย	26
2-9	จำนวนการเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ระดับต่าง ๆ ของซิกม่า	27
3-1	แผนผังของขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	31
3-2	ผังโครงสร้างทีมงานวิจัย	32
4-1	การวิเคราะห์กระบวนการผลิตเสาประตูรถยนต์	37
4-2	ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดในภาพรวม	39
4-3	ผลค่าความเที่ยงตรงในระบบการวัด	40
4-4	อัตราการวัดผิดพลาด	41
4-5	แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในกระบวนการปัจจุบัน	44
4-6	แผนผังการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเหตุและผล	47
4-7	แผนภาพพาเรโตแสดงสาเหตุของปัญหาที่มีความสำคัญ	54
4-8	Work instruction ในการควบคุมกระบวนการผลิต	59
4-9	ใบตรวจสอบความเป็นคราบเขม่าดำเดือนตุลาคม 2558	60
4-10	ใบตรวจสอบความเป็นคราบเขม่าดำเดือนพฤศจิกายน 2558	61
4-11	ใบตรวจสอบความเป็นคราบเขม่าดำเดือนธันวาคม 2558	62

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

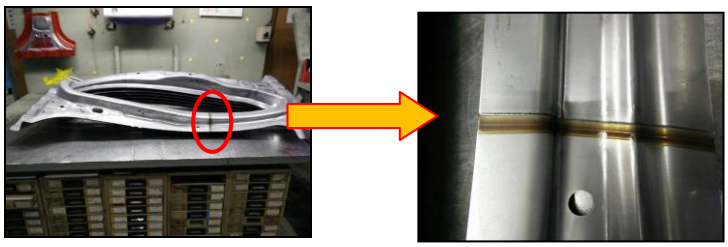
ในปัจจุบันอุตสาหกรรมงานเชื่อมโลหะแผ่นของไทยเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีความสำคัญในการพัฒนาประเทศ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่เชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมสำคัญของประเทศ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ เครื่องจักรกล และอุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมเหล็กสำหรับยานยนต์ เนื่องจากโครงสร้างหรือตัวถัง ได้แก่ ประตู หลังคา ฝากระโปรง รวมทั้งช่วงล่างของรถยนต์ส่วนมากถูกผลิตขึ้นจากการนำโลหะแผ่นมาเชื่อมและผ่านกระบวนการปั๊มขึ้นรูป (Stamping process) ซึ่งแต่ละชิ้นส่วนจะมีความต้องการและคุณลักษณะพิเศษของโลหะแผ่นแตกต่างกันไป และการแข่งขันทางธุรกิจงานเชื่อมโลหะแผ่นปัจจุบันมีการแข่งขันสูง เนื่องจากมีผู้ผลิตจำนวนมากขึ้นตามความต้องการของลูกค้า ดังนั้นการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตและการแก้ไขปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิผล จะเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างโอกาสในทางธุรกิจ และเป็นทางเลือกให้กับลูกค้า

ในสภาวะเศรษฐกิจและการตลาดของอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2556 เป็นต้นมา พบว่าอัตราการซื้อขายลดลง เนื่องจาก ผลกระทบโครงการรถคันแรก เศรษฐกิจชะลอตัว และปัญหาทางการเมือง ทำให้เกิดสภาวะยอดขายครึ่งปีแรกกับช่วงครึ่งหลังของปีพลิกกลับหน้ามือเป็นหลังมือ เพราะปริมาณรถบนท้องถนนมีมากเกินไป ทำให้เกิดการจราจรติดขัด ผู้บริโภคไม่มีความต้องการในการซื้อรถเพิ่ม ทำให้ตลาดรถชะลอตัวต่อเนื่อง ไปจนถึงไตรมาสแรกของปี 2557 ฉะนั้นจึงยังจะเห็นบริษัทรถแข่งขันกันจัดแคมเปญอย่างดุเดือด เพื่อกระตุ้นยอดขายให้ดีขึ้น ดังนั้นการที่สภาวะดังกล่าวนี้ทำให้ผู้ส่งมอบที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมยานยนต์ (Supplier) ต้องประคองและปรับปรุงการทำงาน ทั้งด้านคุณภาพและกระบวนการผลิต พร้อมกับการลดต้นทุนในกระบวนการผลิต ให้กับกลุ่มผู้ผลิตยานยนต์ในประเทศไทย (Original equipment manufacturing: OEM) โดยเฉพาะผู้ส่งมอบที่เป็นผู้ผลิตเกี่ยวกับโครงสร้างและตัวถังของรถยนต์ ซึ่งใช้เหล็กเป็นวัตถุดิบหลักนั้นต้องทำการเร่งปรับตัวโดยการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต โดยใช้เทคนิคที่เหมาะสมมาทำการปรับปรุงการผลิต เพื่อให้ได้ต้นทุนสินค้าต่ำที่สุด และมีคุณภาพสามารถแข่งขันในอุตสาหกรรมยานยนต์ได้

ความจำเป็นดังกล่าวเป็นเหตุผลที่ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำวิธีการและหลักการของซิกซ์ ซิกม่า มาปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการเชื่อมโลหะแผ่นเพื่อเป็นการลดจำนวนของเสียในกระบวนการผลิต ลดต้นทุนการผลิต สร้างความพึงพอใจสูงขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพรอบเวลาการผลิต จัดส่ง และการทำงานต่าง ๆ สั้นลง จนสามารถทำให้บริษัทมีกระบวนการทำงานที่มีความเสถียรภาพและสามารถคาดการณ์ได้ และปลูกจิตสำนึกให้พนักงานเกิดการมุ่งเน้นไปที่ลูกค้า คุณภาพ และการทำงาน รวมถึงการสร้างแนวทางการประยุกต์หลักการของ DMAIC ในการปรับปรุงหรือแก้ไขปัญหาคุณภาพในกระบวนการต่าง ๆ ต่อไป

บริษัทที่ทางผู้วิจัยได้นำมาเป็นกรณีศึกษานั้น เป็นบริษัทที่มีผลิตภัณฑ์ คือ งานเหล็กแผ่นที่ผ่านกระบวนการเชื่อม เพื่อส่งมอบให้ผู้ผลิตยานยนต์ใช้ในการผลิตขึ้นรูปเป็นโครงสร้างหรือตัวถังรถยนต์ ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการควบคุมคุณภาพของชิ้นงานให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งหากในกระบวนการไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้ ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงมาก เนื่องจากโครงสร้างและตัวถังของรถยนต์ส่งผลต่อความปลอดภัยในการใช้งาน การมีปัญหาคุณภาพส่งผลต่อการเสียโอกาสในการขายสินค้าเนื่องจากลูกค้าขาดความเชื่อมั่น

กรณีศึกษาของงานวิจัยนี้เป็นการลดปัญหาคราบเขม่าดำของเสาประตูรถยนต์ ดังภาพที่ 1-1 ซึ่งดัชนีชี้วัดปัญหาของทางโรงงาน คือ ต้นทุนคุณภาพที่บกพร่องเพิ่มขึ้น ซึ่งก่อนหน้านี้ไม่เคยได้รับข้อร้องเรียนในปัญหาดังกล่าว กล่าวคือ ในเดือนพฤษภาคม 2558 ทางบริษัทกรณีศึกษาได้รับข้อร้องเรียนจากลูกค้าในเรื่องปัญหาคราบเขม่าดำ ทำให้ต้องส่งพนักงานไปแก้ไขงานที่บริษัทลูกค้าเป็นจำนวน 5 ครั้ง และต้องแบ่งพนักงานทำการแก้ไขงานให้ได้ตามความต้องการของลูกค้าอยู่ตลอดเวลาที่มีการจัดส่งงาน ทำให้เสียเวลาและพบว่าต้นทุนคุณภาพที่บกพร่อง (Cost of poor quality: COPQ) มีราคาสูงมาก สามารถแสดงรายละเอียดต้นทุนคุณภาพที่บกพร่องของปัญหาคราบเขม่าดำได้ดังตารางที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 ปัญหาคราบเขม่าดำ

ตารางที่ 1-1 รายละเอียดต้นทุนคุณภาพที่บกพร่องของปัญหาคราบเขม่าดำ

รายละเอียด	ราคา (บาท)
ค่าแรงพนักงาน/ ครั้ง (หัวหน้างาน 1 คน พนักงานปฏิบัติการ 6 คน)	13,166
ค่าเดินทาง/ ครั้ง(ไป-กลับ)	2,700
ค่าอาหาร/ ครั้ง	1,470
รวม/ ครั้ง	17,336

จากข้อมูลในตารางที่ 1-1 จากการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคม 2558 บริษัทกรณีศึกษามีการร้องเรียนปัญหาคราบเขม่าดำจากลูกค้า และส่งพนักงานไปแก้ไขงานที่บริษัทลูกค้าเป็นจำนวน 5 ครั้ง และมีต้นทุนคุณภาพที่บกพร่อง 17,336 บาท/ ครั้ง หรือคิดเป็นเงิน 86,680 บาท/ 5 ครั้ง ผู้บริหารของบริษัทกรณีศึกษานี้จึงได้เล็งเห็นถึงความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นต่อไปในอนาคตหากไม่มีการดำเนินการแก้ไขอย่างถูกวิธี เพื่อทำการลดปัญหาให้ลดลง อีกทั้งปัญหาที่พบได้มีการหลุดรอดไปถึงลูกค้า ยิ่งส่งผลทางลบกับทางบริษัทในเรื่องของคุณภาพสินค้าและภาพลักษณ์ จึงยกให้ปัญหานี้เป็นปัญหาเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการแก้ไข

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อลดของเสียปัญหาคราบเขม่าดำจากกระบวนการเชื่อม (Welding process) เสาประตูรถยนต์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบถึงปัญหาที่ซ่อนเร้นในระบบ และดำเนินการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ ตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า อย่างถูกต้อง
2. สามารถกำหนดมาตรฐานในการป้องกันผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต
3. สามารถนำการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบโดยใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกม่า ไปประยุกต์ใช้กับแผนกอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. สามารถลดการร้องเรียนจากลูกค้า

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยอาศัยแนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการของซิกซ์ ซิกม่าในการปรับปรุงคุณภาพของคราบเขม่าดำเสาประตูรถยนต์รุ่นหนึ่ง โดยเลือกการปรับปรุงกระบวนการด้วยการลดข้อร้องเรียนจากลูกค้า

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงที่พิจารณาภายใต้เงื่อนไขของชิ้นส่วนเสาประตูที่ผ่านกระบวนการเชื่อมแผ่นเหล็ก (Welding process) ที่บริษัทกรณีศึกษาเท่านั้น ซึ่งการจะแก้ไขที่ชิ้นส่วนใด ๆ ของเครื่องจักร จะต้องใช้เวลานานในการพิสูจน์ว่าวิธีแก้ไขปัญหามีความเป็นไปได้หรือไม่ มีค่าใช้จ่ายหรือไม่ รวมไปถึงการต้องได้รับอนุมัติจากผู้บริหารระดับสูงอีกด้วย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีเกี่ยวกับซิกซ์ ซิกม่า

นฤมล อทะจา (2546) กล่าวว่า ซิกซ์ ซิกม่าเป็นวิธีการปฏิบัติที่ดีเลิศในปัจจุบัน เพื่อการพัฒนากระบวนการทางธุรกิจทุกประเภทและเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลกในขณะนี้ วิธีการของซิกซ์ ซิกม่าได้เริ่มมีการประยุกต์ใช้ในบริษัท โมโตโรล่า ในช่วงปี ค.ศ. 1988 ภายใต้การนำของ นายมิเกล เจ แฮรี่ ต่อมาหลายบริษัทในสหรัฐอเมริกาจึงได้นำแนวคิดการบริหารจัดการแบบซิกซ์ ซิกม่า เข้ามาใช้ในองค์กรของตัวเองและประสบความสำเร็จ สามารถลดค่าใช้จ่ายของบริษัทได้อย่างมาก แนวทางหรือวิธีปฏิบัติของซิกซ์ ซิกม่านั้นเป็นไปในลักษณะการบริหารที่มุ่งเน้นในการลดความผิดพลาด ลดความสูญเปล่า ลดการแก้ไขตัวชิ้นงาน และสอนให้บุคคลในองค์กรรู้แนวทางในการทำธุรกิจอย่างมีหลักการ โดยมุ่งเน้นไปที่ความพึงพอใจของลูกค้า ซิกซ์ ซิกม่าจะประสบความสำเร็จสูงสุดเมื่อทุกคนในองค์กรให้ความร่วมมือกันตั้งแต่ระดับผู้บริหารสูงสุดไปจนถึงบุคลากรทั่วไป

ความหมายของของซิกซ์ ซิกม่า

วชิรพงษ์ สาลีสิงห์ (2548) กล่าวว่า ซิกซ์ ซิกม่านั้นเป็นภาษาในวิชาสถิติ คำว่าซิกม่า หรือ σ เป็นอักษรในภาษากรีกที่ใช้แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เพื่อใช้วัดความแปรปรวนที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (Mean) ซึ่งค่าซิกม่านั้นยิ่งสูงแสดงว่ามีความแปรปรวนของกระบวนการสูง ทำให้มีพื้นที่ที่อยู่นอกเหนือพื้นที่ในการยอมรับน้อยลง นั่นคือมีของเสียเกิดขึ้นมากนั่นเอง โดยที่ระดับซิกซ์ ซิกม่านั้นจะยอมให้มีข้อผิดพลาดได้ไม่เกิน 3.4 ครั้งในหนึ่งล้านครั้ง หรือที่เรียกว่า 3.4 DPPM (Defect part per million) ซึ่งข้อผิดพลาดในที่นี้หมายถึง สิ่งใดก็ตามที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (Specification) หรือเป้าหมายของกระบวนการโดยมุ่งเน้นให้เกิดความพึงพอใจของลูกค้าเป็นหลัก

ตารางที่ 2-1 ของเสียที่ซิกม่าในระดับต่าง ๆ

ขอบเขตข้อกำหนด	เปอร์เซ็นต์	จำนวนของเสียใน 1 ล้านชิ้น
± 1 σ	68.27	317,300
± 2 σ	95.45	45,400
± 3 σ	99.73	2,700
± 4 σ	99.9937	63
± 5 σ	99.999943	0.57
± 6 σ	99.9999998	0.002

ตารางที่ 2-1 การกระจายตัวแบบปกติภายใต้ขอบเขตที่กำหนดและจำนวนของเสียที่ซิกม่าในระดับต่าง ๆ ดังนั้นแนวทางของซิกซ์ ซิกม่า จึงมุ่งเน้นไปที่การลดความไม่แน่นอนและปรับปรุงขีดความสามารถของกระบวนการให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด โดยในทางปฏิบัตินั้นเป็นเรื่องของการใช้หลักการทางสถิติในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ เป้าหมายหลักสำคัญ 3 ส่วนที่เป็นความพยายามของซิกซ์ ซิกม่า คือ ปรับปรุงการสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า การลดรอบเวลา (Cycle time) และการลดข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma Steps)

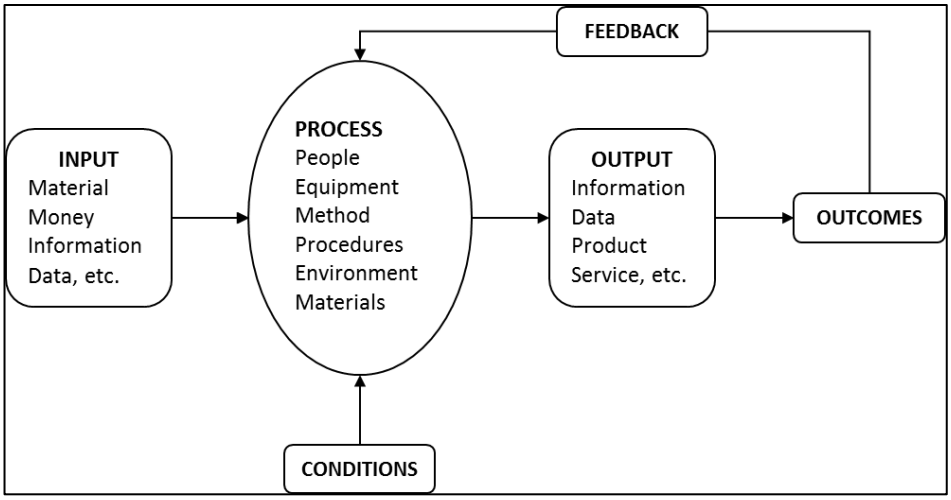
Dale H. Besterfield (2013) ได้กล่าวถึงขั้นตอนกระบวนการของซิกซ์ ซิกม่า โดยมี DMAIC ประกอบด้วย การกำหนด (Define) การวัด (Measure) การวิเคราะห์ (Analysis) การปรับปรุง (Improve) และการควบคุม (Control) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การกำหนด (Define phase) ในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วย

Project charter คือ เอกสารระบุถึงปัญหารวมไปถึงขั้นตอนการจัดการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งต้องมีการกำหนดขอบเขตในการตัดสิน เช่น ปัญหานี้สำคัญหรือไม่ การกำหนดปัญหานี้สามารถเป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่ เป็นต้น โดยการเลือกปัญหาที่จะมาแก้ไขนั้น เราสามารถเลือกใช้เครื่องมือการวิเคราะห์แบบพาเรโต เพื่อดูความสำคัญของปัญหาตามลำดับ ใน Project charter ยังต้องมีผู้บริหารโครงการมาเป็นที่ปรึกษาของโครงการ และยังต้องมีการกำหนดเป้าหมายของโครงการก่อนเริ่มดำเนินโครงการนั้น ๆ

Process map จะช่วยให้ทีมงานเข้าใจถึงกระบวนการที่เกี่ยวกับธุรกิจหรือการผลิตขององค์กร โดยใช้ Supplier, Input, Process, Output, Customer (SIPOC) process model เป็นการระบุ

กระบวนการทำงานในภาพใหญ่ในรูปแบบตารางก่อนเริ่มเขียนแผนภาพ วัดผล หรือทำการพัฒนา ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 SIPOC Process model

Voice of the Customer เป็นข้อมูลปัญหาหลัก ๆ ที่มีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงแก้ไขได้ดีที่สุด ปัญหาจะถูกแยกแยะได้ตามปัจจัย ดังนี้

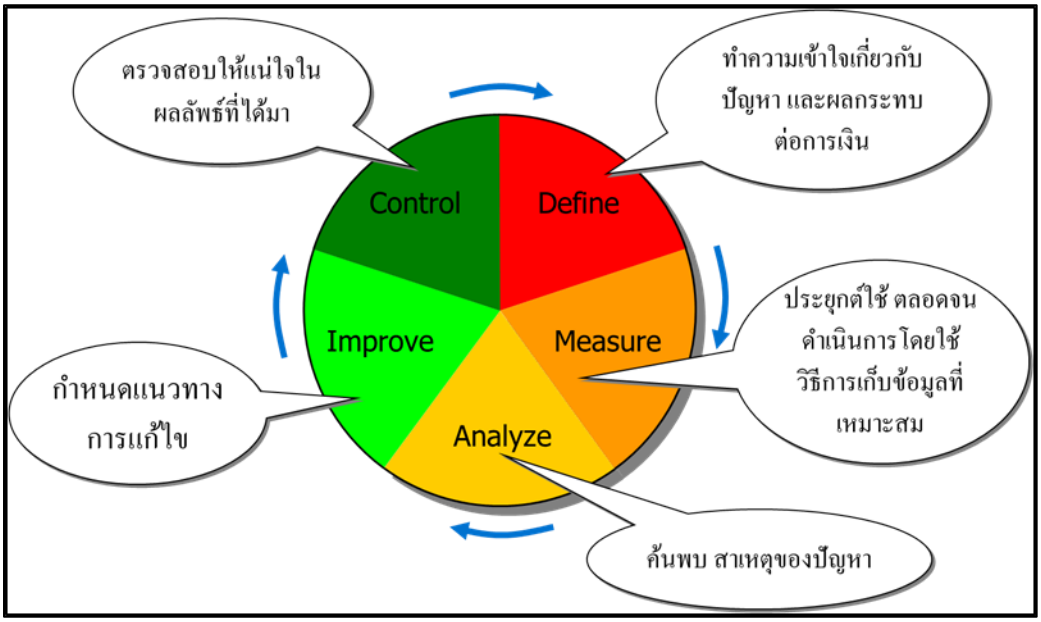
1. การวิเคราะห์ข้อมูลจากภายนอก คือ การร้องเรียนของลูกค้า หรือการเรียกคืนชิ้นส่วนที่เกิดปัญหา
2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากภายใน คือ การตรวจสอบจากของเสียที่เกิดขึ้น หรือกระบวนการทำซ้ำตำแหน่งที่เกิดปัญหา (Rework)
3. ข้อเสนอจากผู้บริหาร หรือจากโครงการ
4. การระดมสมองของสมาชิกในโครงการ
5. การสอบถามลูกค้าหรือพนักงานภายในโรงงาน
6. ข้อร้องเรียน หรือข้อติเตียนจากผู้ใช้ภายนอก เช่น ลูกค้า

การวัด (Measure phase) เป็นขั้นตอนที่ต้องเข้าใจถึงกระบวนการ การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และการบ่งชี้ความสามารถของกระบวนการในปัจจุบัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ

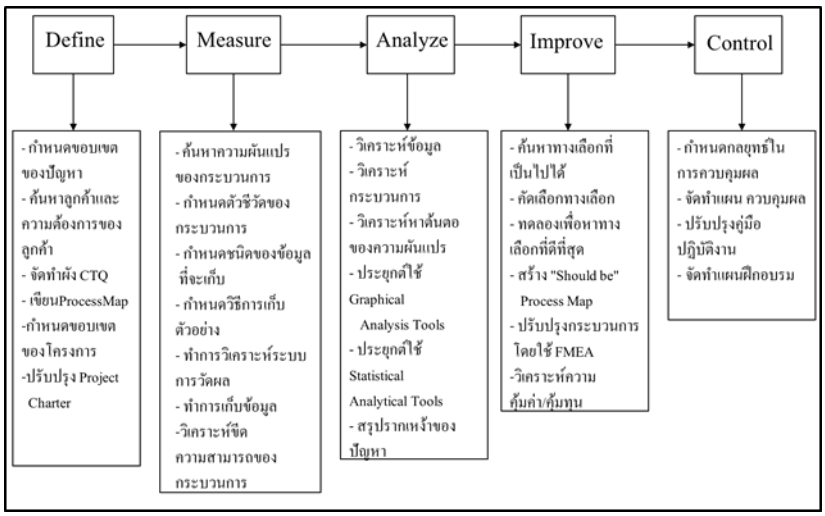
การวิเคราะห์ (Analysis phase) ในขั้นตอนการวิเคราะห์ (จากข้อมูลที่วัดมาได้) เพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้มากที่สุดของปัญหา ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์จากทีมงาน การระดมสมอง และความรู้ความสามารถของคนในทีมงาน

การปรับปรุง (Improve phase) หลังจากที่ได้ตัวแปรที่มีผลมาก ๆ หรือสำคัญ ๆ จากนั้นจะเลือกวิธีแก้ไข/ ปรับปรุง ที่เหมาะสม เพื่อขจัดสาเหตุที่วิเคราะห์ได้ หรือในการออกแบบขั้นนี้จะเป็นการออกแบบกระบวนการ/ ผลิตภัณฑ์เพื่อขจัด หรือควบคุมตัวแปรที่วิเคราะห์ได้

การควบคุม (Control phase) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งต้องดำเนินการออกแบบระบบควบคุมคุณภาพของกระบวนการเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ากระบวนการจะไม่ย้อนไปมีปัญหาเหมือนเดิมอีก และจากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปขั้นตอนในการดำเนินโครงการของซิกซ์ ซิกม่าได้ดังภาพที่ 2-2 และ 2-3



ภาพที่ 2-2 ขั้นตอนในการดำเนินโครงการของซิกซ์ ซิกม่า



ภาพที่ 2-3 ขั้นตอนโดยสรุปของซิกซ์ ซิกม่า

ทั้งนี้ Dale H. Besterfield (2013) ยังได้กล่าวถึงกระบวนการทั้ง 5 ขั้นตอนของของซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC) ซึ่งจะมีเครื่องมือที่นิยมนำมาใช้ สามารถสรุปและแสดงได้ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 กระบวนการซิกซ์ ซิกม่า และเครื่องมือที่นิยมใช้

ขั้นตอน	เครื่องมือที่นิยมใช้
Define (D)	แผนภูมิกระบวนการ (Process map)
	แผนภูมิพาเรโต
	การระดมสมอง (Brain storming)
Measure (M)	แผนภูมิพาเรโต
	ผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram)
	การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement system Analysis)
	Check sheet
	Histograms
	Process capability
	Flow chart

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นตอน	เครื่องมือที่นิยมใช้
Analysis (A)	การออกแบบการทดลอง (Design of experiment, DOE)
	Process capability
	ผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram)
	Why-why analysis
	Tree diagram
	Scatter diagram
	Hypothesis testing
	Analysis of variance (ANOVA)
Improve (I)	การออกแบบการทดลอง (Design of experiment, DOE)
	การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA)
Control (C)	Control chart
	การควบคุมด้วยกระบวนการทางสถิติ (SPC)

เครื่องมือที่นิยมใช้ในกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC)

แผนภูมิพาเรโต

สมศักดิ์ แก้วพลอย (2550) ได้กล่าวว่า แผนภาพพาเรโต (Pareto) หมายถึง เครื่องมือตัวแรกสำหรับการวิเคราะห์ความเสถียรภาพของข้อมูลแบบหลายพวก ตลอดจนใช้ในการพิจารณาถึงการจำแนกประเภทของข้อมูล (Stratification) เพื่อประกอบการวิเคราะห์ เช่น จำนวนสินค้าคุณภาพไม่ดี ข้อบกพร่อง คำร้องเรียนจากลูกค้า เป็นต้น กล่าวคือ เป็นแผนภาพที่สามารถบ่งบอกได้ถึงความมีเสถียรภาพของข้อมูลโดยอาศัยการแจกแจงความถี่ของข้อมูลที่เป็นข้อมูลนับ ถ้าข้อมูลเหล่านี้อยู่ในสภาวะเสถียรภาพแล้ว ข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital few) ในขณะที่ข้อมูลที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยจะมีจำนวนมากมาย (Trivial many)

ใบตรวจสอบ (Check sheet)

ลำปาง แสนจันทร์ (2549) กล่าวว่า ใบตรวจสอบ คือ แผนผังหรือตารางที่มีการออกแบบไว้ล่วงหน้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลได้ง่ายและถูกต้อง และเพื่อสะดวกต่อการอ่านข้อมูลและสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ต่อได้ง่ายขึ้น

การสร้างหรือออกแบบใบตรวจสอบสามารถทำได้หลากหลายแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

ชนิดของงานและลักษณะของข้อมูล เช่น งานที่ต้องการสำรวจหาของเสียหรือของชำรุด งานที่ต้องการหาค่าเฉลี่ยและการกระจายของกระบวนการผลิตหรืองานที่ต้องการหาตำแหน่งของของเสียหรือของชำรุด เป็นต้น โดยมีข้อแนะนำในการใช้ใบตรวจสอบ ดังนี้

1. ต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์การใช้ใบตรวจสอบให้ชัดเจน
2. ใบตรวจสอบต้องมีรายละเอียดของการจำแนกข้อมูลเพียงพอที่จะใช้ในการตัดสินใจ

ฮีสโตแกรม (Histogram)

ฮีสโตแกรม คือ กราฟแท่งแบบเฉพาะ โดยแกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดง “ความถี่” และมีแกนนอนเป็นข้อมูลของคุณสมบัติของสิ่งที่เราสนใจโดยเรียงลำดับจากน้อยไปมาก ใช้ดูความแปรปรวนของกระบวนการ โดยการสังเกตรูปร่างของฮีสโตแกรมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง การนำฮีสโตแกรมมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลเนื่องจาก

1. เมื่อต้องการตรวจสอบความผิดปกติโดยดูการกระจายของกระบวนการทำงาน
2. เมื่อต้องการเปรียบเทียบข้อมูลกับเกณฑ์ที่กำหนด หรือ ค่าสูงสุด-ต่ำสุด
3. เมื่อต้องการตรวจสอบสมรรถนะของกระบวนการทำงาน (Process capability)
4. เมื่อต้องการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา (Root cause)
5. เมื่อต้องการติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในระยะยาว
6. เมื่อข้อมูลมีจำนวนมาก ๆ

แผนภูมิกระบวนการ (Process map)

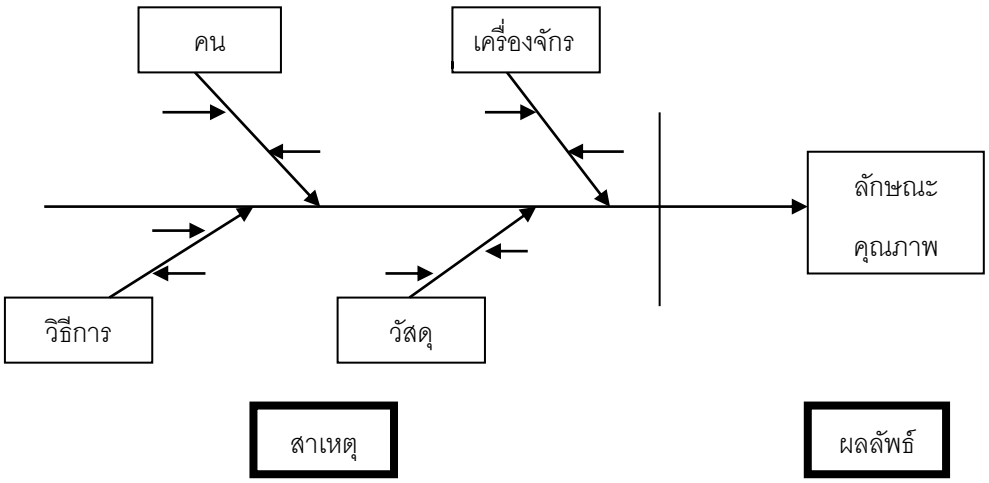
พิชิต สุขเจริญพงษ์ (2544) กล่าวว่า แผนภูมิกระบวนการแสดงลำดับของกระบวนการผลิตอย่างเป็นขั้นตอน โดยในการเขียนแผนภูมิกระบวนการจะต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้อย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับกระบวนการและผลที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต ซึ่งจะทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมีความเข้าใจในกระบวนการได้ดีขึ้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น วิเคราะห์กระบวนการได้

ผังก้างปลาหรือผังแสดงเหตุและผล (Fish bone or cause and effect diagrams)

ลำปาง แสนจันทร์ (2549) กล่าวว่า ผังแสดงเหตุและผลเป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่เกิดขึ้นกับสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหานั้น ใช้ในการค้นหาสาเหตุต่าง ๆ ของปัญหาที่ทำให้กระบวนการไม่อยู่ภายใต้การควบคุม ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ คือ คน เครื่องจักร วัสดุ และวิธีการ

จากผลลัพธ์ คือ คุณลักษณะทางคุณภาพที่ต้องการปรับปรุง ส่วนสาเหตุหลัก เช่น คน เครื่องจักร วิธีการ และวัสดุ สามารถแตกกระจายออกเป็นสาเหตุรอง เช่น วิธีการทำงานแยกออกเป็นสาเหตุรอง ได้แก่ การฝึกอบรม ความรู้ และความสามารถ

การหาสาเหตุรองที่แยกออกมาจากสาเหตุหลัก โดยปกติทีมงานจะใช้วิธีการระดมสมองและการแสดงความคิดเห็นจากสมาชิกของทีมงาน ซึ่งเป็นความคิดอิสระไม่ขึ้นกับฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง ดังโครงสร้างทั่วไปของผังแสดงเหตุและผลในภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 โครงสร้างทั่วไปของผังแสดงเหตุและผล

การออกแบบการทดลอง (Design of experiments)

การออกแบบการทดลองเป็นการออกแบบเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสม โดยการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ซึ่งอาศัยแบบจำลองหรือสมการทางคณิตศาสตร์มาอธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สามารถศึกษาผลของหลาย ๆ ปัจจัยพร้อมกันในเวลาเดียวกันด้วยวิธีใช้จำนวนการทดลองน้อยกว่าการศึกษาทีละปัจจัย การออกแบบการทดลองจึงเป็นวิธีการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพโดยการเปลี่ยนแปลงหรือปรับค่าของปัจจัย (Factors) อย่างมีจุดมุ่งหมายที่จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงของผลตอบ (Response) ที่เกิดขึ้น กระบวนการที่มีปัจจัย (Factors) หรือผลตอบ (Response: X_1, X_2, X_3, X_4) ต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อค่า Y ซึ่งเป็นคุณลักษณะด้านคุณภาพ (Quality characteristic) ของกระบวนการ ในการออกแบบการทดลองเราต้องทำการทดลองอย่างเป็นระบบเพื่อที่จะหาความสัมพันธ์เชิงสถิติของ Y และ X อื่น ๆ โดยที่พยายามใช้ทรัพยากรในการทดลองให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ความสัมพันธ์เชิงสถิติที่ได้จะทำให้เรามีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ (Process knowledge) เพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการต่อไป

แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (The proportion defective: P-chart)

เป็นแผนภูมิควบคุมเชิงคุณภาพ เพื่อตรวจสอบว่าคุณภาพการผลิตอยู่ในสภาวะที่ควบคุมได้หรือไม่ โดยมีหลักการคือ จะพล็อตจำนวนของเสียลงในกราฟ เพื่อดูลักษณะกราฟเปรียบเทียบกับเส้นขอบเขตบน (UCL: Upper control limit) และเส้นขอบเขตล่าง (LCL: Lower control limit) โดยกำหนดให้ P เป็นสัญลักษณ์แทนสัดส่วนของเสีย ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการด้านล่าง

$$P = \frac{x}{n}$$

โดยที่ x หมายถึง จำนวนของเสียจากตัวอย่าง

n หมายถึง ขนาดของตัวอย่าง

สามารถสร้างแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียได้จากสูตรดังสมการต่อไปนี้

$$CL_P = \bar{P}$$

$$LCL_P = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

$$UCL_P = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

โดยคุณภาพการผลิตจะอยู่ในสภาวะที่ควบคุมได้ เมื่อข้อมูลที่ได้จากการวัดมีคุณสมบัติดังนี้ คือ ไม่มีจุดที่อยู่นอกเส้นควบคุมทั้งด้านบนและด้านล่าง จุดส่วนใหญ่อยู่ใกล้กับเส้นค่าเฉลี่ย จำนวนที่อยู่เหนือเส้นค่าเฉลี่ยและอยู่ใต้ค่าเฉลี่ยมีจำนวนพอ ๆ กัน จุดทั้งหมดปรากฏขึ้นแบบสุ่มไม่มีแนวโน้มให้สังเกตุเห็นได้

การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)

เป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของการวัดเพื่อจะแยกแหล่งของความแปรผัน เช่น จากคน เครื่องมือ วิธีการ สภาพแวดล้อม เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงลดความแปรผัน ทำให้การวัดมีความน่าเชื่อถือ การวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ สามารถจำแนกตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การวัดแบบตัวแปรค่า (Variable) เป็นการวัดผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของน้ำหนัก ความยาว ปริมาตร หรือหน่วยอื่น ๆ ที่สามารถวัดได้

2. การวัดแบบคุณสมบัติ (Attribute) เป็นการวัดผลิตภัณฑ์ในเชิงคุณภาพ โดยจำแนกออกเป็นลักษณะต่าง ๆ เช่น ดี-เสีย ถูก-ผิด ชำรุด-ไม่ชำรุด เป็นต้น โดยจุดประสงค์การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะหรือข้อมูลนับ คือ เพื่อประเมินความสอดคล้อง (Consistency) และความสม่ำเสมอ (Uniformity) ของระบบการวัดด้วยสายตาหรืออาศัยความรู้สึกของพนักงานวัด และเพื่อนำไปใช้เพิ่มความสม่ำเสมอระหว่างพนักงาน ตลอดจนปรับปรุงขจัดความไม่สอดคล้องกัน (Inconsistency) ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการตรวจสอบหรือประเมินผล โดยวิธีการวิเคราะห์จะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องจากการวัดโดยเทียบกับมาตรฐานที่มี การประเมินผลจะออกมาในรูปของความมีประสิทธิผลของการตรวจสอบ (Screen effectiveness) อันหมายถึงความสามารถของระบบการวัดในการแยกแยะงานไม่ดีออกจากงานดี ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการยอมรับจะขึ้นอยู่กับร้อยละของความผิดพลาด (% Error) ในการตรวจสอบดังนี้

1. <10% หรือมีความถูกต้อง 90% ถือว่าสามารถยอมรับกระบวนการวัดได้

2. 10% ถึง 30% อาจจะยอมรับได้ขึ้นอยู่กับความสำคัญของการตรวจสอบ เช่น ค่าใช้จ่ายในการวัด มูลค่าของสินค้าและปัจจัยอื่น ๆ

3. >30% ไม่สามารถยอมรับกระบวนการวัดได้ จำเป็นจะต้องระบุถึงสาเหตุของความผันแปรและทำการปรับปรุง

FMEA (Failure mode & Effect analysis)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ช่วยในการวิเคราะห์ผลกระทบ อันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการที่ศึกษา โดยแปลงความผิดพลาดนั้น ๆ ให้อยู่ในรูปของสาเหตุ ซึ่งจุดเด่นของการวิเคราะห์ด้วย FMEA นี้จะอยู่ที่การคิดอย่างเป็นระบบและมีการคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความรุนแรง (Severity) ของผลกระทบ (Effect) อัตราการเกิด (Occurrence) ของอาการของปัญหาเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ (Potential cause of failure) และความสามารถในการป้องกัน (Detection) ของวิธีการควบคุม (Current process control) โดยการประมาณตัวเลขระดับความเสี่ยงหรือที่เรียกกันว่าค่า RPN (Risk priority number) ให้กับแต่ละปัญหา การคำนวณค่า RPN มาจากผลคูณค่าพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ S×O×D เมื่อ

S = Severity คือ เกณฑ์การให้ลำดับขั้นผลกระทบของความรุนแรง

O = Occurrence คือ การให้ลำดับโอกาสเกิดความผิดพลาด

D = Detection คือ โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ

ค่า S, O และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นเมื่อค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหา คือ ค่า RPN = 1 ซึ่งมาจาก 1×1×1 หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก และความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกัน

และสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์ ส่วนค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของการเกิดปัญหา คือ ค่า RPN = 100 ซึ่งมาจาก 10×10×10 หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมาก เช่น พบทุกวันและระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้ก็มีมาก เช่น กระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งหมด หรือลูกค้าต้องยกเลิกสัญญาสั่งซื้อ เป็นต้น และยังไม่มีวิธีการตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้า ทั้งนี้การให้คะแนนค่า S, O และ D จะทำการประเมินค่าโดยมีการลำดับความสำคัญ ดังตารางที่ 2-3, 2-4 และ 2-5 ตามลำดับ

ตารางที่ 2-3 เกณฑ์การให้ลำดับขั้นของผลกระทบของความรุนแรง

เกณฑ์ (ผลกระทบระดับความรุนแรง)	คะแนนระดับความรุนแรง (S)
อาจทำให้เกิดอันตรายกับเครื่องจักรหรือผู้ปฏิบัติงานอย่างสูง	10
อาจทำให้เกิดอันตรายกับเครื่องจักรหรือผู้ปฏิบัติงาน	9
ทำให้การผลิตหยุดชะงักเป็นอย่างมาก และการผลิต 100% อาจกลายเป็นผลิตภัณฑ์เสีย (Scrap) 100%	8
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง อาจจะต้องมีการนำผลิตภัณฑ์มาเลือกบางส่วนที่เสียออก (น้อยกว่า 100%)	7
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง อาจมีผลิตภัณฑ์เสียและถูกทิ้งน้อยกว่า 100% (ไม่มีการคัดเลือก)	6
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง อาจมีผลิตภัณฑ์เสียและถูกทิ้งน้อยกว่า 100% แต่อาจนำกลับมาผลิตใหม่ (Rework 100%)	5
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง อาจจะต้องมีการนำผลิตภัณฑ์มาเลือกบางส่วนที่เสียออก แล้วนำส่วนที่เสียกลับมาผลิตใหม่ (Rework น้อยกว่า 100%)	4
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง อาจจะต้องนำผลิตภัณฑ์ที่เสีย (น้อยกว่า 100%) มาทำใหม่ในสายการผลิต แต่ภายนอกสถานีการผลิต	3
ทำให้การผลิตหยุดชะงักบ้าง อาจจะต้องนำผลิตภัณฑ์ที่เสีย (น้อยกว่า 100%) มาทำใหม่ในสายการผลิต แต่ภายในสถานีการผลิต	2
ไม่มีผลกระทบ	1

ตารางที่ 2-4 การให้ลำดับโอกาสการเกิดความผิดพลาด

โอกาสในการเกิดความผิดพลาด (Occurrence opportunity of failure)	อัตราความเป็นไปได้ในการเกิดความผิดพลาด (Possible failure rate)	คะแนนโอกาสในการเกิดความผิดพลาด (O)
สูงมาก (มีความผิดพลาดเกิดขึ้นเกือบแน่นอน)	มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ใน 2	10
	1 ใน 3 ถึง 1 ใน 2	9
สูง (มีความผิดพลาดบ่อยครั้ง)	1 ใน 8 ถึง 1 ใน 3	8
	1 ใน 20 ถึง 1 ใน 8	7
ปานกลาง (มีความผิดพลาดเกิดขึ้นบ้าง)	1 ใน 80 ถึง 1 ใน 20	6
	1 ใน 400 ถึง 1 ใน 80	5
	1 ใน 2,000 ถึง 1 ใน 400	4
ต่ำ (มีความผิดพลาดเกิดขึ้นน้อยครั้ง)	1 ใน 15,000 ถึง 1 ใน 2,000	3
	1 ใน 150,000 ถึง 1 ใน 15,000	2
ต่ำมาก (มีโอกาสเกิดความผิดพลาดได้น้อยมาก)	มากกว่า 1 ใน 1,500,000 ถึง 1 ใน 150,000	1

ตารางที่ 2-5 โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ

โอกาสการตรวจ (Detection)	โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ (Opportunity of detection by process control)	คะแนนโอกาสการตรวจจับ (D)
ไม่สามารถตรวจจับได้อย่างแน่นอน	การควบคุมการออกแบบไม่สามารถตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาด (หรือไม่มีการควบคุมการออกแบบเลย)	10
มีโอกาสตรวจจับได้เล็กน้อยที่สุด	การควบคุมการออกแบบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่จะเป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้เล็กน้อยที่สุด	9
มีโอกาสตรวจจับได้เล็กน้อยมาก	การควบคุมการออกแบบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้เล็กน้อยมาก	8
มีโอกาสตรวจจับได้ต่ำมาก	การควบคุมการออกแบบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ต่ำมาก	7
มีโอกาสตรวจจับได้ต่ำ	การควบคุมการออกแบบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ต่ำ	6
มีโอกาสตรวจจับได้ปานกลาง	การควบคุมการออกแบบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ปานกลาง	5
มีโอกาสตรวจจับได้ค่อนข้างสูง	การควบคุมการออกแบบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ค่อนข้างสูง	4

ตารางที่ 2-5 (ต่อ)

โอกาสการตรวจ (Detection)	โอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ (Opportunity of detection by process control)	คะแนนโอกาสการตรวจจับ (D)
มีโอกาสตรวจจับได้สูง	การควบคุมการออกแบบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้สูง	3
มีโอกาสตรวจจับได้สูงมาก	การควบคุมการออกแบบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้สูงมาก	2
มีโอกาสตรวจจับได้ค่อนข้างแน่นอน	การควบคุมการออกแบบบมีโอกาสตรวจจับโอกาสที่เป็นสาเหตุหรือกลไกการเกิดความผิดพลาดได้ค่อนข้างแน่นอน	1

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

สมศักดิ์ แก้วพลอย (2550) ได้อ้างอิงถึง Montgomery (2001) ที่ได้นิยามไว้ว่า ความสามารถของกระบวนการ หมายถึง ความสม่ำเสมอ (Uniformity) ของกระบวนการซึ่งจะทำการวัดได้จากค่าความผันแปรของผลที่ได้ (Output) จากกระบวนการโดยจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ ความผันแปรโดยธรรมชาติในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ และความผันแปรตลอดช่วงเวลา

Juran and Gryna (1993) ได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้

กระบวนการ (Process) คือ องค์ประกอบที่แน่นอนประการหนึ่งของเครื่องจักร อุปกรณ์ วิธีการ วัตถุดิบ และพนักงานที่ก่อให้เกิดการผลิต

ความสามารถ (Capability) คือ ความสามารถที่ขึ้นอยู่กับสมรรถนะที่ได้รับการทดสอบเพื่อให้บรรลุผลที่สามารถวัดได้

ดังนั้นความสามารถของกระบวนการ (Process capability) คือ ความผันแปรโดยธรรมชาติที่ได้รับการวัดของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการที่ศึกษา

โดยที่ Juran and Gryna (1993) ได้ขยายความเพิ่มเติมว่า ความสามารถที่ได้รับการวัดจะหมายถึง ค่าความสามารถของกระบวนการที่ได้รับการประเมินผ่านข้อมูลซึ่งเป็นผลมาจากการวัด

งานที่ได้รับการผลิตจากกระบวนการที่ศึกษา และความสามารถโดยธรรมชาติ จะหมายถึง ความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ได้จากกระบวนการที่อยู่ภายใต้สภาวะควบคุม ความมีเสถียรภาพของกระบวนการ

ในการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มิได้จำแนกประเภทจะสามารถวิเคราะห์ผ่านแผนควบคุม ในกรณีที่ข้อมูลมีการจำแนกประเภทสามารถวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพจากค่าสะสมของข้อมูลด้วยแผนภาพพาเรโต โดยทั่วไปกระบวนการสามารถจำแนกออกเป็น 4 สภาวะ ดังแสดงในภาพที่ 2-5 ประกอบด้วย

1. สภาวะจินตภาพ (Ideal state) เป็นสภาวะที่กระบวนการมีเสถียรภาพ (Stable) สามารถคาดการณ์ได้ และกระบวนการมีความสามารถต่อข้อกำหนดเฉพาะ

2. สภาวะเกือบจินตภาพ (Threshold state) เป็นสภาวะที่กระบวนการมีเสถียรภาพ (Stable) สามารถคาดการณ์ได้ แต่กระบวนการไม่มีความสามารถต่อข้อกำหนดเฉพาะ

3. สภาวะเริ่มต้นยุ่งเหยิง (Bring of chaos state) เป็นสภาวะที่กระบวนการไม่มีเสถียรภาพ ทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ได้ แต่ความผันแปรของกระบวนการยังอยู่ภายในความผันแปรที่ยอมให้เกิดหรือพิกัดของสเปค

4. สภาวะยุ่งเหยิง (Chaos state) เป็นสภาวะที่กระบวนการไม่มีเสถียรภาพ ทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ได้ และความผันแปรของกระบวนการอยู่ภายนอกพิกัดของสเปค

การประเมินความสามารถของระบบการวัดสำหรับข้อมูลไม่ต่อเนื่อง (ข้อมูลการตรวจนับ)

เป็นการวิเคราะห์ถึงความสามารถของพนักงานแต่ละคนและระหว่างคน โดยคำนึงถึงความพ้องกันของการวัด ด้วยการประเมินผลคะแนนค่าแอตทิบิวส์ (% attribute score) จาก

$$\text{คะแนนค่าแอตทิบิวส์} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \times 100$$

ในการวิเคราะห์พนักงานแต่ละคนจะพิจารณาถึงค่าความสามารถในการวัดซ้ำ (% repeatability) ของพนักงานแต่ละคน ซึ่งอาจเรียกว่า % appraiser score จาก

$$\text{รีพีททะบิลิตี้} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน } (\boldsymbol{m})}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ } (\mathbf{N})} \times 100$$

นอกจากนี้แล้ว ยังจะวิเคราะห์ถึงความสามารถของพนักงานแต่ละคน โดยพิจารณาถึงความมีประสิทธิผลของพนักงานแต่ละคน (Operator effectiveness index, O_E) ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด (False alarm index, I_{FA}) และดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับอย่างผิดพลาด (Index of a miss, I_{MISS}) โดยสามารถนิยามถึงดัชนีต่าง ๆ ได้ดังนี้

$$O_E = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง}}{\text{โอกาสทั้งหมดของการตัดสินใจ}} \times 100$$

$$I_{FA} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่ปฏิเสธอย่างผิดพลาด}} \times 100$$

$$I_{MISS} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ยอมรับอย่างผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะยอมรับอย่างผิดพลาด}} \times 100$$

ค่าใช้จ่ายทางด้านคุณภาพ (Quality costs)

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล (2557) การผลิตให้มีคุณภาพสูงเพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอ จะต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่จะนำไปสู่คุณภาพนั้นด้วย ค่าใช้จ่ายจะต้องต่ำ แบ่งออกได้เป็น

ค่าใช้จ่ายด้านคุณภาพทางตรง (Direct quality cost)

ค่าใช้จ่ายด้านการป้องกัน วัดได้จากการลงทุนก่อนผลิตสินค้า แบ่งออกได้เป็น

1. ด้านวิศวกรรมคุณภาพ (Quality engineering) เป็นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการสร้างแผนคุณภาพทั้งระบบ แผนการตรวจสอบ แผนความเชื่อมั่นได้ ระบบข้อมูล และแผนพิเศษอื่น ๆ รวมทั้งเครื่องมือและการซ่อมบำรุงของแผนการเหล่านี้ด้วย

2. ด้านออกแบบและพัฒนาเครื่องมืออุปกรณ์ (Design and development of equipment) เป็นค่าใช้จ่ายของบุคคลในหน่วยงานการตรวจสอบ และเครื่องมือควบคุมคุณภาพ

3. ด้านการวางแผนคุณภาพโดยบุคคลอื่น เป็นค่าใช้จ่ายบุคคลอื่นที่ไม่ได้มีหน้าที่โดยตรงเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ แต่ต้องเสียเวลามาวางแผนคุณภาพให้

4. ด้านการฝึกอบรมคุณภาพ (Quality training) เป็นค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมบุคคลตามโปรแกรมปกติ เป็นการฝึกเพื่อพัฒนาบุคคลในระดับต่าง ๆ

5. ด้านอื่น ๆ เป็นค่าใช้จ่ายในสำนักงาน ได้แก่ เงินเดือน ค่าโทรศัพท์ ค่ารถ เป็นต้น

ค่าใช้จ่ายในการป้องกันนี้ จะจ่ายไปกับกิจกรรมต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ในการป้องกันผลิตภัณฑ์ชำรุดเสียหาย

ค่าใช้จ่ายด้านการประเมินผล (Appraisal) เกี่ยวกับการวัดค่า การประเมินผลของชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อการตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด แบ่งออกเป็น

1. ด้านการตรวจสอบและทดสอบวัสดุที่สั่งเข้ามา เป็นค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบและทดสอบวัสดุที่ผู้ผลิตข้างนอกส่งมา ทั้งนี้อาจรวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่ต้องไปตรวจสอบวัสดุที่โรงงานของผู้ผลิตด้วย

2. ด้านการตรวจสอบและทดสอบ เป็นค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ การปรับตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิต จนกระทั่งถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป รวมทั้งการทดสอบความเชื่อมั่นได้ของผลิตภัณฑ์

3. ด้านการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เป็นค่าใช้จ่ายในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิตและสำเร็จรูป

4. ด้านการใช้วัสดุและบริการ เป็นค่าใช้จ่ายในด้านเกี่ยวกับวัสดุและบริการที่ใช้ในการตรวจสอบ รวมทั้งค่าวัสดุที่ถูกทดสอบโดยการทำลาย

5. ด้านการปรับตั้งเครื่องมือและการบำรุงรักษา เป็นค่าใช้จ่ายในการปรับแต่ง การสอบเทียบ และบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ

สิ่งสำคัญของกิจกรรมด้านการตรวจสอบและประเมินผล คือ การประเมิน และวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

ด้านความเสียหายภายใน (Internal failure) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วนและวัสดุมีคุณภาพไม่ตรงตามที่ต้องการก่อนส่งไปถึงมือลูกค้า แบ่งย่อยได้เป็น

1. ของชำรุด (Scrap) ของเมื่อชำรุดเสียหายจนซ่อมแซมใหม่ไม่ได้ ทำให้สูญเสียค่าแรงงาน ค่าวัสดุ ค่าโสหุ้ยไปทั้งหมด

2. ซ่อมแซม (Rework) เป็นค่าใช้จ่ายที่เสียไปในการซ่อมผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้คุณภาพให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน

3. การวิเคราะห์ความเสียหาย เป็นค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายและไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน

4. การตรวจสอบซ้ำ เป็นค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่นำไปซ่อม

5. ตรวจของเสียที่ปนเข้ามาจากผู้ส่งมอบไม่พบ เมื่อผู้ส่งวัสดุมาให้เรามีของเสียปนมาแต่เราตรวจไม่พบ ทำให้ต้องยอมรับของเสียปนเข้ามาด้วย

6. ลดราคา ต้องลดราคาขายต่อหน่วยลงมาจากราคาขายปกติ เนื่องจากว่าผลิตภัณฑ์นั้นไม่ได้มาตรฐานแต่ยังใช้งานได้

ค่าใช้จ่ายทางด้านความเสียหายภายใน ใช้ได้กับกิจกรรมที่แก้ไขสิ่งบกพร่องของผลิตภัณฑ์ก่อนจะเป็นที่ยอมรับของลูกค้า

ด้านความเสียหายภายนอก (External failure) ค่าใช้จ่ายทางด้านนี้เกิดขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์ได้ไปอยู่กับผู้บริโภคแล้ว แต่ใช้งานได้ไม่เป็นที่น่าพอใจ ค่าใช้จ่ายด้านนี้จะไม่เกิดขึ้นเลยถ้าผลิตภัณฑ์ไม่มีข้อบกพร่อง แบ่งออกเป็น

1. การต่อว่า (Complaints) เป็นค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงด้านต่าง ๆ ที่ได้รับการต่อว่าจากผู้บริโภค

2. การไม่ยอมรับและการเปลี่ยนแปลงใหม่ เป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่งและนำไปเปลี่ยนใหม่ในกรณีที่ส่งคืน

3. การซ่อมแซม เป็นค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมของที่ส่งคืนมา

4. การรับประกัน เป็นค่าใช้จ่ายสำหรับชิ้นส่วนที่ต้องนำไปเปลี่ยนให้ใหม่ในช่วงการรับประกัน

5. ความผิดพลาด เป็นค่าใช้จ่ายสำหรับการที่ต้องนำผลิตภัณฑ์ไปเปลี่ยนให้ใหม่เนื่องจากความผิดพลาดใด ๆ

6. ความรับผิดชอบ เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการถูกฟ้องร้อง

ค่าใช้จ่ายด้านความเสียหายภายนอก เป็นการเสียไปกับกิจกรรมต่าง ๆ ที่แก้ไขความเสียหาย หลังจากที่ผลิตภัณฑ์ไปอยู่กับผู้บริโภคแล้ว

ค่าใช้จ่ายด้านคุณภาพทางอ้อม (Indirect quality cost) มีผลต่อค่าใช้จ่ายรวมทั้งด้านคุณภาพ แบ่งเป็น 3 ด้าน

1. ความเสียหายที่เกิดกับลูกค้า เนื่องจากเครื่องจักรต้องทำงานช้าลง เสียค่าซ่อมแซมเนื่องจากผลิตภัณฑ์นั้นคุณภาพไม่ดีหลังช่วงการรับประกัน

2. ความไม่พอใจในผลิตภัณฑ์ ค่าใช้จ่ายมากน้อยเพียงใด ขึ้นกับความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ถ้าความบกพร่องมาก ลูกค้าย่อมไม่พอใจมาก ค่าใช้จ่ายจะออกมาสูงมาก

3. การเสียชื่อเสียง ทัศนคติที่ดีหรือไม่ดีที่มีต่อบริษัท มาจากการใช้ผลิตภัณฑ์โดยตรง ถ้าผลิตภัณฑ์ของบริษัทมีคุณภาพที่น่าเชื่อถือ จะทำให้ชื่อเสียงของบริษัทดีไปด้วย

ซิกซ์ ซิกม่าในความหมายสถิติ

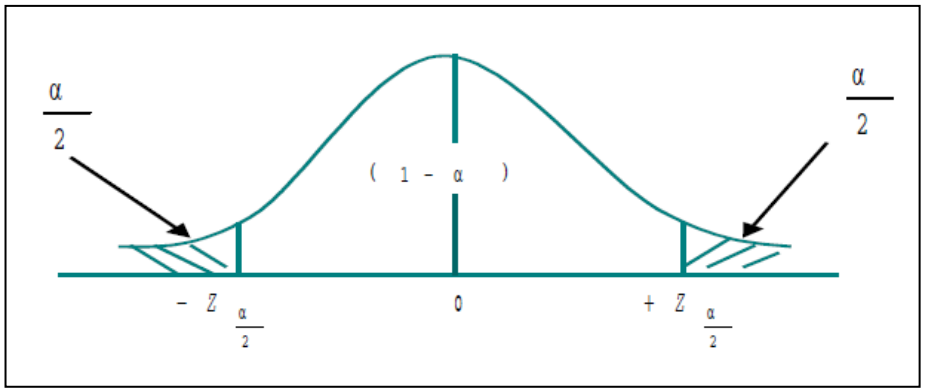
เนื่องจากการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของข้อมูลทางด้านอุตสาหกรรม โดยที่รูปแบบของการแจกแจงแบบปกติขึ้นอยู่กับค่ากลาง และลักษณะการกระจายของข้อมูล ซึ่งในการประยุกต์วิธีการแจกแจงปกติกับการควบคุมคุณภาพนี้ จะนำไปใช้กับการหาขอบเขตของการยอบรับผลิตภัณฑ์ภายใต้ขอบเขตต่าง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

ให้ X คือ ค่าสังเกต หรือค่าที่ทำการศึกษาจากผลิตภัณฑ์

μ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร

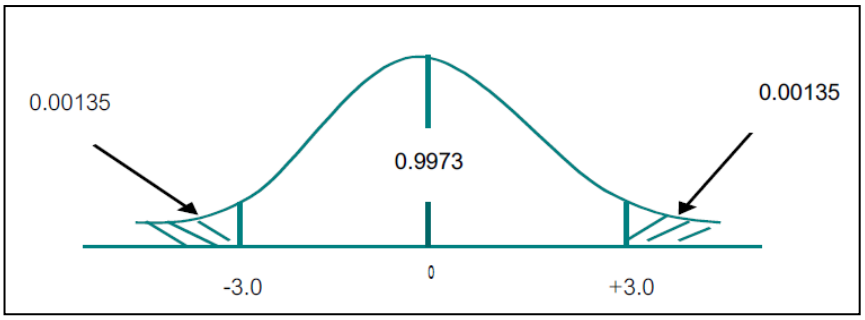
σ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

ถ้าการแจกแจงของ X เป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) จะได้ว่าค่า Z เป็นค่าปกติมาตรฐาน มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 มีความแปรปรวนเป็น 1($X \sim N(0,1)$) ดังนั้น ที่ระดับความเชื่อมั่น (1-σ) 100% จะเขียน X อยู่ในรูปช่วง ดังสมการ $\mu - Z\sigma < X < \mu + \sigma$



ภาพที่ 2-5 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 ± 3 เทียบระดับความเชื่อมั่นเป็น 99.73% เรียกว่าช่วง $\pm 3\ \sigma$



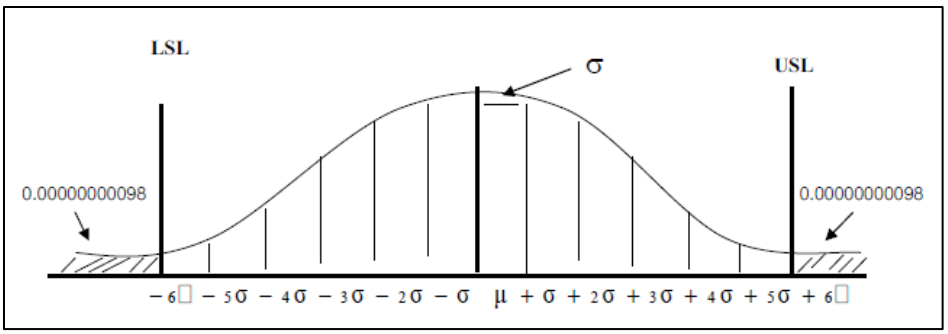
ภาพที่ 2-6 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเมื่อ Z = ± 3

กล่าวคือ หากบริษัทใดทำการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์โดยใช้ระดับความเชื่อมั่นนี้ในการควบคุมกระบวนการผลิตจะอธิบายได้ว่า ถ้ายอมรับกระบวนการผลิตจะมีสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ดีหรือไม่มีข้อบกพร่องร้อยละ 99.73 และจะเกิดสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่เสียหรือมีข้อบกพร่องร้อยละ 0.27 สำหรับกระบวนการหกซิกม่า คือให้ Z = ± 6 โดยมีแนวความคิดว่าต้องการให้เกิดจำนวนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีข้อบกพร่องน้อยที่สุด นั่นคือ มีสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ดีหรือไม่มีข้อบกพร่องร้อยละ 99.9999998 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกิจการต่าง ๆ ได้เมื่อใช้ความเชื่อมั่นที่แตกต่างกัน ระหว่างความเชื่อมั่นที่ให้ค่า Z = ± 3 กับ Z = ± 6 (Harry, 1978) ดังตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 การเปรียบเทียบความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกิจการต่าง ๆ ได้ที่ระดับความเชื่อมั่นที่แตกต่าง

Z = ± 3 หรือ ± 3σ	Z = ± 6 หรือ ± 6σ
ไปรษณีย์ภัณฑ์สูญหาย 20,000 ชิ้นต่อชั่วโมง	ไปรษณีย์ภัณฑ์สูญหายเพียง 7 ชิ้นต่อชั่วโมง
น้ำดื่มที่ไม่ปลอดภัยเกือบ 15 นาทีในแต่ละวัน	มีน้ำดื่มที่ไม่ปลอดภัยเพียง 1 นาทีในทุก 7 เดือน
การทำศัลยกรรมอย่างไม่ถูกต้อง 5,000 ราย	การทำศัลยกรรมที่ไม่ถูกต้องเพียง 1.7 รายต่อสัปดาห์
มีการนำเครื่องบินลงจอดด้วยระยะที่ใกล้หรือไกลเกินไปประมาณ 2 รายต่อวัน	มีการนำเครื่องบินลงจอดด้วยระยะที่ใกล้หรือไกลเพียง 1 รายในทุก ๆ 5 ปี
แพทย์จ่ายใบสั่งยาผิด 200,000 รายในแต่ละปี	แพทย์จ่ายใบสั่งยาผิดเพียง 68 รายในแต่ละปี
ไฟฟ้าดับเกือบ 7 ชั่วโมงต่อเดือน	ไฟฟ้าดับเพียง 1 ชั่วโมงในทุก 34 ปี

จากตารางที่ 2-6 จะพบว่าถ้าองค์กรหรือบริษัทใด อยู่ที่ระดับ Z = ± 6 ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจะลดน้อยลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับระดับ Z = ± 3



ภาพที่ 2-7 พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเมื่อ Z = ±1 ถึง Z = ±6

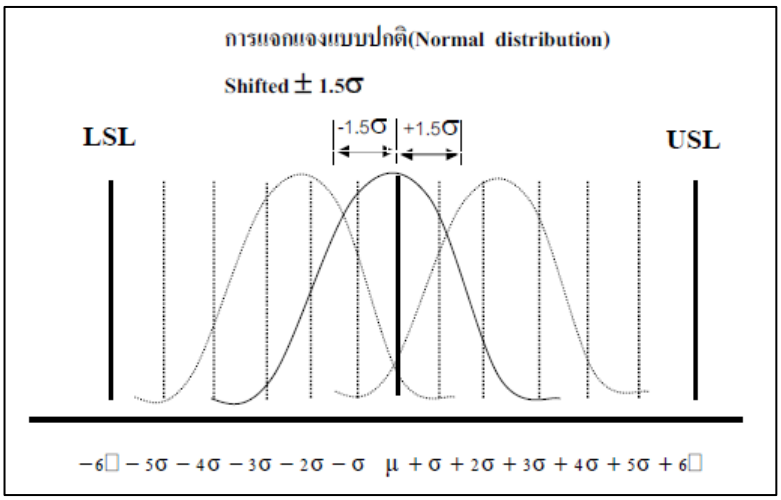
จากภาพที่ 2-7 พื้นที่ใต้โค้งของการแจกแจงปกติที่มีค่า Z ต่าง ๆ และสามารถคำนวณหาร้อยละของผลิตภัณฑ์เสียหรือมีข้อบกพร่อง (Defect) ต่อหนึ่งล้านหน่วย (Part per million: ppm) ที่เกิดขึ้นที่ระดับต่าง ๆ ของซิกมา (Sigma: σ) เมื่อกระบวนการผลิตมีการผลิตที่คงที่ ไม่มีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 2-7 สรุปจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ระดับความเชื่อมั่นต่าง ๆ

ขอบเขตการยอมรับ (Spec. limit)	ระดับความเชื่อมั่น (%)	จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง (part per million: ppm)
± 1 σ	68.27	317,300
± 2 σ	95.45	45,500
± 3 σ	99.73	2,700
± 4 σ	99.9937	63
± 5 σ	99.999943	0.57
± 6 σ	99.9999998	0.002

จากภาพที่ 2-7 และตารางที่ 2-7 จะพบว่าเมื่อค่า Z เพิ่มขึ้น หรือระดับความเชื่อมั่นกว้างขึ้นจำนวนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่เสียหรือมีข้อบกพร่องจะมีค่าน้อยลง ในทางปฏิบัติจะเลือกใช้

ระดับความเชื่อมั่นใดนั้น จะต้องคำนึงถึงการกระจายของข้อมูลเป็นหลักโดยในกระบวนการผลิตใด ๆ จะต้องพยายามลดการกระจายให้ต่ำลงเท่าที่จะทำได้ นอกจากการกระจายแล้วค่าเฉลี่ยของข้อมูลหรือค่าเฉลี่ยกระบวนการผลิตนับเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าการกระจาย ซึ่งจะมีผลต่อจำนวนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่เสียหรือมีข้อบกพร่องเช่นกันโดยเฉพาะการเกิดค่าเฉลี่ย (μ) ที่ไม่คงที่ หรือมีการแกว่ง



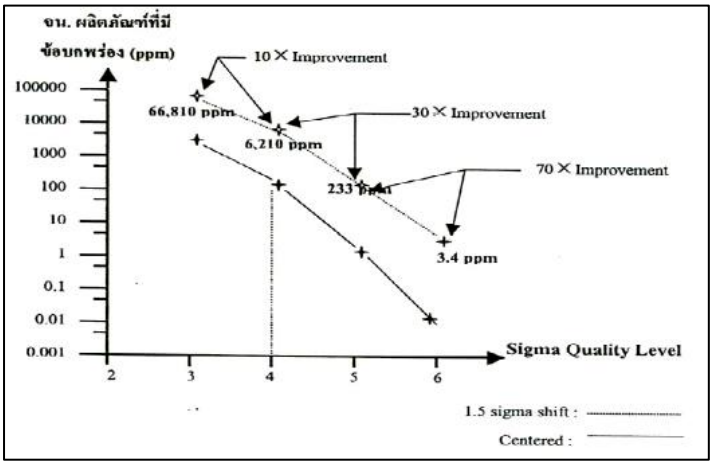
ภาพที่ 2-8 ลักษณะการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย

จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตที่มีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย หรือแกว่งไป เท่ากับ ± 1.5σ จะมีจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องเพิ่มขึ้นจากจำนวนเดิม

ตารางที่ 2-8 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง (Defect) ที่เกิดขึ้นที่ระดับต่าง ๆ ของซิกม่า เมื่อมีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย (μ)

ขอบเขตการยอมรับ (Spec. limit)	ระดับความเชื่อมั่น (%)	จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง (part per million: ppm)
± 1 σ	30.23	697700
± 2 σ	69.13	308700
± 3 σ	93.32	66810
± 4 σ	99.3790	6210
± 5 σ	99.97670	233
± 6 σ	99.999660	3.4

จากตารางที่ 2-8 จะเห็นได้ว่า ถึงแม้มีการเคลื่อนที่ของค่าเฉลี่ย (μ) จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ขอบเขตการยอมรับที่ 6 ซิกม่า ก็ยังมีจำนวนน้อย คือ เกิดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องเพียง 3.4 ชิ้นต่อการผลิตหนึ่งล้านชิ้น (3.4 parts per million: ppm) เท่านั้น ในขณะที่การใช้ขอบเขตของการยอมรับที่ระดับที่ ± 3σ ทำให้เกิดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องจำนวน 66,810 ชิ้นต่อการผลิตหนึ่งล้านชิ้น (66,810 parts per million: ppm) ในปัจจุบันพบว่า การพัฒนาองค์กรเกือบทุกองค์กรต้องการนำกระบวนการหกซิกมา มาปรับใช้อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลดลงได้



ภาพที่ 2-9 จำนวนการเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่ระดับต่าง ๆ ของซิกม่า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิศณุ บุญจันทร์ (2548) ได้ศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดรอยถลอกในผลิตภัณฑ์รถกระบะและหาแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดข้อบกพร่อง โดยอาศัยแนวทางการแก้ปัญหาคุณภาพแบบ ซิกซ์ ซิกม่ามาเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นปัญหาเรื้อรังที่พบในกระบวนการของแผนกประกอบชิ้นส่วนที่ต้องมีการซ่อมแซมที่ท้ายกระบวนการและก่อให้เกิดต้นทุนทางด้านแรงงานที่เพิ่มขึ้นให้แก่ผลิตภัณฑ์ เบื้องต้นพบปัญหารอยถลอกสูงถึง 0.25 จุดบกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการทำวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายที่จะลดปัญหารอยถลอกลงร้อยละ 60 คือ จากระดับ 0.25 จุดบกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือที่ระดับ 0.12 จุดบกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ โดยทำการศึกษากระบวนการทำงานวิเคราะห์ระบบการวัด เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหา จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่คาดว่ามีผลกระทบต่อปัญหาด้วยวิธีการ 2-Sample t

จากการดำเนินงานข้างต้นพบว่าสาเหตุหลักมาจากการขาดอุปกรณ์เบื้องต้นในการทำงานและความยาวของ Power Bit จึงทำการปรับปรุงกระบวนการโดยหลักการ ECRS แก้ไขจุดบกพร่องของวิธีการทำงานเดิม ทำให้ได้ค่าจุดบกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ลดลงเหลือที่ระดับ 0.12 และต้นทุนการผลิตลดลงได้ประมาณปีละ 3,259,370 บาท

สุขุมาล เหรียญทอง (2545) ได้วิจัยการลดปัญหาการไม่มีกันชนหน้าในการประกอบรถยนต์ของหน่วยงานพลาสติก แผนกสี ปัญหาที่พบคือ หน่วยงานพลาสติก แผนกสี ไม่มีกันชนหน้าจัดส่งให้กับแผนกประกอบขั้นสุดท้ายได้ทันเวลา จากข้อมูลก่อนการแก้ปัญหาพบว่า ระดับปัญหาเฉลี่ยอยู่ที่ 6,520 ชิ้นต่อความต้องการหนึ่งล้านชิ้น ผู้บริหารระดับสูงขององค์กรจึงกำหนดเป้าหมายให้ลดระดับของปัญหาลงอย่างน้อยร้อยละ 70 คือ ลดปัญหาลงให้เหลือน้อยกว่า 1,900 ชิ้นต่อความต้องการหนึ่งล้านชิ้น จากการวิเคราะห์พบว่ามี 5 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดปัญหา คือ การทำงานของกะงาน A และกะงาน B การควบคุมกระบวนการทำงานเมื่อมีชิ้นงานที่ต้องนำกลับมาทำใหม่ การวางแผนการทำงานเมื่อเกิดของเสียที่ไม่สามารถแก้ไขได้ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวางแผนการพ่นสีของหน่วยงานพลาสติก และโปรแกรมที่ใช้ช่วยในการวางแผนการพ่นสีของหน่วยงานพลาสติก โดยการปรับปรุงด้วยการจัดทำแนวทางปฏิบัติ และมาตรการควบคุม ในการนำชิ้นงานกลับมาทำใหม่ และวางแผนการทำงานเมื่อเกิดของเสียที่ไม่สามารถแก้ไขได้ การเปลี่ยนแปลงวิธีการวางแผนการพ่นสีพร้อมทั้งปรับปรุงโปรแกรมการทำงานเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์

จากการดำเนินงานข้างต้นพบว่าระดับปัญหาลดลงเหลือ 314 ชิ้นต่อความต้องการหนึ่งล้านชิ้น ซึ่งได้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

ชีวรัตน์ กะฐินทอง (2551) ได้วิจัยการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แกนหมุนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ในหน่วยงานขึ้นรูปโดยอาศัยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งปัญหาหลักคือ รอยตำหนิจากการกระแทกที่ผิวของชิ้นงานที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการขึ้นรูป ทำให้ต้องทำการคัดแยกและซ่อมแซมชิ้นงานก่อนจะส่งไปยังแผนกถัดไป ทำให้เพิ่มต้นทุนในการผลิต โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการคัดเลือกปัญหา ขั้นตอนการวัดซึ่งเครื่องมือการวัด คือ พนักงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบชิ้นงาน ขั้นตอนการวิเคราะห์อาศัยแผนภาพสาเหตุและผลการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบในการค้นหาสาเหตุและนำไปทดสอบสมมติฐาน ขั้นตอนการปรับปรุงใช้การออกแบบการทดลองแบบ 2^2 แฟคทอเรียล และขั้นตอนการควบคุมใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนในการควบคุมและติดตามกระบวนการ

ผลจากการดำเนินงานพบว่าสาเหตุหลักของการเกิดรอยตำหนิมาจาก 4 ปัจจัย คือ ระยะห่างที่รับชิ้นงานจากเครื่องจักร ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำที่รับชิ้นงาน วิธีการเก็บงาน และวิธีการถ่ายเทงานออกจากเครื่องจักร และหลังจากที่ได้นำเทคนิคซิกซ์ ซิกม่าเข้าไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตแล้ว พบว่าจำนวนชิ้นงานที่มีรอยตำหนิบนผิวของผลิตภัณฑ์ลดลงจากเดิม 47.76% ซึ่งถือได้ว่าเป็นการปรับปรุงแบบก้าวกระโดด

ธเนศ สัจจวุฒิ (2550) ได้วิจัยการลดของเสียในกระบวนการผลิตพัดลมระบายความร้อนโดยวิธีการซิกซ์ ซิกม่า โดยการนำหลักการซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC) เข้ามาใช้ในการหาแนวทางการแก้ไขปัญหาและปรับปรุง พบว่าปัญหาหลัก คือ เปอร์เซ็นต์ความกว้างรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าไม่ได้ตามข้อกำหนด คิดเป็น 9,541 PPM หรือ 58% ของของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งมีค่า Cpk อยู่ที่ 0.59 โดยผลที่คาดว่าจะสามารถลดปริมาณของเสียให้เหลือเพียง 2,862 PPM เพื่อลดต้นทุนในการผลิต จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาพบว่า ปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อความกว้างของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้า มี 3 ปัจจัย คือ ตำแหน่งของฮอล์ลเซ็นเซอร์บนแผงวงจร พื้นที่สนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ และตำแหน่งแม่เหล็กของโรเตอร์ แล้วทำการปรับปรุงโดยการแก้ไขแผ่นวงจร (PWB) ตำแหน่ง Hall และปรับแก้แผนควบคุม (Control plan) แล้วนำแผนควบคุมมาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมปัจจัยทั้งสามที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อไม่ให้กระทบกับคุณสมบัติอื่นของพัดลม ได้แก่ ความกว้างของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้า ความสูงของรูปคลื่นกระแสไฟฟ้า ความเร็วรอบของพัดลม และการกินกระแสไฟฟ้า

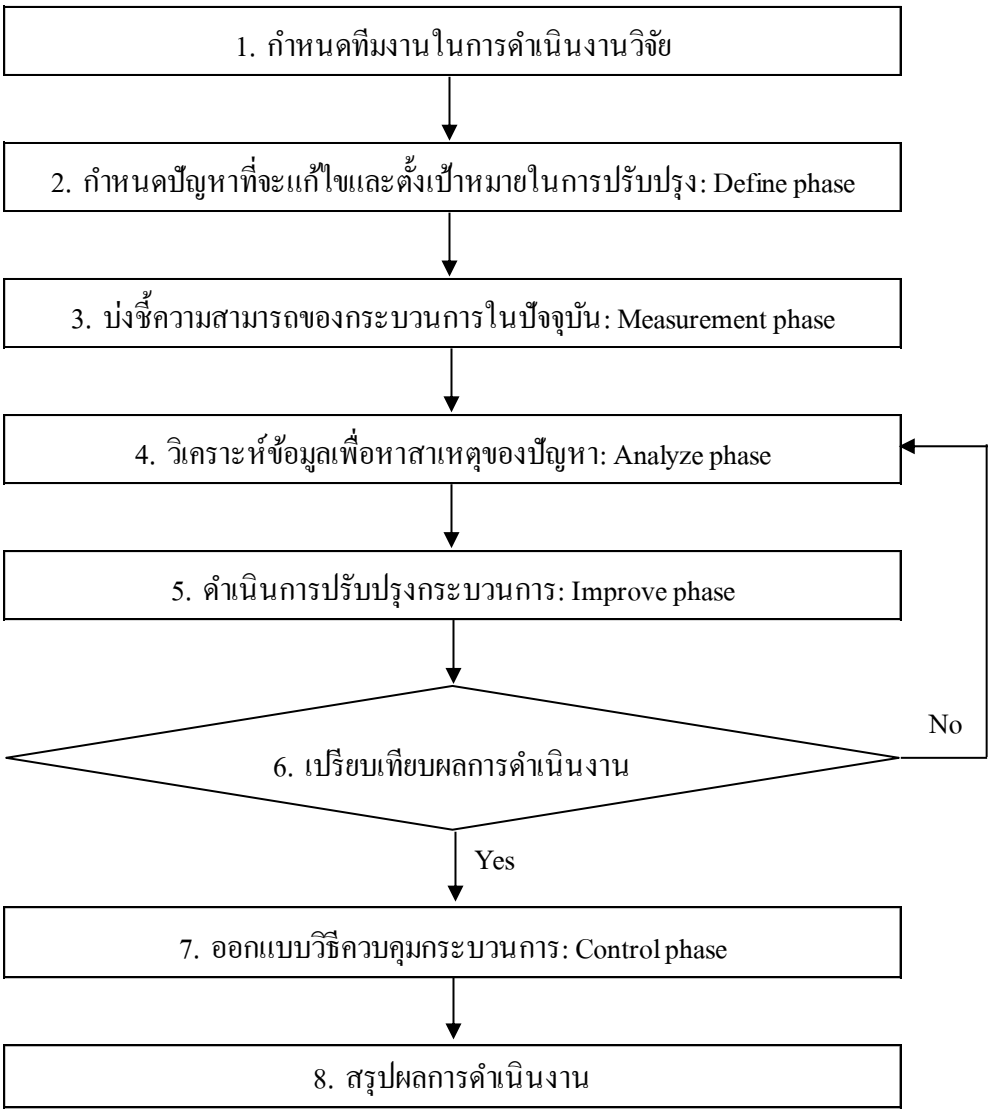
จากการดำเนินงานข้างต้นตามหลักซิกซ์ ซิกม่า พบว่า ผู้วิจัยสามารถลดปริมาณของเสียจากอาการความกว้างรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าไม่ได้ตามข้อกำหนด จากปริมาณของเสีย 9,541 PPM เป็น 0 PPM ซึ่งสามารถลดต้นทุนจากการ Rework เป็นจำนวน 840,000 บาทต่อปี

ปัทมา วงค์กาจ (2554) ได้วิจัยการลดความแปรปรวนความเค็มของกระบวนการแช่จืดในการผลิตผักกาดดองกระป๋อง โดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC) เนื่องจากได้รับข้อร้องเรียนจากลูกค้าเกี่ยวกับความเค็มไม่สม่ำเสมอในแต่ละล็อต จึงตั้งวัตถุประสงค์เพื่อลดความแปรปรวนลงอย่างน้อย 50% จากการระดมสมองของทีมงานโดยใช้แผนผังก้างปลา และสร้างตารางเมตริกซ์สาเหตุและผล พบ 6 ตัวแปรที่อาจทำให้เกิดผลกระทบ คือ จำนวนปั๊มไดโว่ไม่เพียงพอ ผักก่อนแช่จืดมีความเค็มไม่คงที่ เวลาเวียนน้ำในบ่อ ความเค็มน้ำที่ใช้แช่จืดเค็มมาก ผักในหนึ่งบ่อมีปริมาณมาก และตำแหน่งท่อจ่ายจากปั๊มไดโว่ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาสาเหตุหลักโดยการทดสอบสมมติฐานเพื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยความเค็ม และใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงเศษส่วนของแฟคทอเรียลเพื่อหาสาเหตุและเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งพบปัจจัยหลักและเงื่อนไขที่เหมาะสม คือ เวลาเวียนครั้งที่หนึ่ง เท่ากับ 150 นาที เวลาเวียนครั้งที่สอง เท่ากับ 5 นาที และตำแหน่งท่อจ่ายน้ำที่ด้านล่าง

จากการปรับปรุงแก้ไขสามารถลดความแปรปรวนความเค็มได้มากกว่าเป้าหมาย คือ ลดจาก 0.460 เหลือ 0.015 ซึ่งลดลงคิดเป็น 97% ของความแปรปรวนเดิม

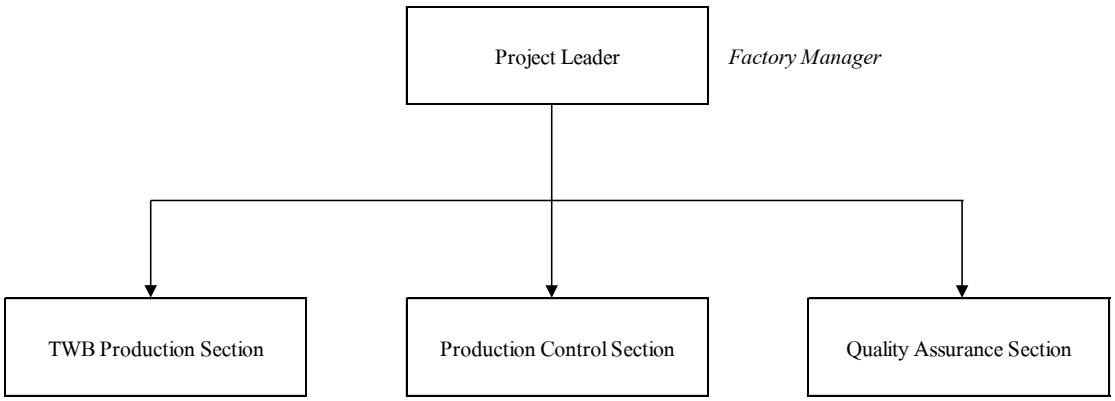
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการงานวิจัยนี้ จะดำเนินการตามขั้นตอนของหลักการซิกซ์ ซิกม่า DMAIC เพื่อค้นหาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปัญหาคราบเขม่าดำจากกระบวนการเชื่อมโลหะแผ่น โดยมีวิธีการตามขั้นตอนต่าง ๆ ตามแผนผังการดำเนินการดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 แผนผังของขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

โครงสร้างทีมงานวิจัย



ภาพที่ 3-2 ผังโครงสร้างทีมงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยนี้มีการจัดตั้งทีมงานขึ้นมาเพื่อช่วยรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุง โดยประกอบด้วย

1. ทีมงานจากแผนกผลิตโดยการเชื่อมเลเซอร์ (TWB production section)
2. ทีมงานจากแผนกควบคุมการผลิต (Production control section)
3. ทีมงานจากแผนกรับประกันคุณภาพ (Quality assurance section)

ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (D: Define phase)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกของการดำเนินงานตามหลักการซิกซ์ ซิกม่า เพื่อกำหนดปัญหา รวมไปถึงการกำหนดขอบเขตการศึกษา และตั้งเป้าหมายของการดำเนินงาน เพื่อให้กระบวนการ หรือผลิตภัณฑ์เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า ในการวิจัยนี้ได้เลือกปัญหาคราบเขม่าดำของเสาประตูรถยนต์รุ่นหนึ่ง ซึ่งในเดือนพฤษภาคม 2558 ถูกร้องเรียนจากลูกค้าและต้องส่งพนักงานไปแก้ไขงานที่บริษัทลูกค้าถึง 5 ครั้ง ซึ่งพบว่ามีต้นทุนคุณภาพที่บกพร่องต่อครั้งที่สูงมาก คือ 17,336 บาท/ ครั้ง นอกจากนี้ยังต้องแบ่งพนักงานทำการแก้ไขงานให้ได้ตามความต้องการของลูกค้าอยู่ตลอดเวลาที่มีการจัดส่งงานประตูรถยนต์รุ่นนี้ ทำให้เสียเวลาในการดำเนินงานอื่น ๆ

ขั้นตอนการวัด (M: Measure phase)

ในขั้นตอนนี้ จะทำการกำหนดแนวทางในการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการ เพื่อเป็นการศึกษากระบวนการโดยละเอียด และกำหนดปัจจัยที่ได้รับจากกระบวนการ โดยทำการวิเคราะห์

ระบบการวัด (MSA: Measurement system analysis) แบบ Attribute โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ เพื่อให้มั่นใจว่าการวัดของกระบวนการปัจจุบันไม่มีค่าความเบี่ยงเบนจากผู้วัด จากนั้นประเมินความสามารถของกระบวนการในปัจจุบันโดยใช้ P-chart ปัญหาคราบเขม่าดำของชิ้นงานเสาประตูรถยนต์รุ่นหนึ่ง

1. การวิเคราะห์ระบบการวัด

การกระทำในระบบการวัดนั้นถือว่าเป็นส่วนหนึ่งซึ่งก่อให้เกิดความผันแปรในกระบวนการผลิตได้ ซึ่งความผันแปรที่เกิดขึ้นในระบบการวัดนี้ยังถือเป็นความผันแปรที่ส่งผลต่อความไม่แน่นอนในการวัด ดังนั้นในการที่จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสถิติ หรือการทดสอบสมมติฐานโดยนำข้อมูลจากกระบวนการผลิตมาใช้นั้น ควรที่จะต้องวิเคราะห์ระบบการวัดและทำการปรับปรุงระบบการวัดให้มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการยอมรับในทางสถิติ เพื่อที่จะลดความผันแปรที่มาจากระบบการวัดให้เหลือเพียงความผันแปรที่มาจากระบบการผลิตเท่านั้น

ในการตรวจสอบปัญหาคราบเขม่าดำ เป็นการตรวจสอบที่ใช้สายตาในการตรวจสอบ โดยที่พนักงานในการตรวจสอบทุกคนจะได้รับการฝึกอบรมในการตรวจสอบเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานจากหัวหน้างานและอาศัยจากประสบการณ์ในการทำงานจริง จากการที่ใช้สายตาในการตรวจสอบและมีการตรวจสอบจากพนักงานหลายคน ปัญหาที่จะตามมาก็คือ โอกาสการผิดพลาดในการตรวจ หรือการตัดสินใจที่ไม่ตรงกัน โดยที่ในการตรวจสอบนี้ต้องให้ความใส่ใจในการตรวจสอบอย่างละเอียด ดังนั้นการตรวจสอบในครั้งนี้จึงเป็นการวิเคราะห์ระบบการวัดที่มีลักษณะข้อมูลเป็นข้อมูลนับ (GR&R: Gage repeatability & Reproducibility for attribute data) โดยในการประเมินความสามารถของระบบการวัดเมื่อข้อมูลที่ได้มาจากการนับจะมีขั้นตอนในการประเมินดังต่อไปนี้

1.1 ทำการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างในการตรวจสอบ 20 ชิ้นงาน โดยแบ่งลักษณะชิ้นงานออกเป็น ชิ้นงานที่มีลักษณะคุณภาพดี 30% (6 ชิ้น) ชิ้นงานที่มีลักษณะคุณภาพไม่ดี 30% (6 ชิ้น) และชิ้นงานที่มีลักษณะคุณภาพแบบดีก้ำกึ่ง กับชิ้นงานที่มีลักษณะคุณภาพแบบไม่ดีก้ำกึ่ง (Marginal) อย่างละ 20% (อย่างละ 4 ชิ้น) ปะปนกันไป

1.2 ทำการเลือกสุ่มพนักงาน 3 คน จาก 8 คน

1.3 ให้พนักงานทำการตรวจสอบชิ้นงานตัวอย่าง โดยหัวหน้างานจะทำการสุ่มหยิบชิ้นงานให้เพื่อป้องกันความลำเอียง (Bias) ที่อาจเกิดขึ้นในการทดลอง ซึ่งในการทดสอบนั้นจะทำการทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง ในแต่ละคน และทดสอบในสถานที่ทำงานจริง ด้วยเวลาในการตัดสินใจใกล้เคียงกับเวลาที่ทำการตรวจสอบจริง โดยกำหนดให้มีการตัดสินใจสองทางเลือก คือ ผ่าน หรือ

ไม่ผ่าน แล้วทำการบันทึกผลลงในตาราง ซึ่งเป็นตารางที่ออกแบบมาเพื่อบันทึกผลการตรวจสอบตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ระบบการวัด

1.4 ทำการวิเคราะห์และสรุปผลในการทดลอง โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ

2. การประเมินความสามารถของกระบวนการในปัจจุบันโดยใช้ P-chart

เป็นเครื่องมือทางสถิติเพื่อตรวจสอบว่า คุณภาพการผลิตอยู่ในสภาวะที่ควบคุมได้หรือไม่ โดยมีหลักการคือ จะพล็อตจำนวนของเสียลงในกราฟ เพื่อดูลักษณะกราฟเปรียบเทียบกับเส้นขอบเขตบน (UCL: Upper control limit) และเส้นขอบเขตล่าง (LCL: Lower control limit) ซึ่งขั้นตอนนี้จะมีไว้เพื่อดูอัตราของเสียปัญหาคราบเขม่าดำ โดยใช้โปรแกรม Statgraphics plus ในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล โดยจะทำการเก็บข้อมูลปัญหาคราบเขม่าดำจำนวน 20 ชุดข้อมูล ชุดข้อมูลละ 150 ตัวอย่าง และนำไปใส่ในโปรแกรมเพื่อประมวลผล

ขั้นตอนการวิเคราะห์ (A: Analysis phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์สาเหตุที่คาดว่าจะทำให้เกิดปัญหาคราบเขม่าดำจากการเชื่อมประสาน โดยการระดมสมองจากทีมงานใช้เครื่องมือผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect diagram) ต่อมานำสาเหตุที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) เพื่อกรองหาสาเหตุที่คาดว่าน่าจะส่งผลต่อปัญหามาทำการปรับปรุงแก้ไข

ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ ได้ทราบถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา เพื่อนำไปทำการปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป

1. ผังความสัมพันระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect diagram)

ในขั้นตอนนี้จะทำการระดมสมอง โดยจะจำแนกสาเหตุหลักออกเป็น 5 ประเภท คือ สาเหตุที่มาจากพนักงาน (Man) สาเหตุที่มาจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machine) สาเหตุที่มาจากวิธีการทำงาน (Method) สาเหตุที่มาจากวัสดุ (Material) และสาเหตุที่มาจากสภาพแวดล้อม (Environment) โดยข้อมูลที่ได้มาจากการระดมสมองนี้ได้ทำการรวบรวมมาจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ไม่ว่าจะเป็น วิศวกร หัวหน้างาน พนักงานหน้างาน ซึ่งในการระดมสมองนี้ได้ทำการรวบรวมความคิดเห็นทั้งหมดโดยไม่จำกัดจำนวนและความคิด เพื่อป้องกันการตกหล่นของสาเหตุที่แท้จริง หลังจากนั้นจึงนำความคิดเห็นทั้งหมดนี้มาทำการจัดแยกเป็นแต่ละประเภทตามที่กล่าวไว้ในข้างต้น เพื่อนำมาสร้างผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล หรือแผนภาพก้างปลา เพื่อที่จะให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย ซึ่งส่งผลก่อให้เกิดความสะดวกในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

2. การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA)

จากสาเหตุที่ได้มาจากผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลนั้น ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าสาเหตุที่แท้จริงคืออะไร จึงต้องทำการกรองหาสาเหตุที่สำคัญ โดยใช้ FMEA ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่มีการคิดอย่างเป็นระบบและคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังนั้นสาเหตุจากผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลจะถูกนำมาวิเคราะห์ต่อใน FMEA เพื่อค้นหาสาเหตุที่น่าจะมีผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษามากที่สุด

ขั้นตอนการปรับปรุง (I: Improve phase)

ขั้นตอนนี้จะนำค่า RPN ที่ได้มาทำการทดลองเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องด้านคุณภาพโดยใช้การออกแบบการทดลอง (Design of experiment) และทำการปรับปรุงตามผลการวิเคราะห์ที่ได้ จากนั้นนำสภาวะการผลิตที่ปรับปรุงไปทำการใช้จริงและทดสอบว่าของเสียที่เกิดขึ้นลดลงตามที่คาดไว้หรือไม่

การออกแบบการทดลอง (Design of experiment)

นำค่า RPN ที่ได้มาทำการทดลองโดยการปรับเปลี่ยนปัจจัยนำเข้าของกระบวนการเพื่อทำการวิเคราะห์และสังเกตผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองปรับเปลี่ยนเพื่อดูว่าสาเหตุหรือปัจจัยใดที่มีผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษามากที่สุด

ขั้นตอนการควบคุม (C: Control phase)

ในขั้นตอนนี้จะศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการหลังจากการปรับปรุงปัญหาแล้วเพื่อเป็นการเฝ้าระวังการเกิดปัญหาซ้ำในกระบวนการโดยการใช้ WI เพื่อให้ประสิทธิภาพของกระบวนการตรงต่อความต้องการของลูกค้า และใช้ Check sheet เพื่อเฝ้าติดตามการเกิดปัญหา

สรุปผลการดำเนินงาน

จากที่ได้ดำเนินการในขั้นตอนต่าง ๆ ตั้งแต่การกำหนดหัวข้อปัญหา การสำรวจสภาพปัจจุบันและตั้งเป้าหมาย การวางแผนและแก้ไขปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การค้นหาสาเหตุเบื้องต้นที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษา และนำผลมาทำการทดสอบเพื่อยืนยันผล จะต้องทำการสรุปผลการดำเนินการวิจัยถึงสาเหตุของปัญหา แนวทางการปรับปรุง รวมไปถึงผลของการปรับปรุงกระบวนการ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

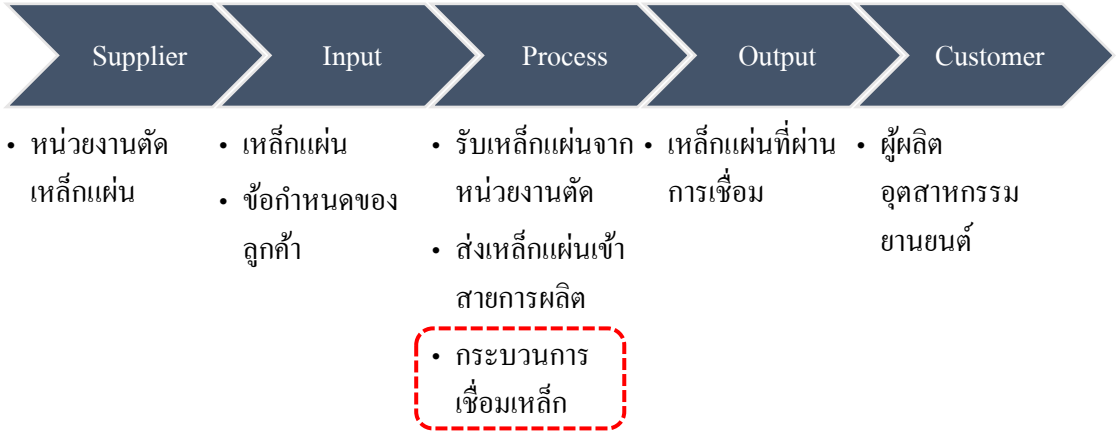
การนำเสนอผลการวิเคราะห์การประยุกต์หลักการของซิกซ์ ซิกม่า เพื่อปรับปรุงปัญหาคราบเขม่าดำของเสาประตูรถยนต์รุ่นหนึ่ง แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

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

ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define phase)

จะกล่าวถึงการกำหนดปัญหารวมไปถึงการกำหนดขอบเขตของการศึกษา และตั้งเป้าหมายของการดำเนินงานวิจัย ในเดือนพฤษภาคม 2558 ทางบริษัทได้รับข้อร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องปัญหาคราบเขม่าดำของชิ้นงานเสาประตูรถยนต์รุ่นหนึ่ง และส่งพนักงานเข้าไปแก้ไขงานที่บริษัทลูกค้าจำนวน 5 ครั้ง จากการส่งทั้งหมด 11 ครั้ง (9,900 ชิ้น) นอกจากนั้นยังต้องแบ่งพนักงานเพื่อทำการแก้ไขงานตลอดเวลาที่มีการจัดส่งชิ้นงานนี้ ทำให้เสียเวลาในการดำเนินงานอื่น ๆ และพบว่าต้นทุนคุณภาพที่บกพร่องมีราคาสูงถึง 17,336 บาท/ ครั้ง ซึ่งปัญหานี้ไม่เคยได้รับข้อร้องเรียนจากลูกค้ามาก่อน ทางผู้บริหารจึงถือว่าเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ต้องแก้ไข และต้องการทราบสาเหตุของการเกิดปัญหานี้อย่างเร็วที่สุด

เมื่อได้หัวข้อปัญหาที่ต้องทำการปรับปรุงแล้ว ทางทีมงานได้นำข้อมูลมาแตกกระบวนการในปัจจุบัน เพื่อหาจุดที่ต้องทำการวัดและวิเคราะห์ โดยใช้ เครื่องมือ SIPOC diagram ซึ่งเป็นเครื่องมือที่วิเคราะห์ตั้งแต่ผู้ส่งมอบ ปัจจัยนำเข้า กระบวนการ ผลลัพธ์ ไปจนถึงลูกค้า (Supplier–Input–Process–Output–Customer) ทำให้ได้มุมมองภาพรวมของการผลิตที่เกิดขึ้น ซึ่งแผนผังการไหลของข้อมูล และรายละเอียดจะเป็นดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 การวิเคราะห์กระบวนการผลิตเสาประตูรถยนต์

จากการวิเคราะห์ SIPOC diagram ทำให้ทราบถึงจุดที่ส่งผลกับชิ้นงานที่ทำให้ชิ้นงานเกิดคราบเขม่าดำ คือ กระบวนการเชื่อมเหล็ก

ขั้นตอนการวัด (Measure phase)

ในขั้นตอนการวัดจะประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA: Measurement system analysis) แบบ Attribute โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ หลังจากนั้นทำการประเมินความสามารถของกระบวนการปัจจุบันโดยใช้ P-chart ปัญหาคราบเขม่าดำของชิ้นงานเสาประตูรถยนต์

การวิเคราะห์ระบบการวัด

ในการตรวจสอบปัญหาคราบเขม่าดำ เป็นการตรวจสอบที่ใช้สายตาในการตรวจสอบ โดยที่พนักงานในการตรวจสอบทุกคนจะได้รับการฝึกอบรมในการตรวจสอบเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานจากหัวหน้างานและอาศัยจากประสบการณ์ในการทำงานจริง จากการที่ใช้สายตาในการตรวจสอบและมีการตรวจสอบจากพนักงานหลายคน ปัญหาที่จะตามมาก็คือ โอกาสการผิดพลาดในการตรวจ หรือการตัดสินใจที่ไม่ตรงกัน โดยที่ในการตรวจสอบนี้ต้องให้ความใส่ใจในการตรวจสอบอย่างละเอียด ดังนั้นการตรวจสอบในครั้งนี้จึงเป็นการวิเคราะห์ระบบการวัดที่มีลักษณะข้อมูลเป็นข้อมูลนับ (GR&R: Gage repeatability & Reproducibility for attribute data) โดยในการประเมินความสามารถของระบบการวัดเมื่อข้อมูลที่ได้มาจากการนับโดยทำการทดลอง คือ เตรียมชิ้นงานตัวอย่างในการตรวจสอบ 20 ชิ้นงาน จากนั้นเลือกสุ่มพนักงาน 3 คน เพื่อทำการตรวจสอบชิ้นงานอย่างสุ่มเพื่อป้องกันความลำเอียง (Bias) ที่อาจเกิดขึ้นในการทดลอง ซึ่งในการ

ทดสอบนั้นจะทำการทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง ในแต่ละคน แล้วทำการบันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการตรวจสอบ จากนั้นทำการวิเคราะห์และสรุปผลในการทดลอง โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ

ทางทีมงานวิจัยได้ทำการประเมินความสามารถของระบบการวัด ซึ่งจะได้ผลตามตารางที่ 4-1 ดังนี้

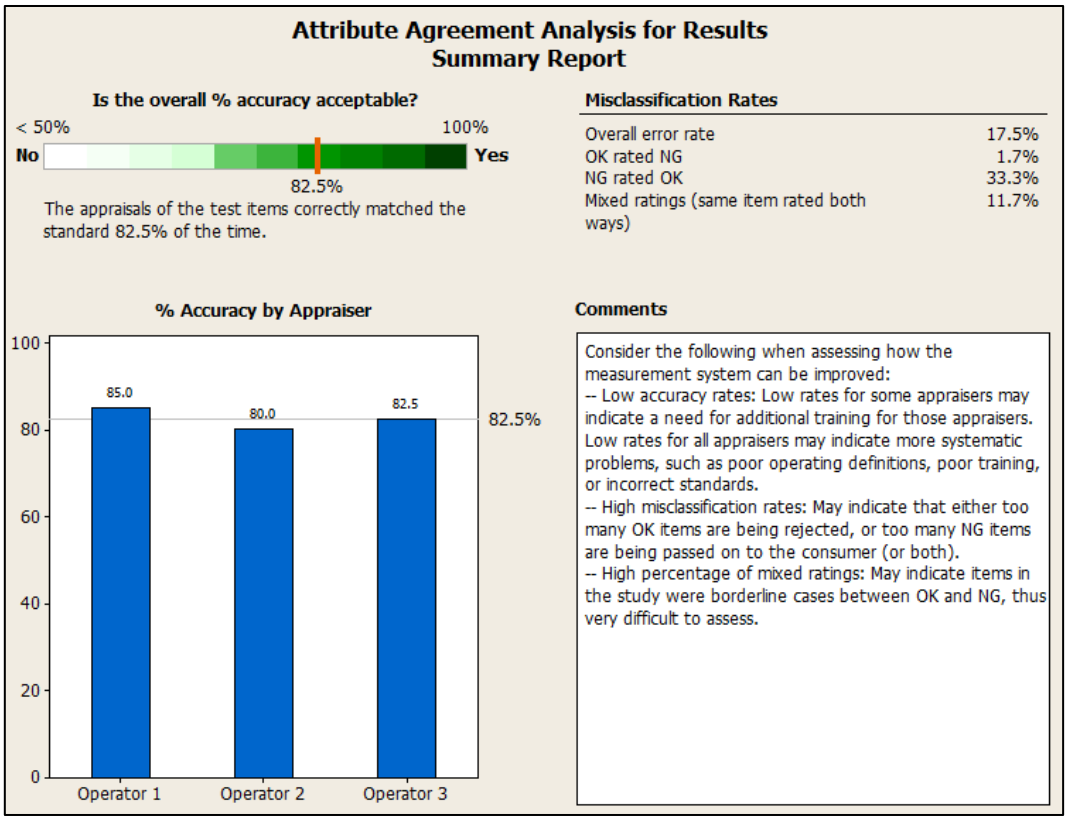
ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองในการวิเคราะห์ระบบการวัดในปัจจุบันภายในบริษัท

No	Master	Operator 1		Operator 2		Operator 3	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	NG	OK	OK	OK	OK	NG	OK
4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
6	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
7	OK	OK	OK	OK	NG	OK	OK
8	NG	NG	NG	OK	NG	NG	NG
9	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK
10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
11	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
12	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
13	NG	NG	NG	NG	NG	OK	NG
14	NG	OK	OK	NG	OK	NG	OK
15	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
16	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
17	NG	NG	NG	NG	OK	OK	OK

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

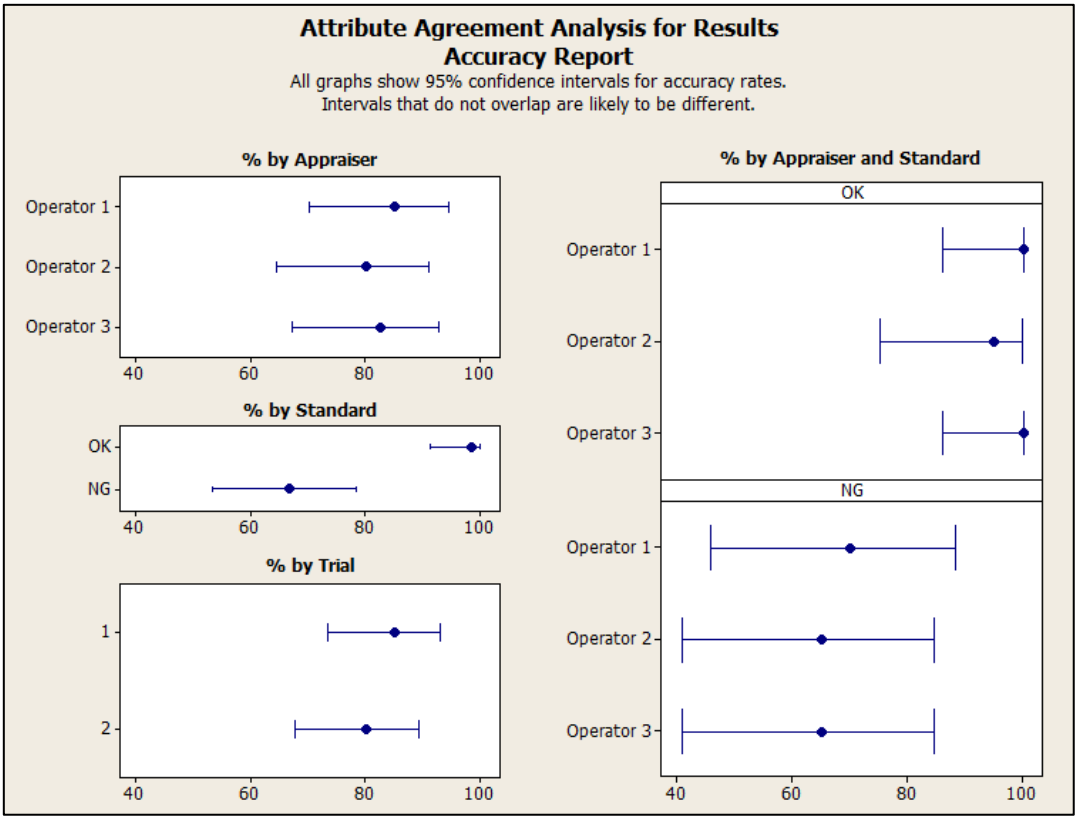
No	Master	Operator 1		Operator 2		Operator 3	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
20	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

จากผลการทดลองในการวิเคราะห์ระบบการวัดตามตารางที่ 4-1 จะนำไปทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมมินิแทบ ซึ่งจะได้ผลดังภาพที่ 4-2, 4-3 และ 4-4



ภาพที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดในภาพรวม

จากภาพที่ 4-2 เป็นการประเมินสมรรถนะของระบบการวัดในภาพรวม และได้แสดงว่าระบบการวัดมีความเที่ยงตรงเท่ากับ 82.5% โดยเกณฑ์ของบริษัทกำหนดให้สมรรถนะของระบบการวัดต้องไม่ต่ำกว่า 75% อีกทั้งแสดงอัตราการวัดที่ผิดพลาดจากค่าจริงของชิ้นงาน โดยมีอัตราการผิดพลาดรวม (Overall error rate) 17.5% วัดชิ้นงานดีเป็นชิ้นงานเสีย 1.7% วัดชิ้นงานเสียเป็นชิ้นงานดี 33.3% และอัตราการวัดผสม (Mixed ratings) หมายความว่า ในการวัด 1 ชิ้น แสดงผลทั้งดีและเสีย 11.7% และแสดงเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรง แบ่งตามพนักงานที่ทำการวัดทั้ง 3 คน มีเส้นค่าเฉลี่ยที่ 82.5%



ภาพที่ 4-3 ผลค่าความเที่ยงตรงในระบบการวัด

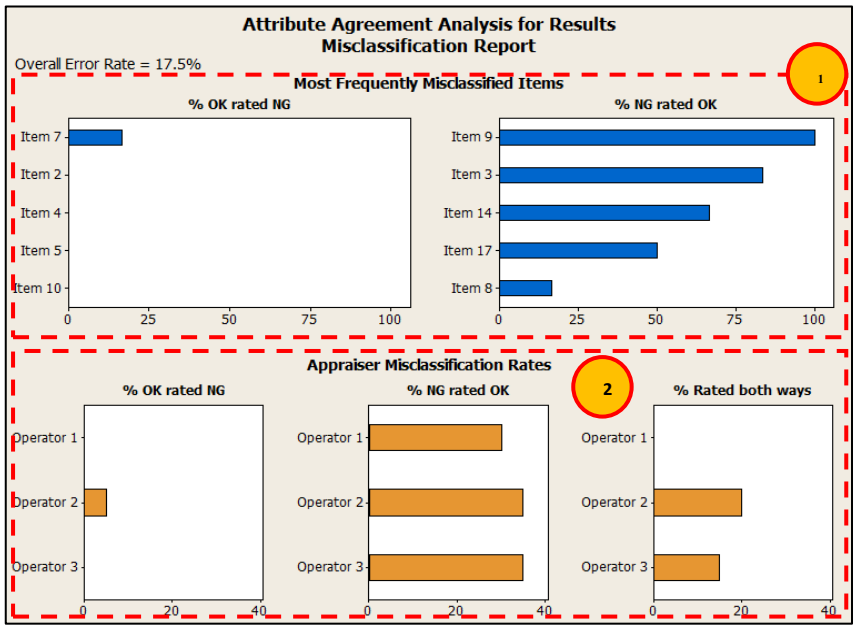
จากภาพที่ 4-3 เป็นการแสดงผลค่าเที่ยงตรงในการวัด โดยแสดงค่าที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยแบ่งออกเป็น 4 แผนภูมิ คือ

แผนภูมิเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงแยกตามพนักงานวัด พบว่าความเชื่อมั่นในการวัดของ Operator 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 70.2-94.3% Operator 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 64.4-90.9% และ Operator 3 มีค่าอยู่ระหว่าง 67.2-92.7% แสดงว่าพนักงานทั้ง 3 คน มีความสามารถในการวัดเทียบเท่ากัน

แผนภูมิเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงแยกตามชิ้นงานมาตรฐาน พบว่า มีการตัดสินใจที่ถูกต้องในชิ้นงานดีมากกว่าการตัดสินใจที่ถูกต้องในชิ้นงานเสีย โดยความเที่ยงตรงในการตรวจสอบชิ้นงานดีมีค่าอยู่ระหว่าง 91.1-99.9% แสดงว่าพนักงานสามารถตรวจสอบชิ้นงานดีได้อย่างถูกต้อง ส่วนความเที่ยงตรงในการตรวจสอบชิ้นงานเสียมีค่าอยู่ระหว่าง 53.3-78.3% แสดงว่าพนักงานมีโอกาสสูงที่จะตรวจไม่พบคราบเขม่าเมื่อชิ้นงานจริงมีคราบเขม่าเกิดขึ้น

แผนภูมิเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงแยกตามรอบการวัดซ้ำ พบว่า การตัดสินใจของรอบการวัดที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 73.4-92.9% และรอบการวัดที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 67.7-89.2% แสดงว่าในการทดลองวิเคราะห์ระบบการวัดนี้สามารถควบคุมความผันแปรในการวัดแต่ละครั้งได้อย่างสม่ำเสมอ

แผนภูมิเปอร์เซ็นต์ความเที่ยงตรงแยกตามพนักงานวัดเทียบกับชิ้นงานมาตรฐาน พบว่า Operator 1 และ Operator 3 มีการตัดสินใจที่ถูกต้องในชิ้นงานดีเท่ากันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 86.1-100% และ Operator 2 มีค่าอยู่ระหว่าง 75.1-99.9% แสดงว่าพนักงานทั้ง 3 คน มีการตัดสินใจที่ถูกต้องในชิ้นงานดีเทียบเท่ากัน ส่วน Operator 2 และ Operator 3 มีการตัดสินใจที่ถูกต้องในชิ้นงานเสียเท่ากันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 40.8-84.6% และ Operator 1 มีการตัดสินใจที่ถูกต้องในชิ้นงานเสียโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 45.7-88.1% แสดงว่าพนักงานทั้ง 3 คน มีโอกาสสูงที่จะตรวจไม่พบคราบเขม่าเมื่อชิ้นงานจริงมีคราบเขม่าเกิดขึ้น



ภาพที่ 4-4 อัตราการวัดผิดพลาด

จากภาพที่ 4-4 ค่าอัตราการผิดพลาดรวมมีค่า 17.5% ในกรอบที่ 1 คือ แผนภูมิแสดงชิ้นงานที่มีการวัดผิดพลาดมากที่สุดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ พบว่า ชิ้นงานที่ 7 มีการวัดชิ้นงานดีเป็นชิ้นงานเสียเท่ากับ 16.7% ส่วนชิ้นงานที่ 9 มีการวัดชิ้นงานเสียเป็นชิ้นงานดีเท่ากับ 100% ชิ้นงานที่ 3 เท่ากับ 83.3% ชิ้นงานที่ 14 เท่ากับ 66.7% ชิ้นงานที่ 17 เท่ากับ 50% และชิ้นงานที่ 8 เท่ากับ 16.7% ลักษณะการเสียของชิ้นงานที่ 9, 3, 14, 17 เป็นงานเสียที่มีคราบเขม่าในลักษณะที่ทำให้พนักงานยากต่อการตรวจพบ สำหรับกรอบที่ 2 คือ การแสดงอัตราการวัดที่ผิดพลาดของพนักงานวัด โดยแผนภูมิที่ 1 นับจากซ้าย แสดงการวัดชิ้นงานดีเป็นชิ้นงานเสีย พบว่า Operator 2 มีการวัดผิดพลาดเท่ากับ 5% แผนภูมิที่ 2 แสดงการวัดชิ้นงานเสียเป็นชิ้นงานดี พบว่า Operator 2 และ Operator 3 มีการวัดผิดพลาดเท่ากับ 35% และ Operator 1 มีการวัดผิดพลาดเท่ากับ 30% โดยแผนภูมิที่ 3 แสดงการวัดที่วัดได้ค่าทั้ง 2 อย่าง กล่าวคือ ในการวัด 1 ชิ้น พนักงานวัดได้ทั้งชิ้นงานดีและชิ้นงานเสีย พบว่า Operator 2 มีความผิดพลาดเท่ากับ 20% และ Operator 3 มีความผิดพลาดเท่ากับ 15%

จากการวิเคราะห์ระบบการวัดโดยใช้โปรแกรมมินิแทบ สามารถสรุปได้ว่าสมรรถนะระบบการวัดในบริษัทนี้อยู่ในเกณฑ์ที่เชื่อถือได้ เนื่องจากระบบการวัดมีความเที่ยงตรงเท่ากับ 82.5% ซึ่งเกณฑ์ของบริษัทกำหนดให้สมรรถนะของระบบการวัดต้องไม่ต่ำกว่า 75%

การประเมินความสามารถของกระบวนการปัจจุบัน

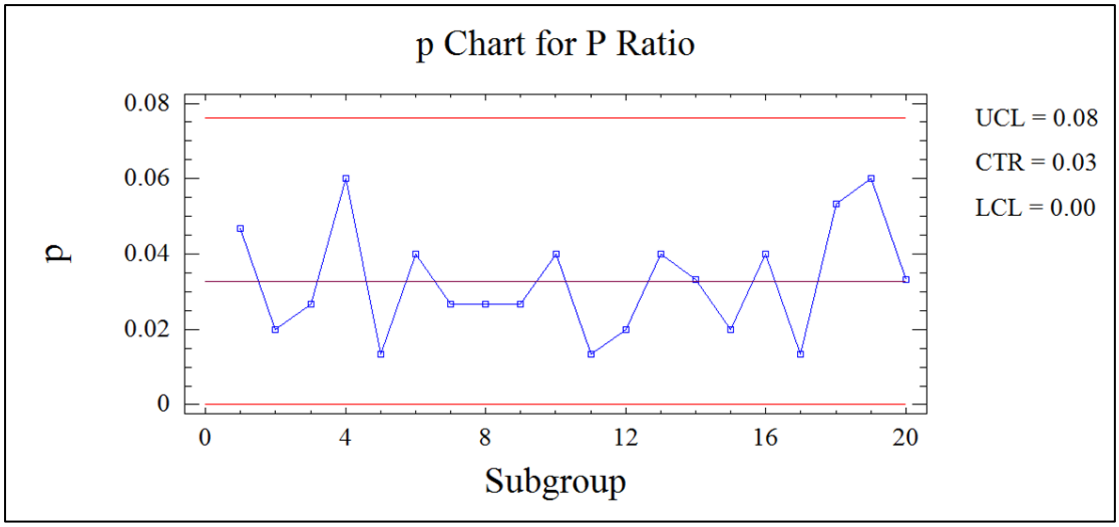
ปัญหาคราบเขม่าดำของชิ้นงานเสาประตูรถยนต์เกิดจากกระบวนการเชื่อม ซึ่งจะใช้ P-chart ที่เป็นเครื่องมือทางสถิติเพื่อตรวจสอบความสามารถของกระบวนการ โดยมีหลักการ คือ จะพล็อตจำนวนของเสียลงในกราฟ เพื่อดูลักษณะกราฟเปรียบเทียบกับเส้นขอบเขตบน (UCL: Upper control limit) และเส้นขอบเขตล่าง (LCL: Lower control limit) ซึ่งขั้นตอนนี้จะมีไว้เพื่อดูอัตราของเสียปัญหาคราบเขม่าดำ โดยใช้โปรแกรม Statgraphics plus ในการประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูล โดยจะทำการเก็บข้อมูลปัญหาคราบเขม่าดำจำนวน 20 ชุดข้อมูล ชุดข้อมูลละ 150 ตัวอย่าง และนำไปใส่ในโปรแกรม Statgraphics plus เพื่อประมวลผล

ทางทีมงานวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลปัญหาคราบเขม่าดำของชิ้นงานเสาประตูรถยนต์ ซึ่งจะได้ผลดังตารางที่ 4-2 ดังนี้

ตารางที่ 4-2 การเก็บข้อมูลปัญหาคราบเขม่าดำของชิ้นงานเสาประตูรถยนต์ภายในบริษัท

Data	Sample	NC	P Ratio
1	150	7	0.0467
2	150	3	0.0200
3	150	4	0.0267
4	150	9	0.0600
5	150	2	0.0133
6	150	6	0.0400
7	150	4	0.0267
8	150	4	0.0267
9	150	4	0.0267
10	150	6	0.0400
11	150	2	0.0133
12	150	3	0.0200
13	150	6	0.0400
14	150	5	0.0333
15	150	3	0.0200
16	150	6	0.0400
17	150	2	0.0133
18	150	8	0.0533
19	150	9	0.0600
20	150	5	0.0333
		ค่าเฉลี่ย	0.0327

จากผลการเก็บข้อมูลปัญหาคราบเขม่าดำตามตารางที่ 4-2 จะนำไปทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Statgraphics plus ซึ่งจะได้ผลดังภาพที่ 4-5



ภาพที่ 4-5 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในกระบวนการปัจจุบัน

จากภาพที่ 4-5 ความสามารถของกระบวนการปัจจุบัน มีเปอร์เซ็นต์ของเสียเท่ากับ 3.27% และสัดส่วนของเสียอยู่ในค่าควบคุมของ P-chart กล่าวคือ สภาวะการผลิตในปัจจุบันอยู่ในมาตรฐานการผลิต

สรุปผลการดำเนินงานในส่วนของขั้นตอนการวัด

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในส่วนของขั้นตอนการดำเนินงานตั้งแต่การวิเคราะห์ระบบการวัด มาจนถึงการประเมินความสามารถของกระบวนการปัจจุบันด้วย P-chart พบว่าระบบการวัดภายในบริษัทกรณีศึกษามีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือ ส่วนความสามารถการผลิตของกระบวนการปัจจุบันมีสัดส่วนของเสียเท่ากับ 3.27% และสัดส่วนของเสียอยู่ในค่าควบคุมของ P-chart

ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis phase)

หลังจากที่ทราบถึงลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นแล้ว ทางทีมงานจึงทำการรวบรวมข้อมูลแล้วมาปรึกษากับแผนกที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทราบถึงลักษณะของปัญหา จากนั้นทำการระดมสมองจากทีมงานโดยใช้เครื่องมือผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect diagram) เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์หาปัจจัยของปัญหา ต่อมานำสาเหตุที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) เพื่อกรองหาสาเหตุที่คาดว่าน่าจะส่งผลต่อปัญหามาทำการปรับปรุงแก้ไข

ผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect diagram)

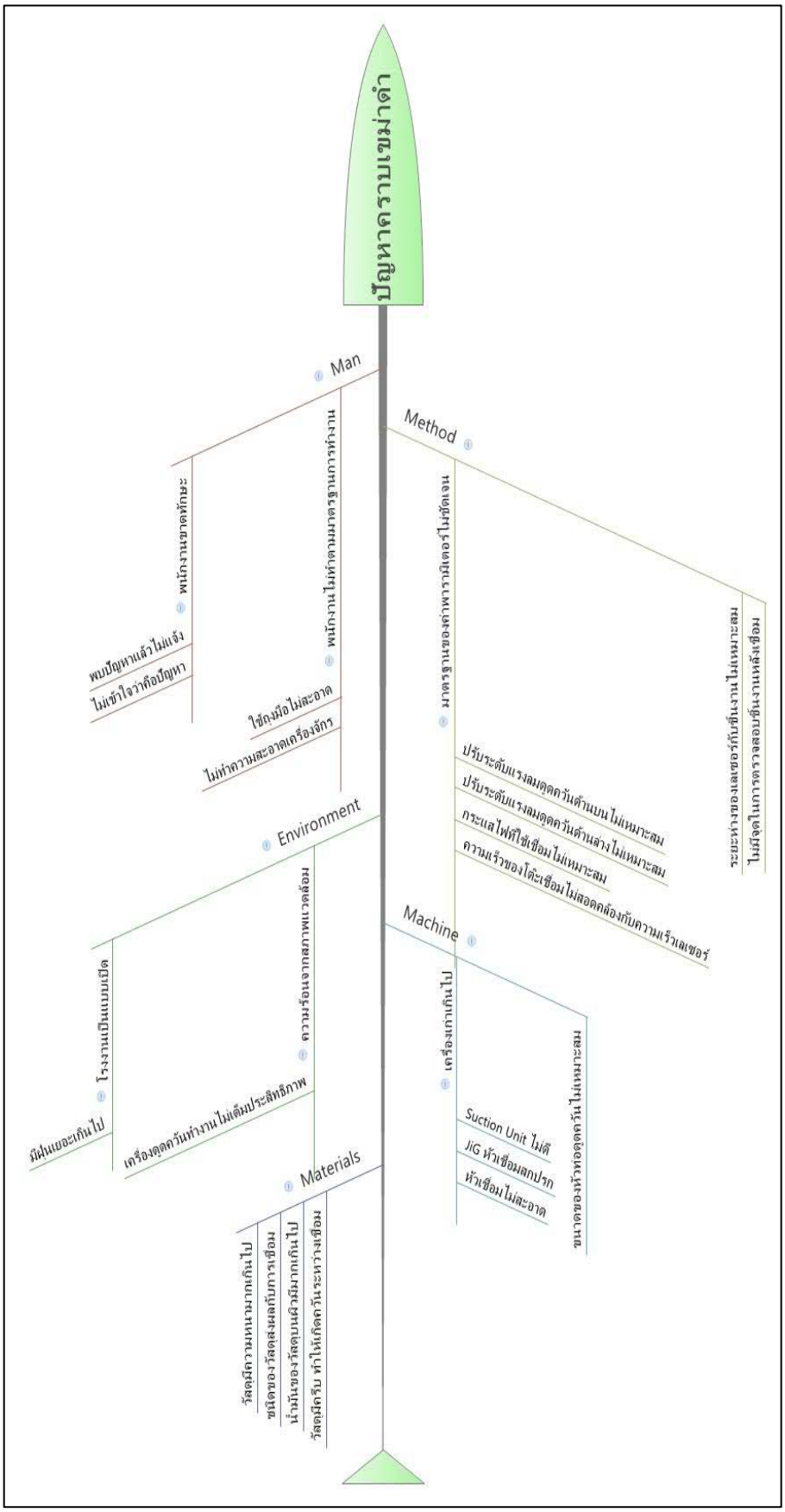
ในขั้นตอนการระดมสมองนี้ ทางทีมงานได้ทำการจำแนกประเภทของสาเหตุหลักออกเป็น 5 ประเภท คือ สาเหตุที่มาจากพนักงาน (Man) สาเหตุที่มาจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machine) สาเหตุที่มาจากวิธีการทำงาน (Method) สาเหตุที่มาจากวัสดุ (Material) และสาเหตุที่มาจากสภาพแวดล้อม (Environment) โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4-3 ซึ่งข้อมูลที่ได้มาจากการระดมสมองนี้ได้ทำการรวบรวมมาจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ไม่ว่าจะเป็น วิศวกร หัวหน้างาน พนักงานหน้างาน และในการระดมสมองนี้ได้ทำการรวบรวมความคิดเห็นทั้งหมดโดยไม่จำกัดจำนวนและความคิด เพื่อป้องกันการตกหล่นของสาเหตุที่แท้จริง หลังจากนั้นจึงนำความคิดเห็นทั้งหมดนี้มาทำการจัดแยกเป็นแต่ละประเภทตามที่กล่าวไว้ในข้างต้น เพื่อนำมาสร้างผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล หรือแผนภาพก้างปลาดังภาพที่ 4-6 เพื่อที่จะให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย ซึ่งส่งผลก่อให้เกิดความสะดวกในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

ตารางที่ 4-3 รายละเอียดของสาเหตุหลัก

สาเหตุหลัก	หัวข้อ
Man	พนักงานใช้ถุงมือไม่สะอาด
	พนักงานไม่ทำความสะอาดเครื่องจักร
	พนักงานพบปัญหาแล้วไม่แจ้ง
	พนักงานไม่เข้าใจว่าคือปัญหา
Machine	เครื่องเก่าเกินไป เครื่องดูดควันจึงไม่ดี
	Jig ของหัวเชื่อมสกปรก
	ขนาดของหัวท่อดูดควันไม่เหมาะสม
	หัวเชื่อมไม่สะอาด
Method	ระยะห่างของหัวเลเซอร์กับชิ้นงานไม่เหมาะสม
	ความเร็วของโต๊ะเชื่อมไม่สอดคล้องกับความเร็วเลเซอร์
	ไม่มีจุดในการตรวจสอบชิ้นงานหลังเชื่อม
	กระแสไฟที่ใช้เชื่อมไม่เหมาะสม
	แรงดูดควันด้านบนไม่เหมาะสม
	แรงดูดควันด้านล่างไม่เหมาะสม

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

สาเหตุหลัก	หัวข้อ
Material	ชนิดของวัสดุส่งผลกับการเชื่อม
	น้ำมันของวัสดุบนผิวมีมากเกินไป
	วัสดุมีความหนามากเกินไป
	วัสดุมีครีบทำให้เกิดควันระหว่างเชื่อม
Environment	โรงงานเป็นแบบเปิด มีฝุ่นเยอะเกินไป
	ความร้อนจากสภาพแวดล้อมส่งผลให้เครื่องดูดควันทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ



ภาพที่ 4-6 แผนผังการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเหตุและผล

การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA)

จุดเด่นของการวิเคราะห์ด้วย FMEA อยู่ที่การคิดอย่างเป็นระบบและมีการคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังนั้นจึงนำสาเหตุจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเหตุและผลมาทำการวิเคราะห์ต่อใน FMEA เพื่อค้นหาสาเหตุที่น่าจะมีผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษามากที่สุดดังตารางที่ 4-4

ค่าความเสี่ยง (RPN) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย FMEA จะได้จากผลคูณระหว่างค่าความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้น (Severity) กับโอกาสในการเกิดความผิดพลาด (Occurrence) และความสามารถในการป้องกันความผิดพลาด (Detection) ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ดังสมการด้านล่าง

$$RPN = S \times O \times D$$

เมื่อ S คือ ค่าความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้น

Oคือ โอกาสในการเกิดความผิดพลาด

Dคือ ความสามารถในการป้องกันความผิดพลาด

ตารางที่ 4-4 การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA)

ปัจจัยที่คิดว่าส่งผลให้เกิดปัญหา	Severity	Occurrence	Detection	RPN
พนักงานใช้ถุงมือไม่สะอาด	1	1	2	2
พนักงานไม่ทำความสะอาดเครื่องจักร	5	6	2	60
พนักงานพบปัญหาแล้วไม่แจ้ง	7	4	5	140
พนักงานไม่เข้าใจว่าคือปัญหา	7	3	3	63
เครื่องเก่าเกินไป เครื่องดูดควันจึงไม่ดี	5	6	6	180
Jig ของหัวเชื่อมสกปรก	5	7	5	175
ขนาดของหัวท่อดูดควันไม่เหมาะสม	6	6	10	360
หัวเชื่อมไม่สะอาด	5	6	2	60
ระดับแรงลมดูดควันด้านบนไม่เหมาะสม	9	8	8	576
ระดับแรงลมดูดควันด้านล่างไม่เหมาะสม	9	8	8	576
กระแสไฟที่ใช้เชื่อมไม่เหมาะสม	6	4	4	96
ไม่มีจุดในการตรวจสอบชิ้นงานหลังเชื่อม	4	5	3	60

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

ปัจจัยที่คิดว่าส่งผลให้เกิดปัญหา	Severity	Occurrence	Detection	RPN
ความเร็วของโต๊ะเชื่อมไม่สอดคล้องกับความเร็วเลเซอร์	5	6	4	120
ระยะห่างของหัวเลเซอร์กับชิ้นงานไม่เหมาะสม	5	6	4	120
ชนิดของวัสดุส่งผลกับการเชื่อม	5	5	8	200
น้ำมันของวัสดุบนผิวมีมากเกินไป	6	3	3	54
วัสดุมีความหนามากเกินไป	1	1	2	2
วัสดุมีครีบทำให้เกิดควันระหว่างเชื่อม	6	5	3	90
โรงงานเป็นแบบเปิด มีฝุ่นเยอะเกินไป	1	3	10	30
ความร้อนจากสภาพแวดล้อมส่งผลให้เครื่องดูดควันทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ	3	2	10	60

ตารางที่ 4-5 รายละเอียดการให้คะแนนค่าความเสี่ยง (RPN)

ปัจจัยที่คิดว่าส่งผลให้เกิดปัญหา	การให้คะแนนค่าความเสี่ยง (RPN)
พนักงานใช้ถุงมือไม่สะอาด	ไม่มีผลกระทบต่อความรุนแรงของปัญหา (S =1) ซึ่งโอกาสที่ถุงมือจะทำให้เกิดคราบเขม่ามีน้อยมาก (O = 1) และหัวหน้างานมีการตรวจเช็คอุปกรณ์การทำงานอยู่ตลอด (D = 2)
พนักงานไม่ทำความสะอาดเครื่องจักร	การไม่ทำความสะอาดเครื่องจักร อาจทำให้สภาวะการผลิตไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้การผลิตหยุดชะงัก และมีของเสียเกิดขึ้นบ้าง (S = 5) ซึ่งโอกาสที่เครื่องจักรจะส่งผลให้เกิดคราบเขม่าอยู่ในระดับปานกลาง (O = 6) และมีแผนการทำความสะอาดเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ (D = 2)

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

ปัจจัยที่คิดว่าส่งผลให้เกิดปัญหา	การให้คะแนนค่าความเสี่ยง (RPN)
พนักงานพบปัญหาแล้วไม่แจ้ง	การที่พนักงานไม่แจ้งเวลาที่พบปัญหา อาจทำให้มีการผลิตงานที่ไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า และอาจมีชิ้นงานเสียหลุดไปถึงลูกค้า (S = 7) ซึ่งโอกาสที่พนักงานจะไม่แจ้งปัญหาและทำให้คราบเขม่าหลุดไปถึงลูกค้าอยู่ในระดับปานกลาง (O = 4) และหัวหน้างานมีการเดินตรวจงานอยู่บางครั้ง (D = 5)
พนักงานไม่เข้าใจว่าคือปัญหา	การที่พนักงานไม่เข้าใจถึงลักษณะของปัญหาอาจทำให้ลูกค้าได้รับงานเสีย หรืองานที่ไม่ตรงกับความต้องการ (S = 7) ซึ่งพนักงานได้รับทราบข้อมูลปัญหาต่าง ๆ อยู่เป็นประจำ จึงมีโอกาสต่ำที่ปัจจัยนี้จะทำให้เกิดคราบเขม่า (O = 3) และหัวหน้างานมีการเดินตรวจงาน และให้คำแนะนำกับทีมงานอย่างสม่ำเสมอ (D = 3)
เครื่องเก่าเกินไป เครื่องดูดควันจึงไม่ดี	เครื่องเก่าเกินไปอาจทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตลดลง หรือการดูดควันออกจากชิ้นงานขณะเชื่อมไม่สมบูรณ์ (S = 5) ซึ่งมีโอกาสที่เครื่องจะส่งผลให้เกิดคราบเขม่าอยู่ในระดับปานกลาง (O = 6) มีการตรวจเช็คเครื่องบางครั้ง (D = 6)
Jig ของหัวเชื่อมสกปรก	Jig ของหัวเชื่อมสกปรกอาจทำให้การเชื่อมไม่สมบูรณ์ หรือไม่เป็นไปตามมาตรฐานการผลิต (S = 5) ซึ่งมีโอกาสสูงที่จะทำให้เกิดความสกปรก หรือคราบเขม่าดำ (O = 7) และพนักงานมีการตรวจเช็คเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาคราบเขม่าบ้าง (D = 5)

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

ปัจจัยที่คิดว่าส่งผลให้เกิดปัญหา	การให้คะแนนค่าความเสี่ยง (RPN)
ขนาดของหัวท่อดูดควันไม่เหมาะสม	ขนาดของหัวท่อดูดควันเล็กเกินไป อาจทำให้การดูดควันออกจากชิ้นงานขณะเชื่อมไม่สมบูรณ์ (S = 6) ซึ่งมีโอกาสที่การดูดควันไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดคราบเขม่าอยู่ในระดับปานกลาง (O = 6) และยังไม่มีวิธีการแก้ไขขนาดของหัวท่อดูดควัน ซึ่งอาจทำให้เกิดคราบเขม่าได้ (D = 10)
หัวเชื่อมไม่สะอาด	หัวเชื่อมไม่สะอาด อาจทำให้แนวเชื่อมไม่สมบูรณ์ และทำให้มีควันขณะเชื่อมมากกว่าปกติ (S = 5) ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้เกิดคราบเขม่าบ้าง (O = 6) มีแผนทำความสะอาดสม่ำเสมอ (D = 2)
ระดับแรงลมดูดควันด้านบนไม่เหมาะสม	ระดับแรงลมดูดควันด้านบนมากหรือน้อยไป อาจทำให้การดูดควันขณะเชื่อมไม่สมบูรณ์ (S = 9) ซึ่งมีโอกาสที่จะเกิดคราบเขม่าบริเวณแนวเชื่อมสูง (O = 8) และยังไม่มีการปรับค่าที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดคราบเขม่าบนชิ้นงาน (D = 8)
ระดับแรงลมดูดควันด้านล่างไม่เหมาะสม	ระดับแรงลมดูดควันด้านล่างมากหรือน้อยไป อาจทำให้การดูดควันขณะเชื่อมไม่สมบูรณ์ (S = 9) ซึ่งมีโอกาสที่จะเกิดคราบเขม่าบริเวณแนวเชื่อมสูง (O = 8) และยังไม่มีการปรับค่าที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดคราบเขม่าบนชิ้นงาน (D = 8)

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

ปัจจัยที่คิดว่าส่งผลให้เกิดปัญหา	การให้คะแนนค่าความเสี่ยง (RPN)
ไม่มีจุดในการตรวจสอบชิ้นงานหลังเชื่อม	การไม่มีจุดในการตรวจชิ้นงานหลังเชื่อม อาจทำให้ไม่ทราบว่าการผลิตขณะนั้นมีการเกิดคราบเขม่าบริเวณแนวเชื่อมของชิ้นงาน (S = 4) ซึ่งมีโอกาสที่งานมีคราบเขม่าจะไปถึงลูกค้าบ้าง (O = 5) และมีการตรวจชิ้นงานก่อนส่งโดยแผนกควบคุณคุณภาพ (D = 3)
ความเร็วของโต๊ะเชื่อมไม่สอดคล้องกับความเร็วเลเซอร์	อาจทำให้แนวเชื่อมไม่สมบูรณ์ (S = 5) ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้เกิดคราบเขม่าบ้าง (O = 6) และมีการตรวจสอบความเร็วของโต๊ะเชื่อมกับความเร็วเลเซอร์บ้าง (D = 4)
ระยะห่างของหัวเลเซอร์กับชิ้นงานไม่เหมาะสม	อาจทำให้แนวเชื่อมไม่สมบูรณ์ (S = 5) ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้เกิดคราบเขม่าบ้าง (O = 6) และมีการตรวจสอบระยะห่างของหัวเลเซอร์กับชิ้นงานบ้าง (D = 4)
ชนิดของวัสดุส่งผลกับการเชื่อม	ชนิดของวัสดุอาจส่งผลต่อการเชื่อมในการตั้งค่าต่าง ๆ เช่น ความเร็วในการเชื่อม หรือกระแสไฟที่ใช้เชื่อม เป็นต้น (S = 5) ซึ่งมีโอกาสทำให้เกิดคราบเขม่าบ้าง (O = 5) และยังไม่มีวิธีการตั้งค่าที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดคราบเขม่า (D = 8)
น้ำมันของวัสดุบนผิวมีมากเกินไป	อาจทำให้การผลิตไม่สมบูรณ์ (S = 6) ซึ่งมีโอกาสทำให้เกิดคราบเขม่าน้อยครั้ง (O = 3) และมีการตรวจสอบวัสดุก่อนเชื่อมโดยแผนกควบคุมคุณภาพ (D = 3)

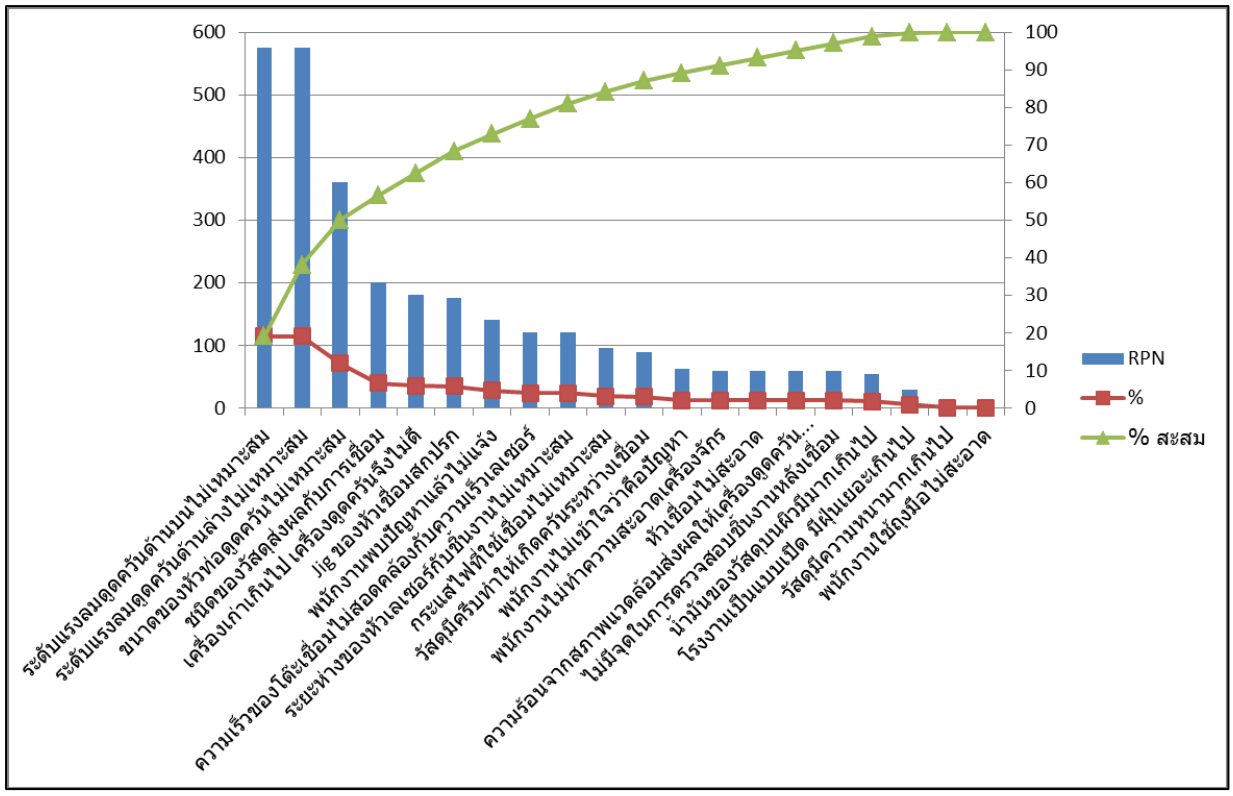
ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

ปัจจัยที่คิดว่าส่งผลให้เกิดปัญหา	การให้คะแนนค่าความเสี่ยง (RPN)
วัสดุมีความหนามากเกินไป	ไม่มีผลกระทบต่อความรุนแรงของปัญหา (S = 1) ซึ่งโอกาสที่วัสดุที่มีความหนาไปจะทำให้เกิดคราบเขม่ามีน้อยมาก (O = 1) และใช้เหล็กตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด โดยมีแผนกควบคุมคุณภาพตรวจสอบวัสดุก่อนเชื่อม (D = 2)
วัสดุมีครีบทำให้เกิดควันระหว่างเชื่อม	วัสดุมีครีบอาจทำให้เกิดควันขณะเชื่อม (S = 6) ซึ่งมีโอกาสที่จะทำให้เกิดคราบเขม่า (O = 5) และมีพนักงานแผนกควบคุมคุณภาพทำการตรวจสอบวัสดุก่อนเชื่อม (D = 3)
โรงงานเป็นแบบเปิด มีฝุ่นเยอะเกินไป	ฝุ่นในปริมาณมากอาจส่งผลให้คุณภาพการเชื่อมด้อยลงเล็กน้อย (S = 1) ซึ่งมีโอกาสทำให้เกิดคราบเขม่าน้อย (O = 3) และไม่สามารถควบคุมปริมาณฝุ่นได้ (D = 10)
ความร้อนจากสภาพแวดล้อมส่งผลให้เครื่องดูดควันทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ	อากาศร้อนอาจทำให้เครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ (S = 3) ซึ่งมีโอกาสทำให้เกิดคราบเขม่าน้อยมาก (O = 2) และไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ (D = 10)

จากการวิเคราะห์ FMEA จะเห็นว่าค่า RPN ของแนวโน้มของสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสูงสุดตามหลักการของพาเรโตดังภาพที่ 4-7 คือ

1. ระดับแรงลมดูดควันด้านบนไม่เหมาะสม = 576
2. ระดับแรงลมดูดควันด้านล่างไม่เหมาะสม = 576
3. ขนาดของหัวท่อดูดควันไม่เหมาะสม = 360

เนื่องจากขนาดของหัวท่อดูดควันเป็นชิ้นส่วนที่ยึดติดกับเครื่องเชื่อม มีขนาดเดียว และไม่สามารถถอดเปลี่ยนได้ ดังนั้นทางทีมงานจึงตัดสาเหตุนี้ทิ้งไป



ภาพที่ 4-7 แผนภาพพาเรโตแสดงสาเหตุของปัญหาที่มีความสำคัญ

สรุปผลการดำเนินงานในส่วนของขั้นตอนการวิเคราะห์

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในส่วนของขั้นตอนการดำเนินงานตั้งแต่การใช้เครื่องมือผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect diagram) และการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) วัตถุประสงค์หลักของขั้นตอนนี้คือ หาสาเหตุที่มีความสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษา โดยที่สาเหตุหลักที่ได้ทำการเลือก คือ ระดับแรงดูดควันด้านบนไม่เหมาะสม และระดับแรงลมดูดควันด้านล่างไม่เหมาะสม

ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase)

หลังจากที่ทราบถึงสาเหตุที่คาดว่าจะส่งผลต่อปัญหาแล้ว ทางทีมงานจึงทำการใช้เครื่องมือการออกแบบการทดลองแบบครั้งละปัจจัย (One factor at a time design) เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของระดับแรงดูดควันด้านบน และระดับแรงดูดควันด้านล่าง เนื่องจากการทดลองนี้มีต้นทุนการเชื่อมที่ค่อนข้างสูง คือ 300 บาท/ ชิ้น และถ้าชิ้นงานไม่ได้คุณภาพตามความต้องการของ

ลูกค้า กล่าวคือ ชิ้นงานเกิดคราบเขม่าดำ จะต้องเสียเวลา และแรงงานคนในการแก้ไขงาน คิดเป็นจำนวนเงิน 6 บาท/ ชิ้น

การออกแบบการทดลอง (Design of experiment)

เนื่องจากมีปัจจัยที่สนใจมากกว่า 1 ปัจจัย จึงทำการทดลองโดยปรับเปลี่ยนทีละปัจจัย และกำหนดระดับของปัจจัยอื่น ๆ คงที่ ซึ่งสามารถปรับปัจจัยระดับแรงลมโดยการหมุนวาวล์ที่เครื่องดูดควัน จะมีวาวล์แยกกันระหว่างระดับแรงลมด้านบนและด้านล่าง จากนั้นใช้ Velocity meter ในการวัดค่า โดยในการทดลองของแต่ละระดับปัจจัย จะอ้างอิงจำนวนการทดลองจากสมการ $(np) \geq 5$ หรือ $n(1-p) \geq 5$ โดยใช้ค่า p เท่ากับ 3.27% จากเปอร์เซ็นต์ของเสียปัจจุบัน ดังภาพที่ 4-5 ซึ่งทำให้ค่า p ควรมากกว่าหรือเท่ากับ 153 ชิ้น และเพื่อความสะดวกต่อการวางแผนการผลิตที่มีอัตราการผลิตปัจจุบันเท่ากับ 300 ชิ้น/ ชั่วโมง จึงกำหนดให้มีการทดลองจำนวน 300 ชิ้นโดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าระดับแรงดูดควันด้านบน โดยการกำหนดระดับแรงดูดควันด้านล่างคงที่ 7.50 m/s จากนั้นทำการปรับเปลี่ยนระดับแรงลมด้านบนแบบเพิ่มครั้งละ 0.25 m/s เนื่องจากตามมาตรฐานการผลิตนั้นไม่ต้องการให้ค่าแรงดูดควันด้านบนสูงมาก เพราะเกรงว่าจะส่งผลต่อความเสียหายของเครื่องจักร โดยเริ่มจาก 1.50 m/s ซึ่งอ้างอิงจากค่ามาตรฐานการผลิตเดิม ได้ผลตามตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลการทดลองครั้งที่ 1 กำหนดให้ระดับแรงดูดควันด้านล่างคงที่ 7.50 m/s

ระดับแรงดูดควันด้านบน (m/s)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)
1.50	16
1.75	11
2.00	5
2.25	4
2.50	4

จากผลการทดลองครั้งที่ 1 พบว่า ที่ระดับแรงดูดควันด้านบน 2.25-2.50 m/s มีจำนวนของเสียเกิดขึ้นน้อยที่สุด คือ 4 ชิ้น ในแต่ละระดับของแรงดูดควันด้านบน แต่เกิดความเสียหายต่อเลนส์กล้องของหัวเชื่อมเร็วกว่าปกติ เนื่องจากมีเศษเหล็กจากการเชื่อมกระเด็นไปติด ทางทีมงานจึงเลือกระดับแรงดูดควันด้านบนที่เกิดของเสียน้อยที่สุดถัดไป คือ 2.00 m/s

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าระดับแรงดูดควันด้านล่าง โดยการกำหนดระดับแรงดูดควันด้านบนคงที่ 2.00 m/s จากนั้นทำการปรับเปลี่ยนระดับแรงลมด้านล่างแบบเพิ่มครั้งละ 0.50 m/s เนื่องจากต้องการทำการทดลองไปจนถึงค่าสูงสุดของระดับแรงลมที่เครื่องสามารถปรับได้ คือ 10.00 m/s โดยเริ่มจาก 7.50 m/s ซึ่งอ้างอิงจากค่ามาตรฐานการผลิตเดิม ได้ผลตามตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ผลการทดลองครั้งที่ 2 กำหนดให้ระดับแรงดูดควันด้านบนคงที่ 2.00 m/s

ระดับแรงดูดควันด้านล่าง (m/s)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)
7.50	5
8.00	3
8.50	0
9.00	0

จากผลการทดลองครั้งที่ 2 พบว่าที่ระดับแรงดูดควันด้านล่าง 8.50-9.00 m/s ไม่มีของเสียเกิดขึ้นในการผลิต แต่ที่ระดับแรงดูดควันด้านล่าง 9.00 m/s เกิดความเสียหายต่อเลนส์กล้องของหัวเชื่อมเร็วกว่าปกติ เนื่องจากมีเศษเหล็กจากการเชื่อมกระเด็นไปติด ทางทีมงานจึงหยุดการทดลองและเลือกระดับแรงดูดควันด้านล่างที่ 8.50 m/s

สรุปผลการดำเนินงานในส่วนของขั้นตอนการปรับปรุง

จากที่ทีมงานได้ทำการทดลองปรับปรุงสาเหตุของปัญหาทั้ง 2 สาเหตุแล้วนั้น พบว่าสามารถลดปัญหาคราบเขม่าดำได้ โดยดูได้จากการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) ของหลังการปรับปรุงทั้ง 2 สาเหตุตามตารางที่ 4-8 และการไม่เกิดข้อร้องเรียนจากลูกค้าตามตารางที่ 4-9 และจากผลการตรวจเช็คคราบเขม่าดำเป็นเวลา 3 เดือน พบว่ามีคราบเขม่าดำ 2 ชิ้น จากการสุ่มตรวจ 330 ชิ้น ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียเท่ากับ 0.61% นั่นหมายความว่า บริษัทมีสภาวะการผลิตที่ดีขึ้นกว่าตอนก่อนปรับปรุงที่มีสัดส่วนของเสียเท่ากับ 3.27%

ตารางที่ 4-8 การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) ของก่อนและหลังการปรับปรุง

สาเหตุของคราบเขม่าดำ	ก่อนปรับปรุง				หลังปรับปรุง			
	S	O	D	RPN	S	O	D	RPN
ระดับแรงดูดควันด้านบน	9	8	8	576	2	2	1	4
ระดับแรงดูดควันด้านล่าง	9	8	8	576	2	2	1	4

จากตารางที่ 4-8 ค่าความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยลงเท่ากับ 2 เนื่องจากได้ปรับระดับแรงดูดควันด้านบนและด้านล่างอยู่ในระดับที่เหมาะสม คือ ระดับแรงดูดควันด้านบนเท่ากับ 2.00 m/s และระดับแรงดูดควันด้านล่างเท่ากับ 8.50 m/s ซึ่งจะสามารถดูดควันออกได้มากพอที่จะไม่ก่อให้เกิดคราบเขม่าดำ และมีวิธีการทำงานในการปรับค่าระดับแรงดูดควันด้านบนและด้านล่างที่ชัดเจน โอกาสที่ระดับแรงดูดควันด้านบนและล่างจะไม่เท่ากับค่ามาตรฐานใหม่ที่ตั้งไว้ขึ้นอยู่กับการปรับตั้งค่าก่อนผลิตและแรงดูดที่ลดลงระหว่างผลิต ทั้ง 2 ปัจจัยนี้มีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมากจึงให้ค่าเท่ากับ 2 เนื่องจากมีการตรวจเช็คระดับแรงดูดควันทุกครั้งที่มีการผลิตงานโดยเฉลี่ยวันละ 1-2 ครั้ง ซึ่งแรงดูดควันจะไม่ลดลงในช่วงการผลิต ภายใต้ความถี่การตั้งค่าระดับแรงดูดควันนี้จึงให้ค่าการตรวจสอบเท่ากับ 1

ตารางที่ 4-9 จำนวนการร้องเรียนจากลูกค้าในช่วงหลังการปรับปรุง

เดือน	จำนวนการส่ง (ชิ้น)	จำนวนร้องเรียนจากลูกค้า (ครั้ง)
ตุลาคม 2558	8,600	0
พฤศจิกายน 2558	7,500	0
ธันวาคม 2558	8,000	0

จากตารางที่ 4-9 ทางบริษัทมีการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 3 เดือน หลังการปรับปรุงพบว่าไม่เกิดการร้องเรียนจากลูกค้า

ขั้นตอนการควบคุม (Control phase)

ในขั้นตอนการควบคุมเพื่อรักษาสภาพหลังการปรับปรุงทั้งระดับแรงดูดควันด้านบนและระดับแรงดูดควันด้านล่างนั้น จะใช้ Work instruction (WI) ในการควบคุมกระบวนการผลิต ดังแสดงในภาพที่ 4-8 และเฝ้าติดตามการเกิดปัญหาโดยใช้ Check sheet เพื่อเก็บข้อมูลปัญหาคราบเขม่าดำเป็นเวลา 3 เดือน นับจากวันที่แก้ไขปัญหาแล้วเสร็จ คือ เดือนตุลาคม 2558 เดือนพฤศจิกายน 2558 และเดือนธันวาคม 2558 โดยการสุ่มตัวอย่างวันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 5 ชิ้น และใช้ค่าความเป็นคราบเขม่าดำสูงสุดที่วัดได้ในแต่ละวัน (mm) มาทำการพล็อตกราฟ ดังแสดงในภาพที่ 4-9, 4-10 และ 4-11

SUMISHO METAL Thailand	SUMISHO METAL (THAILAND) CO., LTD.	DOC. NO. : WI-MT-005
	วิธีการทำงานและความปลอดภัย : SAFETY WORK INSTRUCTION	PAGE : 2 of 2
	การบำรุงรักษาเครื่องดูดควันเชื่อม (SUCTION UNIT)	EFFECTIVE : 1-Oct-2015

ลำดับที่	วิธีการทำงาน	เวลาที่ใช้	จุดเน้นย้ำ	เหตุผล	ภาพประกอบ	เพิ่มเติม
	C. การทำความสะอาดLOWER SUCTION 1. เอาเศษฝุ่นเชื่อมออกจากด้านหน้าชุดท่อ LOWER SUCTION ตรงปากของชุด BEAM ABSORBER โดยใช้ไขควงปากแบนงัดออก 2. เปิดฝา LOWER COVER ของชุดท่อ BEAM ABSORBER และเอาฝุ่นเชื่อมออก 3. ทำความสะอาดท่อที่อยู่ด้านใน ต้องไม่มีเศษผงฝุ่นติดค้างอยู่	30 นาที	ปากของชุด BEAM ABSORBER และ ท่อ SUCTION	การดูดของลมขณะเชื่อม	นำไขควงปากแบนงัดเอาเศษฝุ่นเชื่อมที่เกาะติดปากรูออก เปิดฝา LOWER เอาฝุ่นเชื่อมออก **ทำความสะอาดท่อด้านใน**	-
	D. เช็คท่อดูดควันเชื่อม SUCTION และทำความสะอาด 1. เปิดฝาข้างชุด MONOBLOC และดูดฝุ่นเชื่อม 2. ตรวจสอบท่อดูดฝุ่นเชื่อมด้านล่าง และเขย่าถ้ามีเสียงเหมือนมีผงอยู่ด้านในให้ถอดท่อออกตรงข้อต่อ และดูดเอาฝุ่นเชื่อมอีกครั้ง	30 นาที	MONOBLOC	การดูดของลมขณะเชื่อม	เปิดฝาข้าง MONOBLOC และดูดฝุ่นเชื่อม	-
	E.ตั้งค่า UPPER/ LOWER SUCTION 1. ตั้งค่า UPPER SUCTION ที่ 2.00 m/s โดยใช้ VELOCITY METER 2. ตั้งค่า LOWER SUCTION ที่ 8.50 m/s โดยใช้ VELOCITY METER	15 นาที	UPPER/ LOWER SUCTION	การดูดของลมขณะเชื่อม	ตั้งค่า UPPER/ LOWER SUCTION โดยใช้ VELOCITY METER	-

เครื่องมือ(TOOLS)

1. เทมค้า 2. เครื่องดูดฝุ่น 3. VELOCITY METER

กฎความปลอดภัย

1. หยุดเครื่อง 2. ใช้ TAG คล้องประตูก่อนเข้าเครื่อง 3. ดูแลการทำงานโดย SECTION HEAD หรือ OPERATOR

สัญลักษณ์ในการทำงาน ผังการไหลของกระบวนการ (Process Flow Symbol)	Document	Flow of Job	Action	Input data	Yes	No
	Data	Check	Approve	Explain details in Remarks	Accese System	Save

แก้ไข	วันที่แก้ไข	รายละเอียดในการแก้ไข	ผู้จัดทำ	ผู้ตรวจสอบ	ผู้อนุมัติ
2	1/10/2015	การตั้งค่า UPPER/ LOWER SUCTION			
1	20/09/2015	เปลี่ยนแปลงฟอร์มเอกสารใหม่			

ภาพที่ 4-8 Work instruction ในการควบคุมกระบวนการผลิต

ใบตรวจสอบค่าความเป็นคราบเขม่าควัน (SMOKE CONTROL CHECK SHEET)

ชื่อชิ้นงาน(Part Name) B-Pillar

รุ่น(Model) T6

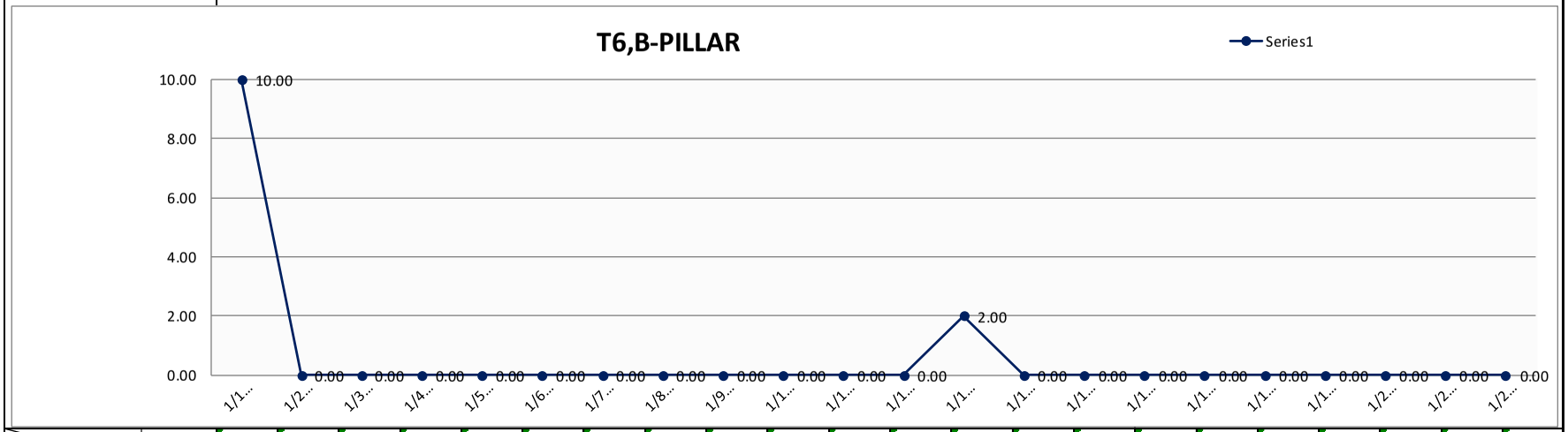
ค่ามาตรฐาน(Spec) Max 0 mm.

ค่าความเป็นคราบสูงสุดที่วัดได้ mm

Suction Condition

Upper 2.00 m/s

Lower 8.50 m/s



วันที่ตรวจสอบ	1 Oct 15	2 Oct 15	5 Oct 15	6 Oct 15	7 Oct 15	8 Oct 15	9 Oct 15	12 Oct 15	13 Oct 15	14 Oct 15	15 Oct 15	16 Oct 15	19 Oct 15	20 Oct 15	21 Oct 15	22 Oct 15	26 Oct 15	27 Oct 15	28 Oct 15	29 Oct 15	30 Oct 15	31 Oct 15
ชิ้นที่1	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ชิ้นที่2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ชิ้นที่3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ชิ้นที่4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ชิ้นที่5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าความเป็นคราบสูงสุดที่วัดได้	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ภาพที่ 4-9 ใบตรวจสอบความเป็นคราบเขม่าดำเดือนตุลาคม 2558

ใบตรวจสอบค่าความเป็นคราบเขม่าควัน (SMOKE CONTROL CHECK SHEET)

ชื่อชิ้นงาน(Part Name) B-Pillar

รุ่น(Model) T6

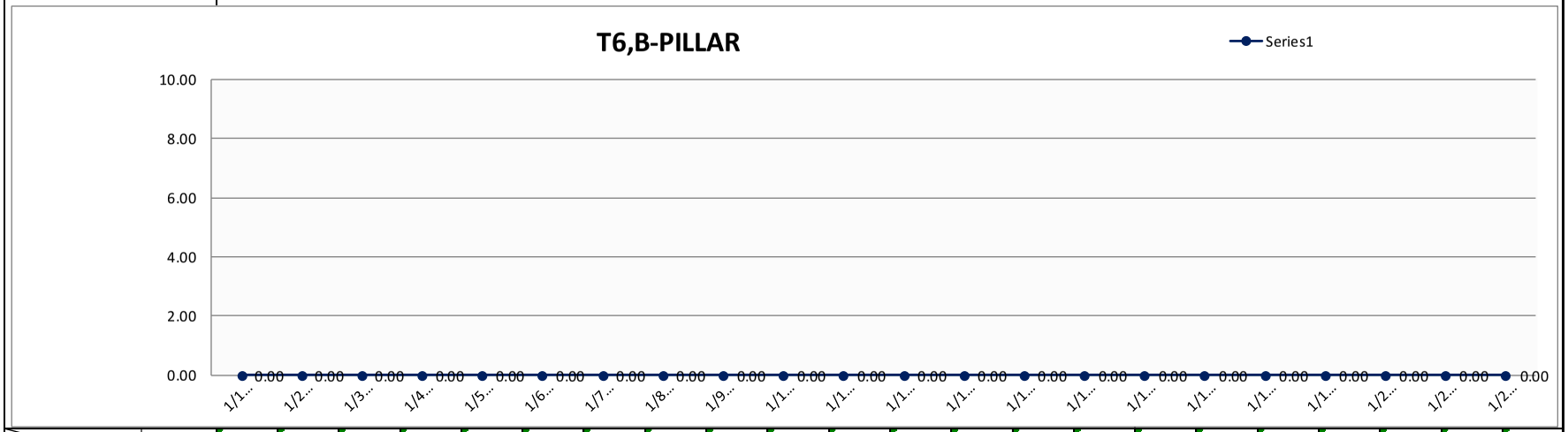
ค่ามาตรฐาน(Spec) Max 0 mm.

ค่าความเป็นคราบสูงสุดที่วัดได้ mm

Suction Condition

Upper 2.00 m/s

Lower 8.50 m/s



วันที่ตรวจสอบ	2 Nov 15	3 Nov 15	4 Nov 15	5 Nov 15	6 Nov 15	9 Nov 15	10 Nov 15	11 Nov 15	12 Nov 15	13 Nov 15	16 Nov 15	17 Nov 15	18 Nov 15	19 Nov 15	20 Nov 15	23 Nov 15	24 Nov 15	25 Nov 15	26 Nov 15	27 Nov 15	28 Nov 15	30 Nov 15
ชิ้นที่1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ชิ้นที่2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ชิ้นที่3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ชิ้นที่4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ชิ้นที่5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าความเป็นคราบสูงสุดที่วัดได้	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ภาพที่ 4-10 ใบตรวจสอบความเป็นคราบเขม่าดำเดือนพฤศจิกายน 2558

ใบตรวจสอบค่าความเป็นคราบเขม่าควัน (SMOKE CONTROL CHECK SHEET)

ชื่อชิ้นงาน(Part Name) B-Pillar

รุ่น(Model) T6

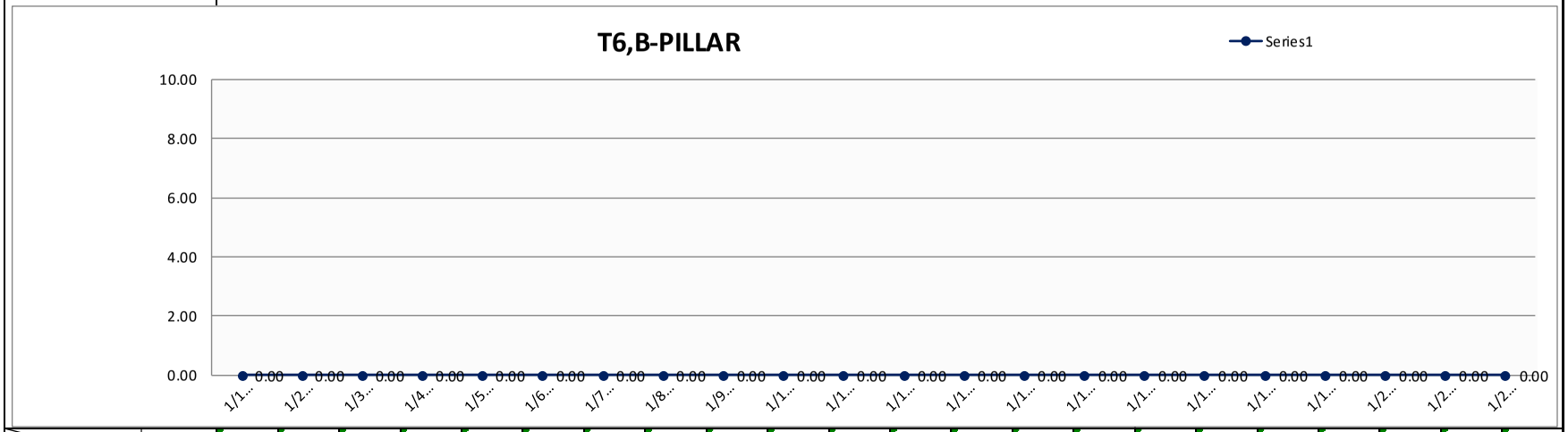
ค่ามาตรฐาน(Spec) Max 0 mm.

ค่าความเป็นคราบสูงสุดที่วัดได้ mm

Suction Condition

Upper 2.00 m/s

Lower 8.50 m/s



วันที่ตรวจสอบ	1 Dec 15	2 Dec 15	3 Dec 15	4 Dec 15	7 Dec 15	8 Dec 15	9 Dec 15	10 Dec 15	11 Dec 15	14 Dec 15	15 Dec 15	16 Dec 15	17 Dec 15	18 Dec 15	21 Dec 15	22 Dec 15	23 Dec 15	24 Dec 15	25 Dec 15	26 Dec 15	28 Dec 15	29 Dec 15
ชิ้นที่1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ชิ้นที่2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ชิ้นที่3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ชิ้นที่4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ชิ้นที่5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าความเป็นคราบสูงสุดที่วัดได้	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ภาพที่ 4-11 ใบตรวจสอบความเป็นคราบเขม่าดำเดือนธันวาคม 2558

สรุปผลการดำเนินงานในส่วนของขั้นตอนการควบคุม

จากการใช้ Work instruction ดังแสดงในภาพที่ 4-8 ในการควบคุมการผลิตนั้น พบว่าไม่เกิดปัญหาคราบเขม่าดำที่ชิ้นงานแล้ว ซึ่งสามารถติดตามผลได้จากใบตรวจสอบความเป็นคราบเขม่าดำทั้ง 3 เดือน ดังแสดงในภาพที่ 4-9, 4-10 และ 4-11 แสดงให้เห็นว่าไม่พบปัญหาคราบเขม่าดำในกระบวนการผลิตแล้ว

ดังนั้นกระบวนการหลังการปรับปรุงปัญหาคราบเขม่าดำสามารถควบคุมให้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนดไว้ได้ ทางทีมงานจึงใช้ Work instruction ในการควบคุมกระบวนการผลิต และใช้ใบตรวจสอบความเป็นคราบเขม่าดำในการตรวจติดตามความผิดปกติของกระบวนการที่อาจเกิดขึ้นในระยะยาวได้ต่อไป

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต คือ ปัญหาคราบเขม่าดำของประตูรถยนต์ โดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกม่า (DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve and Control) มาเป็นแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุงปัญหา ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (Define phase)

ในขั้นตอนนี้จะพิจารณาปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อบริษัท พบว่ามีการร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องปัญหาคราบเขม่าดำของชิ้นงานเสาประตูรถยนต์จำนวน 5 ครั้ง จากการส่งทั้งหมด 11 ครั้ง (9,900 ชิ้น) ภายในเดือนพฤษภาคม 2558 ซึ่งส่งผลทำให้สูญเสียต้นทุนคุณภาพที่บกพร่องสูงถึง 17,336 บาทต่อครั้ง หรือเท่ากับ 86,680 บาทต่อเดือน ดังนั้นจึงทำการศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาคราบเขม่าดำ โดยการใช้เครื่องมือ SIPOC Diagram เพื่อดูผังการไหลของข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ พบว่า ปัญหาคราบเขม่าดำน่าจะเกิดจากกระบวนการเชื่อมเหล็ก

2. ขั้นตอนการวัด (Measure phase)

ใช้การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบ Attribute โดยใช้โปรแกรมมินิแท็บเพื่อดูสมรรถนะระบบการวัดภายในบริษัท พบว่าระบบการวัดภายในบริษัทนี้อยู่ในเกณฑ์ที่เชื่อถือได้ เนื่องจากระบบการวัดมีความเที่ยงตรงเท่ากับ 82.5% ซึ่งเกณฑ์ของบริษัทกำหนดให้สมรรถนะของระบบการวัดต้องไม่ต่ำกว่า 75% จากนั้นทำการประเมินความสามารถของกระบวนการปัจจุบันโดยใช้ P-chart ปัญหาคราบเขม่าดำของชิ้นงานเสาประตูรถยนต์ และใช้โปรแกรม Statgraphics plus ในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าความสามารถของกระบวนการปัจจุบันมีเปอร์เซ็นต์ของเสียเท่ากับ 3.27% และสัดส่วนของเสียอยู่ในค่าควบคุมของ P-chart กล่าวคือ สภาวะการผลิตในปัจจุบันอยู่ในมาตรฐานการผลิต

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis phase)

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ เริ่มต้นจากการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดโดยใช้ผังความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล (Cause and Effect diagram) จากนั้นก็ทำการจัดลำดับความสัมพันธ์ของสาเหตุแต่ละสาเหตุให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการวิเคราะห์ ต่อมานำสาเหตุที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) สุดท้ายนำค่า

RPN ที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโต เพื่อหาสาเหตุเบื้องต้นที่เป็นไปได้สำหรับปัญหาที่ทำการศึกษา พบว่าจากที่ได้กล่าวมาทั้งหมด ทีมงานได้สาเหตุหลัก 2 สาเหตุจากทั้งหมด 20 สาเหตุจากการระดมสมอง และการวิเคราะห์ด้วย FMEA คือ ระดับแรงลมดูดควันด้านบนไม่เหมาะสม และระดับแรงลมดูดควันด้านล่างไม่เหมาะสม

4. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase)

ใช้เครื่องมือการออกแบบการทดลองแบบครั้งละปัจจัย (One factor at a time design) เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของระดับแรงลมดูดควันด้านบน และระดับแรงลมดูดควันด้านล่าง โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 หาค่าระดับแรงลมดูดควันด้านบน โดยกำหนดระดับแรงลมดูดควันด้านล่างคงที่ 7.50 m/s และปรับเปลี่ยนระดับแรงลมดูดควันด้านบน พบว่าที่ระดับแรงดูดควันด้านบน 2.00 m/s มีจำนวนของเสียเกิดขึ้นในการผลิตน้อยที่สุด คือ 5 ชิ้น จากการทดลองผลิต 300 ชิ้น และไม่มีผลกระทบต่อเลนส์กล้องของหัวเชื่อม ขั้นตอนที่ 2 หาค่าระดับแรงลมดูดควันด้านล่าง โดยกำหนดระดับแรงลมดูดควันด้านบนคงที่ 2.00 m/s และปรับเปลี่ยนระดับแรงลมดูดควันด้านล่าง พบว่าที่ระดับแรงลมดูดควันด้านล่าง 8.50 m/s ไม่มีของเสียเกิดขึ้นในการผลิตจากการทดลองผลิต 300 ชิ้น และไม่มีผลกระทบต่อเลนส์กล้องของหัวเชื่อม ซึ่งสามารถสรุปผลการปรับปรุงของทั้ง 2 สาเหตุ เสร็จสิ้นเมื่อเดือนตุลาคม 2558 พบว่าหลังทำการปรับปรุง (ตุลาคม 2558-ธันวาคม 2558) สามารถลดปัญหาคราบเขม่าดำได้ โดยดูได้จากการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) ที่มีค่า RPN ของทั้ง 2 สาเหตุลดลง กล่าวคือ ระดับแรงลมดูดควันด้านบนและด้านล่างมีค่า RPN เท่ากับ 4 จาก 576 ดังตารางที่ 5-1 และไม่พบข้อร้องเรียนจากลูกค้า อีกทั้งมีค่าเปอร์เซ็นต์ของเสียลดลงจาก 3.27% เหลือ 0.67%

ตารางที่ 5-1 ผลการเปรียบเทียบค่า RPN ของก่อนและหลังการปรับปรุง

สาเหตุของคราบเขม่าดำ	ก่อนปรับปรุง				หลังปรับปรุง			
	S	O	D	RPN	S	O	D	RPN
ระดับแรงดูดควันด้านบน	9	8	8	576	2	2	1	4
ระดับแรงดูดควันด้านล่าง	9	8	8	576	2	2	1	4

5. ขั้นตอนการควบคุม (Control phase)

ทีมงานได้ใช้ Work instruction (WI) ในการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อรักษาสภาพหลังการปรับปรุง พบว่าไม่เกิดปัญหาคราบเขม่าดำที่ชิ้นงานแล้ว ซึ่งสามารถดูได้จากการใช้ Check sheet ในการเฝ้าติดตามการเกิดปัญหาเพื่อเก็บข้อมูลปัญหาคราบเขม่าดำเป็นเวลา 3 เดือน นับจากวันที่แก้ไขปัญหาแล้วเสร็จ คือ ตุลาคม 2558-ธันวาคม 2558 พบว่าไม่มีปัญหาคราบเขม่าดำเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแล้ว และจะใช้วิธีนี้ตรวจติดตามความผิดปกติของกระบวนการที่อาจเกิดขึ้นในระยะยาวได้ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ทางบริษัทที่ทำการวิจัยควรปรับปรุงประสิทธิภาพการวัด แม้ว่าเกณฑ์ของบริษัทกำหนดให้สมรรถนะของระบบการวัดต้องไม่ต่ำกว่า 75% ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ 82.5% แต่พนักงานมีการตัดสินใจในการวัดชิ้นงานเสียเป็นชิ้นงานดี 33.3% กล่าวได้ว่า พนักงานยังมองของเสียไม่ออกหรือไม่เข้าใจในลักษณะของของเสีย ดังนั้นทางบริษัทควรฝึกอบรมให้กับพนักงานใหม่ และทบทวนความรู้กับพนักงานเก่าอย่างสม่ำเสมอ

2. ทางบริษัทที่ทำการวิจัยควรจัดอบรมเรื่องแนวคิดซิกซ์ ซิกม่า ให้กับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดความเข้าใจ และมีความริเริ่มปรับปรุงปัญหาต่าง ๆ เนื่องจากพนักงานส่วนใหญ่ไม่มีความเข้าใจถึงเรื่องการแก้ปัญหาโดยอาศัยแนวคิดซิกซ์ ซิกม่า

3. ทางบริษัทที่ทำการวิจัยควรให้ข้อมูลข่าวสารด้านคุณภาพกับพนักงานทุกคนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้พนักงานเกิดความตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น และเกิดความร่วมมือในการแก้ปัญหา

บรรณานุกรม

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. (2557). *การควบคุมคุณภาพ*. กรุงเทพฯ: ท้อป.

ชีวรัตน์ กะฐินทอง. (2551). *การลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในการผลิตแกนหมุนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ โดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า*. สารนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ธเนศ สัจจวุฒิ. (2550). *การลดของเสียในกระบวนการผลิตพัดลมระบายความร้อน โดยวิธีการซิกซ์ซิกม่า*. งานนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

นฤมล อทะจา. (2546). *การลดผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตเมมเบรนสวิตซ์โดยการประยุกต์ใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า*. การค้นคว้าแบบอิสระปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปัทมา วงค์กาจ. (2554). *การลดความแปรปรวนความเค็มของกระบวนการแช่จืดในการผลิตผักกาดดองกระป๋อง โดยใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า*. การค้นคว้าแบบอิสระปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิชิต สุขเจริญพงษ์. (2544). *การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ลำปาง แสนจันทร์. (2549). *การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ*. เชียงใหม่: สถานบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. (2548). *ปฏิวัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma ฉบับ Champion และ Black Belt* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ศิริวัฒนา อินเตอร์พริ้นท์.

วิศณุ บุญจันทร์. (2548). *การปรับปรุงรอยถลอกรถกระบะในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยอาศัยแนวทางซิกซ์ ซิกม่า*. โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สมศักดิ์ แก้วพลอย. (2550). *การควบคุมคุณภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุขุมาล เหรียญทอง. (2545). *การใช้กรรมวิธีทางซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดปัญหาการไม่มีกันชนหน้าในการประกอบรถยนต์*. โครงงานวิจัยอุตสาหกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Dale H. Besterfield. (2013). *Quality improvement*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, c2013.

Harry M.J. (1987). *The Nature of Six Sigma.* Arizona: Government Electronics Group, Motorola Inc.

Juran & Gryna. (1993). *Quality Planning and Analysis* (6th ed.). New York: McGraw-Hill.

Montgomery, D.C. (2001). *Introduction to Statistial Quality Control* (5th ed.). New York: John Willey & Sons.