การประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่าง กรณีศึกษาโรงงานผลิตสกูรน๊อต

มารุต เจือทอง

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีไทย - ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2553

APPLICATIONS OF TECHNICAL TOOLS IN ISO/TS16949:2009 FOR THIRD TIER AUTOMOTIVE MANUFACTURERS A CASE STUDY OF A SCREW AND NUTS MAMUFACTURE

Maroot Juarthong

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program in Industrial Management
Graduate School
Thai-Nichi Institute of Technology
Academic Year 2010

หัวข้อสารนิพนธ์	การประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่าง กรณีศึกษา โรงงานผลิตสกูรน็อต
โดย	มารุต เจือทอง
สาขาวิชา	การจัดการอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์	ดร. ณรงค์พนธ์ บุญทรงไพศาล

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์
(ดร. ณรงค์พนธ์ บุญทรงไพศาล)

..... ประธานคณะกรรมการหลักสูตร
(ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

มารุต เจือทอง : การประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949 : 2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่าง กรณีศึกษา โรงงานผลิตสกูรน๊อต อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ณรงค์พนธ์ บุญทรงไพศาล, 56 หน้า

งานศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่าง และเพื่อศึกษาหาแนวทางในการลดความผันแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายใต้กระบวนการผลิต แนวคิดและหลักการของเครื่องมือนี้ คือ การควบคุมความผันแปรต่าง ๆ ที่เกิดเกิดขึ้นตั้งแต่การตรวจรับวัตถุดิบ การจัดเก็บวัตถุดิบ การผลิต การจัดเก็บสินค้าสำเร็จรูป และการส่งมอบให้แก่ลูกค้า ซึ่งการดำเนินงานตามแนวคิดนี้ จะทำให้สามารถควบคุมคุณภาพที่ต้องการได้ และตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้ามากที่สุด

จากการศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐานISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่าง พบว่า ความผันแปรที่เกิดขึ้นภายใต้กระบวนการผลิตได้แก่ ความผันแปรที่เกิดจากพนักงานฝ่ายผลิตที่ทำการตรวจรับวัตถุดิบ ความผันแปรที่เกิดจากพนักงานฝ่ายตรวจสอบคุณภาพที่ทำการตรวจผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการผลิต ความผันแปรที่เกิดจากเครื่องมือวัดที่ใช้ตรวจวัดผลิตภัณฑ์ทั้งกระบวนการและความผันแปรที่เกิดจากเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ผลที่ได้ คือ ค่า RPN สูงสุดเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนแม่พิมพ์รีดเกลียว ของกระบวนการผลิตชิ้นงาน (SCREW JMP M5) มีค่าลดลง จาก 120 เหลือ 50 อีกทั้งส่งผลให้ค่าสมรรถนะกระบวนการผลิต Cp เพิ่มขึ้นจาก 0.95 เป็น 1.22 และ Cpk เพิ่มขึ้นจาก 0.83 เป็น 1.14 และเปอร์เซ็นต์ GR&R ของระบบการวัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ มีค่าอยู่ที่ 3.85%

ซึ่งจากผลการศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่าง ได้แก่ FMEA SPC และ MSA สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตชิ้นงาน SCREW JMP M5 เพิ่มขึ้นจาก 75% เป็น 93%

บัณฑิตวิทยาลัย ลายมือชื่อนักศึกษา .....
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2553

MAROOT JUARTHONG : APPLICATIONS OF TECHNICAL TOOLS IN ISO/TS16949:2009 FOR THIRD TIER MANUFACTURERS : A CASE STUDY OF A SCREW AND NUTS MAMUFACTURE. ADVISOR : DR. NARONGPON BOONSONGPAISAN, 56 PP.

This research aims to study the application of technical tools as standard ISO/TS16949:2009 for the third tier automotive industry and to determine methods to reduce variations in the process.Concepts and principles of this tool is to control the variations that have occurred from the inspection of raw materials, storage of raw materials, production, storage of finished goods and delivery to customers.This technical tools will be able to control the quality and will be able to the customers requirements. The study on applications of technical tools as standard ISO/TS16949:2009 for the third tier automotive industry found that the variations in the process are caused by personal factors during inspection of raw materials, product quality inspection during the manufacturing process, measurement instrumentation and variations of the machines in the production process.

The analysis presented in this paper show that the result of the maximum RPN occurred to the spiral molded parts (part name SCREW JMP M5) which decreased from 120 to 50, the process capacity Cp increased from 0.95 to 1.22, Cpk increased from 0.83 to 1.14, percentage of GR&R of the measurement system are in the acceptable threshold with a value of 3.85%.

The results shown that the technical tools with in of standard ISO/TS16949: 2009, FMEA SPC and MSA, increasing the performance of the production process from 75% to 93%.

Graduate School Student's Signature……

Field of Study Industrial Management Advisor's Signature……

Academic Year 2010

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเรื่องนี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและขวัญกำลังใจจากคนรอบข้างเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งจากครอบครัว ครูอาจารย์และเจ้าของธุรกิจที่เป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ตัวอย่างที่ข้าพเจ้านำมาศึกษา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ข้าพเจ้าสามารถทำสารนิพนธ์ฉบับนี้

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับดร.ณรงค์พนธ์ บุญทรงไพศาล อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือ ตรวจทานแก้ไขเนื้อหาเป็นอย่างดี และให้คำแนะนำที่ก่อให้เกิดความคิดใหม่ ๆ แก่ข้าพเจ้าเพื่อนำไปปรับปรุงการศึกษาครั้งนี้ ให้ได้ดียิ่งขึ้น

หากรายงานการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้มีข้อบกพร่องประการใด ผู้ศึกษาขอน้อมรับและกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ และผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสารนิพนธ์ฉบับนี้ จะเกิดคุณค่าแก่การพัฒนาภาคอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่างของประเทศต่อไป

มารุต เจือทอง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
ขอบเขตการศึกษา 2
ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
แผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน 3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
นิยามศัพท์ 4

2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
แนวคิดและหลักการพื้นฐาน 5
การปรับปรุงกระบวนการ 5
ความหมายของการปรับปรุง 5
ความหมายของกระบวนการ 5
เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ 6
การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ หรือ
(Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) 6
แนวความคิดของ FMEA 6
ขั้นตอนการดำเนินการจัดทำ FMEA สำหรับกระบวนการ 7
ประโยชน์การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ 15
การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ Statistical Process Control: SPC 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

2 แผนภูมิควบคุม (Control Chart) 17
ชนิดของแผนภูมิควบคุม 17
ส่วนประกอบของแผนภูมิควบคุม 18
วิธีการสร้างแผนภูมิควบคุม 19
การวิเคราะห์ลักษณะของจุดในแผนภูมิควบคุม 19
ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย 22
การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement Systems Analysis: MSA) 22
การวิเคราะห์คุณสมบัติด้าน Gage Repeatability and Reproducibility หรือ GR&R 23
เกณฑ์การยอมรับค่า % GR&R 23
เกณฑ์การพิจารณาค่า รีพีททะบิลิตี้ (%EV) และ รีโปรดิวซิบิลิตี้ (%AV) 24
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ FMEA 27
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ SPC 28
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ MSA 29

3 วิธีการดำเนินการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่าง 31
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 31
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 31
การเก็บรวบรวมข้อมูล 31
ขั้นตอนในการศึกษา 32
ขั้นตอนการดำเนินผลิตสกรูประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 17 ขั้นตอน 35
สภาพปัญหาของโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่างตัวอย่าง 35
ศึกษาการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความล้มเหลวของกระบวนการผลิตชิ้นงาน (FMEA) 36
การศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติหรือ SPC 39
คำนวณค่าสมรรถนะกระบวนการ ($Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$) 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

3 คำนวณค่าสมรรถนะกระบวนการ (Cp = $\frac{USL - LSL}{6\sigma}$) 41
คำนวณค่าอัตราส่วนสมรรถนะกระบวนการ (Cpk ค่าต่ำสุดระหว่าง $\frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$) 41
ศึกษาการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยวิธี GR&R 41

4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 44
สรุปผลการศึกษา 44
คำนวณค่าสมรรถนะกระบวนการ Cp และค่าอัตราส่วนสมรรถนะกระบวนการ Cpk 48
สรุปผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต 49
ข้อเสนอแนะ 50

บรรณานุกรม 52

ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์ 56

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน	3
2	ตัวอย่าง FMEA	9
3	เกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (Severity: S)	11
4	เกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการตรวจจับของระบบควบคุมกระบวนการ (Detection: D) A – ระบบป้องกันความผิดพลาด B – ใช้เครื่องมือตรวจสอบ C – ตรวจสอบโดยผู้ปฏิบัติงาน	13
5	เกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของสาเหตุ (Occurrence: O)	15
6	ตัวอย่างการวิเคราะห์ FMEA	16
7	ตัวอย่างการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยวิธี GR&R	25
8	การประมวลผลระบบการวัด GR&R ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel	26
9	สรุปผลทบทวนโดยฝ่ายบริหารประจำปี 2553	35
10	การประยุกต์ใช้ FMEA ในกระบวนการผลิต	37
11	ข้อแนะนำการแก้แนวโน้มผลกระทบกระบวนการผลิต	38
12	ข้อมูลการวัดชิ้นงาน SCREW-JMP- M5	39
13	ผลการศึกษาการวัดด้วยวิธี GR&R	43
14	การวิเคราะห์ FMEA หลังดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิต	45
15	ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยวิธี GR&R	46
16	การเก็บข้อมูลเพื่อจัดทำแผนภูมิควบคุมหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต	47
17	สรุปประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตชิ้นงาน (SCREW JMP M5)	49
18	สรุปสมรรถนะของกระบวนการผลิตชิ้นงาน (SCREW JMP M5)	49
19	สรุปค่า RPN ของกระบวนการผลิตชิ้นงาน (SCREW JMP M5)	50
20	สรุปค่า % GR&R ของการวัดชิ้นงาน (SCREW JMP M5)	50

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	จุดพิกัดบนแผนภูมิควบคุมที่ตกอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมบนและล่างตามลำดับ	20
2	จุดพิกัด 2 จุดติดกันและอยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุมบนและล่างตามลำดับ	20
3	จุดพิกัดอย่างน้อย 7 จุดปรากฏติดต่อกันอยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุมบนและล่าง	21
4	จุดพิกัดมีแนวโน้มไปทางด้านใดด้านหนึ่งของแผนภูมิ	21
5	ผลิตภัณฑ์ Screw Stainless	32
6	ผลิตภัณฑ์ Machine Screw	32
7	พื้นที่ภายในกระบวนการผลิต	33
8	พื้นที่จัดเก็บวัตถุดิบ บรรจุ และจัดเก็บผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป	33
9	เครื่องจักรที่กำลังผลิตชิ้นงาน SCREW JMP M5	34
10	เครื่องจักรที่กำลังผลิตชิ้นงาน SCREW JMP M5	34
11	แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย $\bar{x}$-Chart (ก่อนการปรับปรุง)	40
12	เครื่องมือวัดและชิ้นงานตัวอย่าง	42
13	ผู้ปฏิบัติงานดำเนินการศึกษาระบบการวัด MSA	42
14	แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย $\bar{x}$-Chart (หลังการปรับปรุง)	48

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมยานยนต์มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจไทยเป็นอย่างมาก โดยสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ภาคอุตสาหกรรมไทยได้สูงถึง 210 พันล้านบาทต่อปี ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 12 ของภาคอุตสาหกรรมรวม และมีสัดส่วนร้อยละ 9.3 ของมูลค่าส่งออกรวมจากข้อมูลล่าสุดในช่วง 5 เดือนแรกของปี 2553 พบว่าทิศทางอุตสาหกรรมยานยนต์กลับมาเติบโตได้ดีทั้งยอดผลิต ยอดขาย และยอดส่งออก ปัจจัยสำคัญที่คาดว่าจะส่งผลดีต่อแนวโน้มตลาดยานยนต์ในปี 2553 ได้แก่ 1) เศรษฐกิจของตลาดส่งออกรถยนต์ปีนี้ที่มีทิศทางสดใส 2) รถยนต์นั่งขนาดเล็กจะได้รับปัจจัยหนุนต่อการเติบโตจากภาวะราคาน้ำมันในตลาดโลกที่ผันผวนและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และ 3)ข้อตกลงเขตการค้าเสรีอาเซียน (AFTA) และกรอบข้อตกลงเศรษฐกิจไทย-ญี่ปุ่น (JTEPA) จะส่งผลดีต่ออนาคตอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยทำให้คาดว่าแนวโน้มอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ของไทยจะยังคงขยายตัวดีอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะรถยนต์นั่งขนาดเล็ก (สถาบันยานยนต์แห่งประเทศไทย. 2553)

จากการขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ซึ่งส่งผลกระทบทำให้เกิดการแข่งขันอย่างสูงในกลุ่มของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ทั้งหลายพยายามที่จะสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันเพื่อรักษาและเพิ่มส่วนแบ่งตลาด ทำให้ผู้ผลิตได้มีการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพความสามารถในการแข่งขัน ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มผลผลิตและการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยการนำเทคโนโลยีการผลิตใหม่ ๆ มาประยุกต์ใช้ หรือจะเป็นการใช้เครื่องมือต่างๆ เพื่อลดความสูญเสียและความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า ได้มีการนำมาตรฐาน ISO/TS 16949:2009 มาประยุกต์ใช้ ควบคู่กับข้อกำหนดของลูกค้าต่าง ๆ เพื่อให้สามารถแข่งขันในกลุ่มอุตสาหกรรมผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ได้

ด้วยเหตุนี้ผู้ศึกษาได้เกิดแนวความคิดที่ต้องการศึกษาในการนำเอาเครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์มาเป็นเครื่องมือในการประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เน้นการป้องการข้อบกพร่องต่าง ๆ ลดความผันแปร ลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้ากลุ่มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ได้มากที่สุด

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน TS16949:2009
2. เพื่อศึกษาและหาแนวทางในการลดความผันแปรที่เกิดขึ้นภายใต้กระบวนการผลิต

ขอบเขตการศึกษา

1. ขอบเขตด้านปัจจัยเนื้อหา ศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 สำหรับโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่างตัวอย่าง

2. ขอบเขตด้านพื้นที่และผู้ให้ข้อมูล ศึกษาภายใต้กระบวนการผลิตเฉพาะส่วนที่เป็นสายการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต้นแบบที่สนใจ และทำการศึกษาร่วมกับบุคลากรจากฝ่ายบริหาร 2 คน บุคลากรจากฝ่ายผลิต 2 คน บุคลากรจากฝ่ายควบคุมคุณภาพ 2 คน รวม 6 คน

3. ขอบเขตด้านระยะเวลา ศึกษาโดยใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนมกราคม 2554 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 8 เดือน

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาเนื้อหาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์

2. กำหนดวิธีการทดลองเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์

3. ดำเนินการศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์สำหรับกระบวนการผลิตชิ้นงานตัวอย่าง

4. วิเคราะห์ผลการทดลองจากการนำเครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์มาประยุกต์ใช้

5. สรุปผลการทดลองพร้อมข้อเสนอแนะภายหลังจากที่ประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์สำหรับโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่างตัวอย่าง

แผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน

ตารางที่ 1 แผนงานและระยะเวลาดำเนินงาน

ขั้นตอน / ระยะเวลา		เดือน มิ.ย. 2553 – เดือน ม.ค. 2554							
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1.	การศึกษาเนื้อหาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือทางเทคนิค								
2.	กำหนดวิธีการทดลองเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิค								
3.	เก็บรวบรวมข้อมูลจากการดำเนินการประยุกต์ใช้เครื่องมือ ในกระบวนการผลิต								
4.	วิเคราะห์ผลการทดลองจากการนำเครื่องมือทางเทคนิคมาประยุกต์ใช้								
5.	สรุปผลการวิจัยและจัดทำรายงาน								

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบผลที่ได้รับจากการประยุกต์เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่าง

2. เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการส่งเสริมและเผยแพร่และสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องในการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ แก่สถานประกอบการที่ดำเนินการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่างอื่นๆ ที่มีความสนใจ

นิยามศัพท์

1. **มาตรฐาน ISO/TS16949: 2009** หมายถึง ระบบมาตรฐานนานาชาติที่เป็นข้อกำหนดเฉพาะในธุรกิจอุตสาหกรรมยานยนต์

2. **เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์** หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการสำหรับมาตรฐานสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ อันได้แก่ SPC MAS FMEA

3. **SPC (Statistic Process Control)** หมายถึง การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ

4. **อัตราส่วนสมรรถภาพขบวนการ (Process Potential Index) Cp** หมายถึง ความสามารถของกระบวนการผลิตโดยพิจารณาเฉพาะขนาดของความผันแปรโดยเปรียบเทียบความผันแปรของกระบวนการผลิต กับช่วงกว้างของสเป็ค (ค่าเผื่อของสเป็คที่อนุญาต)

5. **อัตราส่วนสมรรถภาพขบวนการ (Process Performance) Cpk** หมายถึง ความสามารถของกระบวนการผลิตที่จะสามารถผลิตสินค้าได้ตรงตามข้อกำหนดหรือไม่โดยพิจารณาทั้งขนาดของความผันแปรและค่าเฉลี่ยของกระบวนการ โดยเปรียบเทียบกับช่วงกว้างของสเป็ค

6. **MSA (Measurement System Analysis)** หมายถึง การวิเคราะห์ระบบการวัด

7. **FMEA (Failure Mode Effect Analysis)** หมายถึง การวิเคราะห์ความล้มเหลวของกระบวนการ

8. **การวัด** หมายถึง การกำหนดค่าตัวเลขให้แก่วัตถุเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เป็นจริงของวัตถุดังกล่าวด้วยคุณสมบัติเฉพาะที่กำหนด

9. **ค่ามาสเตอร์** เป็นค่าที่กำหนดค่ามาตรฐาน (ค่าอ้างอิง) ให้กับชิ้นงานที่สามารถสอบกลับไปยัง Internation Standard

10. **GAUGE R&R** หมายถึง เป็นคำย่อของ Gauge Repeatability และ Reproducibility

11. **Gauge Repeatability** หมายถึง ความสามารถของระบบการวัด เมื่อทำการวัดคุณลักษณะหนึ่งหลายๆ ครั้งด้วยอุปกรณ์ตัวเดิมโดยผู้วัดคนเดิม ซึ่งก็คือ การวัดความผันแปรของเครื่องมือวัด

12. **Gauge Reproducibility** หมายถึง ความผันแปรของค่าเฉลี่ยจากการวัด เมื่อทำการวัดคุณลักษณะหนึ่งด้วยอุปกรณ์ตัวเดิมโดยผู้วัดที่ต่างกันซึ่งก็คือ การวัดความผันแปรของผู้ทำการวัด

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและหลักการพื้นฐาน

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 และเพื่อศึกษาหาแนวทางในการลดความผันแปรที่เกิดขึ้นภายใต้กระบวนการผลิต ตามแนวคิดของเครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อที่จะสามารถเข้าแข่งขันและรองรับการขยายตลาดของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ในอนาคตที่กำลังมีแนวโน้มเติบโต ผู้ศึกษาได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

การปรับปรุงกระบวนการ

แนวคิดเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการ ได้มีนักวิชาการได้เสนอแนวคิดไว้หลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าความหมาย และรวบรวมมาได้ดังนี้

ความหมายของการปรับปรุง

คลาร์ก (Clark T. J. 1999 : 14) ให้ความหมายของคำว่าการปรับปรุง หมายถึง การนำไปสู่การเปลี่ยนแปลง สามารถแบ่งออกได้ทั้งการเปลี่ยนแปลงและแบบวิวัฒนาการ และแบบปฏิวัติ ซึ่งการปรับปรุงแบบวิวัฒนาการจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไปตลอดเวลา ส่วนการปรับปรุงแบบปฏิวัติการนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใดในครั้งเดียว ซึ่งเกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์ใหม่ (Reinventing) การปรับรื้อระบบ (Re-engineering) และการออกแบบใหม่ (Re-designing)

ช่วงโชติ พันธุเวช (2547 : 668) ให้ความหมายของคำว่าการปรับปรุง หมายถึง การดำเนินการต่างๆ ที่มีผลงานซึ่งมีผลมาจากการตรวจสอบคุณภาพและพบจุดอ่อนหรือข้อบกพร่องของการดำเนินงานและนำมาปรับปรุง เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในกิจกรรมและกระบวนการทั่วทั้งองค์กร และสร้างผลประโยชน์ให้แก่ลูกค้าและองค์กร

ความหมายของกระบวนการ

คลาร์ก (Clark T. J. 1999 : 14) กล่าวว่า กระบวนการ คือ ลำดับขั้นของการปฏิบัติที่คนเลือกกระทำเพื่อให้ประสบผลสำเร็จ นอกจากนี้ยังรวมถึงเส้นทาง พฤติกรรม กิจกรรม วิธีการ วิธีปฏิบัติ และกระทำสิ่งต่าง ๆ ให้แล้วเสร็จ

วีรพจน์ ลือประสิทธิ์สกุล (2544 : 262) กระบวนการ คือ ความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงอันมีรูปแบบที่แน่นอนรูปแบบหนึ่ง ระหว่างกิจกรรมการทำงานหลายๆ กิจกรรมที่มีจุดมุ่งหมายร่วมกัน ซึ่งได้รับการออกแบบเอาไว้ล่วงหน้า เพื่อแปรเปลี่ยนวัตถุดิบหรือบริการที่จัดหามาให้เป็นผลผลิตหรือบริการที่มีมูลค่าสูงขึ้น

วิฑูรย์ สิมะโชคดี (2542 : 134) กระบวนการ คือ กลุ่มของกิจกรรมต่างๆ ซึ่งกระทำตามลำดับอย่างเกี่ยวเนื่องกันเมื่อเปลี่ยนปัจจัยเข้า ได้แก่ วิธีการ วัสดุ อุปกรณ์ คน และสภาพแวดล้อมให้เป็นผลผลิต ได้แก่ บริการ ผลิตภัณฑ์ สารสนเทศ โดยการสร้างมูลค่าเพิ่มในแต่และกิจกรรมหรือแต่ละขั้นตอน โดยกระบวนการที่ได้รับการบริหารจัดการอย่างมีคุณภาพ จะส่งผลให้เกิดงานที่มีคุณภาพ

เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ

เครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่าง ประกอบด้วยเครื่องมือหลัก อันได้แก่ Failure Modes and Effects Analysis หรือ FMEA Statistical Process Control หรือ SPC และ Measurement System Analysis หรือ MSA ที่สามารถช่วยในการลดความผันแปรภายใต้กระบวนการผลิตและปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิต ปัจจุบันเครื่องมือเหล่านี้ได้มีการปรับปรุงเนื้อหาเพื่อให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ หรือ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)

การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ หรือ FMEA นั้นเป็นวิธีการในการกำหนดแนวโน้มที่จะเกิดสภาพความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ เป็นการประเมินความเสี่ยงร่วมกับความล้มเหลวแบบต่าง ๆ ลำดับความสำคัญของสภาพการล้มเหลวขึ้นอยู่กับความเร่งด่วนหรือสภาพของความล้มเหลวนั้น และในการป้องกันก็เช่นกันจะดำเนินการก่อนหลังตามความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น

แนวความคิดของ FMEA

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2547ค : 28-33) กล่าวถึง การดำเนินการ FMEA สำหรับกระบวนการให้บรรลุประสิทธิผลมีการดำเนินการตามแนวความคิดพื้นฐาน 3 ประการ คือ

1. คณะทำงาน ในข้อกำหนดที่ 7.3.1.1 ของ ISO/TS16949:2009 กล่าวถึงหลักการตั้งสมาชิกผสมจากหลายหน่วยงาน (Multidisciplinary Approach) คือ องค์กรต้องใช้สมาชิกผสมผสานจากหลายหน่วยงานในการจัดเตรียมการดำเนินการสร้างผลิตภัณฑ์รวมถึงการพัฒนาการตัดสินสุดท้าย และการเฝ้าติดตามคุณลักษณะพิเศษ

ดังนั้นหลักการสมาชิกผสมผสานจากหลายหน่วยงานมักรวม แผนกออกแบบ แผนกโรงงาน แผนกวิศวกรรม แผนกคุณภาพ แผนกผลิต และบุคลากรอื่น ๆ ตามความเหมาะสม ซึ่งการทำงานอยู่ในรูปแบบของการได้ประโยชน์ร่วมกัน คือ ความพยายามให้สมาชิกของทีมเรียนรู้เทคนิคและเทคโนโลยีเฉพาะด้านจากสมาชิกคนอื่น ๆ

2. การดำเนินการผ่านการวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการ

การวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการเริ่มจากการกำหนดกระบวนการที่ต้องการศึกษาแล้วทำการชี้บ่งหน้าที่ (Function) ของกระบวนการ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ว่ากระบวนการใดบ้างที่ไม่ได้รับการตอบสนอง โดยผลดังกล่าว หมายถึง ข้อบกพร่อง (Failure) ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นและเรียกลักษณะข้อบกพร่องว่า Failure Mode ของกระบวนการ นอกจากนี้ทำการพิจารณาถึงแนวความคิดในการทำงานของกระบวนการเพื่อกำหนดสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องรวมถึงการชี้บ่งถึงลูกค้าของกระบวนการ โดยลูกค้า หมายถึง กระบวนการท้ายน้ำ (Downstream Process) และความต้องการของลูกค้าจะทำให้ทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นแก่ลูกค้าเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นและความต้องการของลูกค้าจะทำให้ทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นแก่ลูกค้าเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

3. การดำเนินการโดยเน้นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องไม่สิ้นสุด

การปรับปรุงอย่างต่อเนื่องไม่สิ้นสุด คือ การที่เอกสารเกี่ยวกับ FMEA จะต้องได้รับการทบทวนอย่างต่อเนื่องซึ่งทำให้เอกสารอยู่ในลักษณะของเอกสารที่มีชีวิต

ขั้นตอนการดำเนินการจัดทำ FMEA สำหรับกระบวนการ

ในการสร้าง FMEA สำหรับกระบวนการเริ่มต้นจากการสร้างแผนภูมิการไหลเพื่อแสดงแนวคิดของกระบวนการ หลังจากนั้นปฏิบัติตามแบบฟอร์ม FMEA สำหรับกระบวนการโดยอ้างอิงจาก (AIAG 2001) แบบฟอร์มแสดงดังภาพประกอบ 2 โดยแบบฟอร์มมีรายละเอียดดังนี้

1. หมายเลข FMEA (FMEA Number) สำหรับระบุหมายเลขเอกสารเพื่อใช้ในการอ้างอิงและติดตาม

2. ชื่อ (Item) สำหรับระบุชื่อและหมายเลขของระบบ ระบบย่อยหรือชิ้นส่วนที่ทำการประกอบสำหรับกระบวนการที่ทำการวิเคราะห์

3. ผู้รับผิดชอบกระบวนการ (Process Responsibility) สำหรับระบุชื่อผู้ผลิต (OEM) ฝ่ายงานและกลุ่มงานทั้งนี้อาจรวมถึงชื่อของผู้ส่งมอบถ้าทราบ

4. ผู้จัดทำ (Prepare by) สำหรับระบุชื่อของผู้ที่ทำหน้าที่รับผิดชอบในการจัดเตรียม FMEA พร้อมหมายเลขโทรศัพท์และชื่อของบริษัทที่สังกัด

5. รุ่นของผลิตภัณฑ์ (Model Year(s)/Program(s)) สำหรับระบุชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ (ปี พ.ศ. หรือโปรแกรม) ที่จะใช้และ/หรือได้รับผลกระทบจากกระบวนการที่ทำการวิเคราะห์

6. วันสำคัญ (Key Date) ระบุวัน เดือน ปี ที่ควรกำหนดเสร็จ ซึ่งไม่ควรเกินไปกว่ากำหนดวันเริ่มต้นทำการผลิต

7. วัน เดือน ปี สำหรับ FMEA (FMEA Date) สำหรับระบุวัน เดือน ปี ที่เริ่มต้นจัดทำ FMEA และวัน เดือน ปี ที่ทบทวน FMEA ครั้งล่าสุด

8. คณะทำงาน (Core Team) สำหรับระบุชื่อบุคคลที่รับผิดชอบ รวมถึงฝ่ายงานที่มีอำนาจในการบ่งชี้และ/หรือดำเนินงาน

9. หน้าที่/ความต้องการของกระบวนการ (Process Function/Requirement) สำหรับระบุขั้นตอนกระบวนการ ให้ใช้คำถามง่ายๆ ว่าสิ่งนั้นคืออะไร และสิ่งนั้นใช้ทำอะไร และในกรณีที่มีหน้าที่ของกระบวนการหลายข้อ ควรมีการจัดลำดับก่อนหลัง เพราะอาจทำให้มีข้อบกพร่องแตกต่างกันได้

10. แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง (Potential Failure Mode) สำหรับระบุลักษณะข้อบกพร่อง (Failure Mode) ซึ่งในการวิเคราะห์อยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่า ชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบที่นำเข้ามาจากกระบวนการก่อนหน้ามีความถูกต้องเสมอ เพื่อพิจารณาถึงลักษณะข้อบกพร่องที่แท้จริงของกระบวนการ

11. แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง (Potential Effects of Failure) สำหรับระบุแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง หมายความถึง ผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่องที่กระทบกับลูกค้า โดยผลกระทบอยู่ในรูปของสิ่งที่ลูกค้าสังเกตเห็นหรือสิ่งที่ลูกค้าเคยมีประสบการณ์มาก่อน

12. ความรุนแรงของผลกระทบ (Severity : S) สำหรับระบุเลขระดับความรุนแรงของปัญหา ซึ่งได้จากการประเมินโดยใช้ค่าสเกล 1 ถึง 10 โดยเกณฑ์ดังกล่าวจะพิจารณาจากลูกค้าภายนอกก่อนเป็นลำดับแรก และกรณีที่ผลกระทบเกิดขึ้นทั้งลูกค้าภายนอกและลูกค้าภายใน ให้ใช้คะแนนจากความรุนแรงที่สูงกว่าจากการประเมินในการวิเคราะห์ FMEA คะแนนความรุนแรงของผลกระทบ

13. การจำแนก (Classification) สำหรับระบุลักษณะพิเศษของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ (Special Product Characteristic) เช่น คุณลักษณะวิกฤต สำคัญมาก สำคัญน้อย และมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 2 ตัวอย่าง FMEA

FMEA สำหรับกระบวนการ

หมายเลข FMEA ①

หน้าที่ _____ ในจำนวนทั้งหมด _____ หน้า

ชื่อผลิตภัณฑ์/กระบวนการ ② ผู้รับผิดชอบกระบวนการ ③ ผู้จัดทำ ④

ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ ⑤ วัน-เดือน-ปี ที่ครบกำหนดเสร็จสิ้น ⑥ วันเริ่มต้น ⑦ วันทบทวนล่าสุด ⑦

คณะทำงาน ⑧

หน้าที่ของกระบวนการ ⑨ / ความต้องการ	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง ⑩	แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง ⑪	S ⑫	จำแนก ⑬	แนวโน้มของสาเหตุ/กลไก ⑭	O ⑮	การควบคุม ⑯ ในปัจจุบัน		D ⑰	RPN ⑱	วิธีการแก้ไข ⑲	ผู้รับผิดชอบ/วันเสร็จสิ้น ⑳	ผลการแก้ไข ㉒				
							การป้องกัน	การตรวจจับ					การแก้ไข ㉑	S	O	D	RPN

14. แนวโน้มของสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่อง (Potential Causes/Mechanisms of Failure) สำหรับระบุแนวโน้มของสาเหตุ กลไกที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ซึ่งระบุรายการที่เป็นไปได้ทำให้เกิดความบกพร่องนั้น

15. โอกาสในการเกิด (Occurrence : O) สำหรับระบุโอกาสความเป็นไปได้ในการเกิดผลกระทบซึ่งการกำหนดคะแนนให้กับโอกาสการเกิดอาศัยข้อมูลอัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (Possible Failure Rates) ที่ขึ้นอยู่กับจำนวนข้อบกพร่องที่มีการคาดหมายในระหว่างการปฏิบัติกับกระบวนการหรือได้มาจากข้อมูลเชิงสถิติโดยอาศัยการคำนวณค่าดัชนีความสามารถเชิงสมรรถนะของกระบวนการ Ppk สำหรับกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน

16. การควบคุมในปัจจุบัน (Current Process Controls) สำหรับระบุการควบคุมกระบวนการ หรือ ความมุ่งมั่นอื่น ๆ ที่จะทำให้มั่นใจว่ากระบวนการผลิตมีความสามารถที่จะรองรับความบกพร่องที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- การป้องกัน (Prevention) หมายถึง การป้องกันสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะของข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น

- การตรวจจับ (Detection) หมายถึง การตรวจจับสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการแก้ไขต่อไป

17. การตรวจจับ (Detection D) สำหรับระบุคะแนนการประเมินขีดความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง โดยจะให้คะแนนในการตรวจจับต่ำลงก็ต่อเมื่อระบบมีความสามารถในการตรวจจับที่ดีขึ้น ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนวิธีการควบคุมที่ได้วางแผนไว้เท่านั้น ให้กฎเกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการตรวจจับของระบบควบคุมกระบวนการ ดังตารางที่ 2

18. ตัวเลขแสดงดำลับของความเสี่ยง (Risk Priority Number RPN) สำหรับระบุเลขแสดงความรุนแรงต่อความล้มเหลว โอกาสที่เกิดความล้มเหลว และความสามารถในการตรวจจับผลิตภัณฑ์ซึ่งมีค่าระหว่าง 1-1,000 ซึ่งค่า RPN สามารถคำนวณได้จาก S × O × D เมื่อกำหนดให้ RPN คือ ตัวเลขแสดงลำดับความเสี่ยง เมื่อ S คือ คะแนนความรุนแรงของผลกระทบ เมื่อ O คือ คะแนนโอกาสในการเกิด และเมื่อ D คือ การตรวจจับ

19. วิธีการปฏิบัติการแก้ไข (Recommended Action) สำหรับระบุข้อเสนอแนะกิจกรรมการป้องกัน และการแก้ไขเมื่อพบว่าค่า RPN สูง ๆ โดยปกติเมื่อค่าคะแนนความรุนแรงของผลกระทบมีค่า 9 หรือ 10 ควรจะทำการแก้ไขและป้องกันเพื่อลดค่า RPN

20. ผู้รับผิดชอบในการปฏิบัติการแก้ไขและวันเสร็จสิ้น (Responsibility for the Recommended Action) สำหรับระบุผู้รับผิดชอบโครงการและกำหนดวันที่ดำเนินการเสร็จ

21. การแก้ไข (Action Taken) สำหรับระบุการแก้ไขที่ได้ดำเนินการไป

22. ผลการแก้ไข (Action Result) สำหรับระบุผลการแก้ไขและป้องกันที่ได้ดำเนินการไป โดยทำการประเมินค่า RPN ใหม่

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (Severity: S)

ผลกระทบ	กฎเกณฑ์การจัดอันดับความรุนแรงของผลกระทบ ในกรณีที่ความล้มเหลวส่งผลให้เกิดความบกพร่องกับผู้บริโภค หรือโรงงานแล้ว ควรจะพิจารณาผู้บริโภคเป็นอันดับแรกก่อนเสมอ แต่ถ้าเกิดผลกระทบทั้งผู้บริโภคและโรงงาน ให้พิจารณาความรุนแรงที่สูงกว่า		ระดับ
	ผลกระทบต่อลูกค้า	ผลกระทบต่อโรงงาน	
อันตรายร้ายแรงโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบ ต่อความปลอดภัย การทำงานของยานยนต์ และ/หรือไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐโดยไม่มีการเตือน	หรือ อาจส่งผลอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (เครื่องจักร การประกอบ) โดยไม่มีการเตือน	10
อันตรายร้ายแรงแต่ไม่มีการเตือน	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบ ต่อความปลอดภัย การทำงานของยานยนต์ และ/หรือไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐโดยไม่มีการเตือน	หรือ อาจส่งผลอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (เครื่องจักร การประกอบ) โดยไม่มีการเตือน	9
สูงมาก	ความบกพร่องซึ่งทำให้ยานยนต์/ส่วนประกอบไม่สามารถใช้งานได้ (สูญเสียความสามารถในการทำงานตามจุดประสงค์พื้นฐาน)	หรือ ผลิตภัณฑ์ต้องถูกกำจัดทิ้ง (100%) หรือ ยานยนต์ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมในหน่วยงานด้วยระยะเวลาเกิน 1 ชั่วโมง	8
สูง	ความบกพร่องซึ่งทำให้ยานยนต์/ส่วนประกอบมีสมรรถนะการทำงาน ที่ลดลง แต่ยังใช้งานได้ทำให้ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก	หรืออาจต้องมีการคัดแยกผลิตภัณฑ์และบางส่วนต้องถูกกำจัดทิ้ง (น้อยกว่า 100%) หรือยานยนต์ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมในหน่วยงานซ่อม ด้วยระยะเวลาระหว่างครึ่งถึง 1 ชั่วโมง	7

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (Severity: S) (ต่อ)

ผลกระทบ	กฎเกณฑ์การจัดอันดับความรุนแรงของผลกระทบ ในกรณีที่ความล้มเหลวส่งผลให้เกิดความบกพร่องกับผู้บริโภค หรือโรงงานแล้ว ควรจะพิจารณาผู้บริโภคเป็นอันดับแรกก่อนเสมอ แต่ถ้าเกิดผลกระทบทั้งผู้บริโภคและโรงงาน ให้พิจารณาความรุนแรงที่สูงกว่า		ระดับ
	ผลกระทบต่อลูกค้า	ผลกระทบต่อโรงงาน	
ปานกลาง	ความบกพร่องซึ่งยานยนต์/ส่วนประกอบทำงานได้ แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับความสะดวกสบายไม่สามารถใช้งานได้ ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	หรือ ส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ (น้อยกว่า 100%) อาจต้องถูกกำจัดทิ้ง โดยไม่ต้องคัดแยก หรือยานยนต์/ส่วนประกอบ ต้องถูกซ่อม ด้วยระยะเวลาไม่เกินครึ่งชั่วโมง	6
ต่ำ	ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับความสะดวก สบายมีสมรรถนะการทำงานที่ลดลง แต่ใช้งานได้	หรือ ผลิตภัณฑ์ (100%) อาจถูกแก้ไข หรือถูกซ่อมนอกสายการผลิตโดยไม่ต้องส่งไปยังหน่วยงานซ่อม	5
ต่ำมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี การตกแต่ง เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สังเกตได้	หรือ ผลิตภัณฑ์อาจถูกคัดแยกและบางส่วน (น้อยกว่า 100%) ถูกแก้ไขได้โดยไม่ต้องกำจัดทิ้ง	4
เล็กน้อย	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี การตกแต่ง เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนหนึ่ง (มากกว่า 50%) สังเกตได้	หรือ ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า100%) ถูกแก้ไขโดยไม่มีการกำจัดทิ้ง โดยการแก้ไขกระทำในสายการผลิตแต่นอกหน่วยผลิต	3
เกือบไม่มีผลกระทบ	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี การตกแต่ง เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนน้อย (น้อยกว่า25%) สังเกตได้	หรือ ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) ถูกแก้ไขโดยไม่มีการกำจัดทิ้ง	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สังเกตเห็นได้	มีความไม่สะดวกต่อการปฏิบัติงานของพนักงานเล็กน้อย	1

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการตรวจจับของระบบควบคุมกระบวนการ (Detection: D) A – ระบบป้องกันความผิดพลาด B – ใช้เครื่องมือตรวจสอบ C – ตรวจสอบโดยผู้ปฏิบัติงาน

การตรวจจับ	**เกณฑ์**	**ชนิดของการตรวจสอบ**			**ขอบเขตของของเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจจับ**	**อันดับ**
		A	B	C		
แทบเป็นไปไม่ได้	ไม่สามารถตรวจพบได้			X	ไม่สามารถตรวจพบหรือไม่มีการตรวจ	10
เป็นไปได้ยากมาก	ไม่สามารถตรวจพบได้			X	การควบคุมมีเพียงการตรวจสอบทางอ้อม หรือการสุ่มตรวจสอบเท่านั้น	9
เป็นไปได้ยาก	เป็นไปได้ยากที่การควบคุมจะตรวจพบ			X	การควบคุมมีเพียงการตรวจสอบด้วยสายตาเท่านั้น	8
ต่ำมาก	เป็นไปได้ยากที่การควบคุมจะตรวจพบ			X	การควบคุมมีการตรวจสอบด้วยสายตา 2 ครั้งเท่านั้น	7
ต่ำ	การควบคุมอาจตรวจพบได้		X	X	การควบคุมมีการใช้ผังควบคุม เช่น SPC(การควบคุมกระบวนการด้วยกลวิธีทางสถิติ)	6
ปานกลาง	การควบคุมอาจตรวจพบได้		X		มีการใช้เกจต่างๆ ตรวจสอบหลังจากชิ้นงานออกจากหน่วยผลิตหรือมีการใช้ Go/No Go เกจตรวจสอบ 100% สำหรับชิ้นงานที่ออกจากหน่วยผลิต	5

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการตรวจจับของระบบควบคุมกระบวนการ (Detection: D) A – ระบบป้องกันความผิดพลาด B – ใช้เครื่องมือตรวจสอบ C – ตรวจสอบโดยผู้ปฏิบัติงาน (ต่อ)

การตรวจจับ	**เกณฑ์**	**ชนิดของการตรวจสอบ**			**ขอบเขตของของเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจจับ**	**อันดับ**
		A	B	C		
ค่อนข้างสูง	การควบคุมมีโอกาสสูงที่จะตรวจพบ	X	X		ตรวจพบข้อบกพร่องในกระบวนการย่อยต่าง ๆ ได้ หรือใช้เกจตรวจสอบการตั้งเครื่องและชิ้นงานแรก (สำหรับการตั้งเครื่องเท่านั้น)	4
สูง	การควบคุมมีโอกาสสูงที่จะตรวจพบ	X	X		ตรวจพบข้อบกพร่องในจุดปฏิบัติงาน หรือตรวจพบในกระบวนการย่อยต่าง ๆ ได้โดยมีการกรองเพื่อการยอมรับในหลาย ๆ ระดับ : การจัดหา คัดเลือกติดตั้งทวนสอบ โดยไม่มีการยอมรับชิ้นงานบกพร่อง	3
สูงมาก	การควบคุมมีโอกาสค่อนข้างแน่นอนที่จะตรวจพบ	X	X		ตรวจพบข้อบกพร่องในจุดปฏิบัติงาน (มีการใช้เกจอัตโนมัติร่วมกับการหยุดอัตโนมัติ) ไม่สามารถส่งต่อชิ้นงานเสียได้	2
เกือบแน่นอน	การควบคุมแน่นอนที่จะตรวจพบ	X			ไม่สามารถเกิดชิ้นงานที่บกพร่องได้เนื่องจากมีการป้องกันความผิดพลาดโดยกระบวนการและการออกแบบผลิตภัณฑ์	1

ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของสาเหตุ (Occurrence: O)

ความน่าจะเป็นในการเกิดความล้มเหลว	อัตราความล้มเหลวที่น่าจะเกิดขึ้น	PPK	ระดับ
สูงมาก : เกิดความล้มเหลวบ่อยมาก	≤ 100 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้นส่วน	< 0.55	10
	50 ครั้งต่อ 1,000 ชิ้นส่วน	≥ 0.55	9
สูง :เกิดความล้มเหลวถี่	20 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้นส่วน	≥ 0.78	8
	10 ครั้งต่อ 1,000 ชิ้นส่วน	≥ 0.86	7
	5 ครั้งต่อ 1,000 ชิ้นส่วน	≥ 0.94	6
ปานกลาง : เกิดความล้มเหลวเป็นครั้งคราว	2 ครั้งต่อ 1,000 ชิ้นส่วน	≥ 1.00	5
	1 ครั้งต่อ 1,000 ชิ้นส่วน	≥ 1.10	4
ต่ำ : เกิดความล้มเหลวน้อยครั้ง	0.5 ครั้งต่อ 1,000 ชิ้นส่วน	≥ 1.20	3
	0.1 ครั้งต่อ 1,000 ชิ้นส่วน	≥ 1.30	2
แทบไม่เกิด : ความล้มเหลวไม่น่าจะเกิดขึ้นได้	≤ 0.01 ต่อ 1,000 ชิ้นส่วน	≥ 1.67	1

ประโยชน์การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ

1. สามารถนำปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องหรือเกิดขึ้นในอดีตมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างที่ทำการออกแบบหรือเตรียมการผลิต
2. ทำให้รู้จักและสามารถประเมินปัญหาหรือข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นในการออกแบบและกระบวนการผลิต
3. ใช้แสดงสาเหตุหรือกลไกของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้น
4. เป็นการสร้างระบบในการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อให้เกิดการปรับปรุงในการออกแบบและกระบวนการผลิต
5. เป็นระบบการป้องกันที่สร้างขึ้นเพื่อสร้างความพอใจให้แก่ลูกค้าเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการวิเคราะห์ FMEA

Department: XYZ Department

Sl.No.	Business / Service	Asset Name	Asset Number	Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Technical Effect(s) of Failure	Potential Business Consequence(s) of Failure	Sev	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Prob	Current Controls		Det	RPN	Recommended Controls		Responsibility & Target Completion Date	Action Results		New Sev	New Occ	New Det	New RPN
											Preventive Controls	Detective Controls			Preventive Controls	Detective Controls		Implemented Controls: Preventive Controls	Implemented Controls: Detective Controls				
8	Protecting IT Assets	Firewall	5000	To block unauthorized requests	Rules not appropriately configured	IP Spoofing	Diversion of sensitive data traffic, fraud	8	Procedures not followed	2	Procedures available		4	64		Increase audit frequency	XYZ by end Jan 2006		Increase audit frequency	5	3	2	30
4	Protecting IT Assets	Firewall	5000	To block unauthorized requests	Rules not appropriately configured	Entry for External Hackers	Disclosure or modification of business records; prosecution; bad PR; customer defection	7	Procedures not followed	2		Log Monitoring	4	56		Increase audit frequency	XYZ by end Jan 2006		Increase audit frequency	5	3	2	30
9	Protecting IT Assets	Firewall	5000	To block unauthorized requests	Rules not appropriately configured	DDOS Attack	Inability to process electronic transactions; bad PR; customer defection	10	Procedures not followed	2	Procedures available		2	40		Increase audit frequency	XYZ by end Jan 2006		Increase audit frequency	2	5	2	20
7	Protecting IT Assets	Firewall	5000	To identify trusted zones by encryption	User awareness	CIA Compromised	Disclosure of customer database; commercial and privacy issues	5	Procedures not followed	6	Policies Defined		1	30	Not Required	Not Required	Business owner to formally accept risk			5	2	2	20
5	Protecting IT Assets	Firewall	5000	To identify trusted zones by encryption	Authentication mechanism using legacy systems having improper configuration	User may not have access to the requested service	Staff unable to work; backlogs; bad PR	6	Policies not fully implemented	1	Policies Defined		5	30	User Awareness		XYZ by end March 2006	User Awareness		1	5	3	15
3	Protecting IT Assets	Firewall	5000	To block unauthorized requests	Rules not appropriately configured	Entry for External Hackers	Disclosure or modification of business records; prosecution; bad PR; customer defection	7	Procedures not followed	2	Procedures available		2	28		Increase audit frequency	XYZ by end Jan 2006		Increase audit frequency	1	4	2	8
6	Protecting IT Assets	Firewall	5000	To block unauthorized requests	Rules not appropriately configured	DDOS Attack	Inability to process electronic transactions; bad PR; customer defection	10	Procedures not followed	2		Log Monitoring	1	20		Increase audit frequency	XYZ by end Jan 2006		Increase audit frequency	1	4	2	8
2	Protecting IT Assets	Firewall	5000	To identify trusted zones by encryption	Encryption level (56 bit or 128 bit) mismatch	Data will be exposed as plain text	Disclosure of customer database; commercial and privacy issues	7	Policies not fully implemented	2	Policies Defined		1	14	User Awareness		XYZ by end March 2006	User Awareness		2	2	2	8
1	Protecting IT Assets	Firewall	5000	To block unauthorized requests	Rules not appropriately configured	Data Theft	Commercial and privacy consequences	7	Procedures not available	2	Nil		1	14	User Awareness		XYZ by end March 2006	User Awareness		2	2	1	4

การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ Statistical Process Control: SPC

การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control) หรือ SPC เป็นการนำเอาวิธีการทางสถิติมาใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้คุณภาพผลิตภัณฑ์ตรงตามความต้องการของลูกค้า อีกทั้งสามารถพัฒนาคุณภาพการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

เมื่อเริ่มต้นใช้ SPC เพื่อการแก้ปัญหาด้านคุณภาพ การควบคุมคุณภาพ และการพัฒนาคุณภาพจำเป็นจะต้องเก็บตัวอย่างข้อมูลจากกระบวนการผลิตมาวิเคราะห์และแปลความหมายเพื่อให้รู้สภาพของการผลิตที่แท้จริงและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือในการควบคุมกระบวนการทางสถิติอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ซึ่งวัตถุประสงค์ของแผนภูมิควบคุมนั้นเพื่อตรวจสอบและเฝ้าติดตามความเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ ที่อาศัยหลักการสถิติ เพื่อให้สามารถจับความผิดปกติของกระบวนการได้อย่างทันท่วงที ก่อนที่ความผิดปกตินั้นจะส่งผลต่อความเสียหายของผลลัพธ์ของกระบวนการ

ชนิดของแผนภูมิควบคุม

1. <u>แผนภูมิที่ชนิดของข้อมูลเป็นข้อมูลแบบต่อเนื่องหรือ ค่าวัด (Variable Data)</u>

เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมกระบวนการสำหรับผลลัพธ์ที่มีคุณลักษณะที่ต้องการควบคุมสามารถวัดค่าได้ด้วยการ ชั่ง ตวง วัด เช่น ปริมาณการบรรจุน้ำผลไม้ในขวด อายุการใช้งานของหลอดไฟ ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวนลูกสูบ เป็นต้น ได้แก่

แผนภูมิ X-bar Chart เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะที่วัดได้จากผลลัพธ์ในเชิงปริมาณ ซึ่งค่าที่ได้อาจอยู่ในเทอมของความยาว อายุการใช้งาน น้ำหนัก ปริมาณ เป็นต้น

แผนภูมิ R-bar Chart แผนภูมิ R Chart เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าความแปรผันหรือค่าการกระจายของคุณลักษณะที่วัดได้จากผลลัพธ์โดยใช้พิสัยเป็นค่าวัด โดยแผนภูมิ R จะใช้ควบคู่กับแผนภูมิ X เสมอ

แผนภูมิ S Chart แผนภูมิ S Chart เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าความแปรผันหรือค่าการกระจายของคุณลักษณะที่วัดได้จากผลลัพธ์เช่นเดียวกับแผนภูมิ R แต่จะคำนวณค่าวัดการกระจายด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งจะมีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิ R เมื่อตัวอย่างของกลุ่มย่อยมีขนาดใหญ่

แผนภูมิ MR Chart แผนภูมิ MR Chart หรือแผนภูมิควบคุมพิสัยเคลื่อนที่ เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคู่กับแผนภูมิ X โดยแผนภูมิ MR Chart เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าการกระจายของคุณลักษณะที่วัดได้ด้วยค่าพิสัยเมื่อขนาดของตัวอย่างย่อยเท่ากับ 1 หน่วย

แผนภูมิ CU-SUM Chart แผนภูมิ CU-SUM Chart เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะที่วัดได้จากผลลัพธ์ในเชิงปริมาณเช่นเดียวกับแผนภูมิ X แต่จะมีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ดีกว่าแผนภูมิ X เมื่อคุณสมบัติของผลลัพธ์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และใช้ได้เมื่อขนาดตัวอย่างย่อยเท่ากับ 1 หน่วย

2. <u>แผนภูมิที่ชนิดของข้อมูลเป็นข้อมูลแบบช่วงหรือ ค่านับ (Attribute Data)</u>

เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมกระบวนการสำหรับผลลัพธ์ที่มีคุณลักษณะที่ต้องการควบคุมหาได้จากการนับ เช่น ผลิตภัณฑ์ดีหรือเสีย ผลิตภัณฑ์ชำรุดหรือไม่ชำรุด ผลิตภัณฑ์ที่มีรอยตำหนิหรือไม่มีรอยตำหนิ ผลิตภัณฑ์บกพร่องหรือไม่บกพร่อง เป็นต้น ซึ่งการพิจารณาคุณลักษณะของผลลัพธ์ เช่น ดีหรือเสียนั้น จะทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานหรือขีดจำกัดข้อกำหนดเฉพาะของผลลัพธ์ หรืออาจพิจารณาด้วยการมองด้วยสายตา แผนภูมิควบคุมประเภทนี้ ได้แก่

แผนภูมิ P (P Chart) แผนภูมิ P เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมสัดส่วนผลลัพธ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (NC) ในกระบวนการ เช่น สัดส่วนชิ้นงานที่แตกหัก สัดส่วนหลอดไฟเสีย เป็นต้น

แผนภูมิ Pn (Pn Chart) แผนภูมิ Pn เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมจำนวนของผลลัพธ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (NC) ในกระบวนการ ซึ่งมีหลักการเช่นเดียวกับแผนภูมิ P

แผนภูมิ C (C Chart) แผนภูมิ C เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมจำนวนรอยตำหนิหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผลลัพธ์เมื่อกลุ่มตัวอย่างย่อยมี ขนาด 1 หน่วย เช่น รอยตำหนิบนผิวชิ้นงาน 1 ชิ้น รอยตำหนิบนผ้า 1 เมตร

แผนภูมิ U (U Chart) แผนภูมิ U เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมจำนวนรอยตำหนิหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผลลัพธ์เช่นเดียวกับแผนภูมิ U โดยเป็นแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วย แต่จะใช้ในกรณีที่จำนวนหน่วยตัวอย่างของกลุ่มย่อยในการ ตรวจสอบแต่ละครั้งไม่เท่ากัน หรือขนาดตัวอย่างที่ตรวจสอบแต่ละครั้งไม่ใช่ 1 หน่วย

ส่วนประกอบของแผนภูมิควบคุม

โดยปกติแล้ว แผนภูมิควบคุมจะประกอบด้วยเส้นควบคุม 3 เส้น ได้แก่ ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit : UCL) ขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit : LCL) และเส้นกลาง (Center Line : CL) ระยะห่างจากเส้นกลางถึงขีดจำกัดควบคุมบนจะเท่ากับระยะห่างจากเส้นกลางถึงขีดจำกัดควบคุมล่าง

วิธีการสร้างแผนภูมิควบคุม

1. กำหนดคุณสมบัติที่ต้องการควบคุม เช่น การควบคุมชิ้นงานลูกสูบมาตรฐานอาจมีคุณสมบัติที่ต้องการ ควบคุมทั้งความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน ตลอดจนความยาวของชิ้นงานด้วย หรือการควบคุม บรรจุอาหารกระป๋อง อาจจะมีคุณสมบัติที่ต้องควบคุมทั้งปริมาณการบรรจุสุทธิและปริมาณการบรรจุของส่วน ประกอบอื่น ๆ ในกระป๋องด้วย เป็นต้น แต่โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจจะไม่ต้องควบคุมทุกคุณสมบัติของ ผลิตภัณฑ์ควรเลือกเฉพาะคุณสมบัติที่สำคัญ โดยแผนภูมิหนึ่งแผนภูมิจะใช้ควบคุมคุณสมบัติเพียงหนึ่งคุณสมบัติ เท่านั้น

2. เลือกชนิดของแผนภูมิควบคุม ว่าเป็นแผนภูมิควบคุมแบบใดระหว่างแผนภูมิควบคุมชนิดแปรผัน (Variable Control Chart) แผนภูมิควบคุมเชิงลักษณะ (Attribute Control Chart)

3. เก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิต กำหนดจำนวนตัวอย่าง และกำหนดความถี่ในการเก็บข้อมูลระยะเวลา ในการเก็บข้อมูล ต้องคำนึงถึงต้นทุนในการเก็บข้อมูลและตรวจสอบ อัตราการผลิต ปริมาณการผลิต

4. บันทึกและเก็บรวบรวมข้อมูลในใบตรวจสอบหรือ Check Lists ตามแบบฟอร์มที่ได้ออกแบบไว้

5. คำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ ได้แก่ ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit : UCL) ขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit : LCL) เส้นกลาง (Center Line : CL)

6. วิเคราะห์ผลจากลักษณะของจุดที่ปรากฏบนแผนภูมิ ถ้ามีลักษณะจุดที่ปรากฏความผิดปกติเกิดขึ้น ในแผนภูมิที่บ่งชี้ว่าเกิดความแปรผันที่มีสาเหตุระบุได้เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เช่น มีจุดตกอยู่ภายนอกขีดจำกัดควบคุมบน หรือล่าง แสดงว่ากระบวนการผลิต ไม่อยู่ภายใต้การควบคุม ต้องค้นหาสาเหตุและปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยการกำจัดสาเหตุแห่งความแปรผันนี้ที่ระบุสาเหตุได้ออกไป แล้วทำการคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิใหม่ จากข้อมูลที่เหลืออยู่ ทำซ้ำ ๆ จนไม่เกิดจุดผิดปกติในแผนภูมิ

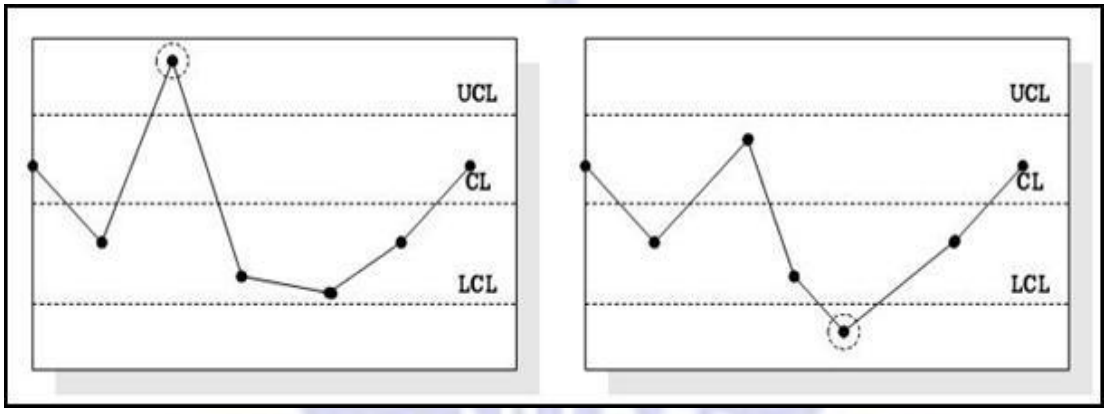
7. เมื่อกระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมแล้ว แสดงว่าสามารถควบคุมความผันแปรของการผลิตให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามค่าในเส้นกลางของแผนภูมิควบคุม

การวิเคราะห์ลักษณะของจุดในแผนภูมิควบคุม

การวิเคราะห์ลักษณะของจุดในแผนภูมิควบคุม เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการใช้แผนภูมิควบคุมเพื่อควบคุมกระบวนการผลิตเพราะจุดต่าง ๆ ในแผนภูมิควบคุมจะเป็นสิ่งบอกให้ทราบว่ากระบวนการผลิตเป็นอย่างไรในขณะนั้น การอ่านหรือตีความหมายจากภาพที่ปรากฏบนแผนภูมิเพื่อโยงเหตุผลไปที่สภาวะของกระบวนการผลิต ซึ่งได้นำข้อมูลที่ได้จากกระบวนการผลิตนำมาเขียนเป็นแผนภูมิควบคุม ซึ่งจะแสดงให้เห็นในแผนภูมิควบคุมนี้ และเมื่อตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการผลิต เพราะจากความผิดปกติในกระบวนการผลิตจะมีผลต่อ

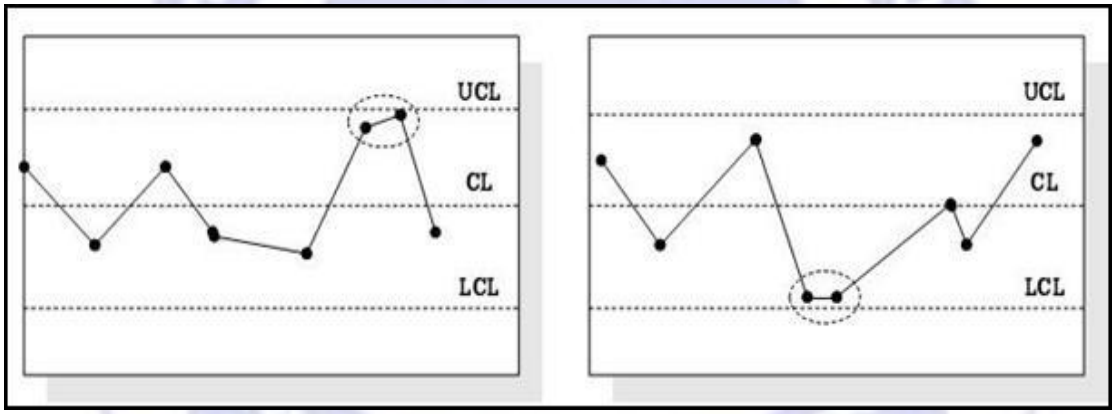
คุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้กระบวนการผลิตนั้นปรับสภาพการผลิต กลับสู่สภาวะที่อยู่ในควบคุม (In - Controlled) ได้ต่อไป ลักษณะจุดที่เกิดขึ้นในแผนภูมิควบคุมที่บ่งบอกถึงการเกิดสิ่งผิดปกติในกระบวนการผลิตมีดังต่อไปนี้

1. มีจุดพิกัดตกอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง เรียกว่า จุดอยู่นอกการควบคุม



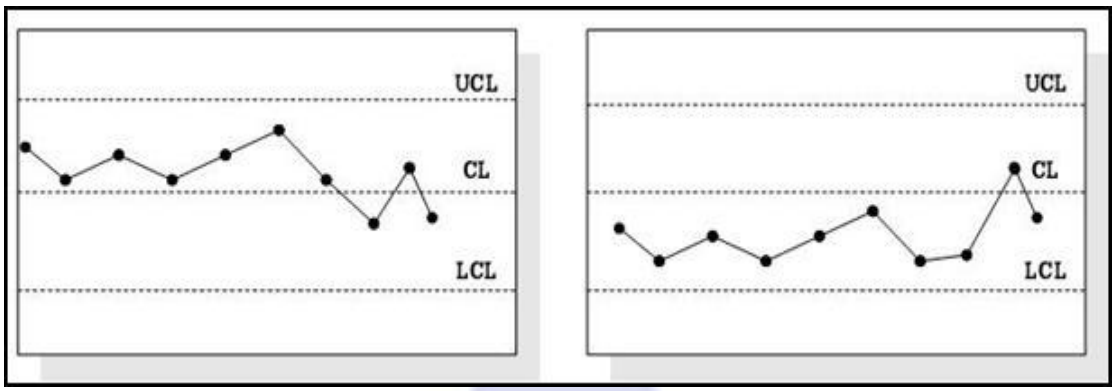
รูปที่ 1 จุดพิกัดบนแผนภูมิควบคุมที่ตกอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมบนและล่างตามลำดับ

2. เมื่อมีจุดพิกัด 2 จุดติดกันและอยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง



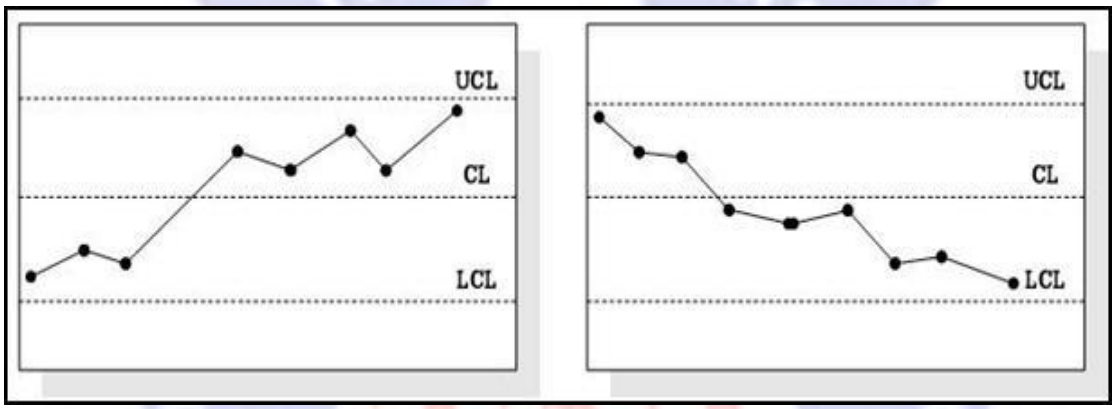
รูปที่ 2 จุดพิกัด 2 จุดติดกันและอยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุมบนและล่างตามลำดับ

3. เมื่อมีจุดพิกัดอย่างน้อย 7 จุดปรากฏติดต่อกันอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของแผนภูมิ



รูปที่ 3 จุดพิกัดอย่างน้อย 7 จุดปรากฏติดต่อกันอยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุมบนและล่าง

4. เมื่อมีจุดพิกัดแสดงแนวโน้มไปทางด้านใดด้านหนึ่งของแผนภูมิ



รูปที่ 4 จุดพิกัดมีแนวโน้มไปทางด้านใดด้านหนึ่งของแผนภูมิ

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาเลือกที่จะใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยในการศึกษากรณีโรงงานตัวอย่างจึงขอกล่าวเฉพาะในส่วนแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (X-bar Chart) และแผนภูมิควบคุมพิสัย (R Chart) ซึ่งแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (X-bar Chart) และแผนภูมิควบคุมพิสัย (R Chart) เป็นแผนภูมิที่ต้องใช้คู่กันเสมอ เพื่อควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าความแปรผันหรือ ค่าการกระจายของกระบวนการผลิต เนื่องจากการพิจารณาว่า กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือ ไม่นั้น จะต้องพิจารณาทั้งค่าเฉลี่ยของกระบวนการว่ามีค่าเหมาะสมตามที่กำหนด และมีการกระจายของข้อมูลที่เหมาะสม คือ ไม่มากเกินไปหรือไม่ เพราะหาก

ข้อมูลมีการกระจาย น้อยย่อมแสดงว่าค่าคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นผลดีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย

1. หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}_i$) ของข้อมูลแต่ละชุด
2. หาค่าพิสัย (R) ของข้อมูลแต่ละชุด
3. หาค่าแกนกลาง ($\bar{\bar{x}}$) โดยการรวมค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลทุกชุด แล้วหารด้วยจำนวนชุดข้อมูล $\bar{\bar{x}} = (\sum \bar{x}_i)/K$ เมื่อ K คือจำนวนชุดข้อมูล
4. หาขีดจำกัดของการควบคุม = $\bar{\bar{x}} \pm A_2\bar{R}$ โดยที่ A_2 สามารถเปิดจากตาราง Factor for Control Chart (เสรี ยูนิพันธ์. 2536) และ $\bar{R}$ คือค่าเฉลี่ยของพิสัยหาจาก (ผลรวมค่าพิสัยของทุดชุดข้อมูล) หารด้วยจำนวนชุดข้อมูล
1. สร้างแผนภูมิ X-bar และ R โดยเขียนจุดของ X-bar และ R ของแต่ละตัวอย่างลงในแผนภูมิตามลำดับ จากนั้นลากเส้นตรงเชื่อมต่อจุด
2. อ่านและวิเคราะห์แผนภูมิว่ามีจุดใด ๆ ตกอยู่ระหว่างขีดจำกัดควบคุมบน และล่าง หรือตกนอกขีดจำกัดควบคุมบนและล่าง
3. วิเคราะห์แผนภูมิ โดยพิจารณาจุดของ X-bar หรือ R ตกอยู่ระหว่างขีดจำกัดควบคุมบนและล่างในแผนภูมิ X-bar และ R ตามลำดับ และไม่มีลักษณะของจุดที่บ่งบอกถึงความผิดปกติ แสดงว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมและไม่มีความแปรผันที่หาสาเหตุระบุได้ สามารถใช้แผนภูมิที่ได้เปรียบเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ และนำไปควบคุมกระบวนการผลิตในอนาคตได้ โดยถือว่าค่าที่เส้นกลางในแผนภูมิควบคุมคือ มาตรฐานของกระบวนการผลิตนี้ แต่ถ้ากรณีที่มีจุดของ X-bar และ R ตกอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง หรือมีลักษณะจุดผิดปกติเกิดขึ้น ซึ่งจุดที่ตกอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง หรือจุดที่มีลักษณะผิดปกตินี้ อาจเกิดขึ้นทั้งในแผนภูมิ X-bar และ R จะถือว่าการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม ดังนั้นจะต้องค้นหา สาเหตุของความผิดปกตินี้ ในกรณีที่ค้นพบสาเหตุของความผิดปกติแล้วจะต้องทำการปรับปรุงแผนภูมิต่อไป

การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement Systems Analysis: MSA)

ระบบการวัดมีความสำคัญต่อการยืนยันผลการตรวจสอบคุณภาพ ถึงแม้ว่าระบบการผลิตจะมีความถูกต้องแต่ถ้าระบบการวัดมีความผิดพลาด ก็อาจส่งผลต่อการตัดสินใจที่คลาดเคลื่อนได้ จะเกิดอะไรขึ้นถ้าระบบการวัดขาดความเที่ยงตรง (Accuracy) และความแม่นยำ (Precision) จะส่งผลทันทีต่อการตรวจสอบชิ้นงาน ทำให้การตรวจสอบคุณภาพขาดความเชื่อถือจากลูกค้า ดังนั้นระบบการวัดจึงถือเป็นระบบพื้นฐานที่จำเป็นต้องมีการควบคุม

และต้องลดความผันแปรในระบบการวัด ความผันแปรในระบบการวัดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นค่าความเอนเอียง (Bias) ความเสถียร (Stability) สมบัติเชิงเส้น (Linearity) และความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability) ความสามารถในการประเมินเหมือน (Reproducibility) ถ้าได้รับการติดตามผลและการปรับปรุง ก็จะทำให้ระบบมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและสามารถลดความผันแปรที่เกิดขึ้นให้มีค่าน้อยลงได้

ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาเลือกการวิเคราะห์ระบบการวัดจากข้อมูลแบบวัดหรือ (Variable Data) และใช้ Gage Repeatability and Reproducibility หรือ GR&R เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ระบบการวัด

การวิเคราะห์คุณสมบัติด้าน Gage Repeatability and Reproducibility หรือ GR&R

1. หาชิ้นส่วนตัวอย่าง 10 ชิ้น เพื่อให้เป็นตัวแทนของพิสัยความแปรผันของกระบวนการจริงหรือที่คาดหวังไว้
2. ให้ผู้วัดเป็น A, B และ C และกำหนดหมายเลข 1 ถึง 10 ให้ชิ้นส่วนตัวอย่างโดยไม่ให้ผู้วัดทราบ
3. ทำการสอบเทียบมาตรวัดหากเป็นขั้นตอนดำเนินการวัดปกติ
4. ผู้วัดแต่ละคนทำการวัดชิ้นส่วนตัวอย่างทั้ง 10 ชิ้น แบบสุ่มโดยไม่ทราบผลการวัดของผู้วัดรายอื่น และทำการบันทึกผลการวัดชิ้นส่วนตัวอย่างแต่ละชิ้นให้ตรงช่องของแผ่นข้อมูล GR&R
5. ดำเนินการตามข้อ 4 ซ้ำโดยการสุ่มชิ้นส่วนตัวอย่างใหม่
6. ในกรณีที่ผู้วัดทำงานคนละกะ ให้ผู้วัด A วัดชิ้นส่วนตัวอย่างทั้ง 10 ชิ้นจนเสร็จสิ้นและบันทึกผล ทำการวัดซ้ำเพื่อบันทึกผลในแถวถัดลงมา ให้ผู้วัด B และ C ดำเนินการอย่างเดียวกัน
7. กรอกข้อมูลจากการวัดลงในแบบฟอร์ม MSA แล้วประมวลผลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

เกณฑ์การยอมรับค่า % GR&R

1. ถ้า % GR&R < 10 % อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องแก้ไข
2. ถ้า 10 % $\leq$ % R&R < 30 % อาจยอมรับได้ (ให้พิจารณาปัจจัยอื่น ๆ อาทิ การประยุกต์ใช้
3. ถ้า % GR&R $\geq$ 30 % ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องค้นหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไข

เกณฑ์การพิจารณาค่า รีพีททะบิลิตี้ (%EV) และ รีโปรดิวซิบิลิตี้ (%AV)

ในกรณีที่รีพีททะบิลิตี้มีขนาดใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับรีโปรดิวซิบิลิตี้หรือค่า %EV > %AV แสดงว่าอาจจะมีสาเหตุมาจากสิ่งต่าง ๆ อาทิ

1. เครื่องมือวัดมีสภาพสึกหรอ ต้องการการบำรุงรักษา
2. เครื่องมือวัดมีการออกแบบที่ทำให้มีความยืดหยุ่นมากเกินไป
3. อุปกรณ์ในการจับยึดจับงาน (จิ๊กและฟิกซ์เจอร์) มีความยืดหยุ่นมากเกินไป อาจจะต้องออกแบบใหม่ หรือต้องการการบำรุงรักษาที่ดีขึ้น
4. สิ่งตัวอย่างที่นำมาวัดเพื่อการวิเคราะห์มีความผันแปรภายในชิ้นงานมากเกินไป

ในกรณีที่รีโปรดิวซิบิลิตี้มีขนาดใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับรีพีททะบิลิตี้หรือค่า %AV > %EV แสดงว่าอาจจะมีสาเหตุมาจากสิ่งต่าง ๆ อาทิ

4.1 วิธีการใช้เครื่องมือยังอาจจะมีการกำหนดโดยใช้ทักษะของพนักงานวัดมากเกินไป จึงจำเป็นต้องทำการทบทวนวิธีการ หรือการฝึกอบรม ให้พนักงานวัดมีความเข้าใจในการใช้และการอ่าน เครื่องมือวัดให้ดียิ่งขึ้น

4.2 การสอบเทียบทำได้ไม่ดีพอ

4.3 การจับยึดจับงานในขณะทำการวัดของพนักงานทำได้ไม่ดีพอ มีความจำเป็นต้องนำอุปกรณ์จับยึดพวกจิ๊กและฟิกซ์เจอร์เข้ามาช่วย

ตารางที่ 7 ตัวอย่างการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยวิธี GR&R

แบบฟอร์มการศึกษา GR&R (วิธี X-R)

หมายเลขและชื่อชิ้นส่วน	Hd 01	ชื่อเครื่องมือ	Gramloader	วัน/เดือน/ปี	24/07/02
พารามิเตอร์	Gramload	พารามิเตอร์	MC 01	ผู้ศึกษา	อัจฉรา
ข้อกำหนดเฉพาะ	± 150	ประเภทเครื่องมือ			

Appraiser /		PART															AVERAGE	
Trial No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	A 1	471	765	326	433	454	443	552	477	509	384							481.40
2	2	484	742	328	446	456	450	557	479	508	371							482.10
3	3																	
4	Average	478	754	327	440	455	447	555	478	509	378						$\overline{X}_a$ =	481.75
5	Range	13	23	2	13	2	7	5	2	1	13						$\overline{R}_a$ =	8.1
6	B 1	485	778	328	455	470	460	551	499	513	390							492.9
7	2	480	807	314	450	461	455	547	492	540	385							493.1
8	3																	
9	Average	483	793	321	453	466	458	549	496	527	388						$\overline{X}_b$ =	493.00
10	Range	5	29	14	5	9	5	4	7	27	5						$\overline{R}_b$ =	11.0
11	C 1																	
12	2																	
13	3																	
14	Average																$\overline{X}_c$ =	
15	Range																$\overline{R}_c$ =	
16	Part Average	480	773	324	446	460	452	552	487	518	383						$\overline{\overline{X}}$ =	487.38
																	R_p =	449.0
17	[$\overline{R}_a$ = 8.1] + [$\overline{R}_b$ = 11.0] + [$\overline{R}_c$ =] / [# of Appr's = 2]																$\overline{\overline{R}}$ =	9.55
18	[$Max\overline{X}$ = 493.00] - [$Min\overline{X}$ = 481.75] = $\overline{X}_{DIFF}$																	11.25
19	[$\overline{\overline{R}}$ = 9.55] x [D_4* = 3.27] = UCL_R *																	31.20
20	[$\overline{\overline{R}}$ = 9.55] x [D_3* = 0.00] = LCL_R																	0.00

* คือ พิกัดควบคุมค่า R ให้วงกลมค่า R ที่ออกนอกพิกัดแล้วหาสาเหตุเพื่อแก้ไข และให้ทดลองซ้ำเหมือนเดิม (ถ้าทำได้) หรือตัดข้อมูลทิ้งแล้วคำนวณ $\overline{R}$ ใหม่และ UCL_R ใหม่

ตารางที่ 8 การประมวลผลระบบการวัด GR&R ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

From data sheet : $\bar{\bar{R}}$ = 9.55			$\bar{X}_{DIFF}$ = 11.25	R_P = 449.00
Measurement Unit Analysis				**%Total Variation (TV)**
Repeatability - Equipment Variation (EV)				
$EV = \bar{\bar{R}} \times K_1$	K_1= 0.89			$\%EV = 100\ [EV/TV]$
		Trials	K_3	
= 8.46		2	0.8862	= 5.97%
		3	0.5908	
Reproducibility - Appraiser Variation (AV)				
$AV = \sqrt{\left[\left(\bar{X}_{DIFF} \times K_2\right)^2 - \left(EV^2/nr\right)\right]}$	K_2= 0.71			$\%AV = 100\ [AV/TV]$
		Appr	K_2	
= 7.73		2	0.7071	= 5.45%
n = number of parts = 10		3	0.5231	
r = number of trials = 2				
Repeatability & Reproducibility (R&R)				
$GR\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$		Parts	K_3	$\%GR\&R = 100\ [GR\&R/TV]$
		2	0.7071	
= 11.46		3	0.5231	= 8.09%
		4	0.4467	
Part Variarion (PV)		5	0.4030	
$PV = R_P \times K_3$	K_3= 0.3146	6	0.3742	$\%PV = 100\ [PV/TV]$
		7	0.3534	
= 141.26		8	0.3375	= 99.7%
		9	0.3249	
Total Variation (TV)		10	0.3146	
$TV = \sqrt{GR\&R^2 + PV^2}$				$ndc = 1.41(PV/GR\&R)$
= 141.72				= 17.38

ประเมินผลค่า % GR&R จากตารางข้างต้น

จากผลการศึกษาได้ค่า % GR&R มีค่า 8.09 ซึ่ง % GR&R < 10 % อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องแก้ไขระบบการวัดแต่อย่างใด และจากผลการศึกษาค่า %AV = 5.45 และ %EV = 5.97 ซึ่งค่า %EV > %AV จากเกณฑ์การพิจารณาข้างต้นอาจจะมีสาเหตุมาจากสิ่งต่าง ๆ อาทิ

1. เครื่องมือวัดมีสภาพสึกหรอ ต้องการการบำรุงรักษา
2. เครื่องมือวัดมีการออกแบบที่ทำให้มีความยืดหยุ่นมากเกินไป
3. อุปกรณ์ในการจับยึดจับงาน (จิ๊กและฟิกซ์เจอร์) มีความยืดหยุ่นมากเกินไป อาจจะต้องออกแบบใหม่ หรือต้องการการบำรุงรักษาที่ดีขึ้น
4. สิ่งตัวอย่างที่นำมาวัดเพื่อการวิเคราะห์มีความผันแปรภายในชิ้น งานมากเกินไป

ดังนั้นจึงควรดำเนินการปรับปรุงตามผลการระบบการวัดดังกล่าวเพื่อลดความผันแปรที่เกิดขึ้นจากกระบวนการวัด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตของส่วนธุรกิจผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ดังนี้

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ FMEA

ชิราภรณ์ เศรษฐนันท์ (2542) ได้ทำการลดชิ้นส่วนของเสียในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยการศึกษาและรวบรวมข้อมูลการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตตลอดจนวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการ พร้อมทั้งหาสาเหตุของการสูญเสียและหาแนวทางหรือวิธีการในการแก้ไขสาเหตุของการสูญเสีย โดยทำการอบรม 5 ส PM Supplier Control WI Quality Control Process ในการพัฒนาการประสานงานในองค์กรให้มีประสิทธิภาพ เพราะการสื่อสารและการประสานงานเป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การจัดการต่างๆ Scipioni, H.; et al. (2002) ได้นำเทคนิค FMEA ร่วมกับระบบ HACCP ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมขนมหวานในอิตาลี โดยเลือกวิเคราะห์ในกระบวนการผลิตขนมปังกรอบ จากการใช้ FMEA สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต และลดของเสียของผลิตภัณฑ์ และทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อไปใช้ในการปรับปรุง FMEA ในอนาคต

อรรถพล ฤทธิภักดี (2544) ได้ทำการปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์ ซึ่งผลจากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้เปอร์เซ็นต์ของเสียในกระบวนการผลิตลดลง ข้อร้องเรียนจากลูกค้าลดลง พร้อมกับมีวิธีการและมาตรฐานในการทำงานเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ โดยใช้เทคนิคแผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) เพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมด และเทคนิค Seven New QC Tool บางเครื่องมือ เช่น แผนภาพความสัมพันธ์ (Relation Diagram) แผนภาพต้นไม้ (Tree Diagram) มาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการค้นหาความสัมพันธ์ของปัญหา และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิต (PFMEA) เพื่อแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิต

เฉลิมพล ลีลาผาติกุล (2540) ได้ทำการวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบทางคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์โดยใช้การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) มาใช้วิเคราะห์และควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตยางรถยนต์ โดยเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิต หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องทุกขั้นตอนการผลิต โดยอาศัยแผนภาพแสดงเหตุและผล แผนภาพความสัมพันธ์และแผนภาพต้นไม้ เป็นเครื่องมือช่วยในการค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ

ข้อบกพร่องเหล่านั้น จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญการผลิตนั้นมาวิเคราะห์เพื่อประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง การเกิดข้อบกพร่อง และการควบคุมกระบวนการ เพื่อคำนวณหาค่าดัชนี (Risk Priority Number หรือ RPN) ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความเสี่ยงที่เกิดข้อบกพร่อง โดยค่า RPN ยิ่งมากจะหมายถึงมีความเสี่ยงที่เกิดข้อบกพร่องสูง โดยภายหลังจากการดำเนินงาน ทำให้จำนวนของยางเสียลดลง

ธัญญาภรณ์ ธนบุญสมบัติ (2546) ได้ทำการวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตกระจกนิรภัยด้านข้างสำหรับรถยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA พบว่าของเสียส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการหลอม ขึ้นรูป ตัด และบรรจุ โดยของเสียที่เกิดขึ้น ได้แก่ ฟองอากาศสีดำ สิ่งเจือปน รอยโรลเลอร์ ผิวความหนา รอยขีดข่วน คราบน้ำ และกระจกแตกในลัง หลังจากทำการปรับปรุงแก้ไขลักษณะข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่คะแนน 100 คะแนนขึ้นไป พบว่าโรงงานตัวอย่างได้รูปแบบผลิตกระจกโฟลทแผ่นเรียบเกรดไพรเวชี่ ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า และมีแนวทางในการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำอีก

จะเห็นได้ว่าที่ผ่านมามีงานวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจในการวิเคราะห์และลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA เนื่องจากเทคนิคนี้สามารถวิเคราะห์หาผลกระทบและสาเหตุของปัญหา ซึ่งข้อมูลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและการแก้ไขสามารถนำมาใช้เป็นฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการปรับปรุง FMEA ของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่างตัวอย่างและเป็นข้อมูลพื้นฐานที่เป็นประโยชน์กับอุตสาหกรรมรถยนต์

<u>งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ SPC</u>

วรพจน์ รัตนแสงสกุลไทย (2541) การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำการพัฒนาการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติในที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ ของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่เป็นแหนบรถยนต์ และเพื่อเป็นแนวทางในการวัดประสิทธิผล กับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับโรงงานตัวอย่าง จากการสำรวจและศึกษาพบว่า โรงงานตัวอย่างยังไม่มีการประยุกต์ใช้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติในการควบคุมและเฝ้าติดตามกระบวนการ จึงได้มีการศึกษาวิจัยวัดความสามารถของเครื่องจักร (Machine Capability) โดยวัดค่า Cp และวัดค่าความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) โดยวัดค่า Cpk เพื่อเลือกการควบคุมและเฝ้าติดตามกระบวนการเชิงสถิติที่เหมาะสม ผลการวิจัยมีการใช้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ 2 ประเภท ได้แก่ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย (X('-)-R) จำนวน 10 จุดควบคุม และใช้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (CSP) จำนวน 5 จุดควบคุม และได้ทดลองปรับปรุงวิธีการควบคุมกระบวนการ 3 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการเจาะรูสะดือ กระบวนการม้วนหู และกระบวนการพ่นสีรองพื้น โดยใช้ค่า Cp และ Cpk และเปอร์เซ็นต์เสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเป็นตัวประเมินผล จากการทดลองปรับปรุงวิธีการควบคุม

กระบวนการพบว่า ค่าความสามารถเครื่องจักร (Cp) และค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) มีค่าเพิ่มขึ้น รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมีค่าลดลง

วีรพล ปัญญาวิสุทธิกุล (2543) ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมฉีดขึ้นรูปพลาสติก จากเดิมที่มีเพียงแต่การรับวัตถุดิบ และการสุ่มตรวจสินค้าสำเร็จรูปเท่านั้น ขาดเอกสารสนับสนุนที่มีประสิทธิภาพทำให้การจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ เป็นไปด้วยความยากลำบากจากการออกแบบระบบเอกสารสนับสนุนต่าง ๆ ทำให้ทราบสาเหตุหลักของของเสียว่าเกิดจากจุดดำและรอยแหว่ง โดยมีประมาณรวมกว่า 93.47% ของปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งจากการใช้แผนผังแสดงเหตุและผลเพื่อหาสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยๆ ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ เกิดเป็นจุดดำ และรอยแหว่งจะพบว่าต้นเหตุเกือบทั้งหมดที่ทำให้เกิดของเสียมาจาก 4 สาเหตุหลัก ได้แก่ คน วัตถุดิบ เครื่องจักรและวิธีการ ทางผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงดังนี้ คือ เสนอรูปแบบผังโครงสร้างองค์กรด้านคุณภาพทำการปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพในส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จัดทำแผนคุณภาพ สรุปผล และนำเสนออุปสรรคและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ผลจากการปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพ พบว่า สามารถลดของเสียหลักที่เกิดจากจุดดำและรอยแหว่งที่เดิมเคยมีปริมาณเฉลี่ยอยู่ที่ 6.87% ของปริมาณการผลิตทั้งหมด ลงมาเหลือ 3.2% และ 1.57% ตามลำดับ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ MSA

ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์ (2543) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึงการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับเครื่องมือที่ใช้ในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและขนาดของความผันแปรในระบบการวัด ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เป็นอยู่และทำการลดและควบคุมความผันแปรเพื่อปรับปรุงระบบการวัด โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ความถูกต้อง (Accuracy) และการวิเคราะห์ความแม่นยำ (Precision) โดยเลือกเครื่องมือที่การประเมินจำนวน 22 เครื่องมือ แบ่งเป็นเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดจำนวน 12 เครื่องมือ และเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับจำนวน 10 เครื่องมือ ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ความถูกต้อง ประกอบด้วย การวิเคราะห์ความเอนเอียงเพื่อประเมินความถูกต้องในสภาวะปัจจุบัน พบว่า เครื่องมือวัดทุกเครื่องมือมีค่า % bias < 10 % ซึ่งอยู่ภายใต้เกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน ISO/TS16949 การประเมินคุณสมบัติเชิงเส้นตรง เป็นการศึกษาเพื่อทำการหาย่านวัดของเครื่องมือวัดที่มีถูกต้องและเที่ยงตรงที่สุด จากผลการประเมินพบว่าเครื่องมือวัดทั้งหมดไม่สามารถใช้งานได้ตลอดย่านวัดที่ระบุบนเครื่องมือ จึงได้ทำการกำหนดเป็นมาตรฐานการใช้งาน และการประเมินความมีเสถียรภาพโดยใช้วิธีแผนภูมิควบคุมเป็นการทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่เครื่องมือเสื่อมสภาพ จำเป็นต้องได้รับการสอบเทียบใหม่ โดยผลจากการประเมินพบว่าเครื่องมือวัดส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานนานกว่าระยะเวลาการสอบเทียบครั้งต่อไป ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ความแม่นยำแบ่งออกเป็นเครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัด และเครื่องมือ

วัดแบบข้อมูลนับ ผลการประเมิน พบว่า เครื่องมือวัดแบบข้อมูลวัดที่ใช้ในการประเมิน 12 เครื่องมือ มีค่า % GR&R เกินกว่ามาตรฐานกำหนดทั้งสิ้น โดยมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากพนักงานวัดเป็นหลักจึงได้ดำเนินปรับปรุงแก้ไขตามสาเหตุที่ได้วิเคราะห์ พร้อมจัดทำคู่มือและมาตรฐานการใช้งาน จนระบบการวัดมีที่ % GR&R < 10 % ส่วนการประเมินความแม่นยำของเครื่องมือวัดแบบข้อมูลนับประกอบด้วยเครื่องมือ 10 เครื่องมือ พบว่า การใช้เครื่องมือวัดส่วนใหญ่มีปัญหาด้านความถูกต้องและความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงาน จึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขและจัดคู่มือทำมาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงานจนระบบวัดดังกล่าวมีค่าความสามารถในการวัดซ้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ

ธงชัย เชื้อใจ (2545) งานวิจัยฉบับนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์กระบวนการวัด (MSA) เพื่อวิเคราะห์กระบวนการวัดค่าจำนวนอนุภาคในของเหลว (LPC) ซึ่งเป็นวิธีการวัดค่าความสะอาดของชิ้นงานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยได้วิเคราะห์ระบบการวัดค่าจำนวนอนุภาคในของเหลวของผลิตภัณฑ์ A ด้วยการทดลองแบบสุ่มซ้อน โดยมีพนักงานวัดจำนวน 2 คน ทำการวัดชิ้นงานจำนวน 10 ลอต ลอตละ 3 ชิ้น ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า % GR&R เท่ากับ 66.18% ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่ามาตรฐาน AIAG กำหนดไว้คือ 30% แสดงว่าระบบการวัดยังมีความสามารถไม่เพียงพอและต้องดำเนินการปรับปรุง ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาสาเหตุและผลกระทบของระบบการวัดด้วยแผนภูมิก้างปลาจาก 4 ปัจจัยสำคัญ คือ วิธีการวัด เครื่องมือวัด พนักงานวัดชิ้นงานที่นำมาทำการวัด และสภาวะแวดล้อมในการวัด จากนั้นได้ทำการปรับปรุงระบบการวัดตามสาเหตุจากแผนภูมิก้างปลา และหาค่าที่เหมาะสมของระบบการวัดด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบทากูชิ ตามการทดลองในครั้งแรก ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า % GR&R เท่ากับ 11.07% ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องตามมาตรฐาน แสดงว่าระบบการวัดค่าจำนวนอนุภาคในของเหลวหลังการปรับปรุง มีความสามารถเพียงพอในการนำไปใช้งานสุดท้ายทำการวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัดในระยะยาวด้วยการศึกษาคุณสมบัติด้านความเสถียร

จากการทบทวนผลงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานด้วยเครื่องมือทางเทคนิคของระบบ ISO/TS16949:2009 ซึ่งได้แก่ SPC MSA และ FMEA พบว่าในการปรับปรุงกระบวนการผลิต นั้นสามารถใช้นำมาปรับปรุงและพัฒนากระบวนการปฏิบัติงานสำหรับอุตสาหกรรมผลิตชั้นส่วนยานยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ผู้ศึกษา จึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่าง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่าง

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีดำเนินการศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 โดยจะมีการนำทฤษฎีและเครื่องมือทางเทคนิคที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 คือ FMEA SPC และ MSA มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาแนวโน้มความล้มเหลวของกระบวนการผลิต ตลอดจนความผันแปรที่เกิดขึ้นจากปัจจัยต่าง ๆ ภายใต้กระบวนการผลิต เพื่อหาแนวทางในการควบคุมเสถียรภาพและความสามารถของกระบวนการผลิต

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสายการผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยานยนต์และบุคลากรที่เกี่ยวข้องในสายงานบริหาร สายงานผลิตและสายงานควบคุมคุณภาพ

<u>กลุ่มตัวอย่าง</u>

1. ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทสกรูที่ใช้ในการประกอบเก้าอี้นั่งภายในรถยนต์ ชื่อ ผลิตภัณฑ์ SCREW JMP M5 ขนาด0.8 x 25 มิลลิเมตร
2. ผู้บริหาร 2 คน พนักงานสายการผลิตและตรวจสอบคุณภาพ 4 คน รวม 6 คน

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบฟอร์มสำหรับบันทึกข้อมูลรายการอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดผลิตภัณฑ์ทั้งกระบวนการเพื่อดำเนินการจัดทำระบบวิเคราะห์ระบบการวัด MSA
2. แบบฟอร์มสำหรับบันทึกข้อมูลสำหรับข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ Product Specification จากลูกค้ากลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์เพื่อดำเนินการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ SPC
3. แบบฟอร์มสำหรับบันทึกกระบวนการผลิตเพื่อทำการวิเคราะห์หาแนวโน้มความล้มเหลวของกระบวนการ FMEA

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมเอกสารข้อมูลต่างๆ ขององค์กร ตลอดจนงานศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานี้ โดยการใช้หลักการของเครื่องมือทางเทคนิค FMEA SPC และ MSA เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุของความผันแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายใต้กระบวนการผลิตชิ้นงานตัวอย่างในกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์เพื่อจะดำเนินการป้องกันและควบคุมเสถียรภาพของกระบวนการผลิต

ขั้นตอนในการศึกษา

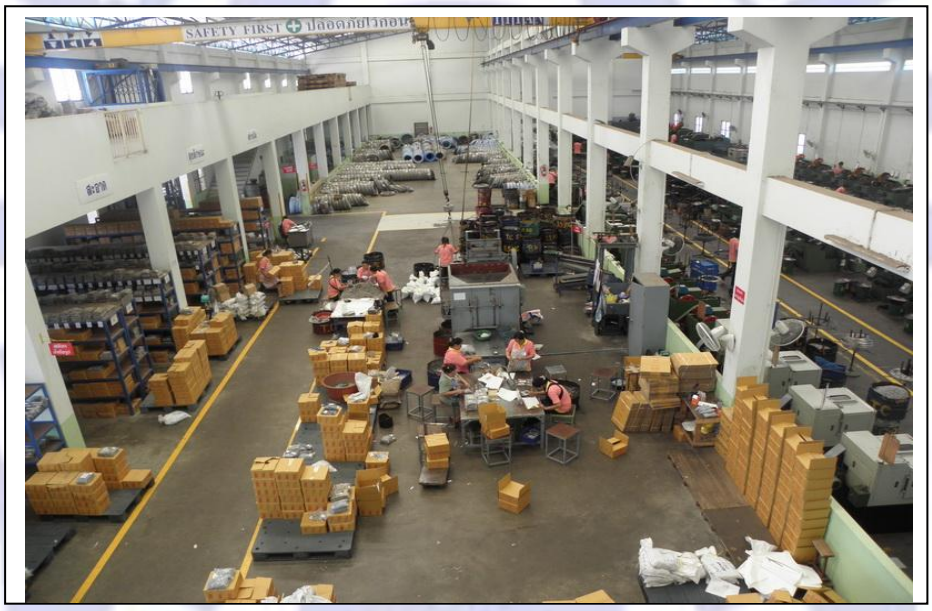
1. ศึกษาสภาพทั่วไปและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

สภาพทั่วไปของโรงงานตัวอย่างที่ทำการศึกษานี้เป็นโรงงานผลิตสกรูน๊อต โดยผลิตสินค้าภายใต้ JISIFI DIN ISO BS หรือแบบพิเศษต่าง ๆ และหลากหลายชนิด สินค้าที่ผลิตมีสกรูเกลียวปล่อย เกลียวมิล เกลียวหุน เกลียวชิพบอร์ด เกลียวสูง-ต่ำ เกลียวสามเหลี่ยม สกรูผ่าปลาย วู๊ดสกรู สตัด น๊อต แหวน รีเวท หมุดย้ำ สลัก และงานรับสั่งทำพิเศษตามที่ลูกค้าต้องการ วัตถุดิบที่ใช้เป็นสแตนเลส ทองเหลือง ทองแดง อลูมิเนียม เหล็ก และอื่นๆ กลุ่มลูกค้า ได้แก่ อุตสาหกรรมชิ้นยานยนต์ อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และอิเล็กทรอนิกส์ ดังแสดงตามกลุ่มของผลิตภัณฑ์

รูปที่ 5 ผลิตภัณฑ์ Screw Stainless

รูปที่ 6 ผลิตภัณฑ์ Machine Screw

รูปที่ 7 พื้นที่ภายในกระบวนการผลิต



รูปที่ 8 พื้นที่จัดเก็บวัตถุดิบ บรรจุ และจัดเก็บผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

รูปที่ 9 เครื่องจักรที่กำลังผลิตชิ้นงาน SCREW JMP M5

รูปที่ 10 เครื่องจักรที่กำลังผลิตชิ้นงาน SCREW JMP M5

ขั้นตอนการดำเนินผลิตสกรูประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 17 ขั้นตอน

1. การตรวจรับวัตถุดิบ
2. การจัดเก็บ
3. ตรวจเบิกจ่ายวัตถุดิบ
4. การเตรียมแม่พิมพ์
5. การติดตั้งแม่พิมพ์
6. การขึ้นรูปหัวสกรู
7. การรีดเกลียว
8. การตรวจสอบระหว่างกระบวนการ
9. จัดเก็บสกรูกึ่งสำเร็จรูป
10. ขบวนการส่งชุบแข็ง
11. การตรวจเช็คการชุบแข็ง
12. ขบวนการส่งชุบสี
13. การตรวจเช็คการชุบสี
14. การบรรจุผลิตภัณฑ์
15. การตรวจสอบก่อนส่งมอบผลิตภัณฑ์
16. การจัดเก็บผลิตภัณฑ์
17. การจัดส่งผลิตภัณฑ์

สภาพปัญหาของโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่างตัวอย่าง

จากการเก็บข้อมูลของโรงงานในช่วงเดือนมิถุนายน 2553 ซึ่งเป็นรายงานการทบทวนโดยฝ่ายบริหารเกี่ยวกับระบบบริหารคุณภาพ พบว่า ฝ่ายผลิตไม่สามารถบรรลุผลตามที่กำหนดไว้มากที่สุดโดยเฉพาะในส่วนของการผลิตในกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์

ตารางที่ 9 สรุปผลทบทวนโดยฝ่ายบริหารประจำปี 2553

หัวข้อการทบทวน โดยฝ่ายบริหาร	**เป้าหมาย (ปี 2554)**	**ผลจากการสรุปโดยฝ่ายบริหาร (ปี 2553)**
ประสิทธิภาพกระบวนการผลิต	90% (กำหนดโดยลูกค้า)	84%

จากรายงานสรุปผลการทบทวนการประชุมโดยฝ่ายบริหารครั้งที่ จะเห็นว่าสายงานที่ไม่สามารถบรรลุผลตามเป้าหมายมากที่สุดคือ สายงานผลิตและการวางแผนการผลิตซึ่งใน

การศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาให้ความสนใจที่เครื่องจักร K30 ซึ่งดำเนินการผลิตชิ้นงาน SCREW JMP M5 ขนาด 0.8x25 มิลลิเมตร

สำหรับกลุ่มลูกค้าชิ้นส่วนยานยนต์ ลูกค้าได้กำหนดเป้าหมายให้โรงงานตัวอย่างในเรื่องดำเนินการผลิตให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดให้ในแต่ละเดือนอย่างน้อย 90% ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นโรงงานตัวอย่างทำได้เพียง 84% ซึ่งไม่สามารถบรรลุผลตามที่ลูกค้ากำหนดไว้ได้

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของบกระบวนการผลิตชิ้นงาน SCREW JMP M5 เพื่อลดความผันแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและควบคุมเสถียรภาพของกระบวนการผลิตตั้งแต่การตรวจรับวัตถุดิบจนกระทั่งจัดส่งผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปให้แก่ลูกค้า อันจะเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้ากลุ่มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ตลอดจนเป็นการสร้างโอกาสในการแข่งขันสำหรับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในระดับล่างได้อีกด้วย ทีมงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่างตัวอย่างได้ให้ความร่วมมือในการศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ได้แก่ FMEA SPC และ MSA มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดความผันแปรภายใต้กระบวนการผลิตตลอดจนเพื่อเป็นการควบคุมเสถียรภาพและความสามารถของกระบวนการผลิต

ศึกษาการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความล้มเหลวของกระบวนการผลิตชิ้นงาน (FMEA)

ทีมงานผู้เกี่ยวข้องจากฝ่ายผลิตและควบคุมคุณภาพได้ร่วมกันวิเคราะห์หาแนวโน้มความล้มเหลวของกระบวนการผลิตชิ้นงาน SCREW JMP M5 ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จัดทำแผนผังกระบวนการไหลของกระบวนการผลิตสำหรับชิ้นงาน SCREW JMP M5
2. บ่งชี้บ่งชี้หน้าที่และเป้าหมายของแต่ละกระบวนการ พร้อมทั้งระบุจุดวิกฤต
3. กำหนดรายการข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ
4. ชี้บ่งผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับลูกค้า จากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งทำการประเมินความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น (Severity)
5. บ่งชี้สาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดของข้อบกพร่องพร้อมทั้งทำการประเมินโอกาสที่สาเหตุต่างๆ จะเกิดขึ้น (Occurrence)
6. ระบุสภาวะการควบคุมในปัจจุบันในแต่ละสาเหตุ พร้อมทั้งทำการประเมินความสามารถในการตรวจจับ (Detection)
7. ประเมินค่าความเสี่ยงของแต่ละสาเหตุ เพื่อจัดอันดับความสำคัญ (RPN)
8. ทำการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการในภาพรวมเพื่อลดค่า RPN ลดลง

ตารางที่ 10 การประยุกต์ใช้ FMEA ในกระบวนการผลิต

กระบวนการ Process	สภาพการขัดข้องที่เป็นไปได้ Failure Mode	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้	O	สถานะปัจจุบัน		D	RPN
						การป้องกัน	การตรวจสอบ		
การตรวจรับวัตถุดิบประเภทลวด	ลวดงอ บิดเบี้ยว เสียรูปทรง ผิวลวดไม่เรียบ ลวดเป็นสนิม	เข้าแม่พิมพ์ไม่ได้	4	1. กระบวนการจัดส่งมีปัญหา 2. Supplier ไม่ควบคุมคุณภาพ 3. การขนย้ายภายในโรงงานไม่	2	ยังไม่ชัดเจน	ตรวจสอบการรับเข้าวัตถุดิบ	9	72
แม่พิมพ์ (Mold)	แม่พิมพ์แตก หลวม	1. รูปทรงของชิ้นงานไม่ได้ตาม Spec ของลูกค้า 2. ผลิตสกรูไม่ได้	7	1. ไม่มีการกำหนด 2. ไม่มีการตรวจสภาพก่อนทำงาน	4	ตรวจสอบประจำเดือน	ตรวจสอบทุกเดือน	3	84
หัวส่งลวด	แตก หลวม	1. รูปทรงของชิ้นงานได้ตาม 2. ผลิตสกรูไม่ได้	3	1. ไม่มีการกำหนด 2. ไม่มีการตรวจสภาพหัวส่งลวด	2	ตรวจสอบสภาพรายเดือน		8	18
รูลวด	รูลวดหลอม	ทำให้หัวสกรูเสียรูป	4	1. ไม่มีการกำหนด 2. ไม่มีการตรวจสภาพรูส่งลวด	3	พนักงานเดินเครื่องสังเกตอาการ	ก่อนเดินเครื่อง	7	84
Die แม่พิมพ์รีดเกลียว	เกลียวลวดล้ม ค่า Diameter ของเกลียว ต่ำ เกลียวคอแตก เกลียวปลายด้วน เกลียวแตกร่อง	ชิ้นงานเสียรูปไม่เป็นไปตาม Spec ของลูกค้า	3	1. ลูกปืนข้อเหวี่ยง 2. หน้า Die สึกหรอ 3. Die หมดอายุการใช้งาน	5	ไม่ชัดเจน ซ่อมเมื่อเสียเท่านั้น	ตรวจสอบเมื่อขัดข้อง	8	120

หลังจากได้ร่วมกันวิเคราะห์ FMEA ในครั้งที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 10 แล้ว ทีมงานได้ร่วมกันเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดผลกระทบและหาแนวทางในการขจัดสาเหตุของความผันแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 11 ข้อแนะนำการแก้แนวโน้มผลกระทบกระบวนการผลิต

กระบวนการ Process	สภาพการขัดข้องที่เป็นไปได้ Failure Mode	ผลกระทบที่เป็นไปได้	ข้อแนะนำการแก้ไข	เป้าหมายกำหนดเวลาเสร็จ
การตรวจรับวัตถุดิบประเภทลวด	ลวดงอ บิดเบี้ยวเสียรูปทรง ผิวลวดไม่เรียบลวดเป็นสนิม	เข้าแม่พิมพ์ไม่ได้	1. ควบคุมการขนย้าย Material ภายในโรงงานอย่างระมัดระวัง 2. ควบคุมคุณภาพจาก Supplier ผู้ส่งมอบ 3. ควบคุมการตรวจรับวัตถุดิบ	2 สัปดาห์
แม่พิมพ์ (Mold)	แม่พิมพ์แตก หลวม	1. รูปทรงของชิ้นงานไม่ได้ตาม Spec ของลูกค้า 2. ผลิตสกรูไม่ได้ทำให้ล่าช้า	1. กำหนดระยะเวลาในการใช้งานและเปลี่ยนแม่พิมพ์ 2. กำหนดการตรวจสอบสภาพแม่พิมพ์ก่อนใช้งาน	1 เดือน
หัวส่งลวด	แตก หลวม	1. รูปทรงของชิ้นงานไม่ได้ตาม Spec ของลูกค้า 2. ผลิตสกรูไม่ได้ทำให้ล่าช้า	1. กำหนดระยะเวลาในการใช้งานและเปลี่ยนหัวส่งลวด 2. กำหนดการตรวจสอบสภาพหัวส่งลวดก่อนใช้งาน	2 สัปดาห์
รูลวด	รูลวดหลวม	ทำให้หัวสกรูเสียรูป	1. กำหนดการตรวจสอบสภาพรูลวด	2 สัปดาห์
Die แม่พิมพ์รีดเกลียว	เกลียวลวดล้ม ค่า Diameter ของเกลียว ต่ำ เกลียวคอแตก เกลียวปลายด้วน เกลียวแตกร่อง	ชิ้นงานเสียรูปไม่เป็นไปตาม Spec ของลูกค้า	1. กำหนดระยะเวลาในการใช้งานและ Die 2. กำหนดการตรวจสอบสภาพ Die ก่อนใช้งาน	1 เดือน

การศึกษาการประยุกต์ใช้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติหรือ SPC

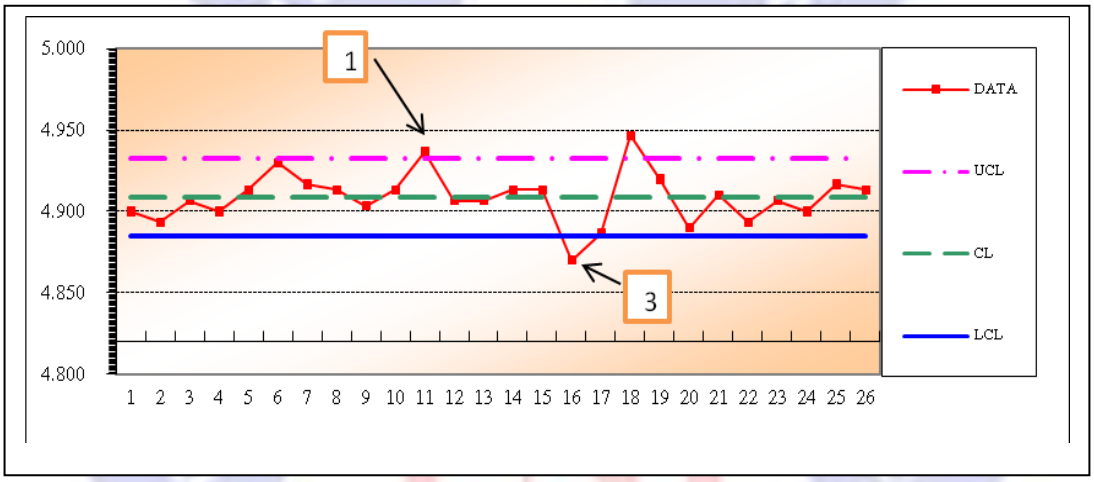
การศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาให้ความสนใจที่เครื่องจักร A18 และเครื่องจักร B17 ซึ่งดำเนินการผลิตชิ้นงาน SCREW-JMP- M5 ขนาด 0.8 x 25 มิลลิเมตร โดยเก็บรวบรวมข้อมูลคุณสมบัติ เฉพาะผลิตภัณฑ์ซึ่งกำหนดโดยลูกค้าให้ควบคุมค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของเกลียวหรือค่า D ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 4.88 ม.ม. ถึง 4.94 ม.ม. โดยกำหนดขนาดของตัวอย่างที่ต้องเก็บข้อมูลสองช่วง คือ ช่วงที่ 1 เป็นช่วงก่อนการปรับปรุงกระบวนการในเดือนกันยายน 2553 และช่วงที่ 2 เป็นช่วงหลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการเสร็จเรียบร้อยแล้วในเดือนพฤศจิกายน 2553 โดยฝ่ายควบคุมคุณภาพจะดำเนินการวัดคุณสมบัติเฉพาะสำหรับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเกลียว 26 กลุ่มตัวอย่างต่อเดือน ตัวอย่างละ 3 ชิ้น ลงในแบบฟอร์ม In-Process QC Inspection Report (FR-QC-09 Rev.00) แล้วทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

ตารางที่ 12 ข้อมูลการวัดชิ้นงาน SCREW-JMP- M5

กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มตัวอย่างย่อย			X-bar	R
	1	2	3		
1	4.88	4.90	4.92	4.9000	0.04
2	4.89	4.90	4.89	4.8933	0.01
3	4.90	4.90	4.92	4.9066	0.02
4	4.91	4.89	4.90	4.9000	0.02
5	4.93	4.90	4.91	4.9133	0.03
6	4.94	4.93	4.92	4.9300	0.02
7	4.91	4.94	4.90	4.9166	0.04
8	4.90	4.94	4.90	4.9133	0.04
9	4.91	4.90	4.90	4.9033	0.01
10	4.91	4.90	4.93	4.9133	0.03
11	4.95	4.94	4.92	4.9366	0.03
12	4.90	4.92	4.90	4.9066	0.02
13	4.90	4.91	4.91	4.9066	0.01
14	4.93	4.92	4.89	4.9133	0.04
15	4.92	4.92	4.90	4.9133	0.02
16	4.87	4.86	4.88	4.8700	0.02
17	4.89	4.88	4.89	4.8866	0.01

ตารางที่ 12 ข้อมูลการวัดชิ้นงาน SCREW-JMP- M5 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มตัวอย่างย่อย			X-bar	R
	1	2	3		
18	4.95	4.93	4.96	4.9466	0.03
19	4.91	4.93	4.92	4.9200	0.02
20	4.89	4.90	4.88	4.8900	0.02
21	4.88	4.89	4.90	4.90	0.02
22	4.92	4.91	4.91	4.9100	0.01
23	4.89	4.90	4.88	4.8900	0.02
24	4.88	4.89	4.90	4.90	0.02
25	4.92	4.91	4.91	4.9100	0.01
26	4.89	4.90	4.88	4.8900	0.02
				$\overline{\overline{X}}$ =4.908	$\overline{R}$ =0.02



รูปที่ 11 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย $\overline{x}$-Chart (ก่อนการปรับปรุง)

ผลจากการคำนวณโดยโปรแกรม Microsoft Excel ได้ค่าเฉลี่ยกลางรวมของกลุ่มข้อมูลมีค่า 4.908 และค่าพิกัดควบคุมบนมีค่า 4.932 และค่าพิกัดควบคุมล่างมีค่า 4.885 แต่จะเห็นว่าแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยมีข้อมูลที่ออกนอกขอบเขตพิกัดควบคุมบน 2 จุด คือ ช่วงที่ 11 และ 18 และมีข้อมูลที่ออกนอกพิกัดควบคุมล่าง 1 จุด คือ ช่วงที่ 16 แสดงว่าทั้ง 3 จุดนั้นเกิดความผันแปรที่ผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งจากการตรวจสอบโดยมีการประชุมทบทวนจากฝ่ายบริหารฝ่ายผลิตและฝ่ายควบคุมคุณภาพสามารถสรุปสาเหตุจากช่วงเวลาทั้ง 3 ช่วงที่เกิดความผิดปกติดังกล่าวได้ดังนี้

- จุดที่ 1 คือ ช่วงที่ 11 พบว่า เป็นช่วงของการเปลี่ยนกะ มีพนักงานใหม่ซึ่งยังไม่ได้รับการฝึกอบรมเรื่องการใช้เครื่องมือวัดสำหรับวัดชิ้นงาน และเครื่องมือวัดยังไม่ได้รับการสอบเทียบตามแผนประจำปีที่กำหนดไว้

- จุดที่ 2 คือ ช่วงที่ 18 พบว่า เป็นช่วงที่เครื่องจักรเกิดเหตุขัดข้องในกะกลางคืนแล้วทำให้การผลิตหยุดชั่วขณะเพื่อซ่อมเครื่องจักร ตามรายงานใบแจ้งซ่อมในเดือนตุลาคม 2553

- จุดที่ 3 คือ ช่วงที่ 16 พบว่า เป็นช่วงที่มีการทดลองใช้ผู้รับจ้างช่วงจากภายนอกรายใหม่เพื่อทำการชุบแข็งชิ้นงาน

คำนวณค่าสมรรถนะกระบวนการ ($Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$)

จากผลการคำนวณได้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด $\bar{\bar{X}}$ = 4.908 ลูกค้ากำหนดให้ USL= 4.94 และ LSL= 4.88

แทนค่า $\frac{4.94 - 4.88}{6\sigma}$ และ σ หาได้จาก $\frac{\bar{R}}{d2}$ จะได้ $\frac{0.020}{1.693} = 0.0141$

ฉะนั้นจะได้ Cp มีค่า $\frac{4.944 - 4.88}{6(0.0141)} = 0.95$ ซึ่งมีค่า < 1 แสดงว่าเครื่องจักรไม่สามารถผลิตได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอทำให้มีของเสียปนออกมา

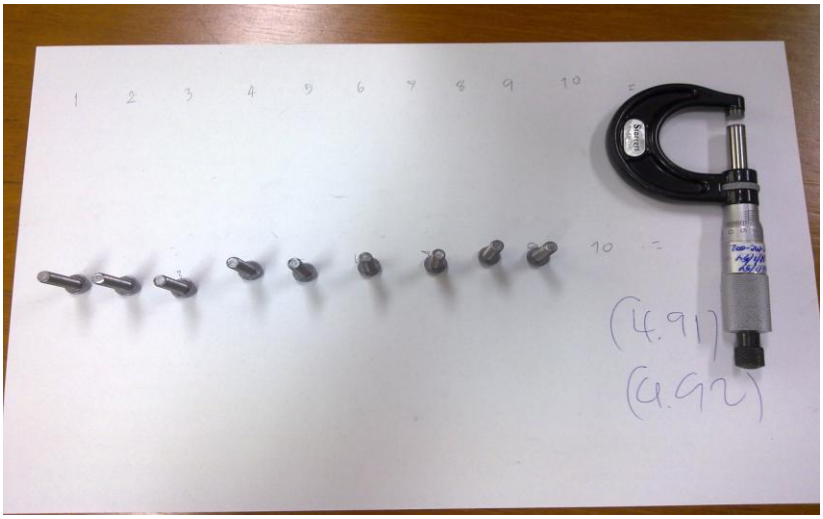
คำนวณค่าอัตราส่วนสมรรถนะกระบวนการ (Cpk ค่าต่ำสุดระหว่าง $\frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3\sigma}, \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\sigma}$)

แทนค่า $\left[\frac{4.940 - 4.908}{3(0.0141)}, \frac{4.908 - 4.88}{3(0.0141)}\right]$ จะได้ 0.95, 0.83 ค่าต่ำสุดที่ได้คือ 0.83

ฉะนั้นจะได้ Cpk = 0.83 < 1 แสดงว่ามีผลิตภัณฑ์บางส่วนจากกระบวนการผลิตไม่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด (Out of Specification) หรือกระบวนการมีเสถียรภาพ และสมรรถนะที่ต่ำ

ศึกษาการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยวิธี GR&R

ดำเนินการศึกษาวิเคราะห์ระบบการวัดโดยพนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ 3 คน พร้อมกับเครื่องมือวัด Vernier Digital Caliper ที่ได้รับการสอบเทียบและชิ้นงานตัวอย่าง 10 ชิ้น เพื่อประเมินค่าความเชื่อมั่นของระบบการวัดที่ได้จากค่า % GR&R



รูปที่ 12 เครื่องมือวัดและชิ้นงานตัวอย่าง

รูปที่ 13 ผู้ปฏิบัติงานดำเนินการศึกษาระบบการวัด MSA

ตารางที่ 13 ผลการศึกษาการวัดด้วยวิธี GR&R

	GR&R	Doc. No. F-QA-05-03

Date :
Part Name : Screw JP25
Characteristic : -
Specification : 4.91 ±0.03
Study Area : QA-ROOM

Tolerance 0.06
USL = 4.94
LSL = 4.88

Gauge : Vernier digital Caliper
Equipment No. : V/QC/004
Maker :
Name of Appraiser 1 : ณวัลย์ สุขมิง
Name of Appraiser 2 : สุวีย์ สายเพชร
Name of Appraiser 3 : พลวิณา แสนคำ

APPRAISER	/TRIAL #	PART 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average
1	1	4.92	4.92	4.91	4.91	4.91	4.91	4.92	4.91	4.91	4.91	4.9130
	2	4.91	4.91	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.91	4.91	4.92	4.9160
	3	4.92	4.92	4.91	4.91	4.92	4.91	4.91	4.92	4.91	4.92	4.9150
	Average	4.917	4.917	4.913	4.913	4.917	4.913	4.917	4.913	4.910	4.917	$\bar{X}_a$ = 4.9147
	Range	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	$\bar{R}_a$ = 0.0090
2	1	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.92	4.9110
	2	4.92	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.9110
	3	4.91	4.92	4.91	4.91	4.91	4.91	4.92	4.92	4.91	4.92	4.9140
	Average	4.913	4.913	4.910	4.910	4.910	4.910	4.913	4.913	4.910	4.917	$\bar{X}_b$ = 4.9120
	Range	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	$\bar{R}_b$ = 0.0050
3	1	4.92	4.92	4.91	4.91	4.91	4.91	4.92	4.92	4.92	4.92	4.9160
	2	4.91	4.91	4.91	4.92	4.91	4.91	4.91	4.92	4.91	4.92	4.9130
	3	4.91	4.91	4.92	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91	4.92	4.91	4.9120
	Average	4.913	4.913	4.913	4.913	4.910	4.910	4.913	4.917	4.917	4.917	$\bar{X}_c$ = 4.9137
	Range	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	$\bar{R}_c$ = 0.0080
Part Average ($\bar{X}_p$)		4.914	4.914	4.912	4.912	4.912	4.911	4.914	4.914	4.912	4.917	$\bar{\bar{X}}$ = 4.9134
												R_p = 0.0056

[$\bar{R}_a$ = 0.0090] + [$\bar{R}_b$ = 0.0050] + [$\bar{R}_c$ = 0.0080] / [# OF APPRAISER = 3] = 0.01 $\bar{R}$ = 0.0073

[Max$\bar{X}$ = 4.9147] - [Min $\bar{X}$ = 4.9120] = $\bar{X}_{DIFF}$ 0.0027

[$\bar{R}$ = 0.0073] x [D_4 = 2.5800] = UCL_R 0.01892

[$\bar{R}$ = 0.0073] x [D_3 = 0.0000] = LCL_R 0.0000

* D_4 = 3.27 for 2 trials and 2.58 for 3 trials ; D_3 = 0 for up to 7 trials. UCL_R represents the limit of individual R's. Circle those that are beyond this lomit. Identify the cause and correct. Repeat these readings using the same appraiser and unit as originally used or discard values and re-average and recompute R and the limiting value form the remaining observations.

APPROVED	CHECKED	REPORT BY
/ /	/ /	/ /

NIGHT INSTITUTE OF TECHNO

บทที่ 4
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปที่ได้จากการศึกษา คือ สรุปผลข้อมูลพื้นฐานของการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเทคนิคตามมาตรฐาน ISO/TS16949:2009 ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ระดับล่าง

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นงาน SCREW JMP M5 เพื่อทำการวิเคราะห์ และลดความผันแปรที่เกิดขึ้นในการบวนการผลิตโดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA, SPC, MSA สำหรับกระบวนการ โดยเริ่มจากเลือกชิ้นส่วนที่ทำการศึกษาซึ่งได้พิจารณาจากชิ้นส่วนหลักที่อยู่ในกลุ่มของชิ้นส่วนยานยนต์ โดยอาศัยสถิติข้อมูลประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตในช่วงเดือน มิถุนายน – กันยายน พ.ศ. 2553

หลังจากนั้นทำการศึกษากระบวนการผลิตของชิ้นงาน SCREW JMP M5 แผนผังแสดงการไหลของกระบวนการ บ่งชี้หน้าที่และเป้าหมายของแต่ละกระบวนการ ระบุค่าวิกฤต กำหนดรายการข้อบกพร่อง ประเมินความรุนแรงของผลกระทบ (Severity) ประเมินโอกาสที่สาเหตุต่าง ๆ จะเกิดขึ้น (Occurrence) โดยอาศัยผังก้างปลาช่วยในการวิเคราะห์ ประเมินความสามารถในการตรวจจับ (Detection) และคำนวณค่า RPN หลังจากได้ค่าตัวเลข RPN แล้วทำการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งในการปรับปรุงได้ร่วมกันระดมความคิดของทีมงาน พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดความผันแปรในแต่ละกระบวนการมีลักษณะแตกต่างกันซึ่งส่งผลให้ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น ข้อบกพร่องเกิดจากพนักงาน วิธีการปฏิบัติงานได้จัดทำแผนควบคุมคุณภาพช่วยเพื่อลดความผิดพลาด และทำการอบรมพนักงานโดยหัวหน้าแผนกและทดสอบพนักงานอย่างสม่ำเสมอ ข้อบกพร่องเกิดจากการเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต ได้ทำการขจัดข้อบกพร่องเกิดจากความไม่พร้อมของเครื่องจักร ได้ปรับปรุงโดยการวางแผนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน มีการตรวจเช็คสภาพเครื่องจักรเพื่อให้เกิดความพร้อมก่อนปฏิบัติงาน

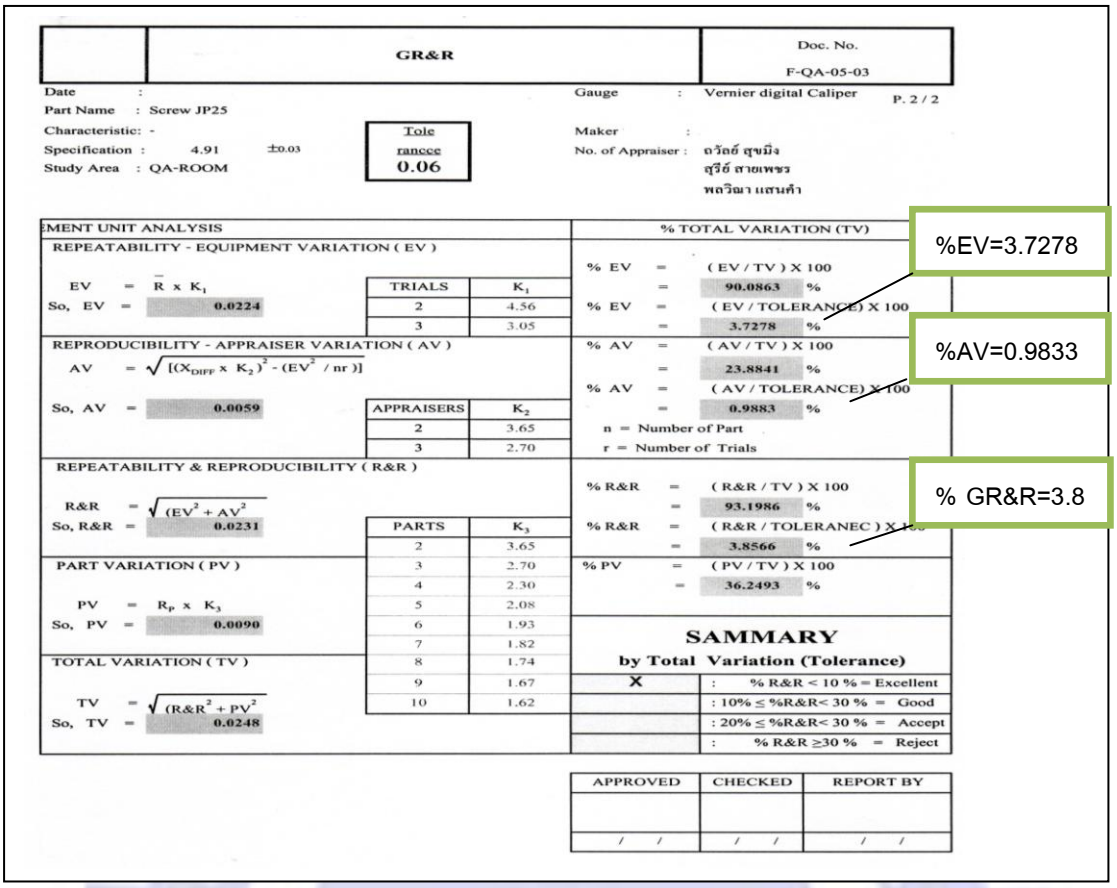
หลังจากทำการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิตได้ทำประเมินค่า RPN ครั้งที่ 2 พบว่าค่า RPN ทุกค่าลดลงดังแสดงในตารางที่ 14 และเมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลประสิทธิภาพกระบวนการผลิตในช่วงก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุงพบว่ามีสัดส่วนของประสิทธิภาพกระบวนการผลิตที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์ FMEA หลังดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิต

กระบวนการ Process	สภาพการขัดข้องที่เป็นไปได้	ผลกระทบที่เป็นไปได้	RPN เดิม	ผลการแก้ไข				
				การแก้ไข	S	O	D	RPN ใหม่
การตรวจรับวัตถุดิบประเภทลวด	ลวดงอ, บิดเบี้ยว เสียรูปทรง ผิวลวดไม่เรียบ ลวดเป็นสนิม	เข้าแม่พิมพ์ไม่ได้		1. กำหนดมาตรฐานการตรวจรับวัตถุดิบ 2. ควบคุมผู้ส่งมอบโดยเพิ่มความถี่การประเมิน	3	3	5	45
แม่พิมพ์ (Mold)	แม่พิมพ์แตก หลวม	1. รูปทรงของชิ้นงานไม่ได้ตาม Spec ของลูกค้า 2. ผลิตสกรูไม่ได้ ทำให้ล่าช้า	84	1. ทำแผนบำรุงรักษาแม่พิมพ์ 2. ตรวจสอบรับเข้าแม่พิมพ์ตาม WI	5	4	3	60
หัวส่งลวด	แตก หลวม	1. รูปทรงของชิ้นงาน 2. ผลิตสกรูไม่ได้ ทำให้ล่าช้า	48	เปลี่ยนหัวส่งลวดใหม่และทำการตรวจเช็คตาม WI	2	2	7	28
รูลวด	รูลวดหลวม	ทำให้หัวสกรูเสียรูป	84	บำรุงรักษาเครื่องจักรตาม WI และเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ชำรุดใหม่ทันที	3	3	5	45
Die แม่พิมพ์รีดเกลียว	เกลียวลวดล้ม ค่า Diameter ของเกลียว ต่ำ เกลียวคอแตก เกลียวปลายด้วน เกลียวแตกร่อง	ชิ้นงานเสียรูปไม่เป็นไปตาม Spec ของลูกค้า	120	บำรุงรักษา Die ตาม WI และจัดทำตารางการเปลี่ยนตามชั่วโมงการเดินเครื่อง	2	5	7	70

หลังจากที่ได้ดำเนินการปรับปรุงกระบวนการตามที่ได้ดำเนินการไปในบทที่ 3 แล้วนั้นเพื่อเป็นการตรวจสอบว่าระบบการวัด (Measurement System) มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือมากขึ้นเพียงใดได้ทำการศึกษาระบบการวัดด้วยวิธี GR&R เพื่อศึกษาค่าความเชื่อมั่นของระบบการวัดและชนิดของความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการวัดผลิตภัณฑ์ซึ่งจะแสดงด้วยค่า % GR&R %EV และ %AV

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยวิธี GR&R



GR&R

Doc. No. F-QA-05-03

Date :
Part Name : Screw JP25
Characteristic: -
Specification : 4.91 ±0.03
Study Area : QA-ROOM

Tolerance 0.06

Gauge : Vernier digital Caliper P. 2 / 2
Maker :
No. of Appraiser : ฉวัลย์ สุขมิง
สุรีย์ สายเพชร
พลวิฒา แสนคำ

EMENT UNIT ANALYSIS

REPEATABILITY - EQUIPMENT VARIATION (EV)

EV = $\bar{R} \times K_1$
So, EV = 0.0224

TRIALS	K_1
2	4.56
3	3.05

REPRODUCIBILITY - APPRAISER VARIATION (AV)

AV = $\sqrt{[(X_{DIFF} \times K_2)^2 - (EV^2 / nr)]}$
So, AV = 0.0059

APPRAISERS	K_2
2	3.65
3	2.70

REPEATABILITY & REPRODUCIBILITY (R&R)

R&R = $\sqrt{(EV^2 + AV^2)}$
So, R&R = 0.0231

PARTS	K_3
2	3.65
3	2.70
4	2.30
5	2.08
6	1.93
7	1.82
8	1.74
9	1.67
10	1.62

PART VARIATION (PV)

PV = $R_p \times K_3$
So, PV = 0.0090

TOTAL VARIATION (TV)

TV = $\sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$
So, TV = 0.0248

% TOTAL VARIATION (TV)

% EV = (EV / TV) X 100 = 90.0863 %
% EV = (EV / TOLERANCE) X 100 = 3.7278 %

% AV = (AV / TV) X 100 = 23.8841 %
% AV = (AV / TOLERANCE) X 100 = 0.9883 %

n = Number of Part
r = Number of Trials

% R&R = (R&R / TV) X 100 = 93.1986 %
% R&R = (R&R / TOLERANEC) X 100 = 3.8566 %

% PV = (PV / TV) X 100 = 36.2493 %

%EV=3.7278

%AV=0.9833

% GR&R=3.8

SAMMARY
by Total Variation (Tolerance)

X	: % R&R < 10 % = Excellent
	: 10% ≤ %R&R< 30 % = Good
	: 20% ≤ %R&R< 30 % = Accept
	: % R&R ≥30 % = Reject

APPROVED	CHECKED	REPORT BY
/ /	/ /	/ /

จากผลการวิเคราะห์การศึกษาระบบการวัด MSA ด้วยวิธี GR&R ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งแสดงค่า %GR&R, %EV และ %AV ของระบบการวัด สรุปผลได้ดังนี้

1. %GR&R = 3.85% < 10% แสดงว่าระบบมีการวัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดีสามารถยอมรับได้

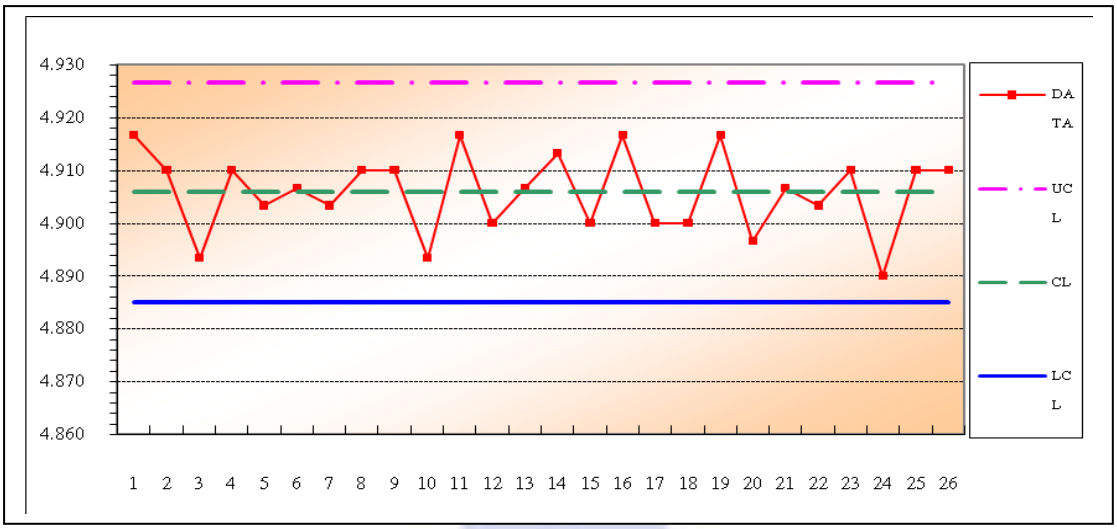
2. %EV > %AV ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความผันแปรที่เกิดจากเครื่องมือมีค่ามากกว่าความผันแปรที่เกิดจากผู้ที่ทำการวัด ผลที่ได้นั้นมีสาเหตุและสิ่งซึ่งต้องปรับปรุงเพิ่มเติม

คือ ต้องการการบำรุงรักษาถี่มากขึ้นหรือทำการสอบเทียบถี่ขึ้น เนื่องจากเครื่องมือวัดดังกล่าวใช้งานเป็นประจำอาจจะเกิดการคลาดเคลื่อนได้

ผลการประเมินเสถียรภาพและความสามารถของกระบวนการหลังจากที่ได้ควบคุมกระบวนการตามแผนคุณภาพที่ได้จัดทำขึ้น โดยการเก็บข้อมูลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเกลียวของชิ้นงาน SCREW JMP M5 จำนวน 26 กลุ่มตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ชิ้น ลงในแบบฟอร์ม In-Process QC Inspection report (FR-QC-09 Rev.00) เพื่อทำการจัดทำแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย แล้ววิเคราะห์ผลเพื่อสรุปว่ากระบวนการมีเสถียรภาพและความสามารถภายใต้กระบวนการผลิตมากน้อยเพียงใดเพื่อเสนอแนวทางแก้ไขปรับปรุงต่อไป

ตารางที่ 16 การเก็บข้อมูลเพื่อจัดทำแผนภูมิควบคุมหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต

กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มตัวอย่างย่อย			X-bar	R
	1	2	3		
1	4.88	4.90	4.92	4.9000	0.04
2	4.89	4.90	4.89	4.8933	0.01
3	4.90	4.90	4.92	4.9066	0.02
4	4.91	4.89	4.90	4.9000	0.02
5	4.93	4.90	4.91	4.9133	0.03
6	4.94	4.93	4.92	4.9300	0.02
7	4.91	4.94	4.90	4.9166	0.04
8	4.90	4.94	4.90	4.9133	0.04
9	4.91	4.90	4.90	4.9033	0.01
10	4.91	4.90	4.93	4.9133	0.03
11	4.90	4.91	4.92	4.9366	0.03
12	4.90	4.92	4.90	4.9066	0.02
13	4.90	4.91	4.91	4.9066	0.01
14	4.93	4.92	4.89	4.9133	0.04
15	4.92	4.92	4.90	4.9133	0.02
16	4.89	4.90	4.88	4.8700	0.02
17	4.89	4.88	4.89	4.8866	0.01
18	4.91	4.91	4.92	4.9466	0.03
19	4.91	4.93	4.92	4.9200	0.02
20	4.89	4.90	4.88	4.8900	0.02
21	4.88	4.89	4.90	4.90	0.02
22	4.92	4.91	4.91	4.9100	0.01
23	4.89	4.90	4.88	4.8900	0.02
24	4.88	4.89	4.90	4.90	0.02
25	4.92	4.91	4.91	4.9100	0.01
26	4.89	4.90	4.88	4.8900	0.02
				X-bar=4.905	R-bar=0.02



รูปที่ 14 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย $\bar{x}$-Chart (หลังการปรับปรุง)

ผลจากการคำนวณโดยโปรแกรม Microsoft Excel ได้ค่าเฉลี่ยกลางรวมของกลุ่มข้อมูลมีค่า 4.906 และค่าพิกัดควบคุมบนมีค่า 4.927 และค่าพิกัดควบคุมล่างมีค่า 4.885 จะเห็นว่าหลังดำเนินการควบคุมกระบวนการผลิตแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยมีเสถียรภาพของกระบวนการมากขึ้นคือความผันแปรภายใต้กระบวนการลดลงโดยไม่มีข้อมูลในกลุ่มใดที่ออกนอกพิกัดควบคุม

คำนวณค่าสมรรถนะกระบวนการ Cp และค่าอัตราส่วนสมรรถนะกระบวนการ Cpk

หาสมรรถนะกระบวนการ $Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$

เฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด $\bar{\bar{X}} = 40905$

USL = 4.94, LSL = 4.88 ซึ่งลูกค้ากำหนดให้ แทนค่า $\frac{4.944 - 4.88}{6\sigma}$

σ หาได้จาก $\frac{\bar{R}}{d2}$ จะได้ $\frac{0.020}{1.693} = 0.0141$ ฉะนั้น $\frac{4.944 - 4.880}{6(0.0141)} = 1.22$

ฉะนั้น Cp>1 กระบวนการมีศักยภาพดี แสดงว่า เครื่องจักรสามารถผลิตของดีได้สม่ำเสมอมากขึ้น เนื่องจากได้มีการบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องจักรในกระบวนการผลิตตามแผนที่กำหนดไว้ ทำให้มีของเสียในกระบวนการน้อยลง

หาค่าอัตราส่วนสมรรถนะกระบวนการ Cpk ค่าต่ำสุดระหว่าง $\frac{USL-\bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X}-LSL}{3\sigma}$

แทนค่า $\left[\frac{4.940-4.905}{3(0.0141)}, \frac{4.905-4.880}{3(0.0141)}\right]$ จะได้ 1.14, 1.32 ค่าต่ำสุดที่ได้คือ 1.14

Cpk ที่ได้มีค่า >1 แสดงว่า ผลิตภัณฑ์โดยส่วนมากจากกระบวนการผลิตมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนด (Inside Specification) หรือกระบวนการมีความเสถียรภาพมากขึ้นหลังปรับปรุงกระบวนการ

สรุปผลการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

ตารางที่ 17 สรุปประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตชิ้นงาน (SCREW JMP M5)

ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตชิ้นงาน (SCREW JMP M5)	จำนวนเป้าหมายผลผลิตจากลูกค้า(ชิ้น)	ผลผลิตที่ทำได้ (ชิ้น)	ความสามารถในการผลิตได้เมื่อเทียบกับเป้าหมาย(%)
ก่อนปรับปรุง (มิ.ย. 53-ก.ย. 53)	150,000	112,500	75
หลังปรับปรุง (พ.ย. 53-ม.ค. 54)	200,000	187,900	93
ประสิทธิภาพในการผลิตที่เพิ่มขึ้น	50,000	75400	18

ตารางที่ 18 สรุปสมรรถนะของกระบวนการผลิตชิ้นงาน (SCREW JMP M5)

สมรรถนะของกระบวนการผลิตชิ้นงาน (SCREW JMP M5)	Cp	Cpk
ก่อนปรับปรุง (มิ.ย. 53-ก.ย. 53)	0.95	0.83
หลังปรับปรุง (พ.ย. 53- ม.ค. 54)	1.22	1.14
สมรรถนะของกระบวนการผลิตหลังปรับปรุงเพิ่มขึ้น	0.26	0.30

ตารางที่ 19 สรุปค่า RPN ของกระบวนการผลิตชิ้นงาน (SCREW JMP M5)

ค่า RPN ของกระบวนการผลิตชิ้นงาน (SCREW JMP M5)	Dieแม่พิมพ์รีดเกลียว	Mold แม่พิมพ์ชิ้นงาน	รูลวด	การตรวจรับวัตถุดิบลวด	หัวส่งลวด
ก่อนปรับปรุง (มิ.ย. 53-ก.ย. 53)	120	84	84	72	48
หลังปรับปรุง (พ.ย. 53-ม.ค. 54)	70	60	45	45	28
ค่า RPN ของกระบวนการหลังปรับปรุงลดลง	50	16	39	27	20

ตารางที่ 20 สรุปค่า % GR&R ของการวัดชิ้นงาน (SCREW JMP M5)

% GR&R ของระบบการวัดชิ้นงาน(SCREW JMP M5)	% GR&R < 10 % อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องแก้ไข	10 % ≤ % GR&R < 30 % อาจยอมรับได้ ให้พิจารณาปัจจัยอื่น) ๆ อาทิ การประยุกต์ใช้	% GR&R ≥ 30 % ไม่สามารถยอมรับได้ ต้องค้นหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไข
ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ระบบการวัดจากพนักงาน 3 คนและชิ้นงาน 10 ตัวอย่าง	ผลที่ได้ 3.85% อยู่ในเกณฑ์ที่ดีแต่ต้องปรับปรุงในส่วนของเครื่องมือวัดเพิ่มเติม เช่นเพิ่มความถี่ในการสอบเทียบภายในบริษัท	N/A	N/A

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาฉบับนี้ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นงาน SCREW JMP M5 และเครื่องจักร A-17 และ B-18 เท่านั้น เนื่องจากเป็นชิ้นงานที่ผลิตด้วยเครื่องจักรเฉพาะในกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ที่ต้องการศึกษาถึงสมรรถนะของกระบวนเพื่อลดความผันแปรที่เกิดขึ้นฉะนั้นในการศึกษาครั้งต่อไป จึงควรทำการศึกษากระบวนการควบคุมในผลิตภัณฑ์ในกลุ่มที่เหลือเพื่อสามารถควบคุมประสิทธิภาพกระบวนการผลิตได้อย่างทั่วถึงและครอบคลุมทุกกระบวนการผลิต

2. ในการจัดทำแผนคุณภาพเพื่อควบคุมผลิตควรแนะนำพนักงานทุกคนที่เกี่ยวข้องและควรมีการให้ความรู้ ฝึกอบรมพนักงานถึงวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง นอกจากนี้เมื่อมีการ

ปรับปรุงวิธีการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงานต่าง ๆ ควรแก้ไขในเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานด้วย เพื่อปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยอยู่เสมอ

3. พนักงานที่ต้องใช้อุปกรณ์เครื่องมือวัดควรมีประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือวัดแต่ละชนิดเป็นอย่างดี และควรพัฒนาทักษะและเทคนิคในการวัดให้มีประสิทธิภาพที่สม่ำเสมอ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2539ก). **สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 1.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

----------. (2546ข). **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

----------. (2547ค). **การดำเนินการ FMEA สำหรับกระบวนการ.** กรุงเทพฯ : ส.เอเซียเพรส.

----------. (2547ง). **การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ FMEA**. กรุงเทพฯ : ส.เอเซียเพรส.

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. (2541). **การควบคุมคุณภาพ.** กรุงเทพฯ : ประกอบเมไตร.

เฉลิมพล ลีลาผาติกุล. (2540). **การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบทางคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เฉลิมพล ลีลาผาติกุล. (2540). **การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบทางคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ช่วงโชติ พันธุเวช. (2547). **การจัดการคุณภาพ.** นครปฐม : สำนักพิมพ์สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา.

ชินวุธ สถิรวุฒิพงศ์. (2543). **การประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ระบบการวัด.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชิราภรณ์ เศรษฐนันท์. (2542). **การลดชิ้นส่วนของเสียในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยการศึกษาและรวบรวมข้อมูลการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธงชัย เชื้อใจ. (2545). **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการวัดความสะอาดแขนจับยึดฮาร์ดดิสก์โดยใช้การนับจำนวนอนุภาคของเหลว.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธัญญาภรณ์ ธนบุญสมบัติ. (2546). **การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตกระจกนิรภัย ด้านข้างสำหรับรถยนต์ โดยใช้เทคนิค FMEA.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธัญญาภรณ์ ธนบุญสมบัติ. (2546). **การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตกระจกนิรภัยด้านข้างสำหรับรถยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรเดช เรืองศรี. (2550). **การพัฒนากระบวนการควบคุมการพิมพ์กล่องบรรจุภัณฑ์เพื่อลดความสูญเสีย.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ภักดี พูลสุข. (2546). **เทคนิคการแก้ไขปัญหา.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

รังสรรค์ เลิศในสัตย์. (2550). **คู่มือการบริหารการผลิตอย่างมืออาชีพ เล่ม 2.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วรพจน์ รัตนแสงสกุลไทย. (2541). **การพัฒนาการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติในที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ ของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่เป็นแหนบรถยนต์.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีรพล ปัญญาวิสุทธิกุล. (2543). **การปรับปรุงกระบวนการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมฉีดขึ้นรูปพลาสติก.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิฑูรย์ สิมะโชคดี. (2542). **คุณภาพ คือ การปรับปรุง.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วีรพจน์ ลือประสิทธิ์สกุล. (2544). **การบริหารกระบวนการอย่างมีคุณภาพ.** กรุงเทพฯ : บีพีอาร์แอนด์ทีคิวเอ็มคอนซัลแทนท์.

สถาบันยานยนต์แห่งประเทศไทย. (2553). **บทสรุปผู้บริหาร : บทวิเคราะห์เรื่องแนวโน้มและทิศทางการลงทุนในประเทศกับมิติใหม่ของเศรษฐกิจไทย.** กรุงเทพฯ : สถาบันยานยนต์แห่งประเทศไทย.

เสรี ยูนิพันธ์. (2536). **เทคนิคการควบคุมคุณภาพ.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรถพล ฤทธิภักดี. (2544). **การปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Automotive Industry Action Group (AIAG). (2001). **Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Reference Manual.** 3rd ed. Southfield : AIAG Publishing.

Bonett, D. (2006). Approximate Confidence Interval for Standard Deviation of Non-Normal Distribution. **Computational Statistic & Data Analysis**. 50 : 775-82.

Cohen, J. (1960). A Coefficient for Agreement for Nominal Scales. **Education and Psychological Measurement.** 20 : 36-46.

Clark, T. J. (1999). Success Through Quality. **Support Guide for the Journey to Continuous Improvement.** Wisconsin : ASQ Quality Press.

Everitt, B. (1996). **Making Sense of Statistics in Psychology.** Oxford : Oxford University Press.

Farnum, Nicholas R. (1994). Modern Statistic Quality Control and Improvement. New York : Duxbury Press.

Grubbs, F. E. (1973). Errors of Measurement, Precision, Accuracy and the Statistical Comparison of Measuring Instruments. **Technometrics**. 15 : 53-66.

Gryna, F. M. (2001). **Quality Planning and Analysis.** 4th ed. Irwin : McGraw-Hill.

Montgomery, D. C. (2004). **Introduction to Statistical Qaulity Control.** 4th ed. New York : John Wiley.

Hahn, J. H.; & Nelson, W. (1970). A Problem in the Statistical Comparison of Measuring Device. **Technometrics.** 12 : 95-102.

Martin, K. Starr. (1989). **Managing Production and Operations.** New Jersey : Prentice-Hall

Stamatis, D. H. (1995). **Failure Mode and Effects Analysis.** Wisconsin : ASQ Quality Press.

Scipioni, H.; et al. (2002). Strategies to Assure the Absence of GMO in Food Products Application Process in a Confectionery Firm. **FMEA Food Control.** 16 : 569-578.

Rathel, R.; et al. (2007). Gauge Repeatability and Reproducibility Studies and Measurement System Analysis. **A Multimethod Exploration of the State of Practice.** 23 : 1-12.

Milwaukee. (2005). Confidence Intervals for Misclassification Rates in a Gauge R&R Study. **Journal of Quality Technology.** 37 : 294-303.