# การประยุกต์ใช้ FMEA ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ขนาดกลางและขนาดย่อม กรณีศึกษาโรงงานปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น

# APPLICATIONS OF FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS IN NEW PRODUCT DEVELOPMENT FOR AUTOMOTIVE SMEs MANUFACTURERS: A CASE STUDY OF METAL PRESS MANUFACTURING

เอกราช คงสรรค์เสถียร[1] และ ณรงค์พนธ์ บุญทรงไพศาล[2]

[1]คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น 1771/1 ซ.พัฒนาการ37 ถ.พัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพ 10250

โทร 0-2763-2600 โทรสาร 0-2763-2700 E-mail: ekaraj.kongsansatien@gmail.co.th

[2]คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น 1771/1 ซ.พัฒนาการ37 ถ.พัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพ 10250

โทร 0-2763-2600 โทรสาร 0-2763-2700 E-mail: narongpon@tni.ac.th

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาการประยุกต์ใช้ FMEA ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ขนาดกลางและขนาดย่อม เพื่อหาแนวทางในการลดของเสียที่เกิดขึ้นภายใต้กระบวนการผลิต แนวคิดและหลักการของเครื่องมือนี้ คือ การวิเคราะห์ถึงแนวโน้มของปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นตั้งแต่การรับวัตถุดิบ การจัดเก็บวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การจัดเก็บสินค้าสำเร็จรูป และการส่งมอบให้แก่ลูกค้าซึ่งต้องอาศัยทีมงานที่มีประสบการณ์จากหลายส่วนมาร่วมมือกันดำเนินการเพื่อที่จะหาแนวทางการขจัดหรือลดความเสี่ยงของปัญหาต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ซึ่งจากการศึกษาการประยุกต์ใช้ FMEA พบว่าแนวโน้มความผิดพลาดและความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นสูงสุดได้แก่ ปัญหาชิ้นงานเป็นครีบจากกระบวนการตัดเฉือน ปัญหาระยะระหว่างรูไม่ได้ขนาดจากกระบวนการดัดงอ และปัญหาการบรรจุงานไม่ครบจากกระบวนการบรรจุ ทางทีมงานจึงได้นำเสนอแนวทางในการปรับปรุง เพื่อลดตัวเลขแสดงลำดับของความเสี่ยง (RPN) โดยผลจากการดำเนินการปรับปรุงพบว่าค่า RPN มีค่าลดลง โดยที่กระบวนการตัดเฉือนมีค่าลดลงจาก 288 เหลือ 216 กระบวนการดัดงอมีค่าลดลงจาก 288 เหลือ 216 และกระบวนการบรรจุมีค่าลดลงจาก 384 เหลือ 96 และในส่วนของภาพรวมจากข้อมูลของเสียใน ล้อตผลิตจริงของผลิตภัณฑ์ใหม่ในไตรมาสที่ 3 มีค่าลดลงเหลือ 28 ppm จากไตรมาสที่ 2 ที่มีของเสียอยู่ที่ 120 ppm

**Abstract**

This research aims to study the application of FMEA for new product development of Automotive SMEs Manufacturer in order to reduce defects in manufacturing. Concepts and principles of this core tools are potential failure mode analysis from raw material, storage, operation, warehousing and delivery that it depends on experience from cross functional team to eliminate or reduce the risk. The study on applications of FMEA in new products development of SMEs that found potential failure mode and high risk of burr parts problem from blanking process, pitch hole was out of standard from bending process and packing problem. Cross function team have to propose improvement plan for reduce the risk priority number (RPN). And, the results shown that RPN was reduced from blanking process from 288 to 216, Bending process from 288 to 216, packing process from 384 to 96 and Total defects in mass production of new products in quarter 3 reduce to 28 ppm. from quarter 2 that defects were 120 ppm.

**1.คำนำ**

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ในอุตสาหกรรมยานยนต์มีความสำคัญกับ SMEs เป็นอย่างมากซึ่งจะเห็นได้จากความต้องการของลูกค้ากลุ่มยานยนต์ไม่ว่าจะเป็นความต้องการตัวอย่างชิ้นงานสำหรับการทดลองการผลิต ความต้องการด้านเอกสารคุณภาพในกระบวนการอนุมัติชิ้นส่วน จากการสำรวจการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของโรงงาน SMEs พบว่ามีปัจจัยที่เป็นอุปสรรคที่สำคัญ คือ กระบวนการจัดการ ซึ่งเป็นข้อด้อยของการประสบความสำเร็จในภาพรวม การขาดการเน้นย้ำกฎระเบียบของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ [1]

กระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ส่วนใหญ่จะอ้างอิงถึงการประยุกต์ใช้ข้อกำหนดของระบบบริหารคุณภาพ ISO/TS16949:2009 (ผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์รายใหญ่จะต้องได้รับการรับรองระบบบริหารคุณภาพนี้ ) ในข้อกำหนดที่ 7.3 อีกทั้งการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effective Analysis: FMEA) ยังเป็นหนึ่งในเครื่องมือทางเทคนิคหลักที่ใช้วิเคราะห์แนวโน้มข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้นในช่วงแรกของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของระบบบริหารคุณภาพ ISO/TS 16949 : 2009 ที่เน้น “ป้องกัน” แทนที่จะ “แก้ไข” และการดำเนินการจัดทำจำเป็นต้องอาศัยทีมงานจากหลายส่วนงาน (Cross functional team) ที่มีประสบการณ์มาร่วมมือกันหาแนวทางการป้องกันปัญหา

เนื่องด้วย FMEA เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ใช้ความร่วมมือจากทีมงานหลายส่วนงาน และเป็นแหล่งรวบรวมองค์ความรู้จากประสบการณ์ที่หลากหลาย ผู้ศึกษาจึงได้เกิดแนวความคิดที่ต้องการศึกษาการประยุกต์ใช้ FMEA ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ มาเป็นเครื่องมือในการบริหารงานเพื่อพัฒนาผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ของระบบการผลิต เพื่อการวางแผนการพัฒนา เน้นการป้องการข้อบกพร่องต่าง ๆ ลดความผันแปร ลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้ากลุ่มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ได้มากที่สุด งานศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาถึงการลดของเสียในล๊อตผลิตจริงของผลิตภัณฑ์ใหม่จากการประยุกต์ใช้ FMEA ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของโรงงาน SMEs

ขอบเขตของการศึกษา

1. ขอบเขตด้านปัจจัยเนื้อหา ศึกษาการประยุกต์ใช้ FMEA ตามคู่มือของ Automotive Industry Action Group (AIAG) [2] ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของโรงงาน SMEs กรณีศึกษา โรงงานผลิตปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น

2. ขอบเขตด้านพื้นที่และผู้ให้ข้อมูล ศึกษาปัญหาคุณภาพในกระบวนการผลิต และทำการศึกษาร่วมกับบุคคลากรจากฝ่ายบริหาร 1 คน หัวหน้าฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ 1 คน และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องจำนวน 5 คน จากฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายผลิตปั๊มขึ้นรูป ฝ่ายผลิตเชื่อม และฝ่ายวางแผนการผลิต

3. ขอบเขตด้านระยะเวลา ศึกษาวิจัยโดยใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน 2555 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 5 เดือน

4. ขอบเขตด้านผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาได้แก่ Bracket ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการตรวจรับวัตถุดิบ การบวนการตัดเฉือน เจาะรู พับขึ้นรูป เชื่อมนัท ทำเกลียว บรรจุ และการจัดส่ง

**2. แนวคิด และทฤษฎี**

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effective Analysis: FMEA)

FMEA หรือ Failure Mode and Effects Analysis (การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ ) ได้รับการพัฒนาขึ้นมาครั้งแรกสำหรับโครงการอวกาศของ NASA ในช่วงทศวรรษ 1950 ต่อมาได้มีการขยายไปยังอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยในปี 1972 กลุ่มปฏิบัติงาน North American Automotive Operations ของบริษัท Ford Motor ได้ผนวก FMEA เข้ากับโปรแกรมที่ฝึกอบรมเรื่องความไว้วางใจของผลิตภัณฑ์สำหรับอบรมพนักงานของบริษัท จากนั้นได้รับการเผยแพร่และนำไปประยุกต์ใช้อย่างรวดเร็วสำหรับอุตสาหกรรมกลุ่มอากาศยาน รถยนต์ อาวุธ และอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับประเทศไทยได้เริ่มมีการประยุกต์ใช้ FMEA กับกลุ่มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ ตามความต้องการของ Ford Motor ตามระบบมาตรฐาน Q101 ของ Ford เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1990 และหลังจากที่อุตสาหกรรมได้มีการประยุกต์มาตรฐานระบบบริหารคุณภาพ QS9000, ISO/TS16949 ตลอดจน TL9000 ยิ่งทำให้อุตสาหกรรมไทยเริ่มมีความคุ้นเคยกับ FMEA มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ FMEA ยังคงจำกัดอยู่ในกลุ่มบริษัทขนาดใหญ่ในอุตสาหกรรมยานยนต์ และอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนใหญ่

จากการทบทวนงานศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีการนำเอา FMEA ไปประยุกต์ใช้ในการตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า ป้องกันข้อผิดพลาด โดยทำการพิจารณาหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าโดยใช้เทคนิค Quality Function Deployment (QFD) [3] การศึกษาค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องในกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกร่วมกับการระดมสมอง แผนภาพต้นไม้ และแผนผังแสดงเหตุและผล [4] การจัดทำมาตรฐานในกระบวนการแต่งสีในโรงงานผลิตสีโดยเทคนิค FMEA [5] การลดของเสียในกระบวนการผลิตกระจกนิรภัยด้านข้างสำหรับรถยนต์ และกระบวนการผลิตฝาปิดฮาร์ดดิส [6], [7] การลดอัตราการเกิดปัญหาข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ [8] การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ในกระบวนการผลิตกระจกเงาโดยเทคนิค FMEA [9] ซึ่งผลที่ได้คือค่า RPN หลังดำเนินการปรับปรุง เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนของเสียภายในโรงงาน และของเคลมจากลูกค้ามีค่าลดลง ตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า

ขั้นตอนการดำเนินการจัดทำ FMEA สำหรับกระบวนการ

ในการสร้าง FMEA สำหรับกระบวนการเริ่มต้นจากการสร้างแผนภูมิการไหลเพื่อแสดง ขั้นตอนของกระบวนการ หลังจากนั้นปฏิบัติตามแบบฟอร์ม FMEA สำหรับกระบวนการ โดยอ้างอิงจาก (AIAG 2008) แบบฟอร์มแสดงดังรูปที่ 1 โดยแบบฟอร์มมีรายละเอียดดังนี้

1. กระบวนการหรือขั้นตอน (Process Function / Requirement) สำหรับระบุขั้นตอนกระบวนการ ให้ใช้คำถามง่ายๆ ว่าสิ่งนั้นคืออะไร และสิ่งนั้นใช้ทำอะไร และในกรณีที่มีหน้าที่ของกระบวนการหลายข้อ ควรมีการจัดลำดับก่อนหลัง เพราะอาจทำให้มีข้อบกพร่องแตกต่างกันได้

2. ความสูญเสีย/ข้อขัดข้องที่อาจเกิดขึ้น (Potential Failure Mode) สำหรับระบุลักษณะข้อบกพร่อง (Failure Mode) ซึ่งในการวิเคราะห์อยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่า ชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบที่นำเข้ามาจากกระบวนการก่อนหน้ามีความถูกต้องเสมอ เพื่อพิจารณาถึงลักษณะข้อบกพร่องที่แท้จริงของกระบวนการ

3. ผลกระทบจากความสูญเสีย/ข้อขัดข้อง (Potential Effects of Failure) สำหรับระบุแนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง ซึ่งหมายถึง ผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่องที่กระทบต่อลูกค้า โดยผลกระทบอยู่ในรูปของสิ่งที่ลูกค้าสังเกตเห็นหรือสิ่งที่ลูกค้าเคยมีประสบการณ์มาก่อน

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

5. โอกาสในการเกิด (Occurrence, O) สำหรับระบุโอกาสความเป็นไปได้ในการเกิดผลกระทบซึ่งการกำหนดคะแนนให้กับโอกาสการเกิดอาศัยข้อมูลอัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ (Possible Failure Rates) ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนข้อบกพร่องที่มีการคาดหมายในระหว่างการผลิต

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

7. การป้องกัน (Prevention) หมายถึง การป้องกันสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะของข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้น

8. การตรวจจับ (Detection) หมายถึง การตรวจจับสาเหตุ/กลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่องเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการแก้ไขต่อไป

9. การตรวจจับ (Detection, D) สำหรับระบุคะแนนการประเมินขีดความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง โดยให้คะแนนในการตรวจจับต่ำลงต่อเมื่อระบบมีความสามารถในการตรวจจับที่ดีขึ้น ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนวิธีการควบคุมที่ได้วางแผนไว้เท่านั้น กฎเกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการตรวจจับของระบบควบคุมกระบวนการ ดังตัวอย่างในตารางที่ 4

10. ตัวเลขแสดงลำดับของความเสี่ยง (Risk Priority Number, RPN) สำหรับระบุเลขแสดงความรุนแรงต่อความล้มเหลว โอกาสที่เกิดความล้มเหลว และความสามารถในการตรวจจับผลิตภัณฑ์ซึ่งมีค่าระหว่าง 1-1000 ซึ่งค่า RPN สามารถคำนวณได้จาก S × O × D

11. เมื่อกำหนดให้ RPN คือ ตัวเลขแสดงลำดับความเสี่ยง เมื่อ S คือ คะแนนความรุนแรงของผลกระทบ เมื่อ O คือ คะแนนโอกาสในการเกิด และเมื่อ D คือ คะแนนการตรวจจับ

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

14.1 ผู้รับผิดชอบในการปฏิบัติการแก้ไขและวันเสร็จสิ้น (Responsibility for the Recommended Action) สำหรับระบุผู้รับผิดชอบโครงการและกำหนดวันที่ดำเนินการเสร็จ

14.2 การแก้ไข (Action Taken) สำหรับระบุการแก้ไขที่ได้ดำเนินการไป

14.3 ผลการแก้ไข (Action Result) สำหรับระบุผลการแก้ไขและป้องกันที่ได้ดำเนินการไป โดยทำการประเมินค่า RPN ใหม่

**3. วิธีการดำเนินงานวิจัย**

<u>สภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา</u>

จากการเก็บข้อมูลรายงานเป้าหมายคุณภาพประจำไตรมาสที่ 2 ในปี 2555 ดังตารางที่ 1 พบว่าฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ไม่สามารถบรรลุผลตามเป้าหมายที่บริษัทกำหนดในเรื่องของการควบคุมของเสียในล๊อตผลิตจริงของผลิตภัณฑ์ใหม่ (ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เริ่มดำเนินการผลิตแบบ Mass Production ในระยะเวลาไม่เกิน 1 ปี นับจากวันแรกที่เริ่ม Mass Production)

ตารางที่ 1

| **หัวข้อการทบทวนโดยฝ่ายบริหาร** | **เป้าหมาย (ปี 2555)** | **ไตรมาสที่ 2 (ปี 2555)** |
|---|---|---|
| การควบคุมของเสียในล๊อตผลิตจริงของผลิตภัณฑ์ใหม่ | < 60 ppm | 120 ppm |

เนื่องจากในไตรมาสที่ 2 พบปัญหาคุณภาพจากลูกค้าในเรื่องของระยะรูไม่ได้ขนาดจำนวน 88 ชิ้น และชิ้นงานมีครีบจำนวน 18 ชิ้น ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ไม่สามารถบรรลุเป้าหมาย จากปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นจึงเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการ ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการ วางแผนพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ตามกระบวนการของ Advance Product Quality Planning (APQP) และการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องและผลกระทบ (หรือ FMEA) สำหรับชิ้นงานกรณีศึกษา

<u>การศึกษาการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ</u>

รวบรวม ทีมงานผู้เกี่ยวข้องจากฝ่ายผลิต(ปั๊มขึ้นรูป) ควบคุมคุณภาพ ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ มา วิเคราะห์หาแนวโน้มความล้มเหลวของกระบวนการผลิตชิ้นงาน Bracket หมายเลข ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จัดทำและทบทวน แผนผังกระบวนการไหลของกระบวนการผลิตสำหรับชิ้นงาน Bracket

2. ทำการบ่งชี้หน้าที่และเป้าหมายของแต่ละกระบวนการ พร้อมทั้งระบุจุดวิกฤต (Special Characteristic)

3. กำหนดรายการข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ

4. ชี้บ่งผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับลูกค้า จากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งทำการประเมินความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น (Severity)

5. บ่งชี้สาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดของข้อบกพร่องพร้อมทั้งทำการประเมินโอกาสที่สาเหตุต่างๆ จะเกิดขึ้น (Occurrence)

6. ระบุสภาวะการควบคุมในปัจจุบันในแต่ละสาเหตุ พร้อมทั้งทำการประเมินความสามารถในการตรวจจับ (Detection)

7. ประเมินค่าความเสี่ยงของแต่ละสาเหตุ เพื่อจัดอันดับความสำคัญ (RPN) เช่น กระบวนการตรวจรับวัตถุดิบ มีค่า S=4, O=6 และ D=6 ค่า RPN = 4x6x6 = 144

8. ทำการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการในภาพรวมเพื่อลดค่า RPN ลดลง

**เนื่องจากเกณฑ์การประเมินในส่วนของความรุนแรง โอกาสเกิดและการตรวจจับ จากตัวอย่างของคู่มือ AIAG มีการให้คะแนนที่ละเอียดมาก (1 ถึง 10) ซึ่งผู้ศึกษาพิจารณาว่าไม่เหมาะกับโรงงานกรณีศึกษาของ SMEs นี้จึงทบทวนระดับการให้คะแนนใหม่ดังแสดงในภาคผนวก

ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ FMEA ของชิ้นงาน Bracket ดังตารางที่ 2 ตามผังการไหลของกระบวนการดังนี้

ตารางที่ 2 ตาราง FMEA ของชิ้นงาน Bracket

| No. | กระบวนการ/ขั้นตอน | ข้อกำหนด | ความสูญเสีย/ข้อบัดข้องที่อาจเกิดขึ้น Potential Failure Mode | ผลกระทบจากการสูญเสีย/ข้อบัดข้อง Potential Effect of Failure | ภาวะความรุนแรง (S) | Class | สาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเสีย/ข้อบัดข้องPotential Cause (S)/Mechanism of Failure | กระบวนการปัจจุบัน Current Process | | | | RPN. (SxOxD) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | ระบบการควบคุม Controls Prevention | ความถี่ที่อาจเกิดความสูญเสีย (O) | ระบบการตรวจจับ Control Detection | ความสามารถในการตรวจจับ (D) | |
| 1 | การตรวจรับวัตถุดิบ | Steel plate SPHC | เป็นรอย | ฝ่ายผลิตส่งชิ้นงานคืน | 4 | | งานเป็นรอยจากผู้ขายหรือจากการขนส่ง | การพัฒนาผู้ขาย | 6 | การตรวจรับวัตถุดิบ | 6 | 144 |
| | | Nut SIOC | เกลียวผิดสเปค | พบปัญหากระบวนการ Tap เกลียว | 4 | | เกิดจากการผลิตของผู้ขาย | การพัฒนาผู้ขาย | 6 | การตรวจรับวัตถุดิบใบรับรองผลตรวจ | 6 | 144 |
| 2 | Blanking | ได้รูป ไม่เป็นครีบ | งานเป็นครีบ | ลูกค้าเคลม บาดมือ | 6 | | แม่พิมพ์สึก | ตรวจสอบสภาพงานแม่พิมพ์ด้วยสายตา | 8 | มีวิธีการปฏิบัติตัวอย่างงานในการตรวจสอบ | 6 | 288 |
| 3 | Piercing | ขนาดรู | ระยะรูไม่ได้สเปค | ลูกค้าประกอบไม่ได้ | 6 | | Die pin สึก | มีแผนควบคุมการเปลี่ยน Die pin | 6 | มีวิธีการปฏิบัติ และ Jig ตรวจสอบ | 4 | 144 |
| 4 | Bending 1, 2 | รูปร่าง | ไม่ได้รูป | ลูกค้าประกอบไม่ได้ | 6 | | การตั้งเครื่องจักรผิดพลาด | มี Jig สำหรับกระบวนการดัดงอ | 4 | ตรวจสอบงานด้วย Jig | 4 | 96 |
| | | ระยะ 44±0.5 | ไม่ได้ขนาด | ลูกค้าประกอบไม่ได้ | 6 | SC | การตั้งเครื่องจักรผิดพลาด | ไม่มีการควบคุมการเกิดอาศัยประสบการณ์ | 8 | สุ่มตรวจสอบ | 6 | 288 |
| 5 | Welding (Spot) | ความแข็งแรงงานเชื่อม | Spot ไม่ติด, ติดไม่ดี | ประกอบไม่ได้หลุดจากการใช้งาน | 8 | SC | กระแสไฟฟ้า ระยะเวลา แรงกด | ตรวจสอบพารามิเตอร์ของการเชื่อม/การทดสอบแบบทำลาย | 4 | สุ่มตรวจสอบแบบทำลาย | 6 | 192 |
| 6 | EDP | ความหนา ความแข็ง | ความหนาสีไม่ได้ คราบขาว | งานเป็นสนิม | 4 | | เกิดจากกระบวนการของผู้ส่งมอบ | มีการควบคุมกระบวนการที่ชัดเจนจากผู้ส่งมอบ | 6 | มีรายงานผลการตรวจสอบจากผู้ส่งมอบ | 6 | 144 |
| | | | งานเสียรูป | งานเสียรูป | 4 | | เกิดจากกระบวนการของผู้ส่งมอบ | มีการควบคุมกระบวนการที่ชัดเจนจากผู้ส่งมอบ | 6 | มีรายงานผลการตรวจสอบจากผู้ส่งมอบ | 6 | 144 |
| 7 | การตรวจสอบคุณภาพ | ความหนา สภาพทั่วไป | ความหนาสีไม่ได้ งานเสียรูป | ปัญหาหลุดรอดไปถึงลูกค้า | 6 | | การตรวจรับผลิตภัณฑ์ | มีระบบการตรวจสอบและตรวจจับจากกระบวนการก่อหน้า | 6 | มีวิธีการปฏิบัติ และ Jig ตรวจสอบ | 4 | 144 |
| 8 | ด้ามเกลียว | ไม่มีสีติดเกลียว | มีสีติดเกลียว | ประกอบยากเกลียวฝืด | 4 | | ดอกด้ามสึก | มีการควบคุมการเปลี่ยนดอกด้าม | 6 | มีวิธีการตรวจสอบและการสุ่มที่ชัดเจน | 6 | 144 |
| 9 | Packing | จำนวน | จำนวนไม่ครบ เกิน | ลูกค้าร้องเรียน ในเรื่องจำนวน | 6 | | การนับงานของพนักงาน | อาศัยประสบการณ์ของพนักงาน | 8 | ยังไม่มีระบบการตรวจจับ | 8 | 384 |
| 10 | จัดส่ง | การบรรจุเคลื่อนย้าย | งานเป็นรอย | สภาพภายนอกของชิ้นงาน | 4 | | การขนส่ง | มีระบบการควบคุมการจัดส่ง ที่ชัดเจน | 4 | มีการตรวจสอบงานก่อนและหลังขึ้นรถ | 6 | 96 |

1. การตรวจรับวัตถุดิบ จากสภาพปัญหาปัจจุบันและแนวโน้มที่อาจจะเกิดขึ้นได้ คือ โลหะแผ่นเป็นรอย ซึ่งเกิดขึ้นได้จากกระบวนการผลิต , การขนส่งจากผู้ส่งมอบโลหะแผ่น และปัญหานัทเกลียวผิดสเปคหรือส่งผิดรุ่นจากผู้ส่งมอบประเภทนัท ทั้งปัญหาชิ้นงานเป็นรอยและเกลียวผิดสเปคถูกประเมินความรุนแรงไว้ระดับ 4 เนื่องจากเป็นปัญหาที่จะกระทบถึงฟังก์ชั่นการทำงานของกระบวนการถัดไป เช่น พบปัญหาชิ้นงานเป็นรอยที่กระบวนการผลิต หรือพบปัญหาเกลียวผิดสเปคที่กระบวนการ ต๊าปเกลียว สาเหตุการเกิดทางทีมงานพิจารณาถึงระบบการคัดเลือก ควบคุม การพัฒนาผู้ส่งมอบ จากประวัติการส่งงานของผู้ผลิตรวมถึงการมีการควบคุมและพัฒนาผู้ส่งมอบจึงประเมินไว้ระดับ 6 สำหรับภายในโรงงานสามารถพิจารณาถึงกระบวนการตรวจรับวัตถุดิบในส่วนของแผนการสุ่ม และมีกิจกรรมการสุ่มตรวจสอบชิ้นงานจึงประเมินระดับการตรวจจับไว้ระดับ 6

2. กระบวนการ Blanking หรือการตัดเฉือน จากสภาพปัญหาปัจจุบันและแนวโน้มที่อาจจะเกิดขึ้นได้ คือ งานมีครีบเกิดขึ้น ความรุนแรงประเมินไว้ที่ระดับ 6 เนื่องจากมีประวัติพบปัญหาร้องเรียนจากลูกค้าภายนอก ซึ่งสาเหตุการเกิดเกี่ยวข้องกับการตั้งแม่พิมพ์ การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ รวมถึงระบบการควบคุม การผลิตงานต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก ซึ่งปัจจุบันอาศัยประสบการณ์ในการดูแลบำรุงรักษาแม่พิมพ์จึงประเมินโอกาสเกิดไว้ระดับ 8 ส่วนการตรวจจับมีวิธีปฏิบัติในการสุ่มตรวจสอบระหว่างกระบวนการจึงประเมินไว้ระดับ 6

3. กระบวนการ Piercing หรือ การเจาะรู จากสภาพปัญหาปัจจุบันและแนวโน้มที่อาจจะเกิดขึ้นได้ คือ ขนาดรูไม่ได้มาตรฐานซึ่งระดับความรุนแรงถูกประเมินไว้ระดับ 6 ซึ่งปัญหานี้อาจกระทบกับฟังก์ชั่นการทำงานของลูกค้า โอกาสเกิดมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายส่วนไม่ว่าจะเป็นระยะของแม่พิมพ์ วัตถุดิบ Die pin ซึ่งคล้ายคลึงกับกระบวนการ Blank ซึ่งเกี่ยวข้องกับการควบคุมการ Re-grinding และการเปลี่ยน die pin เมื่อครบกำหนด ซึ่งปัจจุบันมีระบบการควบคุมจึงประเมินไว้ระดับ 6 ส่วนการตรวจจับประเมิน

ไว้ระดับ 4 เนื่องจากมีวิธีการตรวจสอบที่ชัดเจนรวมถึงมี Jig ช่วยในการตรวจสอบ

4. กระบวนการ Bending หรือการดัดงอ จากสภาพปัญหาปัจจุบันและแนวโน้มที่อาจจะเกิดขึ้นได้ คือ รูปร่างของงานหลังดัดงอไม่ได้มาตรฐาน ส่วนความรุนแรงถูกประเมินในระดับที่ 6 เนื่องจากกระทบถึงการประกอบของลูกค้า ในส่วนของโอกาสเกิดและการตรวจจับถูกประเมินไว้ในระดับ 4 เนื่องจากรูปร่างของชิ้นงานถูกควบคุมด้วยแม่พิมพ์ รวมถึงมี Jig ตรวจสอบในระหว่างกระบวนการผลิต

ปัญหาระยะระหว่างรูหรือตำแหน่งประกอบไม่ได้ขนาด เป็นอีกหนึ่งแนวโน้มของปัญหา ซึ่งในส่วนความรุนแรงถูกประเมินในระดับที่ 6 ซึ่งกระทบถึงการประกอบของลูกค้า ในส่วนของระยะระหว่างรูยังไม่มีการควบคุมการเกิดที่ดีพอรวมถึงมีประวัติเคยเกิดปัญหาจึงประเมินอยู่ที่ระดับ 8 และการตรวจจับมีการสุ่มตรวจสอบในแผนกคุณภาพจึงประเมินไว้ที่ระดับ 6 และตำแหน่งประกอบนี้เป็นจุดที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการประกอบงานของลูกค้า จึงถูกระบุให้เป็นจุดควบคุมพิเศษหรือ SC (Special Characteristic)

5. กระบวนการเชื่อมแบบ Spot Nut จากสภาพปัญหาปัจจุบันและแนวโน้มที่อาจจะเกิดขึ้นได้ คือ การเชื่อม Spot Nut ไม่ติด ในส่วนของงานเชื่อมทีมงานพิจารณาว่าเป็นกระบวนการที่จะต้องเป็นจุดควบคุมพิเศษหรือ SC (Special Characteristic) เช่นกันเนื่องจากเป็นจุดที่ตรวจสอบได้ยาก การดูแต่เพียงสภาพภายนอกไม่สามารถที่จะบอกได้ว่าการเชื่อมมีความแข็งแรง แนวซึมลึกของการเชื่อมมีมากน้อยแค่ไหน การที่จะตรวจสอบละเอียดทุกชิ้นอาจจะต้องใช้วิธี X-Ray แต่เนื่องจากเครื่องมีราคาแพง การตรวจจับหรือทดสอบที่ง่ายที่สุดก็คือการทดสอบแบบทำลาย ซึ่งทำได้เพียงการสุ่มตรวจในการผลิตงานชิ้นแรก ส่วนความคงที่ของกระบวนการหรือ Stability ก็ต้องอาศัยการควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆของกระบวนการอย่างใกล้ชิดได้แก่ การควบคุมการเปลี่ยนหัว Spot, แรงกดที่ใช้ในการเชื่อม , ความคงที่ของกระแสไฟฟ้าที่จ่าย , ความรู้และประสบการณ์ของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน ในส่วนของการประเมินความรุนแรงมีค่าสูงที่สุดโดยอยู่ระดับที่ 8 ซึ่งเกี่ยวข้องกับฟังก์ชั่นการทำงานของยานยนต์ แต่ทีมงานประเมินโอกาสเกิดไว้ในระดับที่ไม่สูงมากเนื่องจากปัจจุบันมีการควบคุมอย่างละเอียดและรัดกุมทั้งในส่วนของการตรวจสอบพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นกระแสไฟฟ้า แรงกด และการควบคุมการเปลี่ยนหัว Spot โอกาสเกิดถูกประเมินที่ระดับ 4 ส่วนการตรวจจับมีการดำเนินการอย่างสม่ำเสมอในส่วนของการทดสอบแบบทำลาย การตรวจจับจึงถูกประเมินที่ระดับ 6

6. กระบวนการ EDP หรือการชุบสี จากสภาพปัญหาปัจจุบันและแนวโน้มที่อาจจะเกิดขึ้นได้ คือ ความหนาสีไม่ได้มาตรฐาน และชิ้นงานเป็นรอยอันเนื่องจากผู้ให้บริการภายนอก ความรุนแรงถูกประเมินไว้ระดับ 4 เนื่องจากเป็นปัญหาที่จะกระทบถึงฟังก์ชั่นการทำงานของกระบวนการถัดไป สาเหตุการเกิดเกี่ยวข้องกับการควบคุมกระบวนการชุบ การตรวจสอบของผู้ให้บริการ ซึ่งการวิเคราะห์และแก้ปัญหาสาเหตุการเกิดนั้นจำเป็นต้องวิเคราะห์ร่วมกับผู้ให้บริการ สำหรับโอกาสเกิดพิจารณาจากประวัติผลการดำเนินการที่ผ่านมาคล้ายกับกระบวนการตรวจรับวัตถุดิบ ส่วนการตรวจจับพิจารณาจากข้อมูลและรายงานการตรวจสอบของผู้ส่งมอบ

7. การตรวจสอบคุณภาพ จากสภาพปัญหาปัจจุบันและแนวโน้มที่อาจจะเกิดขึ้นได้ คือ สภาพทั่วไป และความหนาสีไม่ได้มาตรฐาน จากผู้รับจ้างช่วง EDP ภายนอก ระดับความรุนแรงถูกประเมินที่ 6 เนื่องจากอาจจะกระทบถึงการทำงานของลูกค้ากรณีที่หลุดรอดจากกระบวนการนี้ไป ส่วนโอกาสการเกิดพิจารณาได้จากระดับของเสียและการควบคุมกระบวนการก่อนหน้าจึงประเมินที่ระดับ 6 ส่วนการตรวจจับมีวิธีการปฏิบัติและ Jig ตรวจสอบงานที่ชัดเจนจึงประเมินที่ระดับ 4

8. การต๊าปเกลียว จากสภาพปัญหาปัจจุบันและแนวโน้มที่อาจจะเกิดขึ้นได้ คือ การมีสีติดเกลียวซึ่งเป็นกระบวนการที่เพิ่มเติมขึ้นมาเนื่องจากมีปัญหาที่เคยเกิดขึ้นจากงานที่ผ่านกระบวนการแล้วมีสีติดที่เกลียว หลุดรอดไป และทำให้เกิดความยุ่งยากกับลูกค้าในกระบวนการผลิต จึงประเมินระดับความรุนแรงที่ 4 ส่วนโอกาสเกิด และการตรวจจับเกี่ยวข้องกับการควบคุมกระบวนการซึ่งมีการควบคุมอุปกรณ์ดอกต๊าปและวิธีการสุ่มที่ชัดเจนจึงประเมินที่ระดับ 6

9. กระบวนการบรรจุหรือ Packing จากสภาพปัญหาปัจจุบันและแนวโน้มที่อาจจะเกิดขึ้นได้ คือ ปัญหาจำนวนที่บรรจุต่อแพคไม่ครบถ้วนตามมาตรฐานการบรรจุ (Packing Standard) ซึ่งจากประวัติที่ผ่านมาพบว่ามีปัญหาลักษณะนี้เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากพอสมควร จึงพิจารณาประเมินความรุนแรงที่ระดับ 6 และวิธีการควบคุมการเกิดข้อผิดพลาดก็ยังไม่มี ซึ่งอาศัยเพียงผู้ปฏิบัติงาน โอกาสเกิดและการตรวจจับจึงถูกประเมินที่ระดับ 8

10. กระบวนการจัดส่ง จากสภาพปัญหาปัจจุบันและแนวโน้มที่อาจจะเกิดขึ้นได้ คือ ชิ้นงานเป็นรอยอันเนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายงาน ระดับความรุนแรงถูกประเมินที่ระดับ 4 เนื่องจากไม่กระทบถึงฟังก์ชั่นการทำงานของลูกค้า และจากประวัติที่ผ่านมาพบว่าโอกาสเกิดข้อผิดพลาดในลักษณะนี้ไม่ได้มากนักจึงทำให้ระดับของโอกาสเกิดการตรวจจับมีค่าไม่สูงมาก

หลังจากได้ร่วมกันวิเคราะห์ FMEA จะเห็นได้ว่ามี 3 กระบวนการที่มีค่า RPN สูงสุด ดังตารางที่ 11 ได้แก่ กระบวนการ Blanking, กระบวนการ Bending 1, 2 และกระบวนการ Packing ซึ่งมีค่า RPN ที่ 288, 288 และ 384 ตามลำดับ จากนั้น ดำเนินการ ทำการแก้ไขปรับปรุง กระบวนการผลิตตามข้อเสนอต่างๆทั้ง 3 กระบวนการดังตารางและทำการ ประเมินค่า RPN ครั้งที่ 2 พบว่าค่า RPN ลดลงดังแสดงในตารางที่ 3

จากรูปตารางประเมินความล้มเหลวของกระบวนการ พบว่า เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์ของโอกาสเกิดความล้มเหลว (Occurrence) และการตรวจจับ (Detection) และการพิจารณาจากทีมงานจะได้ผลดังนี้

1. ขั้นตอนการ Blanking มีค่าโอกาสเกิดลดลงจากระดับคะแนน 8 เหลือ 6 ทำให้ค่า RPN รวมลดลงจาก 288 เหลือ 216

2. ขั้นตอนการ Bending 1, 2 มีค่าโอกาสเกิดลดลงจากระดับคะแนน 8 เหลือ 6 ทำให้ค่า RPN รวมลดลงจาก 288 เหลือ 216

3. ขั้นตอนการ Packing มีค่าโอกาสเกิดลดลงจากระดับคะแนน 8 เหลือ 4 และค่าการตรวจจับลดลงจากระดับคะแนน 8 เหลือ 4 ทำให้ค่า RPN รวมลดลงจาก 384 เหลือ 96

ตารางที่ 3 การดำเนินการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ

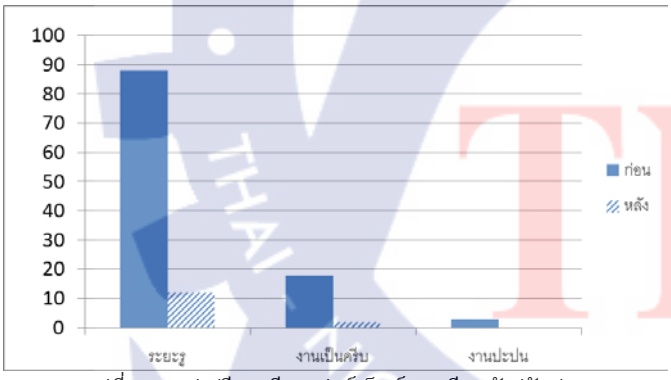
| No. | กระบวนการ/ขั้นตอน | ความสูญเสีย/ข้อขัดข้องที่อาจเกิดขึ้น Potential Failure Mode | ผลกระทบจากการสูญเสีย/ข้อขัดข้อง Potential Effect of Failure | กระบวนการปัจจุบัน | | | | การดำเนินการเพื่อลดค่า RPN Recommended Action (S) | ผู้รับผิดชอบและกำหนดเสร็จ Responsibility & Target Completion Date | การประเมินหลังการแก้ไข | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | S | O | D | RPN | | | การดำเนินการที่ได้ปฏิบัติและวันที่ปฏิบัติ Action Taken | S | O | D | RPN |
| **2** | Blanking | งานเป็นครีบ | ลูกค้าเคลม บาดมือ | 6 | 8 | 6 | 288 | จัดทำแผน PM แม่พิมพ์ และควบคุมการบำรุงรักษา | เจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง | 31/8/2012 | 6 | 6 | 6 | 216 |
| **4** | Bending 1, 2 | ไม่ได้ขนาด | ลูกค้าประกอบไม่ได้ | 6 | 8 | 6 | 288 | จัดทำ Guide post ควบคุมอัตราการเกิด | เจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ | 31/8/2012 | 6 | 6 | 6 | 216 |
| **9** | Packing | จำนวนไม่ครบ เกิน | ลูกค้าร้องเรียน | 6 | 8 | 8 | 384 | จัดทำ Block นับชิ้นงาน | เจ้าหน้าที่ฝ่ายบรรจุ | 31/8/2012 | 6 | 4 | 4 | 96 |

**4.บทสรุปและข้อเสนอแนะ**

จากการศึกษากระบวนการ พัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของโรงงานกรณีศึกษา โดยเลือกชิ้นงาน ซึ่งอยู่ในกลุ่มของชิ้นส่วนยานยนต์ โดยอาศัยสถิติข้อมูล การควบคุมของเสียใน Trial lotในช่วงเดือน ไตรมาสที่ 2 ของปี พ.ศ. 2555 เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูล ของเสียในล๊อตผลิตจริงของผลิตภัณฑ์ใหม่ ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุงพบว่า มีสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงดังแสดงในตารางที่ 4 และเมื่อแยกหัวข้อปัญหาหลักที่ดำเนินการปรับปรุงพบว่ามีจำนวนของเสียลดลงดังรูปที่ 2

ตารางที่ 4 ตารางสรุปผลของเป้าหมายคุณภาพของไตรมาสที่ 3

| **หัวข้อการทบทวนโดยฝ่ายบริหาร** | **เป้าหมาย (ปี 2555)** | **ไตรมาสที่ 2 (ปี 2555)** | **ไตรมาสที่ 3 (ปี 2555)** |
|---|---|---|---|
| การควบคุมของเสียในล๊อตผลิตจริงของผลิตภัณฑ์ใหม่ | < 60 ppm. | 120 ppm. | 28 ppm. |




รูปที่ 2 กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเสียหลังปรับปรุง

บทสรุป

1. FMEA เป็นหนึ่งในเครื่องมือทางเทคนิคของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการป้องกันของเสียที่อาจจะเกิดขึ้น จากการประเมินความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นตามเกณฑ์การประเมินที่ตกลงกัน สิ่งที่ได้จากการประยุกต์ใช้ได้แก่ ผลการประเมินระดับความเสี่ยงของแต่ละกระบวนการที่ลดลง อัตราของเสียในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ลดลง

2. การให้ความร่วมมือจากตัวแทนฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง หรือ Cross functional team (APQP Team) เป็นส่วนสำคัญในความสำเร็จ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ให้ได้ประสิทธิผล จำเป็นต้องอาศัยการสนับสนุนจากผู้บริหารในเรื่องความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในการประยุกต์ใช้เครื่องมือ FMEA การให้ความร่วมมือจากตัวแทนฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง หรือ Cross functional team (APQP Team) รวมถึงความรับผิดชอบจากส่วนงานต่างๆในการปรับปรุงกระบวนการ

ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตชิ้นงาน Bracket เท่านั้น สำหรับชิ้นงานอื่นอาจมีความแตกต่างในเรื่องของกระบวนการ และลำดับขั้นตอนการผลิต

2. ควรมีการพิจารณาทบทวนตามระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตามวัตถุประสงค์ของระบบบริหารคุณภาพ

เอกสารอ้างอิง

[1] Kapil Mittal, Prabhakar Kaushik, Dinesh Khanduja (2011) Evidence of APQP in quality improvement: An SME case study (International Journal of Mangement Science and Engineering Management, 7(1): 20-28, 2012)

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

[3] ประพัฒน์ เจริญหงส์ทอง . (2551). การออกแบบและวางแผนกระบวนการผลิตตู้โชว์สินค้าแช่แข็งโดยประยุกต์ใช้เทคนิค QFD และ DFMEA. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[4] อรรถพล ฤทธิภักดี (2544). การปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์ . วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมอุตสาหการ ). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[5] ปิยวัฒน์ รัตนสุภา. (2545). การจัดทำมาตรฐานในกระบวนการแต่งสีในโรงงานผลิตสีโดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องด้านศักยภาพและผลกระทบ. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

[7] ภัทรวุฒิ พลอาสา (2548). ต้นทุนคุณภาพในการลดของเสียในกระบวนการผลิตฝาปิดฮาร์ดดิสก์โดยใช้วิธีการของซิกซ์ ซิกม่า . วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมอุตสาหการ) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[8] ชลธิชา เมืองโคตร . (2551). การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการเริ่มต้นผลิตภัณฑ์ใหม่: กรณีศึกษาการผลิตยางหน้าสัมผัสสำหรับแผงวงจรไฟฟ้าในเครื่องเสียงรถยนต์. สารนิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[9] เรวัติ กล้าหาญ (2546). การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ในกระบวนการผลิตกระจกเงา . วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (Severity: S)

| ผลกระทบ | ผลกระทบต่อลูกค้าและโรงงาน | ระดับ |
|---|---|---|
| อันตราย | อันดับความรุนแรงสูงมาก ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัย ไม่สอดคล้องกับกฎหมาย | 10 |
| สูง | ความบกพร่องทำให้ยานยนต์ไม่สามารถใช้งานได้ สูญเสียความสามารถในการทำงาน | 8 |
| ปานกลาง | ความบกพร่องซึ่งยานยนต์/ส่วนประกอบทำงานได้แต่กระทบกับกระบวนการผลิตรถยนต์ของลูกค้า | 6 |
| ต่ำ | ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี การตกแต่ง เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนใหญ่สังเกตได้, ความบกพร่องกระทบกับกระบวนการถัดไป ภายในองค์กร | 4 |
| เล็กน้อยมาก | ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี การตกแต่ง เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนน้อยสังเกตได้ | 2 |

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินผลโอกาสเกิดขึ้น (Occurrence: O)

| ความน่าจะเป็นในการเกิดความล้มเหลว | ลักษณะความล้มเหลวที่จะเกิด | ระดับ |
|---|---|---|
| สูงมาก | ไม่มีการควบคุมสาเหตุการเกิด ไม่มีประสบการณ์ในการผลิตมาก่อน | 10 |
| สูง | ไม่มีการควบคุมสาเหตุการเกิด อาศัยประสบการณ์ในการปฏิบัติงาน | 8 |
| ปานกลาง | มีการควบคุมการเกิด มีคู่มือในการปฏิบัติงานที่ชัดเจน | 6 |
| ต่ำ | มีระบบในการควบคุมการเกิด ใช้สถิติในการควบคุม มีอุปกรณ์ที่ช่วยควบคุมกระบวนการได้ง่าย | 4 |
| แทบไม่เกิด | โอกาสเกิดน้อยมาก ควบคุมแบบอัตโนมัติ มีอุปกรณ์ Pokayoke | 2 |

ตารางที่ 7 เกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการตรวจจับ (Detection: D)

| การตรวจจับ | ขอบเขตของเกณฑ์ในการตรวจจับ | ระดับ |
|---|---|---|
| แทบเป็นไปไม่ได้ | ไม่มีการตรวจสอบ | 10 |
| เป็นไปได้ยาก | การควบคุมมีเพียงการตรวจสอบด้วยสายตาเท่านั้น | 8 |
| ต่ำ | มีการตรวจวัด มีวิธีการ และแผนการสุ่มตรวจจับที่ชัดเจน | 6 |
| ค่อนข้างสูง | มีการใช้เกจในการตรวจสอบชิ้นงาน มีการตรวจสอบที่ตัดสินใจได้ง่าย และชัดเจน | 4 |
| สูงมาก | ตรวจพบข้อบกพร่องในจุดปฏิบัติงาน (มีการใช้เกจอัตโนมัติร่วมกับการหยุดอัตโนมัติ) | 2 |