สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

การประยุกต์ใช้ FMEA เพื่อลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนยานยนต์

นุชนาถ ภูบังแสง

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์
คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

- 7 ก.พ. 2560
368982

อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ นุชนาถ ภูบังแสง ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์

....ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เร้าธนชลกุล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

....ประธานกรรมการ
(ดร.ฐิติมา วงศ์อินตา)

....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เร้าธนชลกุล)

คณะโลจิสติกส์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

....คณบดีคณะโลจิสติกส์
(ดร.มานะ เชาวรัตน์)
วันที่.........เดือน...........................พ.ศ. 2555

ประกาศคุณูปการ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากความอนุเคราะห์ และความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพโรจน์ เร้าธนชลกุล อาจารย์ที่ปรึกษางานนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดระยะเวลาในการดำเนินการจัดทำงานนิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและเสียสละเวลา เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ ที่มีคุณค่ายิ่งแก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ พ่อ แม่ น้องชาย และเพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจมาตลอดไม่ว่าจะเจออุปสรรคปัญหาใด ๆ และขอบคุณ คุณ ผจงจิต ที่ให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยนี้

ทั้งนี้หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับ และกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นุชนาถ ภูบังแสง

53920231: สาขาวิชา การจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์; วท.ม.(การจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์)
คำสำคัญ : การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ/ลดของเสีย

นุชนาถ ภูบังแสง: การประยุกต์ใช้FMEAเพื่อลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนยานยนต์ (APPLICATION OF FMEA FOR REDUCING THE WASTE FROM AUTOMOTIVE PART DEFORMATION). อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์: ไพโรจน์ เร้าธนชลกุล, D.Eng., 56 หน้า ปี พ.ศ. 2555.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา โดยประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วน AS01 และ AS02 มีสัดส่วนของเสียเฉลี่ยร้อยละ 4.71 ต่อเดือน จึงทำการค้นหาสาเหตุที่ส่งผลกระทบให้เกิดของเสียดังกล่าว โดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล และ การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

จากการวิเคราะห์พบสาเหตุที่มีค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN) เกิน 100 จำนวน 3 สาเหตุ ได้แก่

1. พันซ์ (Punch) และ ดาย (Die) ชำรุด
2. พนักงานวางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง และ
3. มีชิ้นงาน Burr Over Spec หลุดมาจากขั้นตอนผลิตก่อนหน้า จึงทำการแก้ไขโดย การซ่อมบำรุงพันซ์และดายที่ชำรุด และจัดทำประวัติแม่พิมพ์ และนำ P-Chart เข้ามาใช้ในการควบคุมสัดส่วนของเสีย จัดทำป้ายเตือน และจัดวางในตำแหน่งที่มองเห็นชัดเจนเพื่อเป็นการเตือนพนักงาน เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบคุณภาพ พร้อมทั้งฝึกอบรมพนักงานให้เข้าใจกระบวนการทำงาน และส่วนที่ต้องเฝ้าระวัง และผลกระทบที่เกิดจากความผิดพลาดในการทำงาน

ผลจากการแก้ไข และปรับปรุงกระบวนการผลิตและกำหนดมาตรการในเชิงป้องกัน พบว่า ปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาลดลงจากเดิมร้อยละ 4.71 เหลือเพียงร้อยละ 1.8

53920231: MAJOR: TRANSPORT AND LOGISTICS MANAGEMENT; Msc.
(TRANSPORT AND LOGISTICS MANAGEMENT)
KEYWORDS: FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS/ REDUCING WASTE

NUCHANART POOBANGSAENG: APPLICATION OF FMEA FOR REDUCING THE WASTE FROM AUTOMOTIVE PART DEFORMATION. ADVISOR: PAIROJ ROUTHANACHONKUL, D.Eng., 56 P.2012.

This research aims to reduce waste in the production process in the factory, which has the scale of AS01 and AS02 loses on average 4.71 percent per month by applying of Failure Mode and Effects Analysis: (FMEA).This study then started to investigate impact cause by using cause and effect diagram analysis and FMEA.

This research found that the risk priority number (RPN) more than 100 arising from 3 main reasons: 1. Punch and Die defective 2. Employee error; part places in wrong position, and 3. Burr Over spec from the previous process, solving by punch maintenance and repairing defective die. In addition, creating a die history and applying a P-Chart to control the proportion of waste. Besides, making banners and placed in a clearly visible position to warn employees. Increase the frequency of checking of products' quality, as well as staff training to better understanding in process and have more awareness in the process which lacking of them can cause the error.

The result of the improvement and detection in production process noticed that the quantity of waste in the production process of the factory decreased from 4.71 percent originally to 1.8 percent.

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
สารบัญ		ฉ
สารบัญตาราง		ซ
สารบัญภาพ		ฌ
บทที่		
1	บทนำ	1
	ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
	ขอบเขตของการวิจัย	2
	ข้อจำกัดของการวิจัย	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2	เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
	การปั๊มเข้ารูปโลหะแผ่น	4
	แผนผังสาเหตุ และผล (Cause and Effect Diagram)	7
	การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)	9
	Poka Yoke	14
	แผนภูมิควบคุม	17
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
3	วิธีดำเนินการวิจัย	23
	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	23
	การวิเคราะห์หาสาเหตุ	24
	การปรับปรุง และแก้ไขปัญหา	24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย	25
สภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา	25
กระบวนการผลิต AS01 และ AS02	27
วิเคราะห์สาเหตุการเกิดของเสีย	35
ผลการวิเคราะห์	36
จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุโดย FMEA	36
การปรับปรุงแก้ไข	41
ผลการปรับปรุงแก้ไข	51
5 สรุปผลการวิจัย	52
สรุปผลการดำเนินงาน	52
ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	54
ประวัติย่อผู้วิจัย	56

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1-1 จำนวนและค่าใช้จ่ายในการเพิ่มเที่ยวรถจัดส่งสินค้าในเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554 ถึง มกราคม พ.ศ. 2555 1

2-1 เกณฑ์การประเมินในหัวข้อ ความรุนแรงจากข้อบกพร่อง (Severity: S) 12

2-2 เกณฑ์การประเมินในหัวข้อ ความถี่ของการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence: O) 13

2-3 เกณฑ์การประเมินในหัวข้อ ความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องก่อนส่งถึงมือลูกค้า (Detection: D) 14

4-1 ปริมาณของเสีย ในเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554 ถึง มกราคม พ.ศ. 2555 25

4-2 สรุปสาเหตุการเกิดของเสีย 36

4-3 วิเคราะห์ความเสี่ยงและผลกระทบก่อนปรับปรุง 37

4-4 ข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างชิ้นงาน 46

4-5 สูตรการคำนวณในโปรแกรมเอ็กเซล 47

4-6 ข้อมูลการผลิต และของเสียในเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 51

4-7 เปรียบเทียบร้อยละของเสีย ก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไข 51

5-1 ค่าตอบแทนพิเศษ (Incentive) ที่มอบให้พนักงานในการลดปริมาณของเสีย 53

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	คายเซ็ทพร้อมแม่พิมพ์	4
2-2	ลักษณะชิ้นงานที่เกิดขึ้นในงานเจาะรู	6
2-3	ส่วนประกอบของแผนผังสาเหตุ และผล	8
2-4	ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดย FMEA	11
2-5	องค์ประกอบของแผนภูมิควบคุม	18
3-1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	23
4-1	ลักษณะของเสียในกระบวนการผลิต AS01และAS02	25
4-2	ร้อยละของเสียในเดือน ตุลาคม พ.ศ.2554 ถึง มกราคม พ.ศ.2555	26
4-3	แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต AS01 และ AS02 (Process-Flow Chart)	27
4-4	ลักษณะแม่พิมพ์ (Die) ในกระบวนการ Blanking + Piercing ในสภาพพร้อมใช้งาน	28
4-5	ลักษณะชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอนการ Blanking + Piercing	28
4-6	ลักษณะการวางชิ้นงานบนแม่พิมพ์ในขั้นตอนการ Bend	29
4-7	ลักษณะชิ้นงานหลังปั๊มขึ้นรูปบนแม่พิมพ์ครั้งที่ 1	29
4-8	ลักษณะชิ้นงานทั้ง 2 ด้านหลังปั๊มขึ้นรูปบนแม่พิมพ์ครั้งที่ 1	29
4-9	ลักษณะแม่พิมพ์ในกระบวนการ Bend+Cut ที่เรียบร้อยพร้อมใช้งาน	30
4-10	ลักษณะการวางชิ้นงานบนแม่พิมพ์ในการ Bend+Cut	30
4-11	ลักษณะชิ้นงานหลังจากการ Bend+Cut	30
4-12	ลักษณะแม่พิมพ์ในกระบวนการ Restrike+Pierce+Separate+Flange ที่เรียบร้อยพร้อมใช้งาน	31
4-13	ลักษณะการวางชิ้นงานบนแม่พิมพ์ในกระบวนการ Restrike+Pierce+Separate+ Flange	31
4-14	ลักษณะชิ้นงานหลังการปั๊มครั้งที่1 ในกระบวนการ Restrike+Pierce+Separate+ Flange	32
4-15	ลักษณะชิ้นงานหลังการปั๊มครั้งที่2 ในกระบวนการ Restrike+Pierce+Separate+ Flange	32
4-16	ลักษณะชิ้นงานทั้ง 2 ด้านหลังปั๊มเสร็จในกระบวนการRestrike+Pierce+Separate+ Flange	32

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-17 ลักษณะแม่พิมพ์ในกระบวนการ Cutting ที่เรียบร้อยพร้อมใช้งาน 33
4-18 ลักษณะการวางชิ้นงานบนแม่พิมพ์ในกระบวนการ Cutting 33
4-19 ลักษณะชิ้นงานหลังปั๊มในกระบวนการ Cutting 34
4-20 ลักษณะชิ้นงานทั้ง 2 ด้านหลังปั๊มในกระบวนการ Cutting 34
4-21 การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต 35
4-22 ตัวอย่างการสังเกตุครีบที่ชิ้นงาน 42
4-23 ตัวอย่างการวัดส่วนที่สึกหรอของพันซ์ และดาย 42
4-24 แบบฟอร์มประวัติแม่พิมพ์ 44
4-25 การคำนวณในโปรแกรมเอ็กเซล 47
4-26 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-Chart) 49
4-27 แผนผังการจัดวางป้ายเตือน และคู่มือการปฏิบัติงาน 50

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากการแข่งขันทางธุรกิจที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นในปัจจุบันนี้ ส่งผลให้องค์กรต่าง ๆ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องพัฒนาตนเองให้มีความได้เปรียบ และสามารถแข่งขันได้ ทั้งในด้านต้นทุน และคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เนื่องจากผู้ผลิตยานยนต์ให้ความสำคัญกับคุณภาพเป็นอย่างมาก โดยกำหนดว่าผู้ส่งมอบจะต้องผ่านการรับรองมาตรฐาน ISO/ TS16949 ดังนั้นผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต้องให้ความสำคัญกับการควบคุมปริมาณของเสียเพื่อได้การรับรองมาตรฐาน นอกจากนั้น ของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตยังส่งผลกระทบในหลาย ๆ ด้าน เช่นสิ้นเปลืองวัตถุดิบโดยไม่จำเป็น เสียทรัพยากร และเวลาในการซ่อมแซมแก้ไขงานที่บกพร่อง เป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น และมีผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้าในกรณีที่ไม่สามารถส่งสินค้าได้ตามปริมาณและคุณภาพที่ต้องการ

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า ได้รับข้อร้องเรียนเรื่องคุณภาพของชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐานและการส่งมอบล่าช้าบ่อยครั้ง ซึ่งสร้างความไม่พึงพอใจให้ลูกค้า ทั้งนี้โรงงานกรณีศึกษายังต้องแบกรับต้นทุนในการเพิ่มเที่ยวรถในการขนส่งชิ้นงานให้เพียงพอต่อความต้องการใช้งานของลูกค้าอีกด้วย ดังตารางที่ 1-1 เมื่อทำการสัมภาษณ์พนักงานที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้พบว่าสาเหตุที่ทำให้ส่งมอบชิ้นงานล่าช้าเนื่องจากโรงงานกรณีศึกษามีของเสียในกระบวนการผลิตค่อนข้างสูง ซึ่งจากการเก็บข้อมูล พบว่าในกระบวนการผลิต AS01 และ AS02 มีจำนวนของเสียเกินมาตรฐานที่โรงงานกรณีศึกษากำหนดไว้

ตารางที่ 1-1 จำนวนและค่าใช้จ่ายในการเพิ่มเที่ยวรถจัดส่งสินค้าในเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554 ถึง มกราคม พ.ศ. 2555

เดือน	เพิ่มเที่ยวในการจัดส่ง (เที่ยว)	ค่าใช้จ่ายในการเพิ่มเที่ยว (บาท)
ตุลาคม	7	3,500
พฤศจิกายน	1	500
ธันวาคม	10	5,000

ตารางที่ 1-1 (ต่อ)

เดือน	เพิ่มเที่ยวในการจัดส่ง (เที่ยว)	ค่าใช้จ่ายในการเพิ่มเที่ยว (บาท)
มกราคม	23	11,500
เฉลี่ย	10.25	5,125

จากข้อมูลดังกล่าวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต ของโรงงานกรณีศึกษาเพื่อสร้างความเชื่อมั่นในด้านคุณภาพ เพื่อลดความสูญเสียที่เกิดจากการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนรถยนต์ ของโรงงานกรณีศึกษา
2. เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต AS01 และ AS02 ของโรงงานกรณีศึกษา
3. เพื่อหาแนวทางในการลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา
4. เพื่อลดของเสียและเพิ่มความพึงพอใจให้ลูกค้า

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนรถยนต์ ของโรงงานกรณีศึกษา
2. ทราบสาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต AS01 และ AS02 ของโรงงานกรณีศึกษา
3. ทราบแนวทางในการลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา
4. สามารถลดของเสียและเพิ่มความพึงพอใจให้ลูกค้า

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยในนี้ศึกษาเฉพาะข้อมูลในการผลิตชิ้นส่วน AS01 และ AS02 ของโรงงานกรณีศึกษา โดยมุ่งเน้นการหาแนวทางลดชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต AS01 และ AS02 ในโรงงานกรณีศึกษาเท่านั้น

ข้อจำกัดของการวิจัย

เนื่องจากงานวิจัยนี้มีเวลาในการดำเนินงานวิจัยค่อนข้างจำกัด จึงติดตามผลการแก้ไขได้เพียงหนึ่งเดือนหลังจากแก้ไขและปรับปรุงเท่านั้น

นิยามศัพท์เฉพาะ

BOM (Bill of Material) หมายถึง โครงสร้างสินค้า หรือสูตรการผลิต จะแสดงข้อมูลส่วนประกอบ จำนวนส่วนประกอบ รายการสิ่งที่ผลิตขึ้นจากส่วนประกอบ รายการวัตถุดิบ รายการข้างต้นจะเป็นความต้องการต่อสินค้าหนึ่งหน่วย

OJT (On the Job Training) หมายถึง เทคนิคการพัฒนาพนักงานด้วยการฝึกอบรมในงาน โดยที่การฝึกอบรมในงานเป็นการพัฒนาพนักงานที่มีลักษณะเป็นการถ่ายทอดตัวต่อ ตัว หัวหน้างานจึงสามารถชี้แนะ สั่งสอน ถ่ายทอดความรู้และเทคนิคต่าง ๆ ให้แก่พนักงานได้อย่างละเอียดโดยตรง

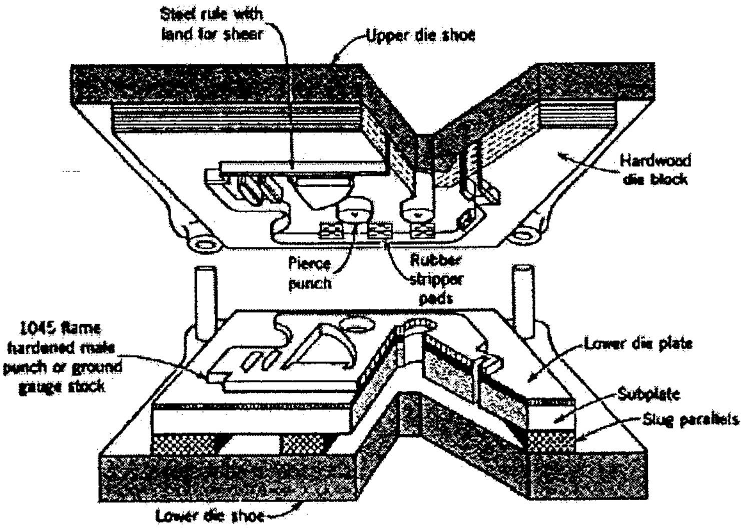
FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) หมายถึง การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ โดยมีการพิจารณาว่าจะมีข้อบกพร่องใดที่มีโอกาส ความรุนแรง มากน้อยเพียงใด เกิดจากสาเหตุใด และมีระบบตรวจจับข้อบกพร่องนั้น ๆ ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการต่อไปเพียงพอหรือไม่

KPI (Key Performance Indicator) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดผลการดำเนินงาน หรือประเมินผลการดำเนินงาน ในด้านต่าง ๆ ขององค์กร ซึ่งสามารถแสดงผลของการวัดหรือการประเมินในรูปข้อมูลเชิงประมาณ เพื่อสะท้อน ประสิทธิภาพ ประสิทธิผลในการปฏิบัติงานขององค์กรหรือหน่วยงานภายในองค์กร

บทที่ 2
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปั๊มเข้ารูปโลหะแผ่น

ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง (2552) ได้กล่าวไว้ว่า โลหะแผ่น (Sheet Metal) ถูกนิยามด้วยอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อความหนาสูง ถ้าความหนามากกว่า 6 มิลลิเมตร จะเรียกว่าเพลท (Plate)โลหะแผ่นมีอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง ดังนั้นชิ้นส่วนที่ทำจากโลหะแผ่นจะมีน้ำหนักเบาและแข็งแรงการขึ้นรูปโลหะแผ่นจะเกี่ยวข้อกับการเปลี่ยนรูป (Deformation) ด้วยการพับหรือดัด (Bending) และหรือการยืด (Stretching) การปั๊ม (Stamping) ซึ่งเป็นวิธีการขึ้นรูปเย็น (Cold-Working) ของโลหะแผ่นด้วยแม่พิมพ์และเครื่องกด (Press) แม่พิมพ์จะเป็นตัวกำหนดรูปร่างและขนาดของชิ้นงานสำเร็จ ซึ่งประกอบด้วยสองส่วน คือ พันซ์ (Punch) หรือแม่พิมพ์ และดาย (Die) หรือแม่พิมพ์ตัวเมีย โดยปกติพันซ์จะอยู่ด้านบน มีขนาดเล็กกว่าดาย มีรูปร่างคล้ายดายและจะเป็นตัวเคลื่อนที่เข้าหาดาย เมื่อพั้นซ์ และ ดายประกบกันจะมีช่องว่างเกิดขึ้น ช่องว่างนี้จะถูกกำหนดโดยชนิดและความหนาของแผ่นโล หะชิ้นงานและวิธีการขึ้นรูป พั้นซ์และดายจะถูกติดตั้งในดายเซ็ท (Die Set) โดยดายจะติดอยู่ที่ฐานล่าง (Lower Die Shoe) และพั้นซ์ติดอยู่กับฐานบน (Upper Die Shoe) ดายเซ็ททำหน้าที่นำพั้นซ์และ ดาย ให้เคลื่อนที่เข้าประกบกันอย่างถูกต้องดายเซ็ทจะถูกนำไปติดตั้งบนเครื่องกด (Press Machine) โดยส่วนของดายจะยึดติดอยู่ด้านล่างและพั้นซ์จะยึดติดอยู่ด้านบน



ภาพที่ 2-1 ดายเซ็ทพร้อมแม่พิมพ์ (ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง, 2552)

ข้อได้เปรียบของกระบวนการปั๊ม (Advantages of Stamping Process)

กระบวนการปั๊มขึ้นรูปมีข้อได้เปรียบเหนือกว่ากระบวนการอื่น ๆ เช่น การหล่อ (Casting) การทุบขึ้นรูป (Forging) และการกัดแต่ง (Machining) ดังนี้

1. สามารถขึ้นรูปชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนที่ผลิตด้วยวิธีอื่นได้ยาก
2. ไม่จำเป็นต้องตกแต่งชิ้นงานหลังการปั๊ม
3. ขนาดของชิ้นงานปั๊มทุกชนิดเท่ากัน สามารถเปรียบกันได้ในงานประกอบ
4. สมบัติทางกลเพิ่มขึ้น เช่น ควมแข็งแรง เป็นต้น
5. ชิ้นงานมีน้ำหนักเบา
6. อัตราการผลิตสูง

กรรมวิธีในการปั๊มชิ้นงาน

กรรมวิธีที่ใช้ในงานปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่นมีหลายกรรมวิธี แต่แบ่งได้เป็น 3 กรรมวิธีพื้นฐานหลัก คือ 1. การตัดเฉือน (Shearing) ซึ่งแบ่งเป็นการปั๊มเจาะ (Blanking) และการตัดเจาะรู (Piercing) 2. การดัด (Bending) หรือการขึ้นรูป (Forming) และ 3. การลากขึ้นรูป (Drawing) นอกจากนี้ยังมีกรรมวิธีดังเดิมอื่น ๆ เช่น การปั๊มนูน (Embossing) การปั๊มจม (Coining) การบีบอัด (Swaging) การฝานขอบ (Shaving) และการตัดขอบ (Trimming) การผลิตชิ้นงานโลหะแผ่นจะต้องใช้หลายกรรมวิธีที่กล่าวมาแต่ไม่จำเป็นต้องใช้กรรมวิธีทั้งหมด กรรรมวิธีที่กล่าวทั้งหมดมีลักษณะการทำงานดังนี้ (ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง, 2552)

1. Blanking เป็นขั้นตอนแรกที่จะต้องทำในการผลิต โดยจะเป็นการตัดแผ่นโลหะด้วยพั้นซ์และดายให้ได้รูปร่างตามที่ต้องการ แผ่นโลหะที่ตัดออกมานี้จะนำไปผ่านกรรมวิธีอื่นเพื่อผลิตเป็นชิ้นงานต่อไป

2. Piercing โดยทั่วไปเป็นขั้นตอนที่ต่อจาก Blanking โดยจะตัดแผ่นโลหะให้เป็นรูตามตำแหน่งที่ต้องการบางครั้ง Blanking และ Piercing สามารถทำพร้อมกันได้ในขั้นตอนเดียว ข้อแตกต่างระหว่าง Blanking และ Piercing จะใช้แผ่นโลหะที่ตัดออกมาด้วยพั้นซ์และดายเป็นชิ้นงาน ส่วน Piercing จะใช้แผ่นโลหะที่ถูกตัดเป็นรูเป็นชิ้นงาน

3. Bending เป็นการดัดพื้นผิวระนาบของโลหะทำมุมกันตั้งแต่หนึ่งมุมขึ้นไปโดยความหนาของแผ่นโลหะไม่เปลี่ยนแปลงและรัศมีการดัดจะต้องมากกว่าหรือเท่ากับความหนาของแผ่นโลหะ

4. Drawing เป็นการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยพั้นซ์เข้าไปในโพรงของดายโดยปราศจากการยืดของแผ่นโลหะ ดังนั้นช่องว่างระหว่างพั้นซ์และดายจะเท่ากับความหนาของแผ่นโลหะ

5. Embossing เป็นขึ้นรูปแผ่นโลหะให้เป็นหลุมหรือปุ่มตื้น ๆ โดยที่ความหนาไม่เปลี่ยนแปลง ปกติทำแผ่นป้ายต่าง ๆ ที่มีตัวอักษรนูน

6. Coining เป็นการขึ้นรูปแผ่นโลหะให้เป็นลวดโดยการบีบอัดแผ่นโลหะในแม่พิมพ์ปิดลวดลายทั้งสองด้านจะไม่เหมือนกันก็ได้ เช่น การทำเหรียญ

7. Swaging เป็นการขึ้นรูปโลหะโดยการบีบอัดในแม่พิมพ์เปิดโลหะจะสามารถไหลผ่านแม่พิมพ์ออกมาได้อย่างอิสระ

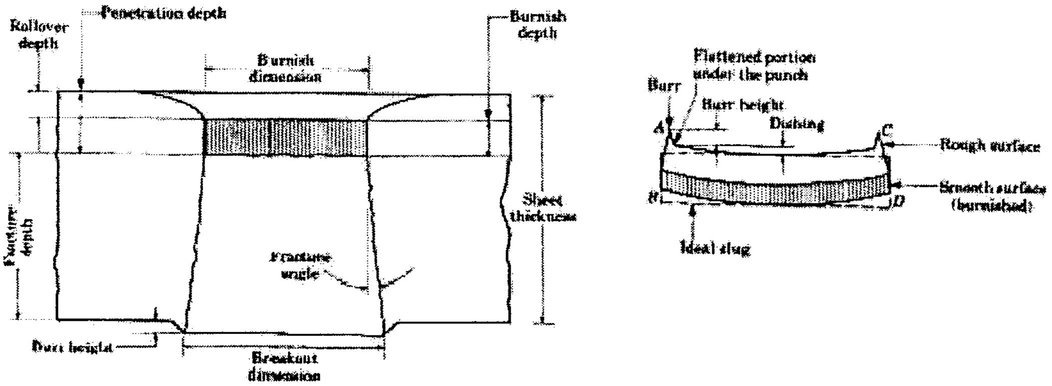
8. Shaving เป็นการตัดแต่งขอบแผ่นโลหะผ่านการ Blanking หรือ Piercing มาแล้ว

9. Trimming เป็นการทำงานคล้าย Blanking เพื่อตัดโลหะส่วนเกินออก วิธีนี้จะทำทีหลังสุดเมื่อแผ่นโลหะผ่านกรรมวิธีอื่น ๆ มาแล้ว

ลักษณะของชิ้นงานปั๊ม (Characteristics of Stamped Parts)

ชิ้นงานที่เกิดจากกระบวนการปั๊มจะมีความหนาของชิ้นงานคงที่สม่ำเสมอ (ยกเว้นบางกรณี) รูปร่างชิ้นงานมีได้แต่รูปร่างง่าย ๆ ไปจนถึงรูปร่างที่ซับซ้อน ความหนาของชิ้นงานปั๊ม อยู่ในช่วงระหว่าง 0.025 มิลลิเมตร ถึง 20 มิลลิเมตร แต่โดยส่วนใหญ่มักจะอยู่ระหว่าง 1.3 มิลลิเมตร ถึง 9.5 มิลลิเมตร ขนาดของชิ้นงานปั๊มสามารถมีขนาดเล็กเท่าชิ้นส่วนนาฬิกาข้อมือไปจนถึงตัวถังรถบรรทุกหรือเครื่องบิน ลักษณะของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการปั๊มจะมีลักษณะที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1. ขอบหนาม (Burr-Side) และรัศมีการตัด (Cut Radius) การตัดแผ่นโลหะด้วยวิธี Blanking หรือ Piercing จะเกิดลักษณะที่ขอบรอยตัดของแผ่นโลหะด้านหนึ่งขรุขระไม่เรียบเหมือนหนาม เรียกลักษณะนี้ว่า Burr-Side ส่วนขอบรอยตัดด้านตรงข้ามจะเกิดรัศมีการตัด หรือที่เรียกว่า Rollover การแก้ไขสามารถทำได้โดยกรรมวิธี Deburring



ภาพที่ 2-2 ลักษณะชิ้นงานที่เกิดขึ้นในงานเจาะรู (ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง, 2552)

2. Concentricity เป็นการเยื้องกันเล็กน้อยของจุดศูนย์กลางของเส้นรอบรูปวงในและวงนอกซึ่งจะเกิดขึ้นในทุกกระบวนการปั๊มยกเว้นการใช้ Compound Die ชิ้นงานจะยอมรับได้ถ้าค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินค่าที่ระบุไว้

แผนผังสาเหตุ และผล (Cause and Effect Diagram)

วันรัตน์ จันทกิจ (2548) ได้กล่าวไว้ว่าแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) เราอาจคุ้นเคยกับแผนผังสาเหตุและผล ในชื่อของ "ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)" เนื่องจากหน้าตาแผนภูมิมีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง หรือหลาย ๆ คนอาจรู้จักในชื่อของแผนผังอิชิกาว่า (Ishikawa Diagram) ซึ่งได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1943 โดย ศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว

วิธีการสร้างแผนผังสาเหตุ และผลหรือผังก้างปลา

สิ่งสำคัญในการสร้างแผนผังก้างปลาคือต้องทำเป็นกลุ่ม โดยใช้ขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. กำหนดประโยคปัญหาที่หัวปลา
2. กำหนดกลุ่มปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหานั้น ๆ
3. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย
4. หาสาเหตุหลักของปัญหา
5. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ
6. ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

การกำหนดปัจจัยบนก้างปลา

การกำหนดปัจจัยบนแผนผังก้างปลาโดยส่วนมากจะใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่าง ๆ ซึ่ง 4M 1E นี้มาจาก

M-Man คนงาน หรือพนักงาน หรือบุคลากร

M-Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก

M-Material วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในกระบวนการ

M-Method กระบวนการทำงาน

E-Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน

แต่ไม่ได้หมายความว่า การกำหนดก้างปลาจะต้องใช้ 4M 1E เสมอไป เพราะหากเราไม่ได้อยู่ในกระบวนการผลิตแล้ว ปัจจัยนำเข้า (Input) ในกระบวนการก็จะเปลี่ยนไป เช่น ปัจจัยการนำ

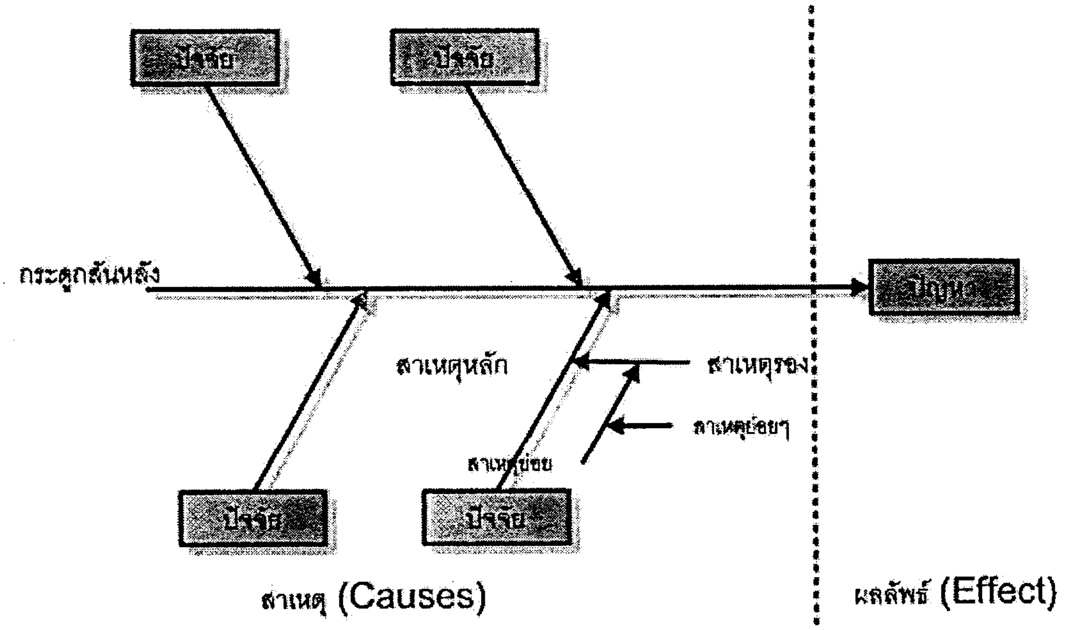
เข้าเป็น 4P ได้แก่ Place, Procedure, People และ Policy หรือเป็น 4S Surrounding, Supplier, System และ Skill ก็ได้ หรืออาจจะเป็น MILK Management, Information, Leadership, Knowledge ก็ได้ นอกจากนั้น หากกลุ่มที่ใช้ก้างปลามีประสบการณ์ในปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่แล้ว ก็สามารถที่จะกำหนดกลุ่ม ปัจจัยใหม่ให้เหมาะสมกับปัญหาตั้งแต่แรกเลยก็ได้ เช่นกัน

การกำหนดหัวข้อปัญหาที่หัวปลา

การกำหนดหัวข้อปัญหาควรกำหนดให้ชัดเจนและมีความเป็นไปได้ ซึ่งหากเรากำหนดประโยคปัญหานี้ไม่ชัดเจนตั้งแต่แรกแล้ว จะทำให้เราใช้เวลามากในการค้นหา สาเหตุ และจะใช้เวลานานในการทำผังก้างปลา

การกำหนดปัญหาที่หัวปลา เช่น อัตราของเสีย อัตราชั่วโมงการทำงานของคนที่ไม่มีประสิทธิภาพ อัตราการเกิดอุบัติเหตุ หรืออัตราต้นทุนต่อสินค้าหนึ่งชิ้น เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า ควรกำหนดหัวข้อปัญหาในเชิงลบ

เทคนิคการระดมความคิดเพื่อจะได้ก้างปลาที่ละเอียดสวยงาม คือ การถาม ทำไม ทำไม ทำไม ในการเขียนแต่ละก้างย่อย ๆ



ภาพที่ 2-3 ส่วนประกอบของแผนผังสาเหตุ และผล (วันรัตน์ จันทกิจ, 2548)

ผังก้างปลาประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or Effect) ซึ่งจะแสดงอยู่ที่หัวปลา ส่วนสาเหตุ (Causes) จะสามารถแยกย่อยออกได้อีกเป็น

1. ปัจจัย (Factors)ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา (หัวปลา)
2. สาเหตุหลัก
3. สาเหตุย่อย

ซึ่งสาเหตุของปัญหา จะเขียนไว้ในก้างปลาแต่ละก้าง ก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรอง และก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก เป็นต้น

หลักการเบื้องต้นของแผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) คือ การใส่ชื่อของปัญหาที่ต้อง การวิเคราะห์ ลงทางด้านขวาสุดหรือซ้ายสุดของแผนภูมิ โดยมีเส้นหลักตามแนวยาวของกระดูกสันหลังจากนั้นใส่ชื่อของปัญหาย่อย ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาหลัก 3 - 6 หัวข้อ โดยลากเป็นเส้นก้าง ปลา (Sub-Bone) ทำมุมเฉียงจากเส้นหลัก เส้นก้างปลาแต่ละเส้นให้ใส่ชื่อของสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหานั้นขึ้นมา ระดับของปัญหาสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีก ถ้าปัญหานั้นยังมีสาเหตุที่เป็นองค์ประกอบย่อยลงไปอีก โดยทั่วไปมักจะมีการแบ่งระดับของสาเหตุย่อยลงไปมากที่สุด 4 - 5 ระดับ เมื่อมีข้อ มูลในแผนภูมิที่สมบูรณ์แล้ว จะทำให้มองเห็นภาพขององค์ประกอบทั้งหมด ที่จะเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551) ได้ให้ความหมายของ การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบ (FMEA) ไว้ว่า การวิเคราะห์ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น และผลของข้อบกพร่อง จะเน้นเทคนิคทางวิศวกรรมตัวหนึ่งที่ใช้ในการนิยามบ่งชี้ และกำจัดทิ้ง ซึ่งสาเหตุของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นแล้ว (Activate Cause) และมีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้น (Potential Cause) โดยข้อบกพร่องดังกล่าวอาจจะอยู่ในรูปของปัญหาหรือความคลาดเคลื่อนได้และการวิเคราะห์ดังกล่าวนี้ จะต้องดำเนินการก่อนส่งมอบสินค้าหรือบริการให้กับลูกค้า เพื่อการประกันคุณภาพที่สมบูรณ์แบบ

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบ (FMEA) ที่ดี

1. ชี้บ่งถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น และมีแนวโน้มว่าจะเกิดขึ้น
2. ชี้บ่งถึงสาเหตุ และผลของแต่ละข้อบกพร่อง
3. จัดลำดับความสำคัญ และชี้บ่งข้อบกพร่องตามตัวเลขที่กำหนดก่อนหลังความเสี่ยง

(Risk Priority Number – RPN) ซึ่งพิจารณาจากความถี่ในการเกิดความรุนแรง และแนวโน้มที่ข้อบกพร่องจะเกิดกับลูกค้า

4. กำหนดถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามมา และแก้ไข

สมพบ ตลับแก้ว (2551) ได้กล่าวไว้ว่า FMEA คือ กลุ่มของกิจกรรมเชิงระบบที่มีจุดมุ่งหมาย เพื่อรับรู้ และประเมินถึงแนวโน้มของข้อบกพร่อง (Potential Failure) ของผลิตภัณฑ์/ กระบวนการ และผลกระทบ (Effect) จากข้อบกพร่องดังกล่าว และเป็นการชี้บ่งถึงการปฏิบัติการที่สามารถกำจัดทิ้งหรือลดโอกาสการเกิดข้อบกพร่องรวมทั้งเป็นการดำเนินการทั้งหมดในรูปเอกสาร ซึ่งในปัจจุบัน หลาย ๆ บริษัทได้นำหลักการ FMEA ไปใช้ในการปรับปรุงวิธีการทำงาน ตั้งแต่การออกแบบ การผลิต และการบริการเป็นต้น

ในปัจจุบันนี้วิธีการ FMEA ก็ได้กลายมาเป็นข้อกำหนดพื้นฐานของอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ผู้ผลิตรถยนต์ทุกค่าย ทุกยี่ห้อ หรือ แม้แต่ผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ ต้องปฏิบัติตามภายใต้ระบบคุณภาพ TS-16949

FMEA จะมุ่งเน้นที่การชี้ให้เห็นถึงคุณลักษณะของความเสียหายหรือสาเหตุที่นำไปสู่ความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น (Potential Failure Mode) อันเนื่องมาจากการออกแบบ การผลิต หรือการบริการ จากนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์ผลกระทบของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Effects Analysis) และสุดท้ายก็เพื่อการนำไปสู่การหาวิธีป้องกันการเกิดความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น (Problem Prevention)

FMEA สามารถแบ่งได้ออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

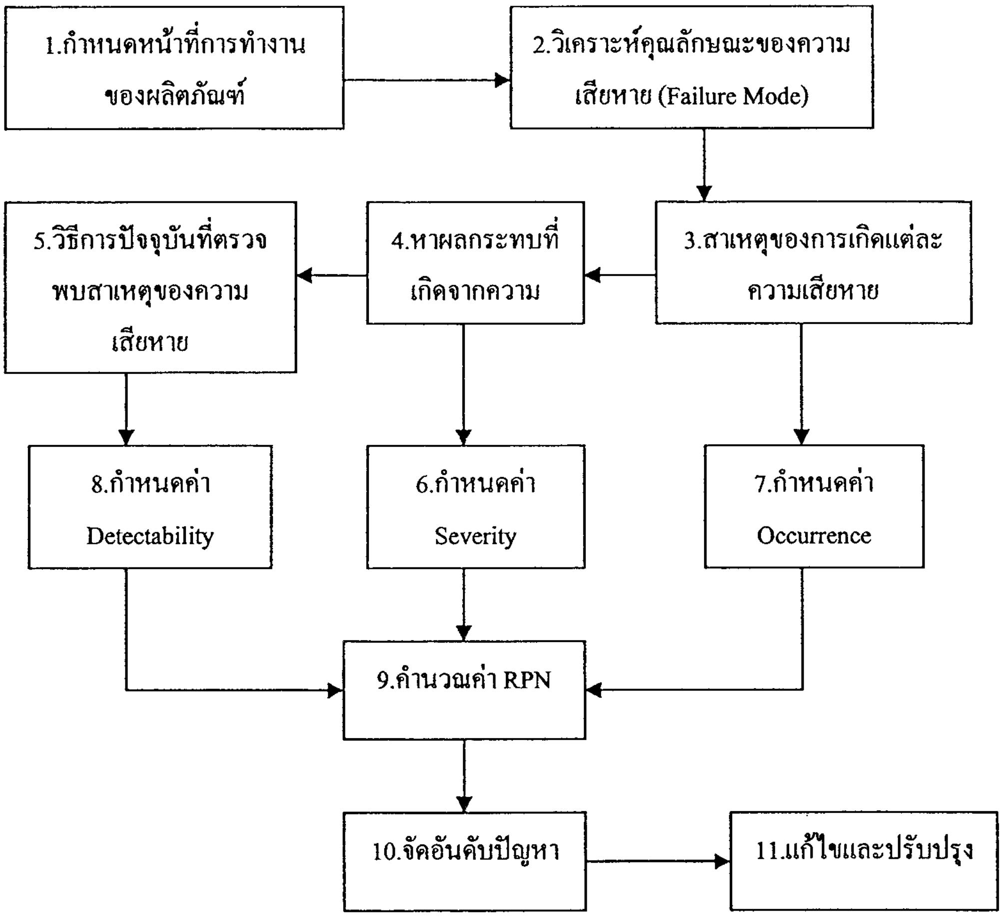
1. Design FMEA (DFMEA) คือ การปรับปรุงการออกแบบโดยวิธีการ FMEA
2. Process FMEA (PFMEA) คือ การปรับปรุงการผลิตโดยวิธีการ FMEA
3. Service FMEA (SFMEA) คือ การปรับปรุงการบริการโดยวิธีการ FMEA

ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยหลักการ FMEA

1. กำหนดแผนผังการดำเนินงาน (Process Flow) เช่นการออกแบบ การผลิต การบริการ
2. กำหนดหน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์
3. วิเคราะห์คุณลักษณะความเสียหาย (Failure Mode) ที่อาจจะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์
4. หาสาเหตุของการเกิดคุณลักษณะความเสียหาย (Cause of Failure Mode)
5. พิจารณาว่าลูกค้าจะรู้ได้อย่างไรถ้าเกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ (Effect)
6. กำหนดระดับของความรุนแรงของความเสียหายที่เกิดขึ้น (S = Severity)
7. พิจารณาถึงความถี่ของสาเหตุของการเกิดคุณลักษณะความเสียหาย (O = Occurrence of Cause of Failure Mode)

8. พิจารณาวิธีการในปัจจุบันที่ทำการตรวจสอบการเกิดคุณลักษณะความเสียหาย (D = Detectability of Cause of Failure Mode)

9. คำนวณค่า Risk Priority Number (RPN) = S x O x D



ภาพที่ 2-4 ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดย FMEA (สมภพ ตลับแก้ว, 2550)

ตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง

ตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (RPN) คือ ผลลัพธ์ของความรุนแรง โอกาสในการเกิด และการตรวจจับ เพื่อใช้ในการจัดลำดับความสำคัญในการแก้ไขปัญหา ในสมการที่

RPN = S x O x D

เมื่อ S หมายถึง ความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดจากความล้มเหลว (Severity)

O หมายถึง โอกาสที่จะเกิดขึ้นจากสาเหตุนั้นว่าบ่อยเพียงใด (Occurrence)

D หมายถึง ความสามารถในการตรวจจับและป้องกันไม่ให้เกิดความล้มเหลวขึ้นได้ดีเพียงใด (Detection)

หมายเหตุ ค่า RPN จะเป็นไปตามหลักเกณฑ์ของหลักการพาเรโต โดยมีคะแนนระหว่าง 1 ถึง 1000 โดยค่า RPN ที่มีค่าสูง ๆ มีความจำเป็นต้องดำเนินการแก้ไขเพื่อให้ค่า RPN ลดลงซึ่งหลักเกณฑ์ในการให้คะแนนในแต่ละหัวข้อดูได้จากตารางที่

ตารางที่ 2-1 เกณฑ์การประเมินในหัวข้อ ความรุนแรงจากข้อบกพร่อง (Severity: S)

ผลกระทบ	ความรุนแรงของผลกระทบ	ลำดับ
อันตรายที่เกิดขึ้นโดยปราศจากการเตือน	เมื่อข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกระทบกับความปลอดภัยของพนักงานโดยไม่มีการเตือน	10
อันตรายที่เกิดขึ้นโดยมีการเตือน	เมื่อข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกระทบกับความปลอดภัยของพนักงานโดยมีการเตือน	9
สูงมาก	เครื่องมือ/ เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ : เสียในส่วนหรือหน่วยงานที่สำคัญที่สุด	8
สูง	เครื่องมือ/ เครื่องจักรทำงานได้: แต่ผลผลิตลดลงไปเยอะมาก	7
ปานกลาง	เครื่องมือ/ เครื่องจักรทำงานได้: แต่ผลผลิตลดลงไปปานกลาง	6
ต่ำ	เครื่องมือ/ เครื่องจักรทำงานได้: แต่ผลผลิตลดลงไปเล็กน้อย	5
ต่ำมาก	เครื่องมือ/ เครื่องจักรทำงานได้: แต่ส่วนมากพบปัญหาที่ลูกค้า	4
กระทบทางอ้อม	เครื่องมือ/ เครื่องจักรทำงานได้: แต่พบปัญหาที่ลูกค้าปานกลาง	3
กระทบทางอ้อมมาก ๆ	เครื่องมือ/ เครื่องจักรทำงานได้: ไม่พบปัญหาที่ลูกค้าร้องเรียน	2
ไม่มีผลกระทบ	เกือบไม่มีผลกระทบ	1

ตารางที่ 2-2 เกณฑ์การประเมินในหัวข้อ ความถี่ของการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence: O)

โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง	อัตราส่วนข้อบกพร่องที่เกิด	ลำดับ
สูงมาก: ข้อบกพร่องเกิดแน่นอน	1 ใน 2	10
	1 ใน 3	9
สูง: ข้อบกพร่องเกิดขึ้นซ้ำ ๆ	1 ใน 8	8
	1 ใน 20	7
ปานกลาง: ข้อบกพร่องเกิดขึ้นบางครั้ง	1 ใน 80	6
	1 ใน 400	5
ต่ำ: ข้อบกพร่องเกิดขึ้นน้อยมาก	1 ใน 2,000	4
	1 ใน 15,000	3
น้อยมาก ๆ: ข้อบกพร่องไม่น่าเกิดขึ้น	1 ใน 150,000	2
	1 ใน 1,500,000	1

ตารางที่ 2-3 เกณฑ์การประเมินในหัวข้อ ความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องก่อนส่งถึงมือลูกค้า (Detection: D)

ความยากง่ายในการตรวจจับ	ความเป็นไปได้ของการตรวจจับด้วยการออกแบบการควบคุม
สามารถตรวจจับได้ในระหว่างการออกแบบ,การทดสอบ, และการตรวจสอบ: ก่อนการผลิต	1 - 2
สามารถตรวจจับได้ในระหว่างการผลิต:ตรวจจับได้ก่อนหรือตรวจจับได้แน่นอน	3 - 4
สามารถตรวจจับได้ในระหว่างการผลิต:ตรวจจับได้ช้าหรือตรวจจับได้ไม่แน่นอน	5 - 6
สามารถตรวจจับได้ในระหว่างการผลิต:ตรวจจับได้ง่ายจากหน้างานหรือตรวจจับได้จากการดูแลรักษาประจำ	7 - 8
มีโอกาสน้อยมากที่จะถูกตรวจจับได้จากหน้างาน	9 - 10

Poka Yoke

กมลวรรณ ศิริพานิช (2555) ได้กล่าวไว้ว่า แนวความคิดที่ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากการลืม ซึ่ง Dr.Shingo กล่าวว่า ความผิดพลาดจากการลืม มี 2 ชนิด ประการแรก คือ การลืมที่เกิดขึ้นโดยไม่ตั้งใจ ประการที่สองคือการลืมอันเนื่องมาจากการลืมที่จะทำนั้นโดยจริงๆ ดังนั้น เขาจึงได้แนะนำว่าควรมีการใช้เครื่องมือในการป้องการความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นหรือการ ตรวจสอบความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น เครื่องมือในการตรวจสอบเหล่านี้เราเรียก ว่า Poka-Yoke ซึ่งหมายถึง “การป้อง กันความผิดพลาดจากความเขลา” (Fool Proof) อย่าง ไรก็ตาม Dr.Shingo เกรงว่าความหมายในคำภาษาอังกฤษที่แปลออกมาจะสื่อความหมายแล้วทำให้เสียความรู้สึกต่อผู้ทำงานดังนั้นเขาจึงคิดเทอมของคำ Poka-Yoke ซึ่งเป็นภาษาญี่ปุ่นหมายถึงการป้องกันความผิดพลาด (Mistake-Proofing) หรือความปลอดภัยจากความผิดพลาด (Fail-Safe) ดังนั้น Poka-Yoke จึงเป็นเครื่องมือมือที่ใช้ป้องกันความผิดพลาด เพื่อทำให้ความผิด พลาดน้อยลง

Poka-Yoke เป็นวิธีการตรวจสอบที่เน้นการตรวจสอบร้อยเปอร์เซ็นต์ วิธีนี้จะเน้นการที่เมื่อกระบวนการผลิตมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น ความผิดปกติจะต้องได้รับการตอบสนองหรือแก้ไขได้ อย่าง

ทันท่วงที อาจกล่าวได้ว่า Poka-Yoke นั้นจะตรวจสอบการผลิตและเตือนก่อนที่จะมีการผลิตของเสีย (Defect) เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามก็ยังมีความเชื่อที่ผิด ๆ อยู่ว่าระบบนี้จะสร้างปัญหายุ่งยาก รวมถึงมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น แต่แท้ที่จริงแล้วหากมีการศึกษากันอย่างจริงจังจะพบว่าการใช้ เครื่องมือ (Device) อย่างง่าย ๆ ตามแบบของ Poka-Yoke นั้นสามารถลดการสูญเสียโดยที่ไม่ต้อง ลงทุนมากนัก

Poka-Yoke มีหน้าที่ในการทำงานดังต่อไปนี้

1. วิธีการควบคุม (Control Methods) เป็นวิธีการควบคุมป้องกันความผิดปกติ ความผิดพลาด หรือการชะงักงันของกระบวนการผลิต ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ วิธีดังกล่าวนี้ เมื่อมีชิ้นงานที่ผิดปกติเกิดขึ้นเครื่องจักรจะหยุดการผลิตทันที ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องจักรผลิตชิ้นงาน ที่ผิดปกติชิ้นต่อไป ซึ่งวิธีนี้นั้นจะเป็นการควบคุมการเกิดของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ กว่าระบบการเตือน (Warning Methods)

2. วิธีการเตือน(Warning Methods) คือ การใช้สัญญาณ เพื่อเตือนให้ทราบถึงความผิดปกติใน กระบวนการผลิต ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการผลิตชิ้นงานผิดปกติหรือเสียออกมา ซึ่งวิธีนี้เราอาจ ใช้การเตือนด้วยสัญญาณเสียงหรือไฟเตือนก็ได้ อย่างไรก็ตามวิธีนี้อาจมีประ สิทธิภาพน้อยลงหากสภาพการทำงานไม่เอื้ออำนวยผู้ปฏิบัติงานนั้นอาจไม่ได้ยินหรือ ไม่เห็นสัญญาณที่เตือน

รูปแบบการติดตั้ง Poka-Yokeในกระบวนการผลิตมีดังนี้

1. วิธีการสัมผัส (Contact Methods) เป็นการใช้เครื่องมือตรวจจับชิ้นงานที่ผิดปกติอันเนื่อง มาจาก รูปร่าง สัดส่วน ซึ่งชิ้นงานแต่ละชิ้นจะถูกตรวจสอบโดยผ่านมายังเครื่องมือนี้เพื่อเช็คดูว่า ขนาด รูปร่างชิ้นงานได้มาตรฐานปกติหรือไม่

2. วิธีการกำหนดค่าที่แน่นอน (Fixed Value Methods) วิธีนี้จะใช้วิธีการตรวจนับชิ้นงานตาม จำนวนที่กำหนดไว้และบอกความผิดพลาดเมื่อชิ้นงานไม่ครบตามจำนวนที่กำ หนดไว้ ซึ่งวิธีนี้ส่วนใหญ่จะใช้ในชิ้นงานที่การผลิตต้องใช้สายพานเพื่อส่งต่อชิ้น งาน

3. วิธีการตรวจสอบสอบที่ขั้นตอนของการส่งชิ้นงาน (Motion Step Methods) วิธีนี้ชิ้นงานจะถูก ตรวจสอบ โดยการส่งชิ้นงานแต่ละชิ้นไปบนสายพาน การตรวจสอบจะทำโดยเทียบกับ มาตรฐานที่วางไว้

การใช้ Poka-Yoke กับการลดของเสียให้เป็นศูนย์

การลดของเสียในการผลิตให้เป็นศูนย์ให้ได้นั้นขึ้นอยู่กับ

1. การตรวจสอบแบบ Source inspection
2. การตรวจสอบ 100% โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์
3. การแก้ไขปรับปรุงการผลิตอย่างทันทีทันใดเมื่อพบปัญหา

สัดส่วนในการผสมผสานวิธีการดังกล่าวเพื่อลดของเสียมีดังนี้

วิธีการตรวจสอบที่ต้นเหตุ (Source Inspection) 60%

100 % การตรวจสอบ (Poka-Yoke) 30%

การแก้ไขปรับปรุงเมื่อเกิดความผิดพลาดในงานทันที 10%

ชนิดของการตรวจสอบ (Inspection)

1. การตรวจสอบแบบลงความเห็น (Judgment Inspection) เป็นวิธีการดั้งเดิมที่ปฏิบัติกันเป็นการตรวจสอบคุณภาพหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต โดยจะทำการแยกชิ้นงานเสีย ออกจากชิ้นงานที่ดี ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นงานเสียส่งถึงมือลูกค้า

2. การตรวจสอบแบบเก็บข้อมูล (Informative Inspection) เป็นการตรวจสอบชิ้นงานและเก็บ ข้อมูลการตรวจสอบชิ้นงานนั้นๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์เหตุของการเกิดของเสีย และนำข้อมูลมาทำการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิต การตรวจสอบและเก็บข้อมูลมีจุดประสงค์เพื่อลด จำนวนของเสียลง โดยจะมีการเก็บข้อมูลของของเสีย และนำข้อมูลนั้นมาทำการวิเคราะห์ และทำการแก้ไขกระบวนการผลิต

การตรวจสอบแบบเก็บข้อมูลวิเคราะห์สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

Statistical Quality Control Systems (SQCS) เป็นการใช้สถิติในการกำหนดค่าควบ คุมเพื่อใช้เป็นตัวแยกชิ้นงานที่ยอมรับได้กับชิ้นงานที่ยอมรับไม่ได้หรือชิ้นงานเสีย จำนวนของการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ จะเป็นไปตามหลักของการเก็บสถิติ

Successive Check Systems (SuCS) เป็นการตรวจสอบชิ้นงานแต่ละชิ้นโดยผู้ที่ไม่ ได้อยู่ในกระบวนการผลิต ก่อนที่จะเริ่มขั้นตอนการผลิตถัดไป และทำการหยุด การผลิตเพื่อทำการแก้ไขหรือปรับปรุงสภาพการผลิตโดยอัตโนมัติ เมื่อได้รับข้อมูล ความผิดปกติในขั้นตอนการผลิต การตรวจสอบนี้รวมทั้งการที่พนักงานในกระบวน การผลิตถัดไปจะมีหน้าที่เป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานก่อนเริ่มขั้นตอน การผลิตถัดไปทุกครั้ง

Self-Check Systems (SeCS) คือ ระบบการตรวจจสอบความเรียบร้อยของชิ้นงาน โดยตัวของพนักงานที่ปฏิบัติงานเอง ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกผลการตรวจสอบจะ ถูกนำมาใช้วิเคราะห์เพื่อควบคุมกระบวนการผลิต ป้องกันไม่ให้เกิดการผลิตของ เสียขึ้นอีก อย่างไรก็ตามวิธีนี้จะมีข้อเสียอยู่ที่การที่ผู้ทำงานนั้น ๆ อาจจะยอมผ่าน ชิ้นนงานที่ไม่ได้มาตรฐานออกไปโดยมิได้ตั้งใจได้

3. การตรวจสอบที่ต้นเหตุ (Source Inspection) เป็นการกระตุ้นให้มีการตรวจสอบก่อนการ ผลิตทุกขั้นตอนเพื่อป้องกันกระบวนการผลิตผลิตของเสียออกมา รวมถึงการหยุดเครื่อง จักรหรือกระบวนการผลิต เพื่อทำการแก้ไขหรือปรับปรุงสภาพการผลิตโดยอัตโนมัติก่อน ขั้นตอนการผลิตถัดไป Dr.Shingo เชื่อว่าการตรวจสอบที่ต้นเหตุ (Source Inspection) เป็นวิธีการที่ดีที่สุดที่จะ

ควบคุมคุณภาพและกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนให้มีการตรวจ สอบและแก้ไขปัญหาก่อนที่จะส่งถึงกระบวนการต่อไป

เมื่อเปรียบเทียบ Poka-Yoke กับระบบ SQC แล้ว ในระยะยาว Poka-Yoke จะสามารถลดจำนวนของการเกิดของเสียได้ ด้วยการจัดการแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงทีทุกครั้งที่เกิดปัญหา การผลิต Poka-Yoke จะทำหน้าที่ ดังต่อไปนี้

1. ระบบที่อยู่ในการควบคุม เมื่อเกิดของเสียในระหว่างกระบวนการผลิต จะต้องมีการหยุด ปฏิบัติการชั่วขณะ เพื่อให้มีการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิต ก่อนที่การผลิตจะดำเนินต่อไป

2. เมื่อเกิดความผิดปกติในการผลิต ระบบการเตือน (Warning System) จะแสดงสัญญาณ เพื่อให้ทำการแก้ไขความผิดปกติอย่างทันทีทันใด

ความมากน้อยของจำนวนอัตราของของเสียที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับระบบการตรวจสอบ (Inspection) ที่ถูกเลือกนำไปใช้ควบคู่กับระบบ Poka-Yoke หรือเครื่องมือ Poka-Yoke

1. Poka-Yoke ที่ใช้ควบคู่กับการตรวจสอบที่ต้นเหตุ (Source Inspection Systems) จะมีประสิทธิภาพสูงสุด และมีความเป็นไปได้มากที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายของ Zero Defects

2. Poka-Yoke ที่ใช้ควบคู่กับการตรวจสอบแบบเก็บข้อมูล (Informative Inspections) แบบ Self-Check Methods จะสามารถลดจำนวนของเสียลงได้ และมีโอกาสที่จะบรรลุเป้าหมายของ Zero Defects ได้ถ้าสาเหตุของการเกิดของเสียถูกแก้ไข

3. Poka-Yoke ที่ใช้ควบคู่กับการตรวจสอบแบบเก็บข้อมูล (Informative Inspections) แบบ Successive Check Methods จะไม่สามารถควบคุมการเกิดของเสียที่เกิดเป็นครั้งคราวได้ วิธีนี้สามารถลดจำนวนของเสียลงได้ และมีโอกาสที่จะบรรลุเป้าหมายของ Zero Defects ได้ถ้าสาเหตุของการเกิดของเสียถูกแก้ไข

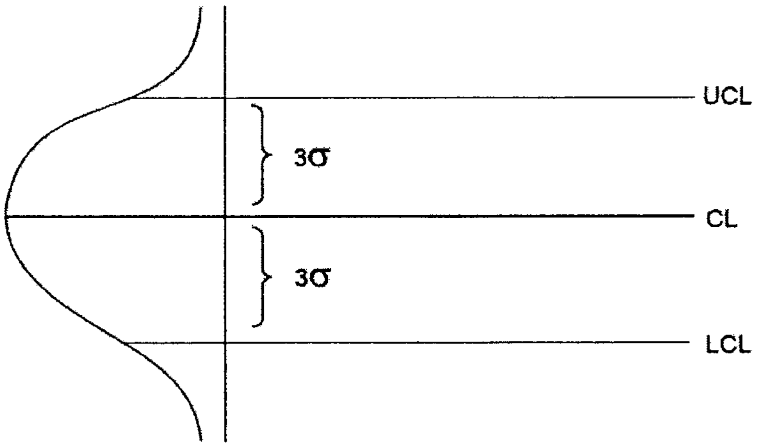
แผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุม (Control Chart) หมายถึง แผนภูมิที่ใช้ตรวจสอบค่าของตัวแปรที่ต้องการควบคุมคุณภาพว่าเกิดความผันแปรที่กำหนดขอบเขตไว้หรือไม่ ซึ่งหากพบว่าเกินขอบเขตที่กำหนดไว้ ผู้วิเคราะห์จะต้องหาสาเหตุของความแปรผัน และดำเนินการแก้ไขก่อนที่จะเกิดความเสียหายกับผลิตภัณฑ์

องค์ประกอบของแผนภูมิควบคุม

จากหลักการทางสถิติที่ว่า ข้อมูลที่วัดได้จากกระบวนการผลิตจะมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวของ 2 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย (μ) และส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐาน (σ) โดยมีโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่ค่าสังเกตที่วัดได้อยู่ในช่วง $\pm 3\sigma$ เท่ากับ 0.9974 สามารถนำหลักการดังกล่าวมาสร้างกราฟแผนภูมิควบคุม ซึ่งประกอบด้วยเส้นสำคัญ 3 เส้น ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 องค์ประกอบของแผนภูมิควบคุม (พายัพ ขาเหลือง, 2550*)*

เส้นแกนกลาง (Central Line: CL) เป็นค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิต ซึ่งคำนวณได้โดยนำค่าจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย

ขีดจำกัดควบคุมด้านบน (Upper Control Limit: UCL) เป็นเส้นที่มีระยะห่างจากเส้นแกนกลางเท่ากับ 3σ ทางค่ามาก

ขีดจำกัดควบคุมด้านล่าง (Lower Control Limit: LCL) เป็นเส้นที่มีระยะห่างจากเส้นแกนกลางเท่ากับ 3σ ทางค่าน้อย

จากภาพที่ 2-5 ขีดจำกัดควบคุมด้านบนและล่าง แสดงถึงขอบเขตของความแปรผันที่อยู่ในระดับคุณภาพมาตรฐานที่ยอมรับได้ ซึ่งอยู่ในช่วง $\pm 3\sigma$ เท่านั้น ดังนั้นหากค่าสังเกตที่วัดได้กระจายอยู่ภายในขอบเขตดังกล่าว แสดงว่ากระบวนการผลิตยังอยู่ภายใต้การควบคุม (In Control) สินค้าที่ผลิตได้ตรงตามมาตรฐาน ในทางกลับกัน หากความแปรผันมีมากเกินไป ทำให้ค่าสังเกตที่วัดได้อยู่นอกเส้นขีดจำกัดทั้ง 2 ก็แสดงว่ากระบวนการนี้อยู่เหนือการควบคุม (Out of Control) หรือสินค้าดังกล่าวไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานการผลิต

แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-Chart)

แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (Proportion defective Control: P-Chart) เป็นการตรวจสอบคุณภาพ โดยการพิจารณาสัดส่วนของสินค้าที่เสียหรือไม่ได้มาตรฐานว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่

ซึ่งสูตรในการคำนวณมีดังนี้

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

โดยที่ x หมายถึง จำนวนของเสียจากตัวอย่าง

n หมายถึง ขนาดของตัวอย่าง

และสามารถหาค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของเสีย ($\overline{P}$) ได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i=1}^{k} P_i}{k}$$

โดยที่ $\overline{P}$ หมายถึงสัดส่วนของเสียจากตัวอย่าง i

k หมายถึง จำนวนตัวอย่าง

ในกรณีที่ตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากันจะคำนวณค่าเฉลี่ย $\overline{P}$ ได้ดังนี้

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i=1}^{k} x_i}{\sum_{i=1}^{k} n_i}$$

ในกรณีที่ตัวอย่างมีขนาดเท่ากันจะคำนวณค่าเฉลี่ย $\overline{P}$ ได้ดังนี้

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i=1}^{k} x_i}{n.k}$$

โดยที่ n_i หมายถึงขนาดตัวอย่างที่ i

สามารถสร้างแผนภูมิควบคุมของเสียได้จากสูตรดังนี้

$$CL_P = \overline{P}$$

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

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

ในกรณีที่แต่ละตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน ค่า n ในสูตรข้างต้นจะต้องเป็นค่าเฉลี่ย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทินกร ชัยรักษา และสมชาย มูลใจทราย (2552) ได้ทำการลดของเสียที่เกิดขึ้นในการผลิตชิ้นส่วนเพลา โดยเริ่มจากเก็บรวมรวบข้อมูลการผลิตของโรงงานตัวอย่าง ศึกษาปัญหาและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงของการเกิดของเสียด้วยแผนผังแสดงเหตุ และผล และ 5W1H ผลจากการศึกษาพบว่าลักษณะของเสียที่สำคัญคือ ชิ้นงานโตเกินขนาด และชิ้นงานเล็กเกินขนาด ซึ่งปริมาณของเสียก่อนปรับปรุงคิดเป็น 0.055% และ 0.018% ของปริมาณการผลิตตามลำดับ เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นจึงจัดทำแผ่นตรวจสอบชิ้นงานและคู่มือการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้พนักงานมีมาตรฐานในการทำงานเพิ่มขึ้น หลังจากปรับปรุงพบว่าปริมาณของเสียลดลงเป็น 0.008% และ 0.003% ตามลำดับ

สุพัฒตรา เกษราพงศ์(2552) ได้ทำการป้องกันการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยเลือกศึกษาชิ้นส่วน A01 ซึ่งเป็นชิ้นส่วนหลักและมีของเสียเกิดขึ้นสูงสุดในปัจจุบัน งานวิจัยเริ่มจากศึกษากระบวนการผลิตโดยใช้แผนภูมิการผลิต (Production Process Chart) และการวิเคราะห์ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ โดยการระดมสมอง (Brainstorming Technique) ซึ่งอาศัยข้อมูลในอดีตและปัจจุบันโดยใช้แผ่นเก็บข้อมูล (Check Sheet) ทำการสำรวจและสัมภาษณ์พนักงานในสายการผลิตและทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) และเทคนิควิเคราะห์ Why-Why เพื่อเลือกสาเหตุหลัก หลังจากนั้นจัดลำดับความสำคัญเพื่อแก้ไขโดยประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

ของกระบวนการ (Process Failure Mode and Effect Analysis: PFMEA) โดยพิจารณาจากค่าลำดับความสำคัญของสาเหตุ (Risk Priority Number: RPN) สูงกว่า 100 ตามสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น จัดทำระบบ Poka-Yoke จัดทำเอกสารวิธีปฏิบัติงาน เอกสาร Q-Point ปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานให้เหมาะสมและอบรมหน้าสถานี ผลลัพธ์จากการปรับปรุงพบว่า เปอร์เซ็นต์ของเสียลดลงจากเดิม 4.2172 % เป็น0.2796% และ 0.0537% ในการปรับปรุงครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

วุฒิพงษ์ ปะวะสาร, เจริญ สุนทราวานิชย์ และเจริญชัย โขมพัตราภรณ์ (2550) ได้ทำการลดข้อบกพร่องที่เกิดจากกระการผลิต โดยเป็นไปตามแนวทางการแก้ปัญหาแบบคิวซีสตอรี่ (QC Story) จากการศึกษาพบว่าของเสียส่วนใหญ่มีอาการตะเข็บไม่แน่นบริเวณตะเข็บข้างซึ่งเกิดจากกระบวนการเย็บเข้าข้างตัวกางเกงโดยใช้เครื่องจักรเข็มเดี่ยวชนิดฝีเข็มลูกโซ่ ค่าใช้จ่ายของบริษัทในการจ้างแรงงานเพื่อซ่อมแซมข้อบกพร่องนี้ประมาณ 132,685 บาทต่อปี จากการสังเกตยังพบว่าอาการของเสยดังกล่าวมักเกิดขึ้นกับบริเวณที่ตะเข็บหนากว่าปกติ เป็นเหตุให้ระยะฝีเข็มในบริเวณดังกล่าวห่างกว่าที่ควร เพื่อแก้ปัญหาจึงได้ปรับแต่งเครื่องจักรเข็มเดี่ยวชนิดเข็มลูกโซ่เพื่อให้สามารถปรับฝีเข็มและความตึงของด้ายได้ ผลการแก้ไขพบว่าข้อบกพร่องลดลงจากเดิม 1.17 จุดบกพร่องต่อหนวยผลิตภัณฑ์ (Defect Per Unit: DPU) เหลือเพียง 0.21 DPU

กุสุมา จิรวงศ์สวัสดิ์ (2550) ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการฟริต เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาประสบปัยหาคุณภาพฟริต เนื่องจากฟริตมีส่วนผสมไม่ตรงสูตรมีของเสียเกิดขึ้นประมาณ 2% คิดเป็นมูลค่าประมาณ 6.6 ล้านบาทต่อปี โดยเริ่มจากศึกษากระบวนการผลิต วิเคราะห์สาเหตุโดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล จากนั้นทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับกระบวนการผลิต พร้อมกับประเมินความสำเร็จในการปรับปรุงโดยอาศัยหลักการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องโดยการพัฒนาแบบฟอร์มการตรวจสอบเครื่องจักรประจำวัน และเอกสารวิธีปฏิบัติงาน ฝึกอบรมพนักงาน ออกแบบการทดลองแบบ แฟคทอเรียล 2 เพื่อปรับอัตราการหมุนส่งวัตถุดิบและขนาดสกรูที่เหมาะสม และการทดลองแบบปัจจัยเดียวเพื่อกำหนดปริมาณทรายที่เหมาะสมในขั้นตอนการทำความสะอาด ผลจากการวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยสนับสนุนเรียงตามลำดับดังนี้ การปรับปรุงเครื่องจักร (0.531) การปรับปรุงวิธีการทำงาน (0.469) จากการปรับปรุงกระบวนการการผลิตในครั้งนี้จำนวนของเสียลดลงโดยเฉลี่ย 68,337.5 ก.ก. เหลือ 50,856.6 ก.ก. คิดเป็นจำนวนเงินประมาณ 314,565.2 บาท และคุณภาพฟริตเพิ่มขึ้นตามเป้าหมายคุณภาพ ณ ระดับ 98.6%

กิตติศักดิ์ อนุรักษสกุล (2545) ได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุ และลดของเสียโดยใช้เทคนิค FMEA จากการปรับปรุง และลดของเสียตามขั้นตอนการวิจัย พบว่าของเสียส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการ DRAW, TRIM/ PIERCE และ SEPARATE โดยของเสียที่เกิดขึ้น ได้แก่ ชิ้นงานย่น,

เสียรูป, แตก, บุบตุง และมีครีบคม โดยมีสาเหตุดังนี้ ชิ้นงานมีครีบ เกิดจากสภาพแม่พิมพ์ไม่สมบูรณ์, Pressure ที่ใช้ของเครื่องจักรไม่สม่ำสเสมอ ชิ้นงานบุบตุง เกิดจากแม่พิมพ์สกปรกและพนักงานนำชิ้นงานออกไม่ถูกวิธี ชิ้นงานย่น เกิดจาก Pressure Cushion น้อย, พนักงานวางชิ้นงานไม่ชนStopper, ค่า Die Height ไม่ได้มาตรฐาน ชิ้นงานแตก เกิดจาก Pressure Cushion มีค่าสูง ชิ้นงานไหม้ เกิดจากแม่พิมพ์ชำรุด หลังจากทำการปรับปรุงแล้วพบว่า

1. กระบวนการ DRAW มีของเสียก่อนปรับปรุง 2.02% และหลังการปรับปรุงเป็น 0.79%, 0.24% และ 0.22% ตามลำดับ

2. กระบวนการ TRIM/ PIERCE มีของเสียก่อนปรับปรุง 2.20% และหลังการปรับปรุงเป็น 0.70%, 0.25% และ 0.22% ตามลำดับ

3. กระบวนการ SEPARATE มีของเสียก่อนปรับปรุง 2.25% และหลังการปรับปรุงเป็น 1.06%, 0.20% และ 0.18% ตามลำดับ

ทิพากร วงษ์นาม (2548) ได้ทำการลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโดยการระดมสมองเพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องโดยใช้แผนผังแผนภาพก้างปลา และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับกระบวนการผลิต (PFMEA) และให้ทีมผู้ เชี่ยวชาญในแต่แผนกที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์เพื่อประเมินค่าความรุนแรง ค่าโอกาสในเกิดข้อบก พร่อง และค่าความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง เพื่อนำไปคำนวณค่าคะแนนความเสี่ยง (RPN) และได้ดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 100 คะแนนขึ้นไป โดยประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ คือ สามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้ตามเป้าหมายที่กำหนด ผลการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข พบว่า

1. กระบวนการผลิตรวมมีของเสียก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 2.816% และหลังการปรับปรุงเท่ากับ 1.938%

2. กระบวนการขึ้นรูปมีของเสียก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 1.345% และหลังการปรับปรุงเท่ากับ 0.998%

3. กระบวนการ QC ตรวจสอบ 100% มีของเสียก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 5.146% และหลังการปรับปรุงเท่ากับ 1.93%

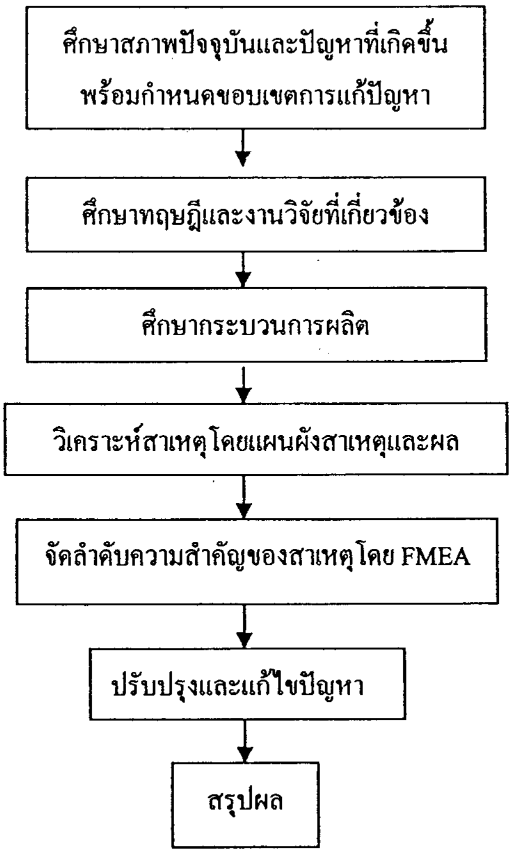
4. ของเสียที่มาจากผลิต ภัณฑ์ 5 รายการที่ลูกค้าทำการร้องเรียนสูงสุดก่อนปรับปรุงเท่ากับ 7,979 ชิ้นต่อเดือนและไม่มีการร้องเรียนสำหรับผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 อีกภายหลังจากปรับปรุงแล้ว

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาแนวทางในการลดของเสียในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา โดยโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานที่รับขึ้นรูปโลหะ และประกอบตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ทั้งชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และอื่น ๆ จากการสำรวจข้อมูล และรวบรวมสถิติในเดือนตุลาคม พ.ศ.2554 จนถึง มกราคม พ.ศ.2555 พบว่าเกิดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วน AS01 และ AS02 เป็นจำนวนค่อนข้างสูง ผู้วิจัยจึงได้เลือกประเด็นปัญหานี้ ศึกษาหาแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุงเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิต

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

368982

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ซึ่งมีลำดับขั้นตอนโดยเริ่มจากศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาพร้อมทั้งกำหนดขอบเขตการแก้ปัญหา ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษากระบวนการผลิต วิเคราะห์สาเหตุโดยแผนผังสาเหตุและผล จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุโดย FMEA ปรับปรุง และแก้ไขปัญหา และสรุปผล ดังภาพที่ 3-1

การวิเคราะห์หาสาเหตุ

โดยเริ่มจากการจัดตั้งทีมงานโดยการระดมสมองจากทุกฝ่ายที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วยตัวแทนจากต่าง ๆ ดังนี้

1. ฝ่ายผลิต
2. ฝ่ายวิศวกรรม
3. ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ
4. ฝ่าย Tooling
5. ฝ่ายวางแผน

โดยจัดทำแผนผังสาเหตุ และผลหรือแผนผังก้างปลาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดปัญหาขึ้นงานเสียในเบื้องต้น หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์สาเหตุอย่างละเอียด และจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ โดยใช้ Process FMEA เพื่อหาค่าสาเหตุที่มีค่า RPN เกิน 100 โดยเกณฑ์การให้คะแนนได้กล่าวไปแล้วในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 เมื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุ และข้อบกพร่องของกระบวนการแล้ว จะนำกระบวนการที่มีค่า RPN มาก กว่า 100 มาทำการปรับปรุงเพื่อลดข้อบกพร่องต่อไป ซึ่งในการวิเคราะห์จะระบุข้อบกพร่องที่เกิด ขึ้นจากขั้นตอนการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต และมีแนวโน้มที่จะเกิด ขึ้นพร้อมกับระบุผลกระทบจากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

การปรับปรุง และแก้ไขปัญหา

หลังจากทราบสาเหตุของการเกิดของเสียแล้วจะทำการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาโดยประยุกต์ใช้แนวคิดและทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วในบทที่ 2 ทั้งแนวคิด การป้องกันข้อผิดพลาดของพนักงาน (Poka –Yoke) และการนำแผนภูมิควบคุม (P-Chart) มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุง และแก้ไขปัญหา

บทที่ 4
ผลการวิจัย

สภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา

หลังจากได้ศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา แล้วพบว่ามีปริมาณของเสียในกระบวนการผลิต AS01 และ AS02 ดังตารางที่ 4-1

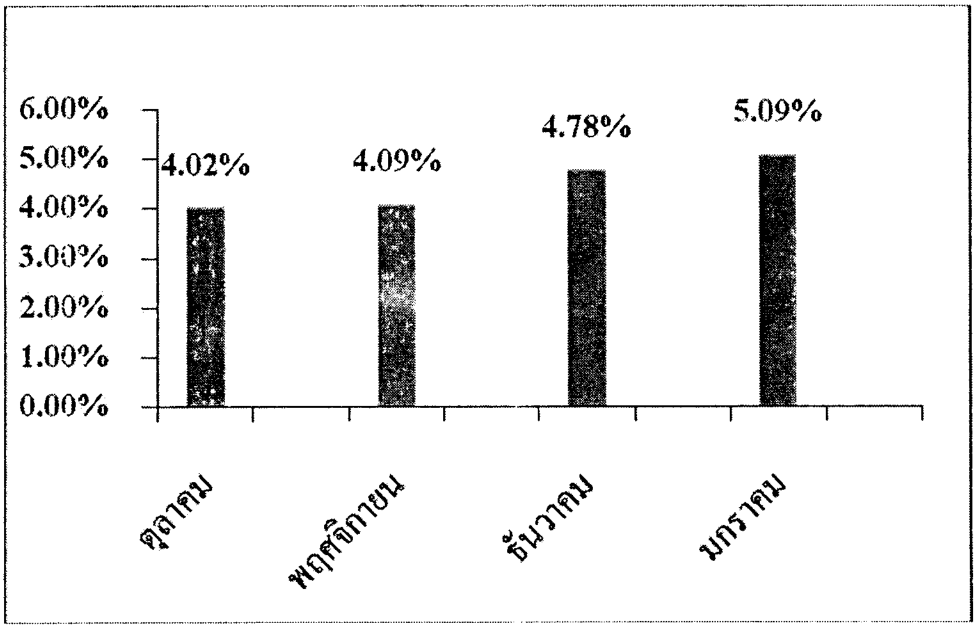
ภาพที่ 4-1 ลักษณะของเสียในกระบวนการผลิต AS01และAS02

ตารางที่ 4-1 ปริมาณของเสีย ในเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554 ถึง มกราคม พ.ศ. 2555

เดือน	Part No.	จำนวนที่ผลิต (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	ของเสีย (ร้อยละ)
ตุลาคม	ASW94791	14,988	602	4.02
	ASW94830			
พฤศจิกายน	ASW94791	4,936	202	4.09
	ASW94830			
ธันวาคม	ASW94791	18,328	876	4.78
	ASW94830			

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

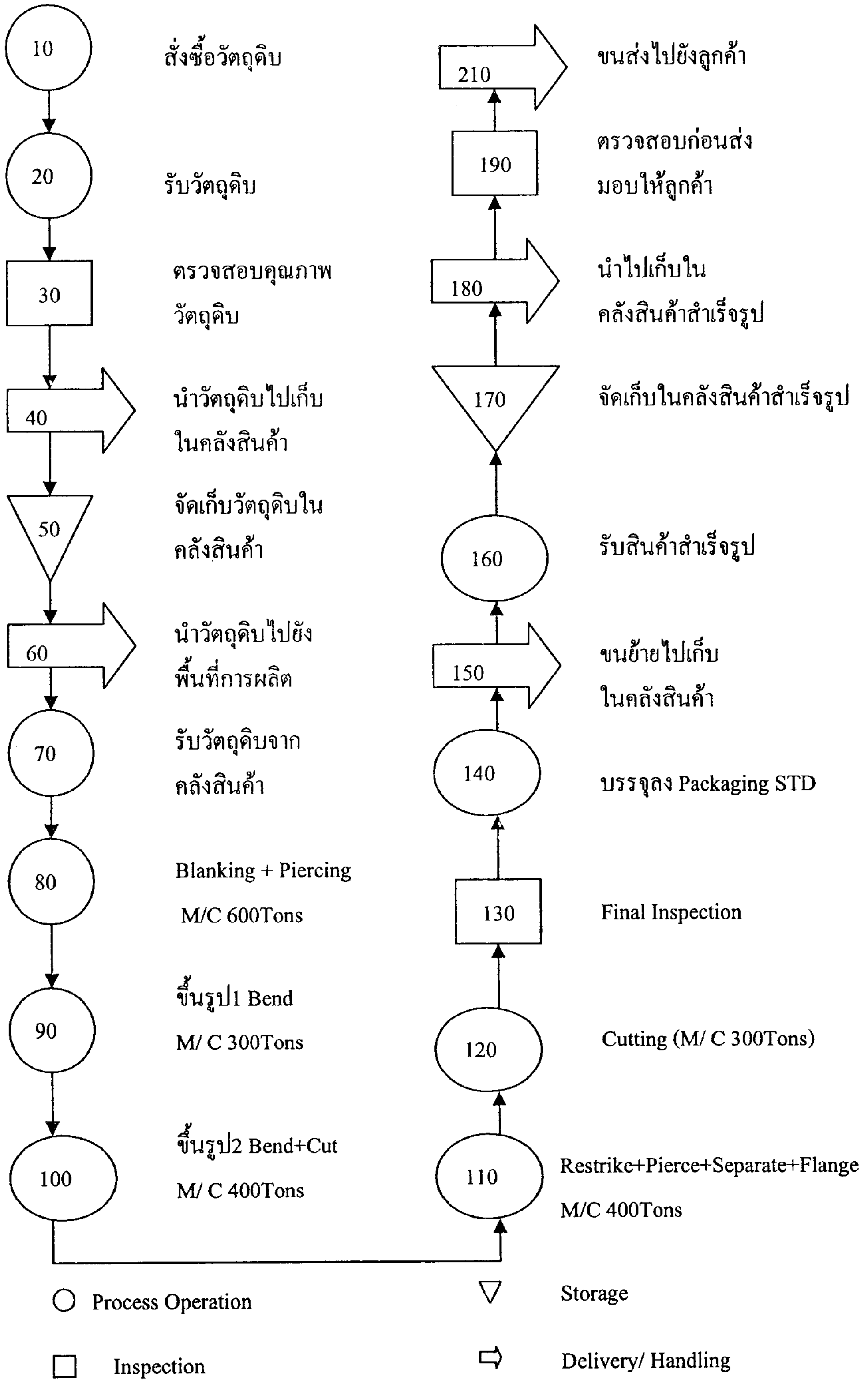
เดือน	**Part No.**	**จำนวนที่ผลิต (ชิ้น)**	**จำนวนของเสีย (ชิ้น)**	**ของเสีย (ร้อยละ)**
มกราคม	ASW94791 ASW94830	31,568	1608	5.09
เฉลี่ย/ เดือน		17,455	822	4.71



ภาพที่ 4-2 ร้อยละของเสียในเดือน ตุลาคม พ.ศ.2554 ถึง มกราคม พ.ศ.2555

จากข้อมูลดังกล่าว จะเห็นว่าตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ.2554 จนถึง มกราคม พ.ศ. 2555 มีจำนวนของเสียเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และในเดือนมกราคม พ.ศ. 2555 มีของเสียถึงร้อยละ 5.05 ซึ่งเกิน KPI ที่โรงงานกรณีศึกษาได้กำหนดไว้ และยังต้องแบกรับต้นทุนที่เกิดจากของเสียและค่าใช้จ่ายในการเพิ่มเที่ยวรถขนส่งเฉลี่ยเดือนละประมาณ 57,733 บาทต่อเดือน (ต้นทุนต่อชิ้น = 64 บาท บวกกับค่าใช้จ่ายในการเพิ่มเที่ยวเฉลี่ยต่อเดือน)

กระบวนการผลิต AS01 และ AS02



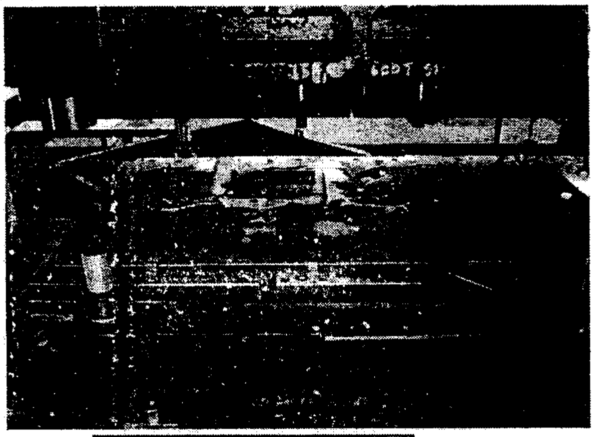
ภาพที่ 4-3 แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต AS01 และ AS02 (Process-Flow Chart)

กระบวนการในการผลิตชิ้นส่วน AS01 และ AS02 มีกระบวนการผลิตหลัก ๆ ทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. Blanking + Piercing M/ C 600Tons
2. ขึ้นรูปครั้งที่1 Bend M/ C 300Tons
3. ขึ้นรูปครั้งที่2 Bend+Cut M/ C 400Tons
4. Restrike+Pierce+Separate+Flange M/ C 400Tons
5. Cutting (M/ C 300Tons)

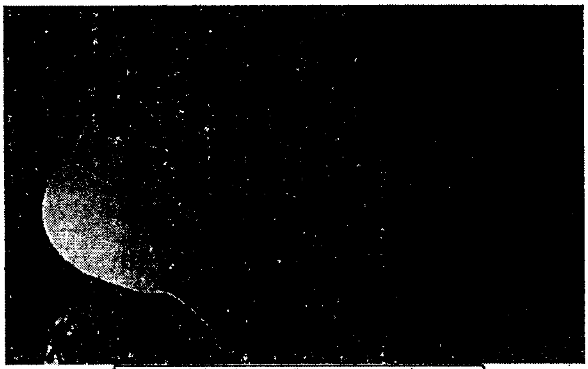
ซึ่งในการผลิตแต่ละกระบวนการลำดับดังนี้ดังนี้

กระบวนการผลิตที่ 1 Blanking + Piercing M/ C 600Tons



ลักษณะการวาง Mat'l บนแม่พิมพ์ [redacted]

ภาพที่ 4-4 ลักษณะแม่พิมพ์ (Die) ในกระบวนการ Blanking + Piercing ในสภาพพร้อมใช้งาน



ลักษณะชิ้นงานที่ Blank เสร็จแล้ว

ภาพที่ 4-5 ลักษณะชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอนการ Blanking + Piercing

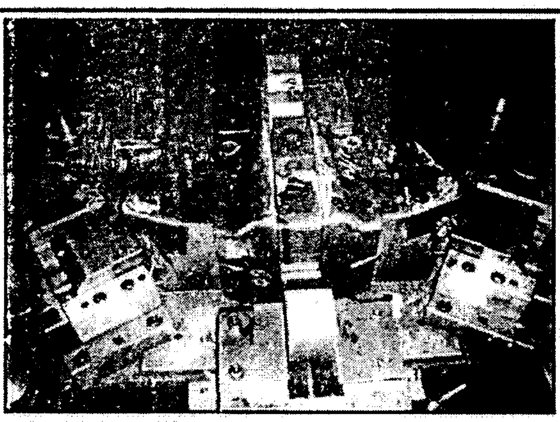
กระบวนการขึ้นรูปครั้งที่ 1 Bend M/ C 300Tons

ภาพที่ 4-6 ลักษณะการวางชิ้นงานบนแม่พิมพ์ในขั้นตอนการ Bend

ภาพที่ 4-7 ลักษณะชิ้นงานหลังปั๊มขึ้นรูปบนแม่พิมพ์ครั้งที่ 1

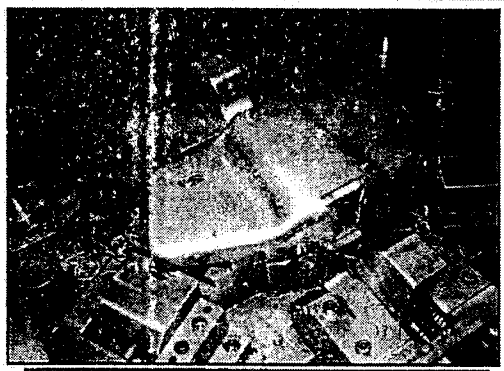
ภาพที่ 4-8 ลักษณะชิ้นงานทั้ง 2 ด้านหลังปั๊มขึ้นรูปบนแม่พิมพ์ครั้งที่ 1

กระบวนการขึ้นรูปครั้งที่ 2 Bend+Cut M/ C 400Tons



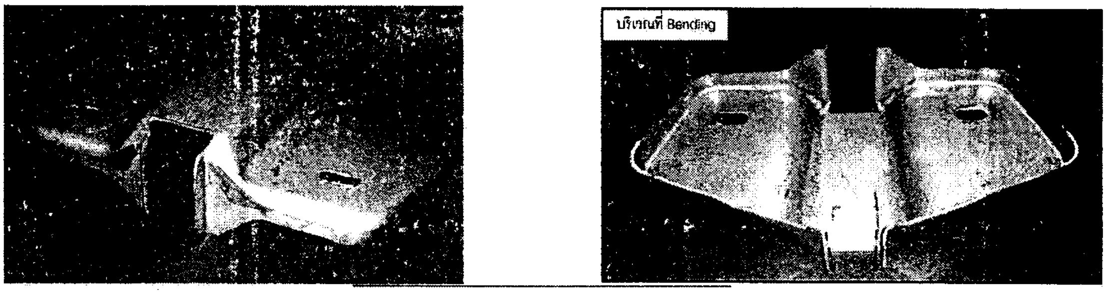
จัดเตรียมแม่พิมพ์ให้เรียบร้อย

ภาพที่ 4-9 ลักษณะแม่พิมพ์ในกระบวนการ Bend+Cut ที่เรียบร้อยพร้อมใช้งาน



ลักษณะการวางชิ้นงานบนแม่พิมพ์

ภาพที่ 4-10 ลักษณะการวางชิ้นงานบนแม่พิมพ์ในการ Bend+Cut

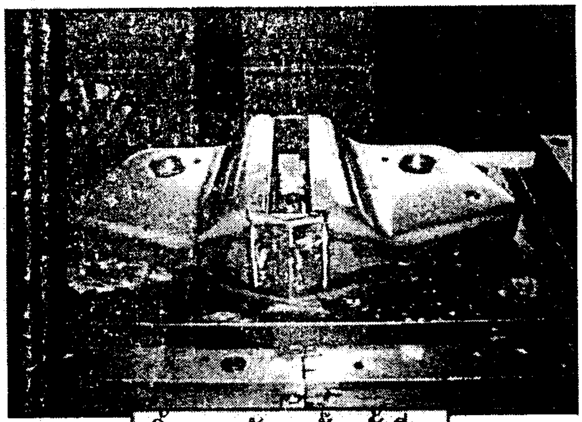


ภาพที่ 4-11 ลักษณะชิ้นงานหลังจากการ Bend+Cut

กระบวนการ Restrike+Pierce+Separate+Flange M/ C 400Tons

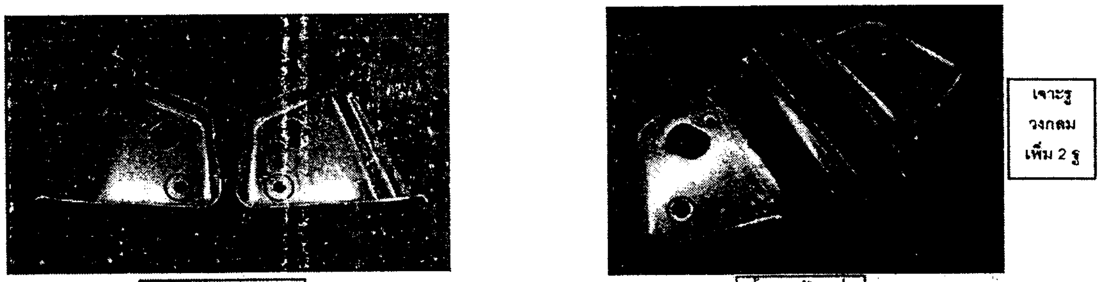
ภาพที่ 4-12 ลักษณะแม่พิมพ์ในกระบวนการ Restrike+Pierce+Separate+Flange ที่เรียบร้อยพร้อมใช้งาน

ภาพที่ 4-13 ลักษณะการวางชิ้นงานบนแม่พิมพ์ในกระบวนการ Restrike+Pierce+Separate+Flange



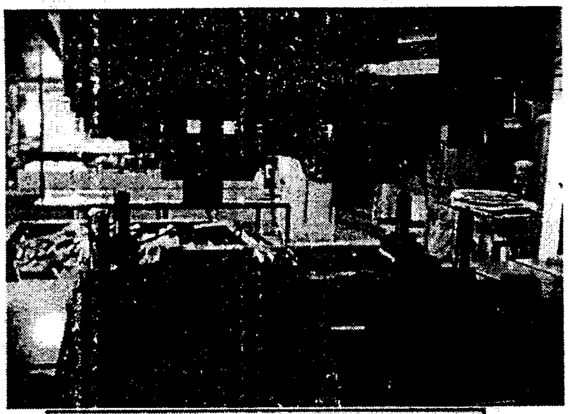
ภาพที่ 4-14 ลักษณะชิ้นงานหลังการปั๊มครั้งที่1 ในกระบวนการ Restrike+Pierce+Separate+Flange

ภาพที่ 4-15 ลักษณะชิ้นงานหลังการปั๊มครั้งที่2 ในกระบวนการ Restrike+Pierce+Separate+Flange



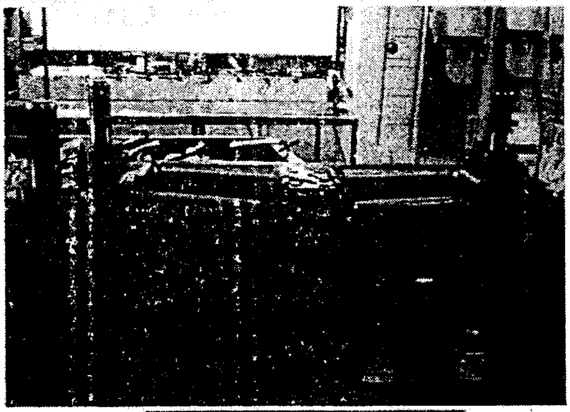
ภาพที่ 4-16 ลักษณะชิ้นงานทั้ง 2 ด้านหลังปั๊มเสร็จในกระบวนการRestrike+Pierce+Separate+Flange

กระบวนการ Cutting (M/ C 300Tons)



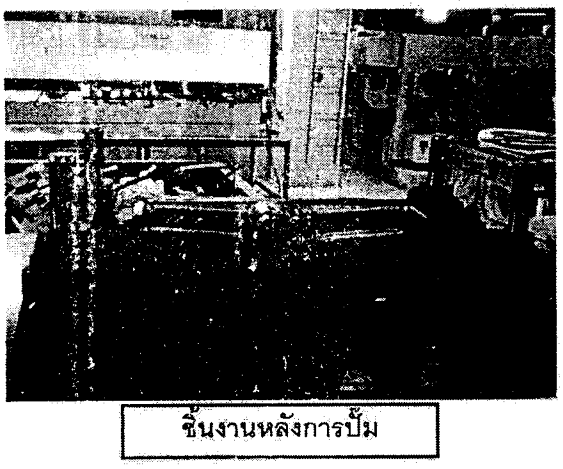
จัดเตรียมแม่พิมพ์ให้เรียบร้อย

ภาพที่ 4-17 ลักษณะแม่พิมพ์ในกระบวนการ Cutting ที่เรียบร้อยพร้อมใช้งาน

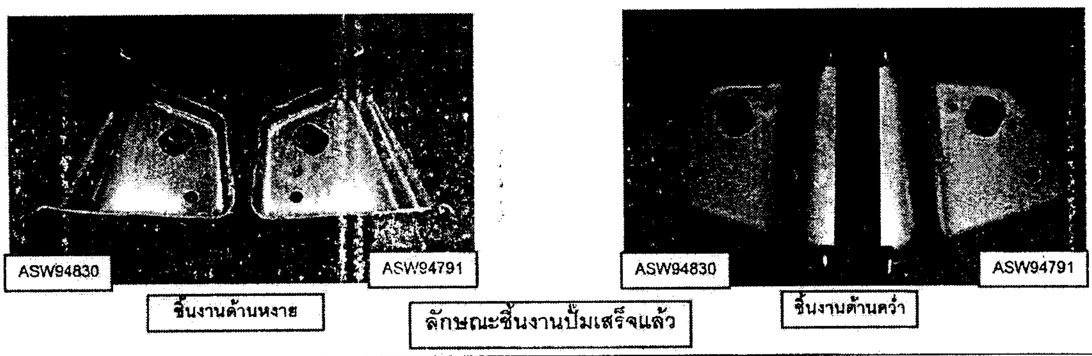


ลักษณะการวางชิ้นงาน

ภาพที่ 4-18 ลักษณะการวางชิ้นงานบนแม่พิมพ์ในกระบวนการ Cutting

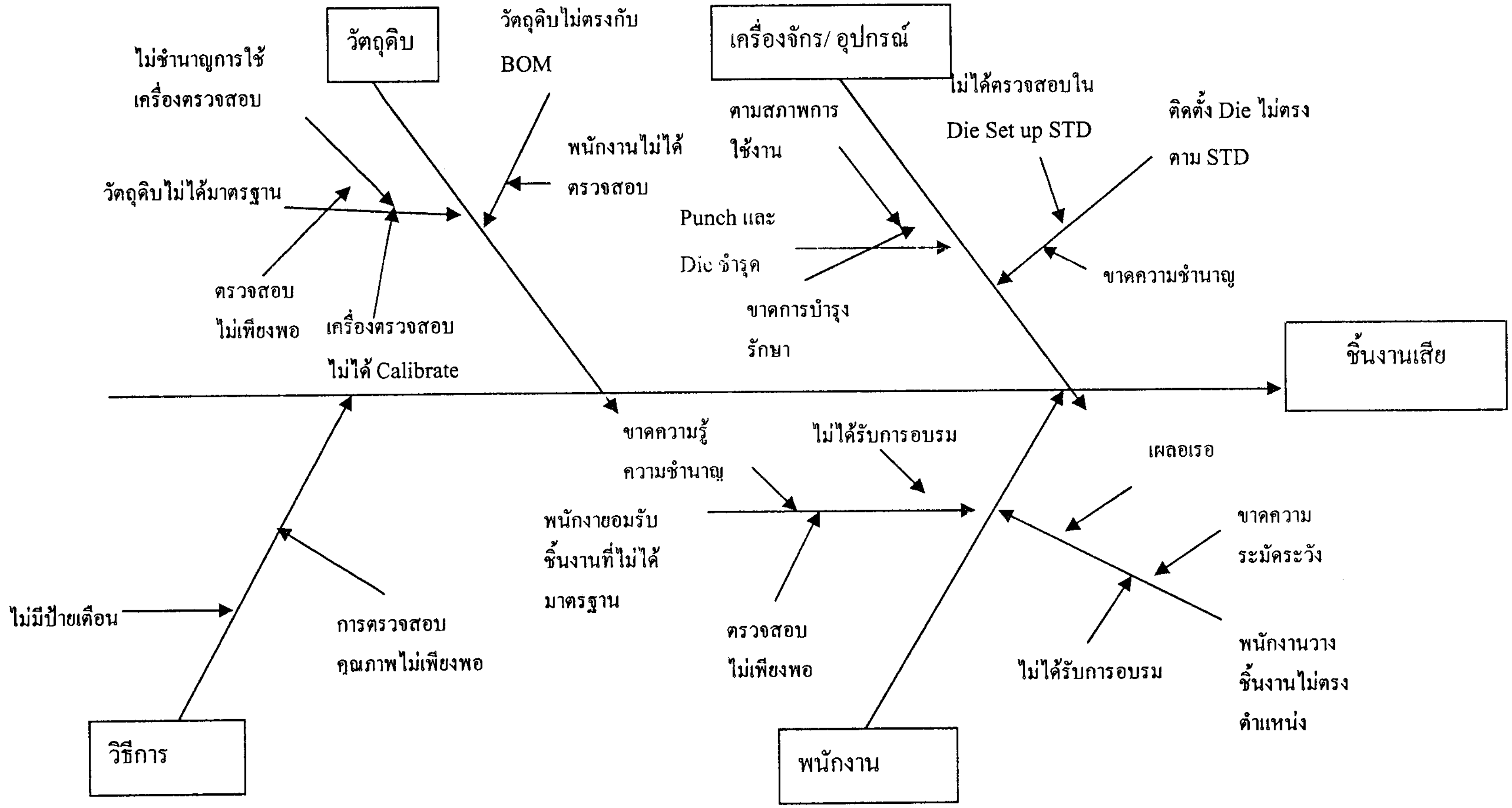


ภาพที่ 4-19 ลักษณะชิ้นงานหลังปั้มในกระบวนการ Cutting



ภาพที่ 4-20 ลักษณะชิ้นงานทั้ง 2 ด้านหลังปั้มในกระบวนการ Cutting

วิเคราะห์สาเหตุการเกิดของเสีย



ภาพที่ 4-21 การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต

ผลการวิเคราะห์

หลังจากทำการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดของเสียโดยแผนผังสาเหตุและผล ซึ่งสรุปสาเหตุในแต่ละปัจจัยได้ ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 สรุปสาเหตุการเกิดของเสีย

ปัจจัย	สาเหตุหลัก
พนักงาน	-พนักงานวางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง เกิดจากพนักงานเผอเรอ ขาดความระมัดระวัง -พนักงานยอมรับชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐาน เกิดจากพนักงาน ไม่ได้ตรวจสอบ หรือตรวจสอบไม่เพียงพอ
เครื่องจักร	-Punch และ Die ชำรุด เสื่อมสภาพตามการใช้งานและขาดการบำรุงรักษา -ติดตั้ง Die ไม่ตรงกับ Die Set Up STD เกิดจากพนักงานฝ่าย Tooling ไม่ได้ตรวจสอบกับคู่มือ Die Set up STD
วิธีการ	-ไม่มีป้ายเตือน - การตรวจสอบคุณภาพไม่เพียงพอ
วัตถุดิบ	-ไม่ตรงกับ BOM -วัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน

จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุโดย FMEA

หลังจากวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดของเสียในเบื้องต้นด้วยแผนผังแสดงเหตุ และผลแล้ว จึงทำการวิเคราะห์กระบวนการผลิตอย่างละเอียด โดยใช้ FMEA เพื่อหาค่าสาเหตุที่มีค่า RPN เกิน 100 โดยเกณฑ์การให้คะแนนได้กล่าวไปแล้วในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 เมื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุและข้อบกพร่องของกระบวนการแล้ว จะนำกระบวนการที่มีค่า RPN มากกว่า 100 มาทำการปรับ ปรุงเพื่อลดข้อบกพร่องต่อไป ซึ่งในการวิเคราะห์จะทำโดยตัวแทนของฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องร่วมกันระบุข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตและมีแนวโน้มที่จะเกิด ขึ้น พร้อมกับระบุผลกระทบจากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ตามตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 วิเคราะห์ความเสี่ยงและผลกระทบก่อนปรับปรุง

กระบวนการ	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง	O	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D	RPN	การแก้ไข	แนวทางปฏิบัติการแก้ไข			
										S	O	D	RPN
40 ขนย้ายวัตถุดิบเข้าคลังสินค้า	-วัตถุดิบเสียหายขณะขนย้าย	-ไม่สารมารถนำไปผลิตได้	6	-พนักงานขับรถโฟร์คลิฟขาดความชำนาญ	3	-ฝึกอบรมพนักงานตาม OJT	5	90					
50 จัดเก็บวัตถุดิบ	-วัตถุดิบขึ้นสนิม	-ส่งชิ้นงานขึ้นสนิมไปยังลูกค้า	6	-ไม่ได้ทำการป้องกันวัตถุดิบในขณะเก็บรักษา	2	-ใช้แผ่นพลาสติกป้องกัน	6	72					
60 ขนย้ายวัตถุดิบไปยังพื้นที่ผลิต	-วัตถุดิบเสียหายขณะขนย้าย	-ไม่สารมารถนำไปผลิตได้	6	-พนักงานขับรถโฟร์คลิฟขาดความชำนาญ	3	-ฝึกอบรมพนักงานตาม OJT	5	90					
70 รับวัตถุดิบจากคลังสินค้า	-วัตถุดิบไม่ครบตามจำนวนที่เบิก	-ผลิตไม่ครบตามJob Order	6	-พนักงานไม่ได้ตรวจสอบก่อนรับ	3	-ฝึกอบรมพนักงาน	5	90					
80 Blanking.+ Piercing. (Common RH/ LH)	-Burr เกิน Spec (Spec $\leq$ 0.32 mm.)	-ต้องทำการ Rework -เกิดปัญหาชิ้นงานแตกร้าว	7	-Punch และ Die Cutter ชำรุด	5	-แผนบำรุงรักษา	4	140					

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

กระบวนการ	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง	O	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D	RPN	การแก้ไข	แนวทางปฏิบัติการแก้ไข			
										S	O	D	RPN
90 ขึ้นรูป 1 Bend (Common RH/ LH)	-ชิ้นงานผิดรูป, แตก	-ชิ้นงาน NG ไม่สามารถส่งต่อไปยังขั้นตอนต่อไป	7 7	-ตั้ง Die Condition ผิดพลาด -พนักงานวางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง	4 3	-ตรวจสอบกับคู่มือ Die Set up STD -First Piece all Lot -เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน	4 5	96 105					
100 ขึ้นรูป 2 Bend + Cut (Common RH/ LH)	-ชิ้นงานผิดรูป,แตก มีรอยขีดข่วน	-ชิ้นงาน NG ไม่สามารถส่งต่อไปยังขั้นตอนต่อไป	7 7 7	-ตั้ง Die Condition ผิดพลาด -พนักงานวางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง -มีชิ้นงาน Burr Over Specหลุดมาจากขั้นตอนก่อนหน้า	4 3 3	-ตรวจสอบกับคู่มือ Die Set up STD -เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน การสุ่มตรวจสอบคุณภาพ	4 5 5	96 105 105					
110 Restrike+Pierce+ Separate+Flange	-ชิ้นงานผิดรูป แตก	-ชิ้นงาน NG ไม่สามารถส่งต่อไปยังขั้นตอนต่อไป	7 7 7	-ตั้ง Die Condition ผิดพลาด -พนักงานวางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง -มีชิ้นงาน Burr Over Specหลุดมาจากขั้นตอนผลิตก่อนหน้า	3 3 3	-ตรวจสอบกับคู่มือ Die Set up STD -เอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงาน -การสุ่มตรวจสอบคุณภาพ	4 5 5	84 105 105					

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

กระบวนการ	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง	O	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D	RPN	การแก้ไข	แนวทางปฏิบัติการแก้ไข			
										S	O	D	RPN
120 Cutting	-ชิ้นงาน Burr Over Spec	-ต้องทำการ Rework	7	-Die Cutter ชำรุด	4	-แผนบำรุงรักษา Die	4	112					
130 Final Inspection	-ตรวจสอบผิด ยอมรับชิ้นงานเสีย	-ลูกค้าร้องเรียน และส่งคืนสินค้า	7 7	-พนักงานตรวจสอบคุณภาพไม่มีความชำนาญ -เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบ Error	2 2	-ฝึกอบรมพนักงานตาม OJT -จัดทำ Calibration Plan	5 6	70 84					
140 Packing	-บรรจุชิ้นงานไม่ครบตาม STD	-ส่งชิ้นงานไปให้ลูกค้าไม่ครบตาม Order	7	-พนักงานไม่เข้าใจ Packing STD	4	-ฝึกอบรม สุ่มตรวจสอบคุณภาพ	3	84					
150 -ขนย้ายจากพื้นที่ผลิตไปยังพื้นที่จัดเก็บ FG	-ชิ้นงานเสียหายในระหว่างเคลื่อนย้าย	-ชิ้นงาน NG ไม่สามารถส่งต่อไปยังลูกค้าได้	6	-พนักขับรถโฟร์คลิฟขาดความชำนาญ	3	-ฝึกอบรมพนักงานตาม OJT	2	36					
160 รับชิ้นงาน FG	-จำนวนชิ้นงานไม่ตรงกับใบนำส่ง	-ผลิตไม่ครบตาม Job Order	6	-พนักงานไม่ได้ตรวจนับชิ้นงาน	3	-ฝึกอบรมพนักงาน	4	72					
170 จัดเก็บ FG	-ชิ้นงานขึ้นสนิม	-ส่งชิ้นงานที่ขึ้นสนิมไปยังลูกค้า	6	-จัดเก็บชิ้นงานในพื้นที่เปียกและมีฝุ่น	3	-เก็บในพื้นที่แห้ง ไม่มีฝุ่น	5	90					

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

กระบวนการ	ลักษณะข้อบกพร่อง	ผลกระทบของข้อบกพร่อง	S	สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง	O	การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน	D	RPN	การแก้ไข	แนวทางปฏิบัติการแก้ไข			
										S	O	D	RPN
180 ขนย้ายจากพื้นที่จัดเก็บไปยังพื้นที่เตรียมส่ง	-ชิ้นงานเสียหายในระหว่างเคลื่อนย้าย	-ชิ้นงาน NG ไม่สามารถส่งต่อไปยังลูกค้าได้	6	-พนักขับรถโฟร์คลิฟขาดความชำนาญ	3	-ฝึกอบรมพนักงานตาม OJT	2	36					
190 ตรวจสอบคุณภาพก่อนส่งมอบให้ลูกค้า	-ตรวจสอบผิด Spec	-ส่งชิ้นงานไปให้ลูกค้าผิด	6	-ชิ้นงานมีจำนวนมากไม่สามารถตรวจสอบได้หมด	2	-ตรวจสอบชิ้นงานทุก Packaging ด้วยตาเปล่า	8	96					
200 ส่งชิ้นงานไปยังลูกค้า	-ชิ้นงานเสียหายระหว่างขนส่ง	-ลูกค้าร้องเรียนและส่งคืน	6	-Lock Packaging ให้แน่นขณะขนส่ง	3	-ตรวจสอบก่อนการส่งมอบ	5	90					

หมายเหตุ: RPN = S x O x D เช่น S=5, O=2, D=4 RPN = 40

กระบวนการที่มีค่า RPN มากกว่า 100 จะต้องทำการแก้ไข

การปรับปรุงแก้ไข

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย FMEA พบสาตุที่มีค่าความเสี่ยงชี้นำเกิน 100 มีทั้งหมด 3 สาเหตุ ตามลำดับ ดังนี้

1. **Punch และ Die Cutter ชำรุด มีค่า RPN เกิน 100**
   ขั้นตอนการผลิตที่ 80 มีค่า RPN เท่ากับ 140
   ขั้นตอนการผลิตที่ 120 มีค่า RPN เท่ากับ 112
2. **พนักงานวางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง มีค่า RPN เกิน 100**
   ขั้นตอนการผลิตที่ 90 มีค่า RPN เท่ากับ 105
   ขั้นตอนการผลิตที่ 100 มีค่า RPN เท่ากับ 105
   ขั้นตอนการผลิตที่ 110 มีค่า RPN เท่ากับ 105
3. **มีชิ้นงาน Burr Over Specหลุดมาจากขั้นตอนผลิตก่อนหน้า มีค่า RPN เกิน 100**
   ขั้นตอนการผลิตที่ 90 มีค่า RPN เท่ากับ 105
   ขั้นตอนการผลิตที่ 100 มีค่า RPN เท่ากับ 105

1. ปัญหา Punch และ Die Cutter ชำรุด

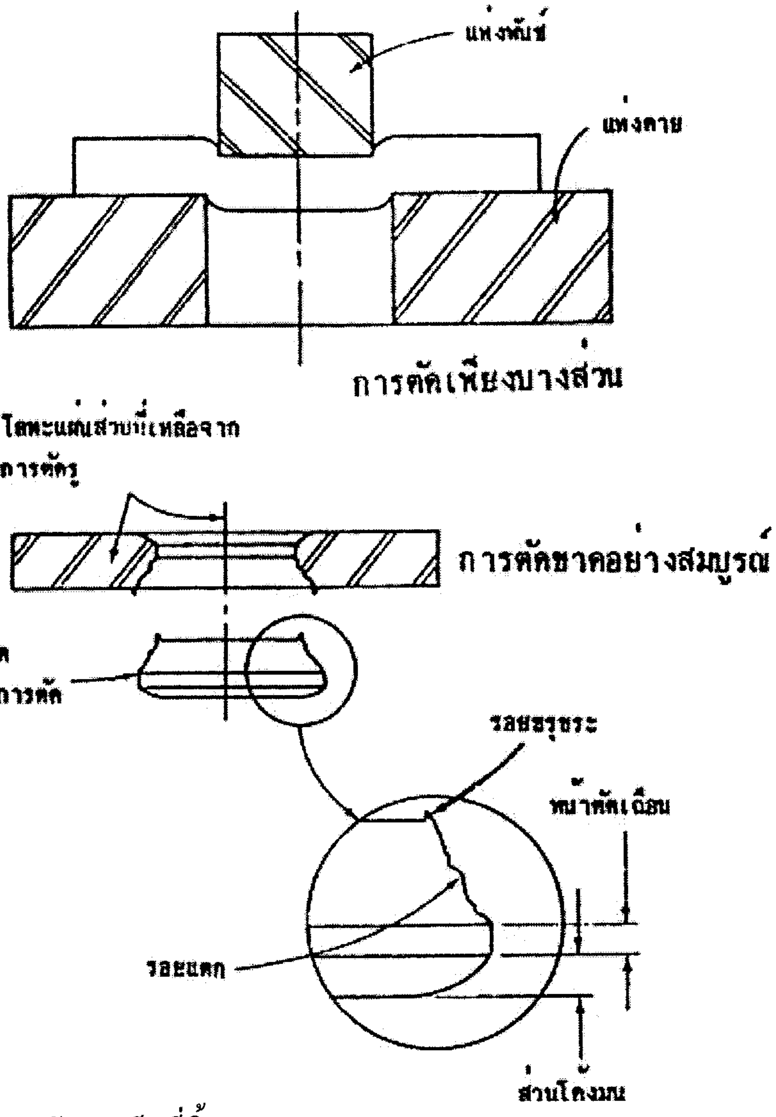
จากสาเหตุการเกิดชิ้นงานเสียเนื่องจากดายชำรุดที่มีค่าRPN สูงสุดจากสาเหตุทั้งหมด ได้สอบถามพนักงานที่มีความเชี่ยวชาญ และได้ข้อมูลว่าจากการสังเกตพบว่า ชิ้นงานที่มีส่วนที่เกิดครีบ (Burr) ที่ผิวหน้าแผ่นชิ้นงานและขอบตัดเกินมาตรฐาน เมื่อนำไปปั้มขึ้นรูปในกระบวนการต่อไป ชิ้นงานมัก จะแตกร้าว ซึ่งปัญหาการเกิดครีบนี้เกิดจากขอบคมตัดที่แท่งพั้นช์ (Punch) และแท่งดาย (Die) ที่อซึ่ง ในการตัดโลหะแผ่นด้วยดายจะต้องมีปัญหานี้เกิดขึ้นบ้าง ถ้าขอบคมตัดทื่อมากจะเกิดรอยครีบสูงมากทั้งนี้การเกิดครีบยังมีส่วนสัมพันธ์กับช่องว่างระหว่างพั้นช์และดายอีกด้วย

การแก้ไข

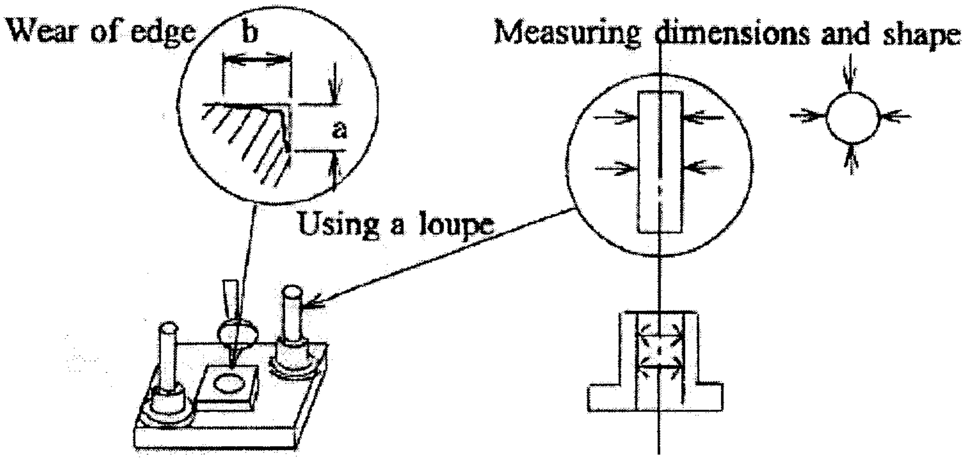
1.1 การลับคม

1.1.1 การสังเกตชิ้นงาน

โดยตรวจสอบชิ้นงานโดยสังเกตว่ามีครีบบริเวณใดมากน้อยเพียงใด และทำการวัดส่วนที่สึกหรอ ของ Punch และ Die



ภาพที่ 4-22 ตัวอย่างการสังเกตุครีบที่ชิ้นงาน



ภาพที่ 4-23 ตัวอย่างการวัดส่วนที่สึกหรอของพันซ์ และดาย

1.1.2 นำดาย และพันซ์ไปเจียรแต่ง ลับคม

ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ทำ Die Casting และ Punch เป็นเหล็ก SKD11 ซึ่งเป็นเหล็กชุบแข็งทั้งแท่ง การฟื้นฟูสภาพพั้นซ์ และดายนี้ ถ้าสึกหรอมากก็จะทำให้ขอบพั้นซ์และดายเสีย หายมาก ซึ่งจะใช้เวลาในการเจียรนานขึ้น และอายุการใช้งานจะสั้นลง ทางที่ดีควรจะกำหนดของเขตการสึกหรอ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์

1.1.3 ตรวจสอบการทำงานของชิ้นส่วนที่แก้ไข

หลังจากทำการเจียรแต่งลับคม พันซ์และดายแล้วพนักงานต้องทำการตรวจสอบการทำงานของแม่พิมพ์ว่า หลังจากแก้ไขแล้วยังมีชิ้นงานที่เกิดปัญหาขึ้นอีกหรือไม่พร้อมทั้งบันทึกผลการตรวจสอบ และยืนยันคุณภาพการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์ ซึ่งจุด สำคัญในการตรวจสอบ คือ ระยะ Clearance คมตัด และไม่มีรอยบากและผิวหยาบ

1.1.4 ระบุลงใน Die Set Up STD กำหนดให้ตั้งค่าขนาดช่องว่างระหว่างพันซ์และดาย

1.2 จัดทำประวัติแม่พิมพ์

ในการซ่อมบำรุงโดยการเจียรแต่งลับคมดาย และ พันซ์แต่ละครั้งจะทำให้ดายและพันซ์บางลงเรื่อย ๆ ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของการปั๊มชิ้นงานลดลง ดังนั้นจึงเสนอแนวทางการแก้ไขโดยการเก็บสถิติอย่างละเอียดว่าเมื่อลับคมแล้วในแต่ละครั้งจะสามารถนำมาผลิตชิ้นงานได้อีกเท่าไรจึงจะต้องทำการลับคมอีก เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวางแผนการบำรุงรักษา (Preventive Maintenance) ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดปัญหา ดายและพันซ์ชำรุดจนเป็นเหตุให้เกิดชิ้นงานเสีย

แบบประวัติการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์

ชนิดแม่พิมพ์.. รหัสแม่พิมพ์..

วันที่ติดตั้ง.. ผลิตภัณฑ์/รุ่น..

ที่	ซ่อมบำรุง		ลักษณะการสึกหรอ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	สถานที่ซ่อม	จำนวนที่ผลิตได้
	ครั้งที่	ลงวันที่				

หมายเหตุ
1. หลังปิดงานให้กรอกแบบประวัติการซ่อมบำรุงฯ ทุกครั้ง
2. แบบสรุปนี้ให้ติดไว้ที่ปกหน้าด้านในของแฟ้มประวัติการซ่อมบำรุง
3. ช่องรายการซ่อมบำรุงให้สรุปการซ่อมบำรุงโดยสังเขป

ภาพที่ 4-24 แบบฟอร์มประวัติแม่พิมพ์

1.3 ควบคุมสัดส่วนของเสีย

เพื่อป้องกันการผลิตของเสีย จึงได้นำ แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (Proportion Defective Control Chart: P-Chart) มาทำการกำหนดค่าควบคุมชิ้นงานเสีย เพื่อช่วยในการตัดสินใจหยุดการผลิตในกรณีที่เกิดของเสียเกินเขตควบคุม ซึ่งสามารถสร้างแผนภูมิควบคุมของเสียได้จากสูตร ดังนี้

โดยรายละเอียดของสูตรการคำนวณ P-Chart ได้แสดงไว้แล้วในบทที่ 2

$$CL_P = \bar{P}$$

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

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

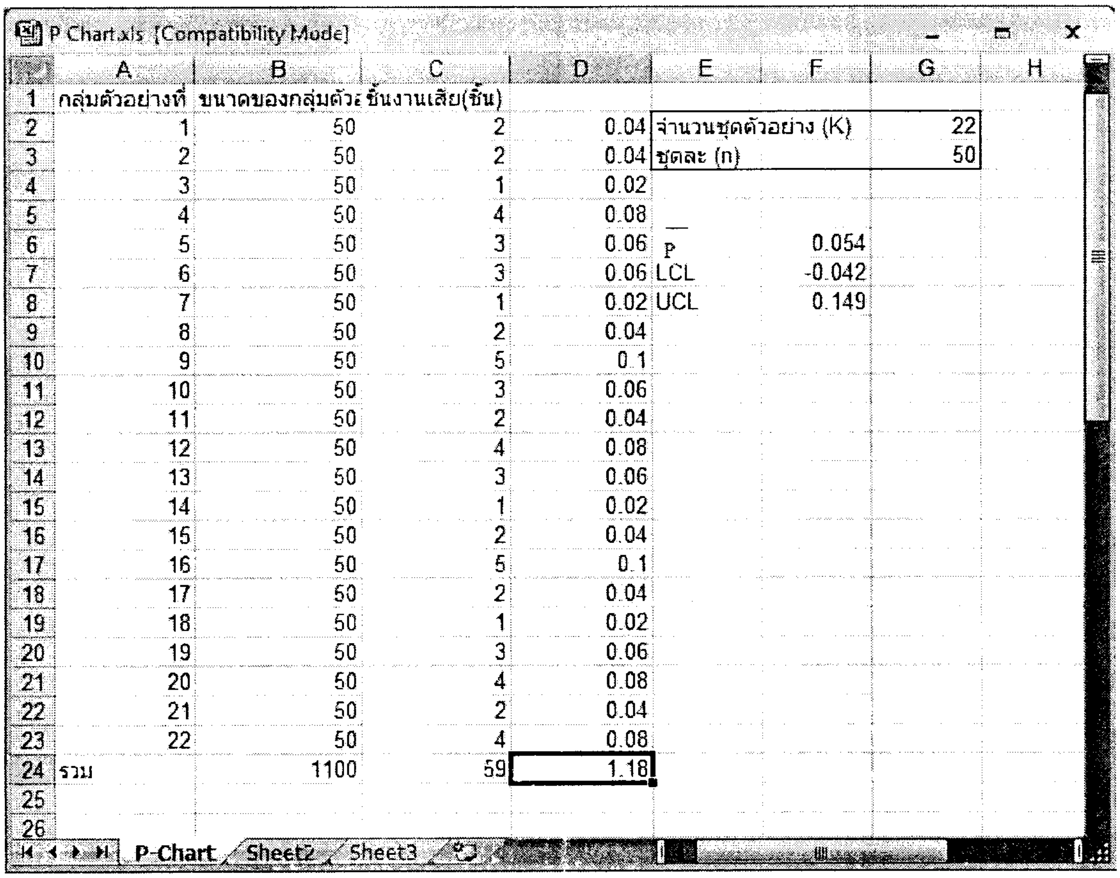
ในกรณีที่แต่ละตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน ค่า n ในสูตรข้างต้นจะต้องเป็นค่าเฉลี่ย

ดังนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลปริมาณของเสียหลังจากแก้ไข เพื่อหาสัดส่วนในการควบคุมปริมาณของเสียในกระบวนการผลิต AS01 และ AS02 ซึ่งสถิติการเกิดของเสีย ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างชิ้นงาน

กลุ่มตัวอย่างที่	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง	ชิ้นงานเสีย (ชิ้น)
1	50	2
2	50	2
3	50	1
4	50	4
5	50	3
6	50	3
7	50	1
8	50	2
9	50	5
10	50	3
11	50	2
12	50	4
13	50	3
14	50	1
15	50	2
16	50	5
17	50	2
18	50	1
19	50	3
20	50	4
21	50	2
22	50	4
รวม	1100	59

ซึ่งการเก็บตัวอย่างนี้สุ่มเก็บจำนวนครั้งละ 50 ชิ้น 22 ครั้งเพื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพจากสูตรและข้อมูลดังกล่าวทำการคำนวณในโปรแกรมเอ็กเซล ดังภาพที่ 4-25



P Chart.xls [Compatibility Mode]

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	กลุ่มตัวอย่างที่	ขนาดของกลุ่มตัวะ	ชิ้นงานเสีย(ชิ้น)					
2	1	50	2	0.04	จำนวนชุดตัวอย่าง (K)		22	
3	2	50	2	0.04	ชุดละ (n)		50	
4	3	50	1	0.02				
5	4	50	4	0.08				
6	5	50	3	0.06	$\bar{P}$	0.054		
7	6	50	3	0.06	LCL	-0.042		
8	7	50	1	0.02	UCL	0.149		
9	8	50	2	0.04				
10	9	50	5	0.1				
11	10	50	3	0.06				
12	11	50	2	0.04				
13	12	50	4	0.08				
14	13	50	3	0.06				
15	14	50	1	0.02				
16	15	50	2	0.04				
17	16	50	5	0.1				
18	17	50	2	0.04				
19	18	50	1	0.02				
20	19	50	3	0.06				
21	20	50	4	0.08				
22	21	50	2	0.04				
23	22	50	4	0.08				
24	รวม	1100	59	1.18				
25								
26								

P-Chart / Sheet2 / Sheet3

ภาพที่ 4-25 การคำนวณในโปรแกรมเอ็กเซล

ตารางที่ 4-5 สูตรการคำนวณในโปรแกรมเอ็กเซล

เซลล์	สูตรคำนวน	คัดลอกสูตร
D2	=C2/ G3	D3 ถึง D24
D24	= SUM (D2:D24)	-
F6	= D24/ G2	-
F7	= F6-3*SQRT (F6*(1-F6)/ G3)	-
F8	= F6+3*SQRT(F6*(1-F6)/ G3)	-

ค่า P (คอลัมน์ D) คำนวณได้โดยนำจำนวนของเสียหารด้วยขนาดของตัวอย่าง คือ P เท่ากับ $\frac{2}{50} = 0.04$

ค่าเฉลี่ย $\overline{P}$ (F6) คำนวณได้โดยนำผลรวมของค่า P (เซลล์ D24) หารด้วยจำนวนตัวอย่าง จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ $\frac{1.18}{22} = 0.054$

ขีดควบคุมด้านล่าง (LCL) (F7) คำนวณตามสูตร

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

$$LCL_P = 0.054 - 3\sqrt{\frac{0.054(1-0.054)}{50}}$$

จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ -0.042

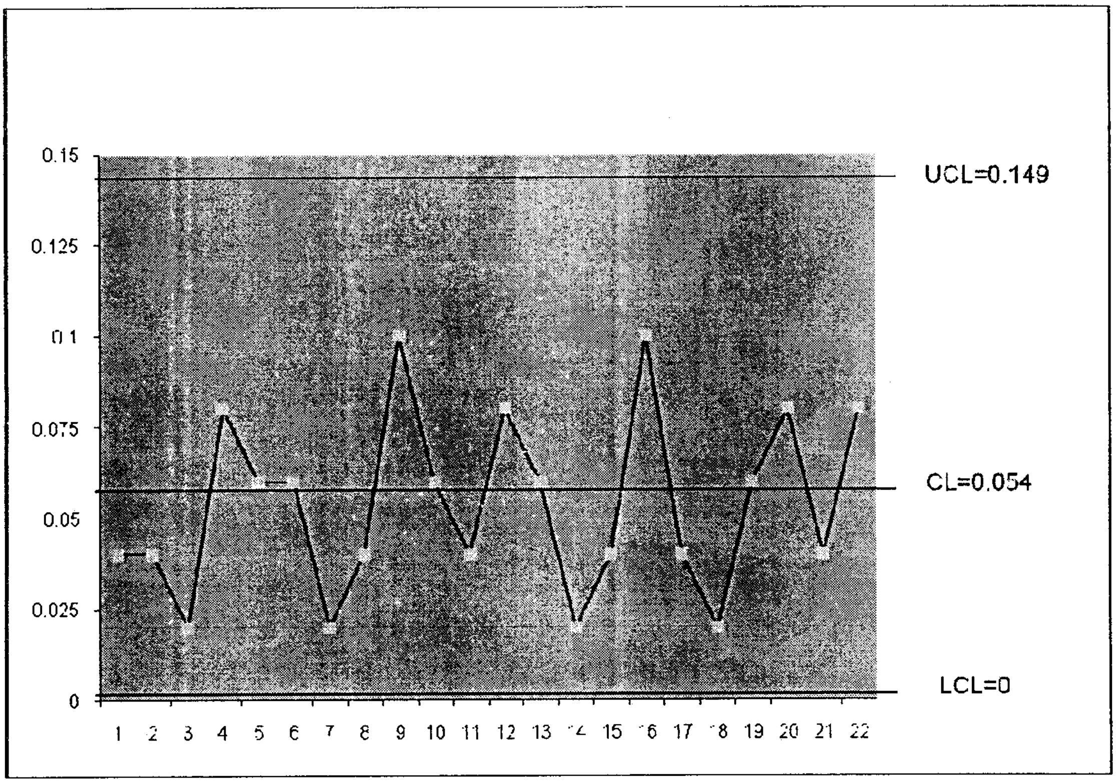
แต่เนื่องจากค่าสัดส่วนติดลบไม่ได้ ดังนั้นกรณีนี้จึงถือว่าขีดควบคุมล่างเท่ากับ 0

ขีดควบคุมด้านบน (UCL) (F8) คำนวณตามสูตร

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

$$UCL_P = 0.054 + 3\sqrt{\frac{0.054(1-0.054)}{50}}$$

จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 0.149



ภาพที่ 4-26 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-Chart)

ซึ่งอธิบายได้ ดังนี้

หากในกระบวนการผลิตมีจำนวนของเสียนอกเขตควบคุมบนที่ 0.149 หรือหากคิดเป็นจำนวนชิ้นเท่ากับ 7.45 ชิ้น จากจำนวนตัวอย่าง 50 ชิ้น แสดงว่ามีความผิดปกติในกระบวนการผลิต ให้พนักงานหยุดทำการผลิตทันที เพื่อตรวจสอบหาสาเหตุและแก้ไขปัญหาต่อไป

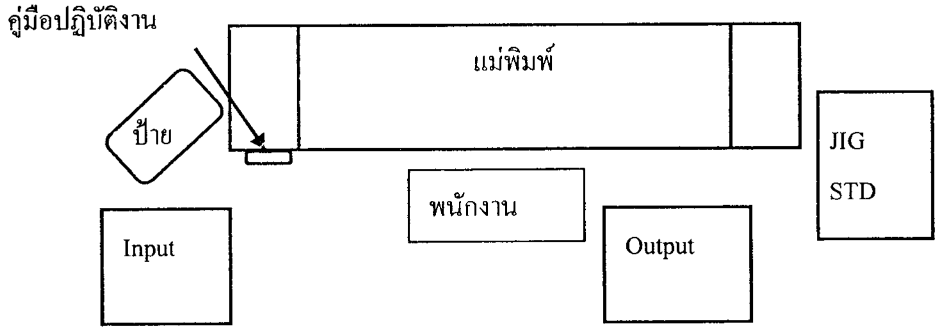
2. ปัญหาพนักงานวางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง

จากการสอบถามผู้มีส่วนเกี่ยวข้องพบว่าปัญหาพนักงานวางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่งนี้จะเกิดในกระ บวนการที่ 2 ถึง 4 ของกระบวนการผลิตชิ้นงาน AS01 และ AS02 ซึ่งสาเหตุนั้นเกิดจากความเผลอ เรอของพนักงาน จากความล้าในการทำงานและความง่วง

วิธีแก้ไข

2.1 จัดทำป้ายเตือนพนักงานให้ชัดเจน

จัดทำป้ายเตือน และจัดวางในตำแหน่งที่พนักงานสามารถมองเห็น ๆ ได้ชัดเจนเพื่อเป็นการกระตุ้นเตือนพนักงาน และป้องกันความเผอเรอของพนักงาน ดังภาพที่ 4-27



ภาพที่ 4-27 แผนผังการจัดวางป้ายเตือน และคู่มือการปฏิบัติงาน

2.2 ฝึกอบรมพนักงาน

เพื่อให้พนักงานเข้าใจกระบวนการผลิตอย่างดี และทราบผลกระทบของการเกิดความผิดพลาดในการปฏิบัติงาน

3. มีชิ้นงาน Burr Over Spec หลุดมาจากขั้นตอนผลิตก่อนหน้า

จากการสัมภาษณ์พนักงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ปัญหาดังกล่าวเกิดจาก พนักงานตรวจสอบคุณภาพไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพที่บริษัทกำหนด เช่น จะมาทำการตรวจสอบชิ้นงานเฉพาะชิ้นงานหลังจากการติดตั้งดายเท่านั้น แต่ไม่มีการตรวจในระหว่างการผลิต ซึ่งเป็นสาเหตุให้มีชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐานหลุดเข้าไปยังกระบวนผลิต

วิธีการแก้ไข

3.1 เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบคุณภาพ

โดยเพิ่มความถี่ในการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน จากเดิมกำหนดให้ตรวจสอบชิ้นงานแรกในการติดตั้งแม่พิมพ์ และทุก ๆ 100 ชิ้น เป็น ตรวจสอบชิ้นงานแรก และทุก ๆ 30 ชิ้น

3.2 จัดเตรียมชิ้นงานมาตรฐานไว้ในที่สะดวก

จัดเตรียมชิ้นงานมาตรฐานและJIG เพื่อให้พนักงานสามารถตรวจสอบเปรียบเทียบชิ้นงานที่กำลังผลิตกับชิ้นงานมาตรฐานได้อย่างรวดเร็ว ดังภาพที่ 4-27

3.3 ฝึกอบรมพนักงาน

ฝึกอบรมพนักงานฝ่ายผลิต และพนักงานตรวจสอบคุณภาพ เพื่อความเข้าใจกระบวนการทำงานและจุดที่ต้องเฝ้าระวังคุณภาพตรงกัน

ผลการปรับปรุงแก้ไข

หลังจากทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต AS01 และ AS02 แล้ว พบว่าปริมาณของเสียในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555 ของกระบวนการผลิตลดลง ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ข้อมูลการผลิต และของเสียในเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555

เดือน	**จำนวนที่ผลิต/ชิ้น**	**จำนวนของเสีย/ ชิ้น**	**ร้อยละของเสีย**
กุมภาพันธ์	32,074	577	1.8

ตารางที่ 4-7 เปรียบเทียบร้อยละของเสีย ก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไข

ร้อยละของเสียก่อนปรับปรุงแก้ไข	**ร้อยละของเสียหลังปรับปรุงแก้ไข**	**หลังปรับปรุงของเสียลดลงร้อยละ**
4.71	1.8	2.91

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการดำเนินงาน

จากการประยุกต์ใช้แผนผังแสดงเหตุและผล และจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุการเกิดปัญหาด้วยการวิเคราะห์ลักษณะผลกระทบข้อบกพร่องทำให้ทราบสาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต AS01 และ AS02

จากปัญหา

1. ดาย และพันซ์ชำรุดซึ่ง

 ได้ทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วย

 1.1 การซ่อมบำรุงพันซ์ และดาย โดยนำไปลับคม

 1.2 จัดทำประวัติแม่พิมพ์

 1.3 ควบคุมสัดส่วนของเสียโดยการนำ P-Chart มาใช้

2. พนักงานวางชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง

 2.1 จัดทำป้ายเตือนพนักงานให้ชัดเจน

 2.2 ฝึกอบรมพนักงาน

3. มีชิ้นงาน Burr Over Specหลุดมาจากขั้นตอนผลิตก่อนหน้า

 3.1 เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบคุณภาพ

 3.2 จัดเตรียมชิ้นงานมาตรฐานไว้ในที่สะดวก

 3.3 กอบรมพนักงาน

จากการแก้ไขดังกล่าวทำให้ของเสียในกระบวนการผลิตลดลงร้อยละ 2.91 จากเดิมมีของเสียในกระบวนการผลิตเฉลี่ยร้อยละ 4.71ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 1.8

ข้อเสนอแนะ

โรงงานกรณีศึกษาควรมีการสร้างแรงจูงใจในการลดปริมาณของเสีย โดยมอบเงินพิเศษ (Incentive) เพื่อสร้างแรงจูงใจและกระตุ้นให้พนักงานที่ปฏิบัติงานให้ความสำคัญ และมีส่วนร่วมในการลดปริมาณของเสียในการผลิต โดยการให้ Incentive ซึ่งจะผันแปรตามปริมาณของเสียที่ลดลง เนื่อง จาก KPI ของโรงงานกรณีศึกษา กำหนดไว้ว่า ปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตต้อง

ไม่เกิน ร้อยละ 5 ดังนั้น จึงนำข้อกำหนดดังกล่าวมาเป็นเกณฑ์ในการให้ Incentive แก่พนักงานที่สามารถลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิต เช่น ดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ค่าตอบแทนพิเศษ (Incentive) ที่มอบให้พนักงานในการลดปริมาณของเสีย

ปริมาณของเสียเกิดขึ้น ร้อยละ ต่อเดือน	**เงินพิเศษ (Incentive)ที่พนักงานจะได้รับต่อเดือน (บาท)**
ต่ำกว่าร้อยละ 1	500
ต่ำกว่าร้อยละ 2	400
ต่ำกว่าร้อยละ 3	300
ต่ำกว่าร้อยละ 4	200
ต่ำกว่าร้อยละ 5	100

และเพื่อให้สามารถปรับปรุงและแก้ปัญหาในระยะยาวโรงงานกรณีศึกษาควรมีการบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างเป็นระบบโดยนำการบำรุงรักษาอย่างทวีผล TPM (Total Productive Maintenance) โดยให้พนักงานทุกคนมีส่วนร่วม ในการกำจัดความสูญเสียที่มีอยู่ทั้งหมดในกระบวนการผลิต โดยมุ่งปรับปรุงเครื่องจักร ปรับปรุงคน เพื่อมุ่งปรับปรุงโครสร้าง ซึ่งจะสามารถป้องกันและลดปัญหาการเกิดของเสียและลดความสูญเสียต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตในระยะยาวได้

บรรณานุกรม

กมลวรรณ ศิริพานิช (2555). *ZERO QUALITY CONTROL..* วันที่ค้นข้อมูล 15 มกราคม 2555, เข้าถึงได้จาก http://www.thaifactory.com/Operate/ZeroQC.htm

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

กิตติศักดิ์ อนุรักษสกุล. (2545). *การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงร่างยานยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA.* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กุสุมา จิรวงศ์สวัสดิ์. (2550). *การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการฟริต กรณีศึกษา: โรงงานผลิตสารเคลือบเซรามิกส์.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง. (2552). *การปั๊มเข้ารูปโลหะแผ่น.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มกราคม 2555, เข้าถึงได้จากhttp://www.coe.or.th/e_engineers/knc_detail.php?id=176

ทินกร ชัยรักษา และสมชาย มูลใจทราย. (2552). *การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเพลา.* ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัย บูรพา.

ทิพากร วงษ์นาม. (2548). *การลดของเสียในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยางของรถจักรยานยนต์โดยเทคนิค FMEA.* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พายัพ ขาเหลือง. (2550). *การจัดการธุรกิจด้วย EXCEL.* กรุงเทพฯ: วี.ซี.พี ซัคเซสกรุ๊ป.

วันรัตน์ จันทกิจ. (2548) *7 เครื่องมือนักคิด = 17 Problem Solving Devices* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

วิโรจน์ บุญอำนวยวิทยา. (2545). *เทคนิคป้องกันความผิดพลาดของพนักงาน POKA YOKE* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วุฒิพงษ์ ปะวะสาร,เจริญ สุนทราวานิชย์ และ เจริญชัย โขมพัตราภรณ์. (2550). *การลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตกางเกง.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สมพบ ตลับแก้ว. (2551). *การประยุกต์ใช้วิธีการ FMEA เพื่อปรับปรุงความพึงพอใจของลูกค้า.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มกราคม 2555, เข้าถึงได้จาก http://www.tpmconsulting.org/dwnld/article/tpm/fmea.pdf

สุพัฒตรา เกษราพงศ์. (2552). การป้องกันการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือทางคุณภาพ. *รายงานวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยบุคลากรภายใน 1/2550 มหาวิทยาลัยศรีปทุม.*