การลดของเสียในกระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์

นาถวรรณ จรัสทิพย์มณี

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สิงหาคม 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ นาถวรรณ จรัสทิพย์มณี ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษดา ประสพชัยชนะ)

คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษดา ประสพชัยชนะ)

.....กรรมการ
(ดร. ฤฎวัลย์ จันทรสา)

.....กรรมการ
(ดร. บัญชา อริยะจรรยา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)
วันที่ 9 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษางานนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤษดา ประสพชัยชนะ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ ดร. ฤภูวัลย์ จันทรสา และ ดร. บัญชา อริยะจรรยา เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาเป็นกรรมการในการสอบงานนิพนธ์ และให้โอกาสแก่ผู้วิจัยได้สามารถสอบงานนิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงตลอดจนได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขจนทำให้งานนิพนธ์ฉบับนี้ ถูกต้องและมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้บริหารระดับสูงขององค์กรที่กรุณาอนุญาตให้ใช้บริษัทเป็นสถานที่กรณีศึกษา และขอขอบคุณผู้จัดการฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมถึงวิศวกรควบคุมกระบวนการ วิศวกรฝ่ายวิศวกรรม วิศวกรฝ่ายผลิต และวิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพ ตลอดจนพนักงานขององค์กรที่ให้ความร่วมมือและให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดทำงานนิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์ของงานนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทีแด่บุพการี บูรพาอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

นาถวรรณ จรัสทิพย์มณี

57920744: สาขาวิชา: การจัดการงานวิศวกรรม; วศ.ม. (การจัดการงานวิศวกรรม)
คำสำคัญ: การลดของเสีย/ ท่อไอเสียรถยนต์

นาถวรรณ จรัสทิพย์มณี: การลดของเสียในกระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ (DEFECT REDUCTION IN AUTOMOTIVE EXHAUST PIPE) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: กฤษดา ประสพชัยชนะ, Ph.D. 86 หน้า. ปี พ.ศ 2561.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อลดปริมาณของเสียและปริมาณการแก้ไขชิ้นงานในการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิต พบว่า มีสัดส่วนของเสีย 0.64 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนการแก้ไขชิ้นงาน 18.37 เปอร์เซ็นต์ โดยของเสียที่พบมากที่สุด คือ งานเชื่อมทะลุ ซึ่งสาเหตุหลักมาจากระยะห่างจุดเชื่อมงานระหว่าง Flex กับ Pipe น้อยเกินไป จึงทำการแก้ไขปรับปรุงด้วยการเพิ่มระยะห่างจุดเชื่อมงานจากเดิม 7 มิลลิเมตร เพิ่มเป็น 11 มิลลิเมตร และทำการปรับปรุงแก้ไขเอกสารมาตรฐานการปฏิบัติงานและจัดทำมาตรฐานการแก้ไขชิ้นงาน ภายหลังการปรับปรุง สัดส่วนของเสียลดลงเหลือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนการแก้ไขชิ้นงานลดลงเหลือ 7.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลให้ค่าใช้จ่ายลดลง 588,912 บาทต่อปี

57920744: MAJOR: ENGINEERING MANAGEMENT; M.Eng. (ENGINEERING MANAGEMENT)
KEYWORDS: DEFECT REDUCTION/ AUTOMOTIVE EXHAUST PIPE

NATTAWAN JARATTIPMANEE: DEFECT REDUCTION IN AUTOMOTIVE EXHAUST PIPE. ADVISORY COMMITTEE: KRITSADA PRASOPCHAICHANA, Ph.D. 86 P. 2018.

The objective of this research is to reduce the defect of automotive front exhaust pipe of line A1. The numbers of defective front exhaust pipe were collected which showed that the proportion of defect was 0.64 percent and the proportion of rework was 18.37 percent. The main defect was incomplete weld because the distance between flex and pipe was too short. Therefore, this research focused on increasing the distance between flex and pipe from 7 millimeters to 11 millimeters and correcting the standard of operations. After the improvements, the proportion of defect was decreased to 0.19 percent and the proportion of rework was decreased to 7.01 percent. Therefore, this research could reduce the cost of defect about 588,912 THB per year.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 3

วิธีการดำเนินการ..... 3

ขอบเขตของการวิจัย..... 3

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม..... 4

เทคนิคการวิเคราะห์คุณภาพด้วยเครื่องมือ 7 ชนิด..... 4

การเพิ่มผลผลิต..... 14

การวิเคราะห์ระบบการวัด..... 14

การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลประเภทการตรวจนับ..... 15

การวัดผลทางสถิติ..... 15

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 17

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 19

ข้อมูลทั่วไปของบริษัทตัวอย่าง..... 19

รายละเอียดที่สำคัญของท่อไอเสียรถยนต์..... 19

วิธีการดำเนินการ..... 23

รายละเอียดของขั้นตอนต่าง ๆ..... 23

ศึกษากระบวนการและขั้นตอนการทำงาน..... 25

เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล..... 27

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ผลกระทบจากปัญหา	41
	วิเคราะห์ปัญหาและกำหนดเป้าหมาย	45
	เสนอแนวทางแก้ไขปัญหา	48
	กำหนดวิธีการแก้ไขปัญหา	51
	ดำเนินการปรับปรุงเพื่อแก้ไขจากสาเหตุ	52
	ประเมินผลหลังการปรับปรุง	52
	สรุปผลและเสนอแนะ	53
4	ผลการดำเนินงานวิจัย	54
	สรุปปัญหาด้านวิธีการ	54
	วิธีการแก้ปัญหาและสรุปผล	54
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	76
	สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	76
	ข้อเสนอแนะ	84
บรรณานุกรม		85
ประวัติย่อของผู้วิจัย		86

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1-1 ปริมาณของเสียคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 2

2-1 สรุปแผนภาพแสดงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติตามจุดประสงค์ในการใช้งาน..... 6

3-1 ส่วนประกอบและหน้าที่ของท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1..... 21

3-2 ขั้นตอนและรายละเอียดการดำเนินการวิจัย..... 24

3-3 กระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1..... 25

3-4 สัดส่วนของเสียและมูลค่าของเสียเฉลี่ยต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558..... 28

3-5 มาตรฐานการสุ่มวัตถุดิบ..... 29

3-6 การยอมรับการสุ่มตัวอย่าง..... 29

3-7 ยอดการผลิตและจำนวนของเสียสายการประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1... 35

3-8 ประเภทของเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558..... 36

3-9 มูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่ เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558..... 38

3-10 ประเภทการแก้ไขชิ้นงานตามลักษณะที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558..... 39

3-11 ค่าใช้จ่ายสูญเสียจากการแก้ไขชิ้นงาน..... 42

3-12 จำนวนพนักงานและเวลาที่สูญเสียในการแก้ไขชิ้นงาน..... 43

3-13 ข้อมูลค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558..... 44

3-14 การกรองปัญหาโดยพิจารณาปัจจัยด้านคน..... 46

3-15 การกรองปัญหาโดยพิจารณาปัจจัยด้านเครื่องจักร..... 46

3-16 การกรองปัญหาโดยพิจารณาปัจจัยด้านวิธีการ..... 47

3-17 การกรองปัญหาโดยพิจารณาปัจจัยด้านวัตถุดิบ..... 48

3-18 สรุปปัญหา สาเหตุ และแนวทางในการแก้ไขปัญหา ที่ส่งผลต่อของเสีย ในกระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนหน้า A1..... 49

3-19 ปัญหางานรั่ว บริเวณรอยเชื่อมระหว่างFlex กับ Pipe..... 50

3-20 เป้าหมายการลดของเสียและชิ้นงานแก้ไข(บาท) 53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-1 ข้อมูลการผลิตและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนหน้า A1 ด้วยการใช้ระยะห่าง Flex กับ Pipe ที่ 11 มิลลิเมตร และความยาว Pipe เท่ากับ 1,246 มิลลิเมตร 60

4-2 เปรียบเทียบจำนวนของเสียแต่ละประเภท ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559..... 69

4-3 เปรียบเทียบจำนวนงานแก้ไขแต่ละประเภทตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559..... 70

4-4 เปรียบเทียบจำนวนของเสียที่ลดลงก่อนและหลังการปรับปรุง..... 71

4-5 เปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานแก้ไขที่ลดลงก่อนและหลังการปรับปรุง..... 71

4-6 ต้นทุนการผลิตท่อ (Pipe) ลดลงต่อปี..... 72

4-7 ค่าเฉลี่ย ของเสีย PPM ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559..... 72

4-8 จำนวนพนักงานและเวลาที่สูญเสียในการแก้ไขชิ้นงานก่อนและหลังการปรับปรุง..... 74

5-1 สัดส่วนของเสียเปรียบเทียบปริมาณการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนหน้า A1 ทั้งหมด ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ของบริษัทกรณีศึกษา..... 77

5-2 สัดส่วนการแก้ไขชิ้นงานเปรียบเทียบปริมาณการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนหน้าA1 ทั้งหมด ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ของบริษัทกรณีศึกษา..... 79

5-3 สรุปผลการวิเคราะห์ แนวทางการแก้ไข และผลการปรับปรุง..... 81

5-4 จำนวนของเสีย และชิ้นงานแก้ไข ก่อนและหลังการปรับปรุง..... 82

5-5 ต้นทุนของเสียและชิ้นงานแก้ไขก่อนและหลังการปรับปรุง..... 83

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	กราฟปริมาณของเสียตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ของบริษัทกรณีศึกษา	2
2-1	แผ่นตรวจสอบ	5
2-2	แผนผังพาเรโต	5
2-3	ผังแสดงเหตุและผล	7
2-4	แผนภาพการกระจาย	8
2-5	กราฟแสดงความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบปกติ	8
2-6	แผนภูมิควบคุมมีจุดใดจุดหนึ่งอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมทางสูงหรือทางต่ำ	9
2-7	แผนภูมิควบคุม มี 2 จุด ติดต่ออยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุมทางสูงหรือทางต่ำ	10
2-8	แผนภูมิควบคุม มีจุดอย่างน้อย 7 จุดติดต่อกันอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของแผนภูมิควบคุม	10
2-9	แผนภูมิควบคุม เมื่อจุดต่าง ๆ แสดงแนวโน้ม	10
2-10	ฮิสโตแกรม แบบปกติ	12
2-11	ฮิสโตแกรม แบบแยกเป็นเกาะ	13
2-12	ฮิสโตแกรม แบบระฆังคู่	13
2-13	ฮิสโตแกรม แบบฟันปลา	13
2-14	ฮิสโตแกรม แบบหน้าผา	14
2-15	ความหมายเชิงตัวเลขของ 6 ซิกม่า	16
3-1	มูลค่าของเสียต่อเดือน (บาท) ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ของบริษัทกรณีศึกษา	20
3-2	ตัวอย่างชิ้นงานท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1	21
3-3	แผนภูมิขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน	23
3-4	การตรวจสอบรอยรั่วด้วยวิธี ใช้ลมอัดเพื่อดูว่ามีรอยรั่วตรงจุดไหนหรือไม่	30
3-5	แผนการตรวจสอบด้วยการตัดชิ้นงาน	31
3-6	จุดตัดชิ้นงานเพื่อตรวจสอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้าA1	31
3-7	ตัวอย่างการเชื่อมงานจุดที่ 2 แบบแนวตั้ง	32
3-8	รายงานการตัดเพื่อตรวจสอบชิ้นงาน	33
3-9	รายงานการตัดเพื่อตรวจสอบชิ้นงานในแต่ละจุด (ยกตัวอย่างจุดที่ 3 Flex to pipe)	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3-10 ประเภทของเสียที่พบจากการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 เรียงลำดับจากมากสุดไปน้อยสุด โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 37

3-11 ประเภทตามลักษณะงานซ่อมหรือแก้ไข ที่พบจากการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า 40

3-12 ผลการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิก้างปลา 45

4-1 ระยะห่างของ Flex กับ Pipe ก่อนการปรับปรุง (7 มิลลิเมตร) 55

4-2 ผลการตัด (Cut check) จุดที่ 3 จุดเชื่อมระหว่าง Flex กับ Pipe ก่อนการปรับปรุง (7 มิลลิเมตร) 56

4-3 ระยะห่างของ Flex กับ Pipe หลังการปรับปรุง (11 มิลลิเมตร) 57

4-4 ขนาด และน้ำหนักของชิ้นงานสำเร็จรูปท่อไอเสียส่วนด้านหน้าA1 58

4-5 ผลการตัด จุดที่ 3 จุดเชื่อมระหว่าง Flex กับ Pipe หลังการปรับปรุง (11 มิลลิเมตร) 59

4-6 แนวเชื่อมก่อนการปรับปรุง 61

4-7 แนวเชื่อมหลังการปรับปรุง 61

4-8 ปัญหาชิ้นงานเป็นสะเก็ดเชื่อม ก่อนปรับปรุง 62

4-9 ปัญหาชิ้นงานเป็นสะเก็ดเชื่อม หลังปรับปรุง 62

4-10 ชิ้นงานปัญหาตามด 63

4-11 เอกสารแนะนำขั้นตอนการผลิตก่อนปรับปรุง 64

4-12 เอกสารแนะนำขั้นตอนการผลิตหลังการปรับปรุง 64

4-13 เอกสารแนะนำขั้นตอนการซ่อมงาน 65

4-14 เอกสารแนะนำขั้นตอนการซ่อมแนวเชื่อมชิ้นงาน 66

4-15 เอกสารแนะนำขั้นตอนการซ่อมสะเก็ดเชื่อม 67

4-16 ปริมาณของเสียตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ของบริษัทกรณีศึกษา 68

บทที่ 1
บทนำ

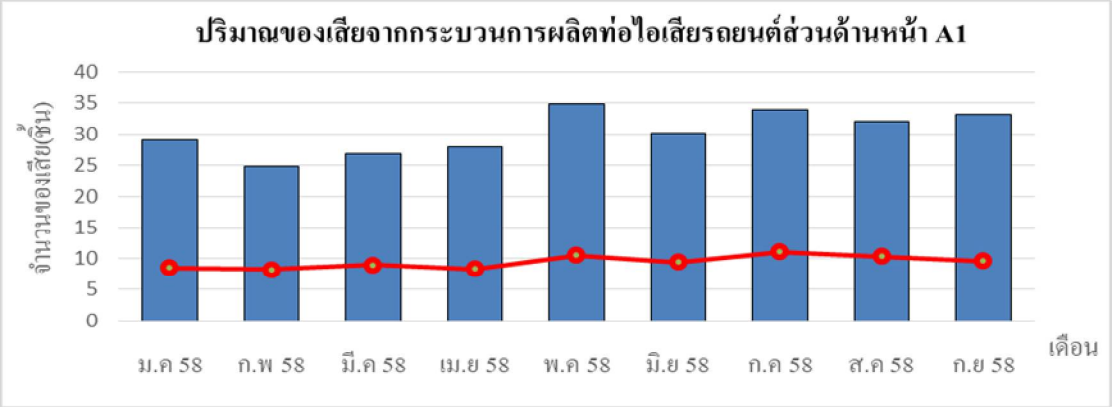
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทที่ ดำเนินการผลิตชิ้นส่วนท่อไอเสียรถยนต์ โดยลูกค้าหลัก คือ อีซูซุ ฟอร์ด นิสสัน และ BMW ซึ่งบริษัท ฯ ตัวอย่างได้ส่งชิ้นส่วนให้บริษัทผลิตรถยนต์ดังกล่าว ที่มีฐานการผลิตอยู่ในประเทศไทย จากการชะลอตัวของอุตสาหกรรมรถยนต์ในช่วงที่ผ่านมา ส่งผลกระทบโดยตรงต่อบริษัท ทั้งทางด้านยอดขายและผลกำไร ที่มีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ ผู้บริหารระดับสูงของบริษัทจึงมีนโยบายการลดต้นทุนในทุกภาคส่วนขององค์กร รวมถึง กระบวนการผลิต แต่ละแผนกจึงต้องหาวิธีการลดต้นทุนในส่วนที่รับผิดชอบ ดังนั้น ผู้วิจัย ซึ่งปัจจุบันทำงานในตำแหน่งวางแผนการผลิต ที่ต้องนำข้อมูลด้านประสิทธิภาพการทำงานของ เครื่องจักร และสัดส่วนของเสีย มาใช้ในการคำนวนเพื่อวางแผนการผลิต จึงมองเห็นว่ามีเครื่องจักร ในกระบวนการผลิตที่มีปัญหาเกี่ยวกับสัดส่วนของเสียสูงกว่าเกณฑ์ที่บริษัทกำหนด ซึ่งส่งผลให้ ผลผลิตต่ำกว่าเป้าหมาย

ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษามีของเสีย และชิ้นงานที่ต้องแก้ไข ที่เกิดจากกระบวนการ ประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 มีมูลค่าของเสียสูงเป็นอันดับ 1 เนื่องจากเป็นขั้นตอน สุดท้ายก่อนเป็นชิ้นงานสำเร็จรูปจึงมีราคาสูง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เลือกทำการศึกษาและเก็บข้อมูล ปริมาณของเสียตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 พบว่า มีปริมาณของเสีย ที่เกิดจาก การผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 เฉลี่ยเดือนละ 30 ชิ้น คิดเป็น 0.64 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีปริมาณการแก้ไขชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งปัจจุบันมีปริมาณการแก้ไข ชิ้นงานเฉลี่ยเดือนละ 866 ชิ้น หรือคิดเป็น 18.37 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลปริมาณของเสียคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 1-1 และกราฟปริมาณของเสีย ภาพที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 ปริมาณของเสียคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558

รายละเอียด	พ.ศ. 2558								
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย
จำนวนการผลิตต่อเดือน (ชิ้น)	4,275	4,140	4,485	4,170	5,280	4,710	5,565	5,160	4,800
Defect target < 0.2 (%)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
เป้าหมายของเสียต้องน้อยกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน (ชิ้น)	9	8	9	8	11	9	11	10	10
Defect actual (%)	0.68	0.60	0.60	0.67	0.66	0.64	0.61	0.62	0.69
จำนวนของเสียต่อเดือน (ชิ้น)	29	25	27	28	35	30	34	32	33



ภาพที่ 1-1 กราฟปริมาณของเสียตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ของบริษัทกรณีศึกษา

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าปริมาณของเสียมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละเดือน จึงต้องทำการหาสาเหตุ และวิธีการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เนื่องจากส่งผลกระทบต่อต้นทุน ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต และอาจส่งผลถึงคุณภาพสินค้าที่จะส่งมอบให้กับลูกค้า

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ ต้องการลดปริมาณของเสีย และลดปริมาณการแก้ไขชิ้นงานให้ไม่เกินเป้าหมายที่กำหนด และหาสาเหตุที่แท้จริงที่เกิดจากกระบวนการผลิต โดยทำการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาลักษณะของเสียที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์ เพื่อนำมาค้นหาสาเหตุและทำการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ ประยุกต์ใช้เทคนิคทางด้านสถิติรวมถึงเครื่องมือการแก้ปัญหาและการทดลองถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุง โดยใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (QC 7 tools) มาใช้เป็นแนวทางการวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุของปัญหา และแนวทางแก้ไข โดยมีการตั้งเป้าหมาย

ที่จะลดปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตให้น้อยกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่เกิน 9 ชิ้นต่อเดือน เป้าหมายในการ ลดปริมาณการแก้ไขชิ้นงานให้น้อยกว่า 10.0 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่เกิน 481 ชิ้น ต่อเดือน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อลดของเสีย และการแก้ไขชิ้นงานในกระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์
2. เพื่อลดต้นทุนทางด้านการผลิตท่อไอเสียรถยนต์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. สามารถลดของเสีย และการแก้ไขชิ้นงานในกระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1
2. สามารถลดต้นทุนทางด้านการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1

วิธีการดำเนินการ

1. ศึกษากระบวนการและขั้นตอนการทำงาน
2. วิเคราะห์ปัญหาและกำหนดเป้าหมาย
3. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
4. เสนอแนวทางแก้ไขปัญหา
5. ดำเนินการปรับปรุงเพื่อแก้ไขจากสาเหตุหลัก
6. ประเมินผลหลังการปรับปรุงโดยการเปรียบเทียบปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น
7. สรุปผลและเสนอแนะ

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาสาเหตุการเกิดของเสียและการแก้ไขชิ้นงานของกระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 โดยการวิเคราะห์จำนวน ลักษณะของเสีย และต้นทุนที่ต้องสูญเสียทางด้านการผลิต และหาแนวทางแก้ไข

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการและทฤษฎีที่นำมาทำการวิเคราะห์และแก้ไขเพื่อลดปริมาณของเสีย และปริมาณการแก้ไขชิ้นงาน โดยเน้นการใช้หลักการควบคุมคุณภาพทางวิศวกรรม

การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม

การควบคุมคุณภาพทางวิศวกรรม (Quality control) เป็นระบบที่ใช้เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า ควบคุมโดยการเทียบกับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เริ่มตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามรายละเอียดที่กำหนด เครื่องมือที่ใช้ การเลือกกระบวนการที่ตรงตามวัตถุประสงค์ เลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมกับการผลิต และการกำหนดขั้นตอนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ซึ่งต้องตรงกับรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการ

เทคนิคการวิเคราะห์คุณภาพด้วยเครื่องมือ 7 ชนิด (QC 7 Tools)

การปฏิบัติเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องมีการกำหนดวางแผนและกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนในการปฏิบัติ เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด คือ เครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านคุณภาพ ศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา ค้นหาและวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา เพื่อให้สามารถแก้ไขได้ถูกต้อง และจัดทำมาตรฐานการควบคุมและติดตามผลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด ได้แก่

แผ่นตรวจสอบ (Check sheet)

เป็นแบบฟอร์มที่มีการออกแบบช่องว่างต่าง ๆ ไว้ให้ใส่ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ มีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนโดยมีผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเป็นผู้บันทึก โดยใบตรวจสอบข้อมูลมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ตั้งแต่การตรวจสอบวัตุดิบ กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ชิ้นรูป เช่น ตารางที่ใช้กรอกตัวเลข จำนวนของเสีย การตรวจวัดค่าต่าง ๆ โดยจะใช้การทำเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์แทนการเขียน เพื่อความสะดวกรวดเร็ว และลดความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล ไม่ยุ่งยาก สามารถแสดงผลได้อย่างชัดเจน ง่ายต่อการวิเคราะห์ ในการบันทึกข้อมูลให้ตรงตามเป้าหมาย คือ

1. การเก็บข้อมูลง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน เพื่อป้องกันความสับสนของผู้ตรวจสอบ
2. เก็บข้อมูลน้อย แต่เป็นประโยชน์มาก

3. ข้อมูลที่บันทึกรายละเอียดไม่ตกหล่น ควรมีขั้นตอนที่ชัดเจนในการใช้ใบตรวจสอบ

Motor Assembly Check Sheet

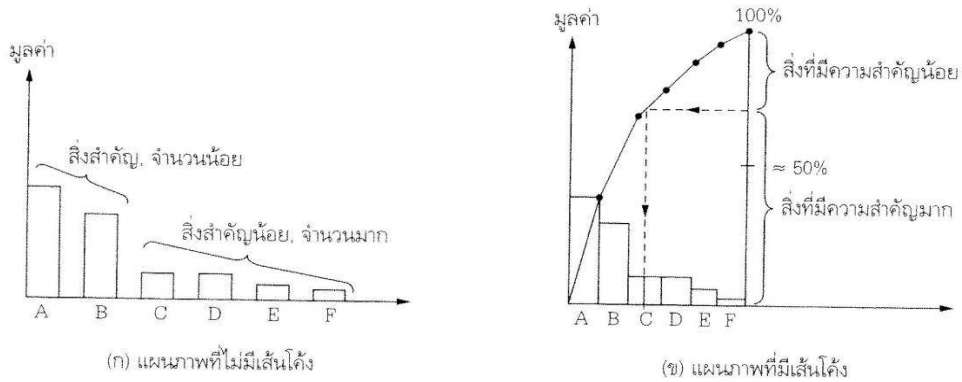
Name of Data Recorder: Lester B. Rapp
Location: Rochester, New York
Data Collection Dates: 1/17 - 1/23

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

ภาพที่ 2-1 แผ่นตรวจสอบ (Check sheet)

แผนผังพาเรโต (Pareto diagram)

แผนภาพที่จำแนกประเภทของข้อมูล (Data stratification) รวมถึงการวิเคราะห์ที่มีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจะแนกประเภทและการสะสมตามเวลา โดยแผนภาพดังกล่าวแสดงถึงหลักของ พาเรโต ที่ระบุว่า สิ่งที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนน้อยและสิ่งที่มีความสำคัญน้อยจะมีจำนวนมาก โดยแสดงลำดับปัญหาด้วยกราฟแท่งควบคู่ไปกับการแสดงค่าสะสมของความถี่ด้วยกราฟเส้น การนำหลักของพาเรโตไปใช้เพื่อเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาและเลือกวิธีแก้ปัญหาในลำดับต่อไป

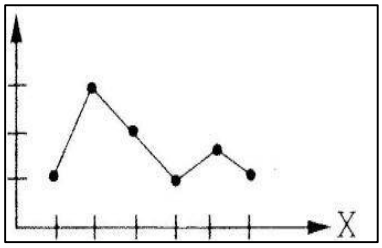
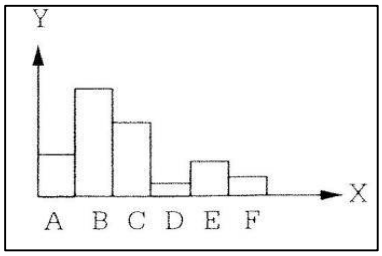
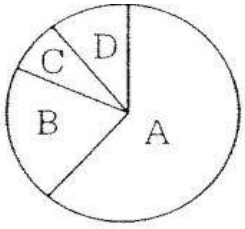
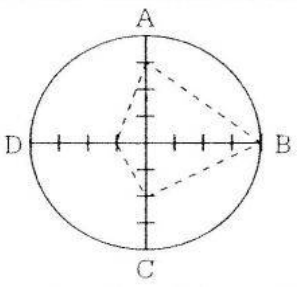


ภาพที่ 2-2 แผนผังพาเรโต (Pareto diagram)

แผนภาพ (Graph)

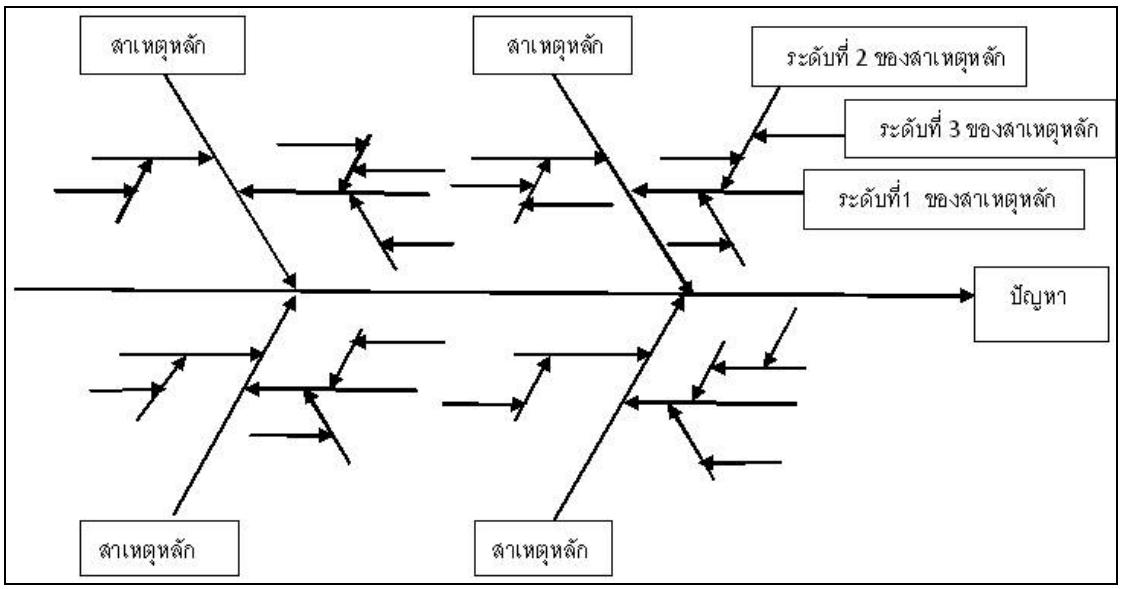
แผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่สามารถทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจโดยอาศัยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้ ใช้แสดงข้อมูลที่เป็นตัวเลข หรือสัดส่วน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปตามลาดับเวลาของข้อมูลตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป เพื่อใช้เสนอสถานภาพของปัญหาและนำเสนอผลการปรับปรุงโดยการเปรียบเทียบปริมาณข้อมูลให้เห็นได้ง่ายและรวดเร็ว กราฟมีหลายชนิด ซึ่งได้สรุปกราฟตามจุดประสงค์ในการใช้งาน ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 สรุปแผนภาพแสดงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติตามจุดประสงค์ในการใช้งาน

กราฟ	ลักษณะ	จุดประสงค์
กราฟเส้นตรง		แสดงถึงความผันแปรของข้อมูลเชิงตัวเลข โดยมีสาเหตุสาคัญอยู่ที่แกน x จะเรียกกราฟนี้ว่ากราฟแนวโน้ม
กราฟแท่ง		แสดงถึงการเปรียบเทียบปริมาณของประเภทข้อมูลตามแกน x
กราฟวงกลม		แสดงการเปรียบเทียบถึงสัดส่วนของข้อมูลแต่ละประเภท (แสดงในแต่ละส่วน)
กราฟเรดาร์		แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของข้อมูลที่ต้องการแสดงผลมากกว่า 2 มิติ

ผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram หรือ Fish-bone หรือ Leaf diagram)

แผนภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์อย่างมีระบบระหว่างผลที่แน่นอนประการหนึ่ง (อาการของปัญหา) และสาเหตุที่เกี่ยวข้อง เมื่อเราต้องการเลือกปัญหาก็ต้องมีการระดมสมองและช่วยกันคิด เสนอแนวความคิดออกมาเมื่อเลือกแก้ปัญหาจากแผนภูมิพาเรโตแล้วก็นาปัญหานั้นมาแจกแจงหาสาเหตุของปัญหาเป็น 4 ประการ คือ คน เครื่องจักร วิธีการ วัตถุดิบ ดังนั้น ผังก้างปลาจึงมีความเหมาะสมกับปัญหาที่มีความผันแปร สามารถระดมสมองหาสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหาต่อไป



ภาพที่ 2-3 ผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram)

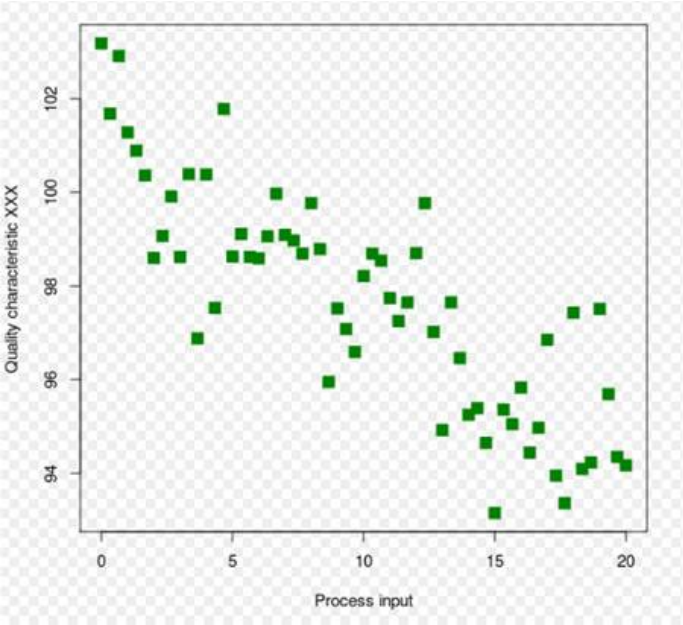
ในการวิเคราะห์ผังแสดงเหตุและผลจะต้องมีการระบุปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or effect) อย่างชัดเจนไว้ตรงส่วนที่เป็นหัวปลา ส่วนสาเหตุ (Cause) จะถูกระบุในส่วนก้างปลาเพื่อแสดงความสัมพันธ์โดยสาเหตุหลักจะมาจากแหล่งที่มาของปัญหาโดยจะเขียนไว้ในส่วนของก้างหลัก ส่วนก้างย่อยจะเป็นสาเหตุของก้างรอง และก้างรองจะเป็นสาเหตุของก้างหลัก

แผนภาพการกระจาย (Scatter diagram)

ผังที่ใช้แสดงค่าของข้อมูลที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว ว่ามีแนวโน้มไปทางใด เพื่อที่จะใช้หาความสัมพันธ์ที่แท้จริง

ตัวแปร X คือ ตัวแปรอิสระ หรือค่าที่ปรับเปลี่ยนไป

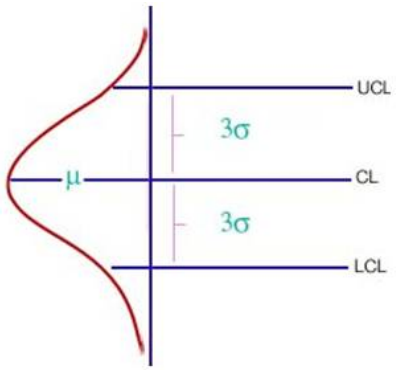
ตัวแปร Y คือ ตัวแปรตาม หรือผลที่เกิดขึ้นในแต่ละค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของตัวแปร X



ภาพที่ 2-4 แผนภาพการกระจาย (Scatter diagram) (Wikipedia, 2018)

แผนควบคุม (Control chart)

แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือทางสถิติที่ใช้ควบคุมคุณภาพการผลิต มีหลักการดังนี้ ข้อมูลที่ได้จากกระบวนการผลิตมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) จะมีพารามิเตอร์เข้ามาเกี่ยวข้อง 2 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) มีการกระจายรอบ ๆ ค่าเฉลี่ย ช่วง +3□ และ-3 ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.9974 ดังภาพ



ภาพที่ 2-5 กราฟแสดงความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบปกติ

UCL (Upper control limit) คือ ขีดจำกัดควบคุมทางสูง

CL (Central line) คือ เส้นแกนกลาง

LCL (Lower control limit) คือ ขีดจำกัดควบคุมทางต่ำ

จากกราฟ ถ้าจุดต่าง ๆ กระจายอยู่ภายในขอบเขตของขีดจำกัดควบคุมทางสูง และขีดจำกัดควบคุมทางต่ำอย่างสม่ำเสมอ ก็แสดงว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม (In control)

สาเหตุของความผันแปร

โดยปกติทั่วไปแล้ว กระบวนการผลิตต่าง ๆ ถึงแม้ว่าเราจะทำการควบคุมการผลิตเป็นอย่างดี ก็ยังสามารถเกิดความแปรผัน (Variable) ขึ้นได้ จากสาเหตุ 2 ประการ คือ

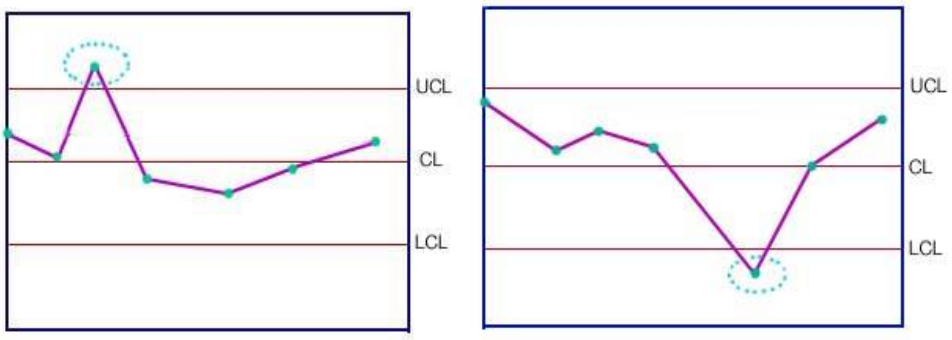
1. สาเหตุที่เป็นปกติวิสัยหรือสาเหตุโดยบังเอิญ (Chance cause) เป็นความแปรผันที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญจากสาเหตุตามธรรมชาติที่ควบคุมไม่ให้เกิดขึ้นได้ยาก เช่น การเปลี่ยนแปลงความชื้น อุณหภูมิ หรือกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

2. สาเหตุที่ระบุได้หรือกำจัดได้ (Assignable cause) เป็นความผันแปรที่เกิดจากความผิดปกติ หรือความผิดพลาด ความชำรุดของปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ ที่ไม่ใช่เป็นธรรมชาติของการผลิต เช่น การปฏิบัติของคนงาน การผิดปกติของเครื่องจักร เป็นต้น ซึ่งสาเหตุเหล่านี้จะอยู่นอกการควบคุม (Out of control)

การตีความแผนภูมิควบคุม

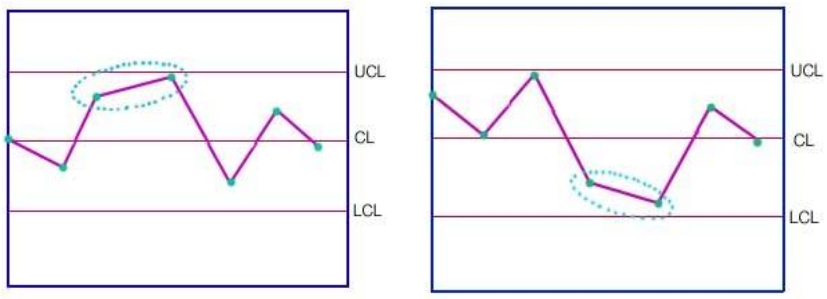
โดยปกติเมื่อได้แผนภูมิควบคุมแล้วจะทำการสุ่มตัวอย่าง และทำการวัดผล ถ้าผลของการลงจุดในแผนภูมิควบคุม ทุกจุดกระจายภายในเขตควบคุมอย่างสุ่ม คือ รูปที่ได้จะไม่แน่นอน จะได้กระบวนการผลิตอยู่ในการควบคุม แต่ถ้าอยู่ในรูปแบบใดใน 4 ลักษณะนี้ ถือว่ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม (Out of control)

1. แผนภูมิควบคุมมีจุดใดจุดหนึ่งอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมทางสูงหรือทางต่ำ



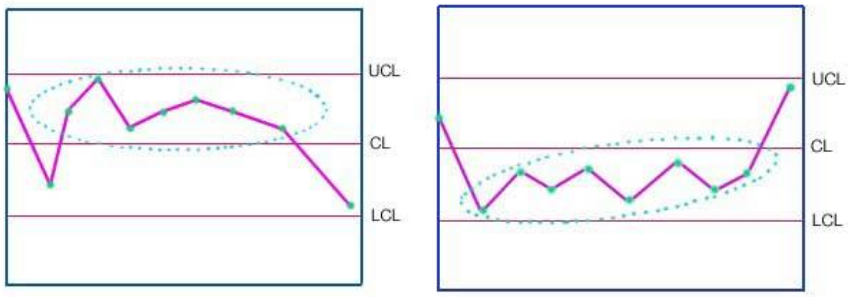
ภาพที่ 2-6 แผนภูมิควบคุมมีจุดใดจุดหนึ่งอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมทางสูงหรือทางต่ำ

2. แผนภูมิควบคุม มี 2 จุด ติดต่ออยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุมทางสูงหรือทางต่ำ



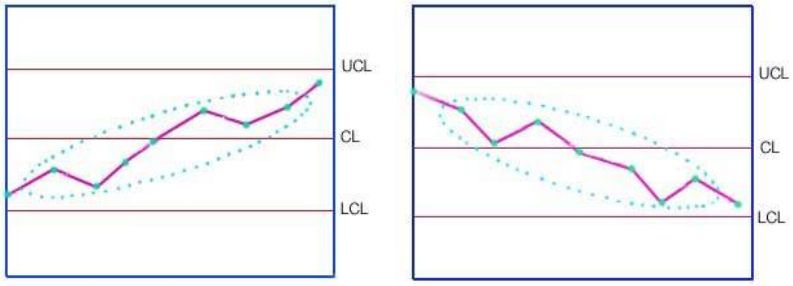
ภาพที่ 2-7 แผนภูมิควบคุม มี 2 จุด ติดต่ออยู่ใกล้ขีดจำกัดควบคุมทางสูงหรือทางต่ำ

3. แผนภูมิควบคุม มีจุดอย่างน้อย 7 จุดติดต่อกันอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของแผนภูมิควบคุม



ภาพที่ 2-8 แผนภูมิควบคุม มีจุดอย่างน้อย 7 จุดติดต่อกันอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของแผนภูมิควบคุม

4. แผนภูมิควบคุม เมื่อจุดต่าง ๆ แสดงแนวโน้ม



ภาพที่ 2-9 แผนภูมิควบคุม เมื่อจุดต่าง ๆ แสดงแนวโน้ม

ประเภทของแผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุมแบ่งเป็น 2 ประเภท โดยจำแนกตามลักษณะการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1. แผนภูมิควบคุมประเภทตัวแปร (Control chart for variable) เป็นแผนควบคุมที่ใช้สำหรับการวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยการชั่ง ตวง วัด เป็นค่าที่ต่อเนื่อง เช่น น้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง อายุการใช้งาน เป็นต้น แผนภูมิประเภทนี้ที่นิยมกันมากที่สุดมี 2 ชนิด คือ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (X-chart) และแผนควบคุมค่าพิสัย (R-chart) ซึ่งแผนภูมิทั้ง 2 มักใช้ร่วมกัน ทั้งนี้ เนื่องจากเพื่อควบคุมการกระจายการผลิตและควบคุมค่าเฉลี่ย ถ้าเราพิจารณาแผนภูมิจะทราบว่า ค่าการกระจายของกระบวนการผลิตอยู่ในการควบคุม ก็ต่อเมื่อไม่มีจุดใดของค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยตกอยู่นอกการควบคุม นั่นคือ ถ้ากราฟที่ได้จากการลงจุดแล้วมีลักษณะดัง 4 ลักษณะข้างต้น ก็แสดงว่ากระบวนการผลิตอยู่นอกเหนือการควบคุม ถ้าเป็นเช่นนี้แล้ว จึงค่อยดำเนินการตรวจสอบถึงสาเหตุของกระบวนการต่อไป

2. แผนภูมิควบคุมประเภทลักษณะประจำ (Control chart for attribute) เป็นแผนภูมิที่ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการผลิตที่มีการตรวจวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยการนับ เช่น จำนวนของเสียหรือชำรุด จำนวนรอยตำหนิ แผนภูมิประเภทนี้ มี 2 ชนิด คือ

2.1 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (Proportion defective control chart: P-chart) เป็นแผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยวิธีนับจำนวนของเสีย หรือชิ้นงานชำรุดจากสายงานผลิต

2.2 แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิ (Control chart for the number of defective: C-chart) เป็นแผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยใช้ในกรณีที่ควบคุมคุณภาพทำโดยการนับจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นแต่ละกลุ่ม

ฮิตโตแกรม (Histogram)

คือ กราฟแท่งแบบเฉพาะ โดยแกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดง “ความถี่” และมีแกนนอนเป็นข้อมูลของคุณสมบัติของสิ่งที่เราต้องการเก็บข้อมูล โดยเรียงลำดับจากน้อยไปมาก ที่ใช้ดูความแปรปรวนของกระบวนการ โดยการสังเกตรูปร่างของฮิสโตแกรมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่าง มีประโยชน์ในการที่จะทำให้ทราบถึงการแจกแจงของสิ่งที่เราต้องการวิเคราะห์ ประโยชน์ประการสำคัญของการใช้ฮิสโตแกรม คือ การใช้เพื่อวิเคราะห์ความถี่ของข้อมูลแล้วตัดสินใจว่า การแจกแจงหรือการกระจายข้อมูลแบบใด เพื่อใช้ตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูลตลอดจนการประมาณการลักษณะคุณภาพที่ได้จากการผลิต แผนภูมิฮิสโตแกรม แผนภูมินี้จะชี้ให้เห็นถึงความเบี่ยงเบนของข้อมูลว่ามีลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบระฆังคว่ำ

(Normal distribution) หรือไม่ หรือมีความเบี่ยงเบนไปทางบวกหรือลบ หรือมีลักษณะรูปแบบแบบฟันเลื่อย หรือแบบหน้าผา เป็นต้น ทำให้มองเห็นว่าความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้น ว่าควรจะแก้ไขอย่างไร

การใช้แผนภาพฮิสโตแกรม

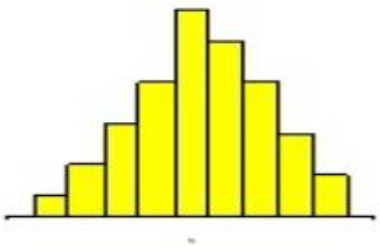
1. เมื่อต้องการตรวจสอบความผิดปกติ โดยดูการกระจายของกระบวนการทำงาน
2. เมื่อต้องการเปรียบเทียบข้อมูลกับเกณฑ์ที่กำหนด หรือค่าสูงสุด-ต่ำสุด
3. เมื่อต้องการตรวจสอบสมรรถนะของกระบวนการทำงาน (Process capability)
4. เมื่อต้องการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา (Root cause)
5. เมื่อต้องการติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในระยะยาว
6. เมื่อข้อมูลมีจำนวนมาก ๆ

วิธีการเขียนฮิสโตแกรม (Histogram)

1. เก็บรวบรวมข้อมูล (ควรรวบรวมประมาณ 100 ข้อมูล)
2. หาค่าสูงสุด (L) และค่าต่ำสุด (S) ของข้อมูลทั้งหมด
3. หาค่าพิสัยของข้อมูล (R-range)

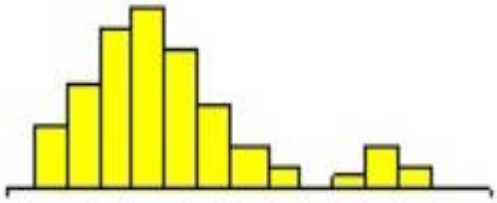
ลักษณะต่าง ๆ ของฮิสโตแกรม

แบบปกติ (Normal distribution) การกระจายของการผลิตเป็นไปตามปกติ ค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่จะอยู่ตรงกลาง



ภาพที่ 2-10 ฮิสโตแกรม แบบปกติ (Normal distribution)

แบบแยกเป็นเกาะ (Detached island type) พบเมื่อกระบวนการผลิตขาดการปรับปรุง หรือการผลิตไม่ได้ผล

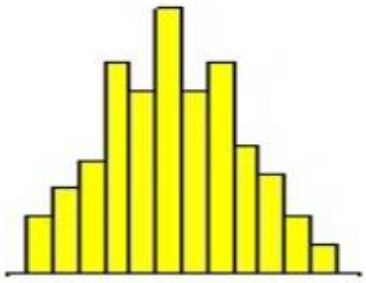


ภาพที่ 2-11 ฮิสโตแกรม แบบแยกเป็นเกาะ (Detached island type)

แบบระฆังคู่ (Double hump type) พบเมื่อนำผลิตภัณฑ์ของเครื่องจักร 2 เครื่อง 2 แบบ มารวมกัน

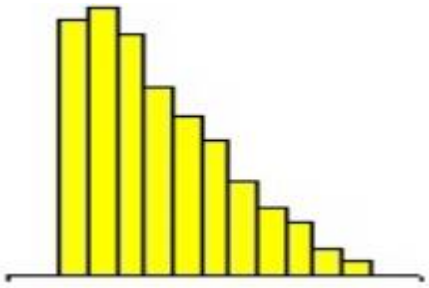
ภาพที่ 2-12 ฮิสโตแกรม แบบระฆังคู่ (Double hump type)

แบบฟันปลา (Serrated type) พบเมื่อเครื่องมือวัดมีคุณภาพต่ำ หรือการอ่านค่ามีความแตกต่างกันไป



ภาพที่ 2-13 ฮิสโตแกรม แบบฟันปลา (Serrated type)

แบบหน้าผา (Cliff type) พบเมื่อมีการตรวจสอบแบบรวมทั้งหมด (Total inspection) เพื่อคัดของเสียออกไป



ภาพที่ 2-14 ฮิสโตแกรม แบบหน้าผา (Cliff type)

การเพิ่มผลผลิต (Productivity)

มาโนช ริทินโย (2551) กล่าวไว้ว่า การเพิ่มผลผลิต คือ กิจกรรมความพยายามที่ทำให้เกิดการเพิ่มพูนคุณภาพและปริมาณของผลผลิต การเพิ่มผลผลิตไม่จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณการผลิต แต่เป็นการลดต้นทุน ลดการสูญเสียในกระบวนการผลิต การเพิ่มผลผลิตให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องใช้การจัดการที่ดี โดยการดำเนินการอย่างมีระบบ มีการวางแผนและการกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนและทำอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเกิดจากการกระทำของบุคลากรในองค์กร การเพิ่มผลผลิตเป็นเครื่องมือสำหรับการประกอบธุรกิจที่ช่วยให้ธุรกิจเจริญก้าวหน้าและเพิ่มคุณภาพให้กับบุคคลในองค์กร องค์ประกอบของการเพิ่มผลผลิตมี 7 ประการ ได้แก่ คุณภาพ ต้นทุน การส่งมอบ ความปลอดภัย ขวัญกำลังใจในการทำงาน สิ่งแวดล้อมและจรรยาบรรณในการดำเนินธุรกิจองค์ประกอบเหล่านี้ส่งผลให้เกิดการเพิ่มผลผลิตที่ยั่งยืนและมีคุณธรรม

การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement system analysis)

การวิเคราะห์ระบบการวัดนั้นถือได้ว่ามีความสำคัญและจาเป็นในการศึกษามากเพราะหากการวัดที่ได้ไม่มีความถูกต้อง เที่ยงตรงและแม่นยำแล้ว จะส่งผลทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลนั้นผิดพลาดส่งผลให้การตัดสินใจผิดพลาดไปด้วย ดังนั้น การวิเคราะห์ระบบการวัดจึงเป็นสิ่งแรกที่จะต้องทำการศึกษาก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ข้อมูล ในการวิเคราะห์ระบบการวัดหรือการตรวจสอบนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของการวัด ดังนี้

การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลประเภทหน่วยการวัด (Variable MSA)

ในระบบการวัดแบบนี้จะเกี่ยวข้องกับสองประเด็นหลัก คือ 1) ความแม่นยำ (Precision) คือ ความสามารถในการวัดที่ให้ผลค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ค่าไม่กระจัดกระจายและจะให้ความแม่นยำโดยค่าที่วัดได้จะไม่เปลี่ยนแปลงมาก 2) ความเที่ยงตรง (Accuracy) คือ ความสามารถในการวัดที่ให้ค่าใกล้ความจริงมาก ผลต่างของค่าจริงและค่าวัดโดยเฉลี่ยน้อยมาก โดยที่

การวิเคราะห์ความแม่นยำของกระบวนการวัด จะมุ่งพิจารณาใน 2 ประเด็น คือ คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานวัดหรือเครื่องมืออุปกรณ์การวัดหรือไม่ โดยที่ตัวชี้วัดในการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. Repeatability หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับงานชิ้นเดียวกันกับเครื่องมือวัดเครื่องเดียว และด้วยพนักงานคนเดียวกัน

2. Reproducibility หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดกับงานชิ้นเดียวกัน กับเครื่องมือวัดเครื่องเดียวแต่ต่างพนักงานกัน

การวิเคราะห์ระบบการวัดแบบข้อมูลประเภทการตรวจนับ (Attribute MAS)

เป็นวิธีการวิเคราะห์ความถูกต้อง แม่นยำของระบบการตรวจสอบที่ให้ข้อมูลแบบการตรวจนับ เช่น งานดี งานเสีย ลักษณะรอยตำหนิ เป็นต้น โดยวิธีการวิเคราะห์จะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องจากการวัดโดยเทียบกับมาตรฐานที่มี การประเมินผลจะออกมาในรูปของความมีประสิทธิผลของการตรวจสอบ (Screen effectiveness) อันหมายถึง ความสามารถของระบบการวัดในการแยกแยะงานไม่ดีออกจากงานดี ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการยอมรับจะขึ้นอยู่กับร้อยละของความผิดพลาด (Error) ในการตรวจสอบ ดังนี้

1. < 10 เปอร์เซ็นต์ หรือมีความถูกต้อง 90 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าสามารถยอมรับระบบการวัดได้

2. 10 เปอร์เซ็นต์ ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ อาจจะยอมรับได้ขึ้นอยู่กับความสำคัญของการตรวจสอบ เช่นค่าใช้จ่ายในการวัด มูลค่าของสินค้าและปัจจัยอื่น ๆ

3. > 30 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถยอมรับระบบการวัดได้จำเป็นจะต้องระบุถึงสาเหตุของความผันแปรและทำการปรับปรุง

การวัดผลทางสถิติ

การวัดผลทางสถิติของการปฏิบัติงานที่มีต่อกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์ (Six sigma)

วิธี Six sigma 5 ขั้นตอน (DMAIC)

1. Define คือ ขั้นตอนของการกำหนดปัญหา เลือกการปรับปรุงหรือออกแบบ ทั้งนี้เน้นความต้องการของลูกค้าเป็นหลัก เพื่อให้โครงการที่เลือกจะทำนั้นเป็นเรื่องสำคัญ ๆ จริง ทำแล้วคุ้มค่า ตรงประเด็น ไม่เสียเวลาเปล่า

2. Measure คือ ขั้นตอนการวัด เช่น วัดความสามารถของกระบวนการวัดของเสีย วัดประสิทธิผล ฯลฯ เพื่อนำมาวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ

3. Analyze คือ ขั้นตอนการวิเคราะห์ (จากข้อมูลที่วัดมาได้) เพื่อหาหรือพิสูจน์ตัวแปรที่สำคัญที่สุดในระบวนการ (Key process variables) ที่เป็นต้นตอสาเหตุของปัญหา ในขั้นตอนนี้ถือว่าสำคัญมากเพราะถ้าหาตัวแปรไม่เจอ หรือหาได้ผิดก็ไม่อาจจะปรับปรุง หรือปรับปรุงผิด

4. Improve คือ ขั้นตอนการปรับปรุง หลังจากที่เราจับตัวแปร ที่มีผลมาก ๆ หรือสำคัญได้แล้ว เราก็ลงมือแก้ไข ปรับปรุง เพื่อขจัดสาเหตุที่วิเคราะห์ได้ หรือในการออกแบบขั้นนี้จะเป็นการออกแบบกระบวนการ หรือผลิตภัณฑ์เพื่อขจัดหรือควบคุมตัวแปรที่วิเคราะห์ได้

5. Control คือ ขั้นตอนการควบคุม เพื่อให้กระบวนการนั้นนิ่ง ทำให้สม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้เกิดข้อบกพร่องอีก

ความหมายเชิงตัวเลขของ 6 ซิกม่า

± 1σ มีค่าการยอมรับ เท่ากับ 68.27 เปอร์เซ็นต์

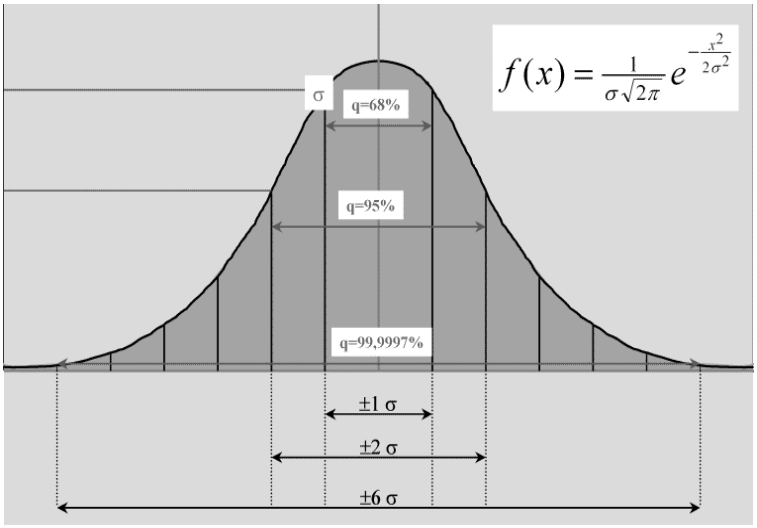
± 2σ มีค่าการยอมรับ เท่ากับ 95.45 เปอร์เซ็นต์

± 3σ มีค่าการยอมรับ เท่ากับ 99.73 เปอร์เซ็นต์

± 4σ มีค่าการยอมรับ เท่ากับ 99.9937 เปอร์เซ็นต์

± 5σ มีค่าการยอมรับ เท่ากับ 99.999943 เปอร์เซ็นต์

± 6σ มีค่าการยอมรับ เท่ากับ 99.9999996 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2-15 ความหมายเชิงตัวเลขของ 6 ซิกม่า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประสงค์ สุขสวัสดิ์ (2554) การลดของเสียของใบพัดอัดอากาศในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์ของเครื่องบินพาณิชย์ด้วย ดีเอ็มเอไอซี วัตถุดิบเป็นประเภทโลหะ งานวิจัยมุ่งเน้นการปรับปรุงในปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับคน (Man) ปัจจัยด้านเครื่องจักร (Machine) ปัจจัยด้านวัตถุดิบ (Material) และปัจจัยด้านวิธีการ (Method) ในกระบวนการผลิตใบพัดอัดอากาศซึ่งเป็นการผลิตชิ้นส่วนที่อยู่ในเครื่องยนต์ของเครื่องบินพาณิชย์ จากการศึกษาข้อมูลของ ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตใบพัดอัดอากาศ ก่อนการปรับปรุงมีค่าสัดส่วนของเสียเมื่อคิดเป็นจำนวนเงินที่สูญเสียไปนั้น มีอัตราของเสียเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงในเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 เท่ากับ 1.55 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน หลังทำการปรับปรุงสัดส่วนของเสียเฉลี่ยในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 ลดลงเหลือ 0.86 เมื่อเปรียบเทียบก่อนทำการปรับปรุง คิดของเสียที่ลดลงได้เท่ากับ 69 เปอร์เซ็นต์

ภัทรวุฒิ พลอาสา (2548) อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟโดยงานวิจัยได้ศึกษาการลดต้นทุนคุณภาพในการลดของเสียจากกระบวนการผลิตฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เป้าหมาย คือ ของเสียที่ต่ำกว่า 10,000 หน่วยต่อล้านชิ้น ในงานวิจัยนี้จะเริ่มจากการระบุปัญหาของเสียของฝาฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยใช้แผนผังเหตุและผลในขั้นตอนการวัด ทำการจัดลำดับความเสี่ยงของแนวโน้มของสาเหตุด้วยวิธีการ FMEA และทำการควบคุมสิ่งที่ปรับปรุงโดยใช้แผนภูมิสัดส่วนของเสียและทำมาตรการควบคุมกระบวนการผลิต และประเมินผลการลดของเสียในทุกขั้นตอนการปรับปรุงและให้ต้นทุนคุณภาพวิเคราะห์ผลการดำเนินงานแต่ละช่วง จากผลพบว่า 84.68 เปอร์เซ็นต์ ที่สามารถลดของเสียได้ ซึ่งต้นทุนคุณภาพหลังการดำเนินการลดเป็น 1.2 เปอร์เซ็นต์ จากเดิม 3.76 เปอร์เซ็นต์ ต้นทุนความบกพร่องลดเหลือ 0.59 เปอร์เซ็นต์ จากเดิม 3.46 เปอร์เซ็นต์ และต้นทุนการตรวจสอบเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 0.24 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.40 เปอร์เซ็นต์ และต้นทุนการป้องกันเพิ่มจาก 0.06 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.21 เปอร์เซ็นต์

รสริน ตันเต็มทรัพย์ (2552) การลดของเสียในสายการประกอบเบรคมือ พบปัญหาของการเกิด Outer สั้น และ Outer ยาว อยู่ที่จุดการประกอบ Outer จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบ Outer ด้วยแผนภูมิก้างปลา ทำการออกแบบอุปกรณ์ เช่น การทำใบพัดตรวจสอบการใช้อุปกรณ์ป้องกันความผิดพลาด (Foolproof check sheet) โดยทำทุกจุดที่มีเครื่องป้องกันความผิดพลาด จึงทำให้ปัญหาอื่นลดลง และเปลี่ยนและวิธีปฏิบัติงานใหม่ หลังการปรับปรุงจำนวนของเสียจากปัญหา Outer สั้น และ Outer ยาว ลดลง 92.26 เปอร์เซ็นต์ เป้าหมายลดของเสีย 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดได้ 63.73 เปอร์เซ็นต์ ค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากปัญหาทั้งหมดรวมเป็นเงิน 638,040 บาทต่อปี เวลาที่ลดลงจากปัญหาทั้งหมดรวมเป็น 24,960 นาที ต่อปี

วีรชัย ทองสายบัว (2549) การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยาง จากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและเก็บข้อมูลของเสียเพื่อเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหา พบว่าสาเหตุของเสียมากที่สุดในกระบวนการผลิต คือ ชิ้นงานแกว่างไม่เต็ม ชิ้นงานป็นแผล ซึ่งในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2548 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2549 มีปริมาณของเสียรวมเท่ากับ 22.4 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำข้อมูลที่เก็บได้มาศึกษาแล้วทำการวิเคราะห์ โดยได้ใช้หลักเกณฑ์ทางวิชาการ การควบคุมคุณภาพ การศึกษาการทำงานมาช่วยในการแก้ไขปัญหาจากสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น ได้ทำการแก้ไขปัญหา โดยการตัดชิ้นงานให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยควบคุมน้ำหนัก 14-15 กรัมต่อชิ้น และเปลี่ยนวิธีการวางชิ้นงานดิบบนแม่พิมพ์ใหม่ ผลการปรับปรุงหลังแก้ไขปัญหาแล้วได้ทำการเก็บข้อมูลของเสียตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2549 ปรากฏว่ามีของเสียรวมเท่ากับ 6.8 เปอร์เซ็นต์ ลดของเสียลงได้ 10.6 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของบริษัทตัวอย่าง

บริษัทตัวอย่างเป็นบริษัทที่ประกอบกิจการด้านอุตสาหกรรมการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ โดยเน้นผลิตให้กับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ลูกค้าหลัก คือ ISUZU, NISSAN, FORD และ BMW เป็นการผลิตโดยใช้เครื่องจักรกลประเภทซีเอ็นซี และหุ่นยนต์ โดยมีกระบวนการหลักทั้งหมด 4 กระบวนการ คือ 1) ม้วนท่อและตัด 2) ดัดท่อ 3) ม้วนหม้อตัวกรองไอเสีย 4) ประกอบท่อรถยนต์ โดยชิ้นส่วนหลักๆ มีการสั่งซื้อจากต่างประเทศ 50 เปอร์เซ็นต์ และจากภายในประเทศ 50 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการที่ผู้วิจัยทำการวิจัยคือกระบวนการประกอบท่อรถยนต์ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีต้นทุนสูง การศึกษาและวิจัยมุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และลดของเสียในกระบวนการผลิต โดยการประยุกต์ใช้หลักของเครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 Tools) ในการค้นหาปัญหาและเป็นแนวทางในการแก้ไข ปัจจุบันบริษัทตัวอย่างมีพนักงานรวมทั้งหมด 197 คน บริษัทได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO/ 16949 และ ISO14001 ผลิตภัณฑ์ของบริษัทตัวอย่างประกอบไปด้วยท่อไอเสียส่วนด้านหน้า และท่อไอเสียส่วนด้านหลัง ท่อไอเสีย เป็นชิ้นส่วนสำคัญของรถยนต์โดยมีหน้าที่หลัก คือ ใช้สำหรับระบายไอเสียออก จากเครื่องยนต์ ลดเสียงระเบิดในเครื่องยนต์ให้น้อยลง และกรองมลพิษก่อนออกมาสู่อากาศ โดยผลิตภัณฑ์ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

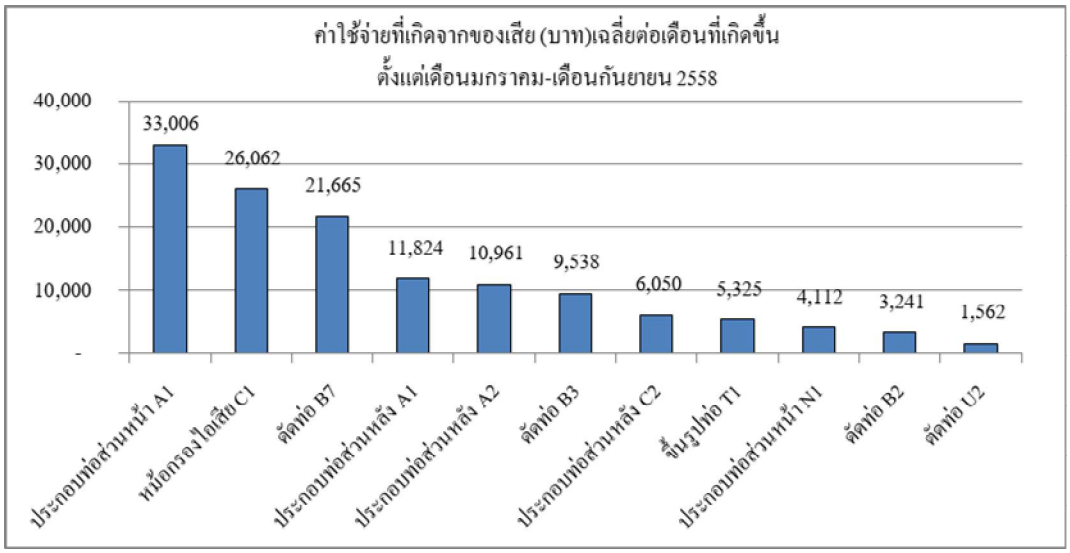
1. ท่อไอเสียส่วนด้านหน้า ใช้ในการดูด และลำเลียงไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์
2. ท่อไอเสียส่วนด้านหลัง ใช้เพื่อเก็บเสียงและกรองไอเสียก่อนปล่อยออกจากท่อไอเสียเพื่อลดมลพิษทางอากาศ

รายละเอียดที่สำคัญของท่อไอเสียรถยนต์

1. ความยาวของท่อ เพื่อให้สามารถช่วยดูดไอเสียได้ดี มีการไหลอย่างอิสระ
2. ขนาด ท่อที่ต่อออกมาจากฝาสูบต้องมีขนาดเท่าพอร์ทไอเสียหรือใหญ่กว่าเ ล็กน้อย ห้ามเล็กกว่า เพราะไอเสียจะสะดุดหรืออั้นการไหล ดังนั้น จึงควรมีขนาดที่เหมาะสมตามความจุกระบอกสูบ (ซีซี) ของเครื่องยนต์
3. การดัดท่อ มีการดัดท่อโลหะเข้ารูปก่อนนำมาเชื่อมกัน การดัดต้องไม่มีรอยคอดหรือย่นถ้าท่อมีรอยคอดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อจะมีพื้นที่ลดลง ทำให้การไหลของไอเสียไม่สะดวก

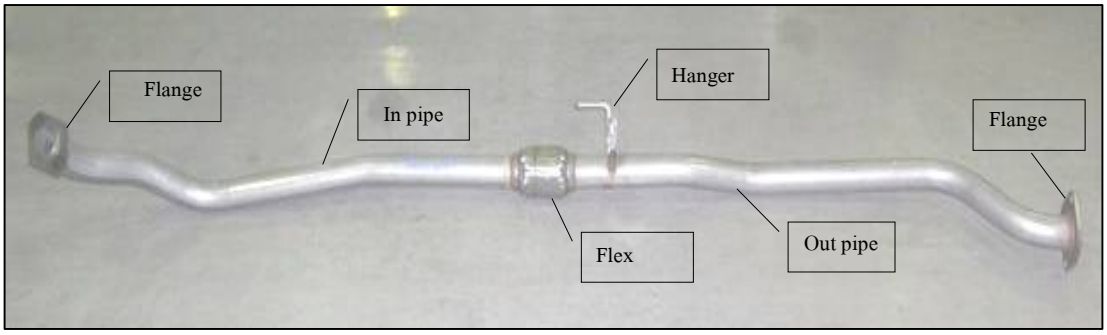
4. รอยเชื่อม ต้องหลีกเลี่ยงรอยเชื่อมที่ทำให้มีการสะดุดของการไหลของไอเสีย เช่น การเชื่อมทะลุ รอยเชื่อมไม่สม่ำเสมอ รอยเชื่อมบางหรือหนาเกินไป หรือมีจุดเล็ก ๆ ที่รอยเชื่อม เป็นต้น ดังนั้น ท่อต่าง ๆ ที่มีการเชื่อม ต้องตรวจสอบคุณภาพให้ดี

ข้อมูลต้นทุนที่เกิดจากของเสียของบริษัทกรณีศึกษาดังภาพที่ 3-1 แสดงให้ทราบถึงกระบวนการที่เกิดของเสีย เฉลี่ยต่อเดือนตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 โดยแยกเป็นมูลค่าของเสียของแต่ละกระบวนการผลิต พบว่ากระบวนการที่มีมูลค่าของเสียมากที่สุด คือ กระบวนการประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 เนื่องจากเป็นกระบวนการผลิตที่มีราคาต้นทุนต่อชิ้นสูง



ภาพที่ 3-1 มูลค่าของเสียต่อเดือน (บาท) ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ของบริษัทกรณีศึกษา

ผู้วิจัยจึงเลือกทำการปรับปรุงกระบวนการประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีปริมาณของเสียเป็นมูลค่าสูงสุดของบริษัทกรณีศึกษา เพราะเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนส่งมอบให้ลูกค้า จึงมีวัตถุดิบเป็นส่วนประกอบหลายชนิด ตัวอย่างชิ้นงานดังภาพที่ 3-2 เป้าหมายการวิจัย เพื่อลดจำนวนของเสียและการแก้ไขชิ้นงานของกระบวนการประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 ของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อให้สามารถลดต้นทุนด้านการผลิตและเพิ่มผลกำไรได้



ภาพที่ 3-2 ตัวอย่างชิ้นงานท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1

ท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 ประกอบด้วย 5 ชิ้นส่วนหลัก มีลักษณะและทำหน้าที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ส่วนประกอบและหน้าที่ของท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1

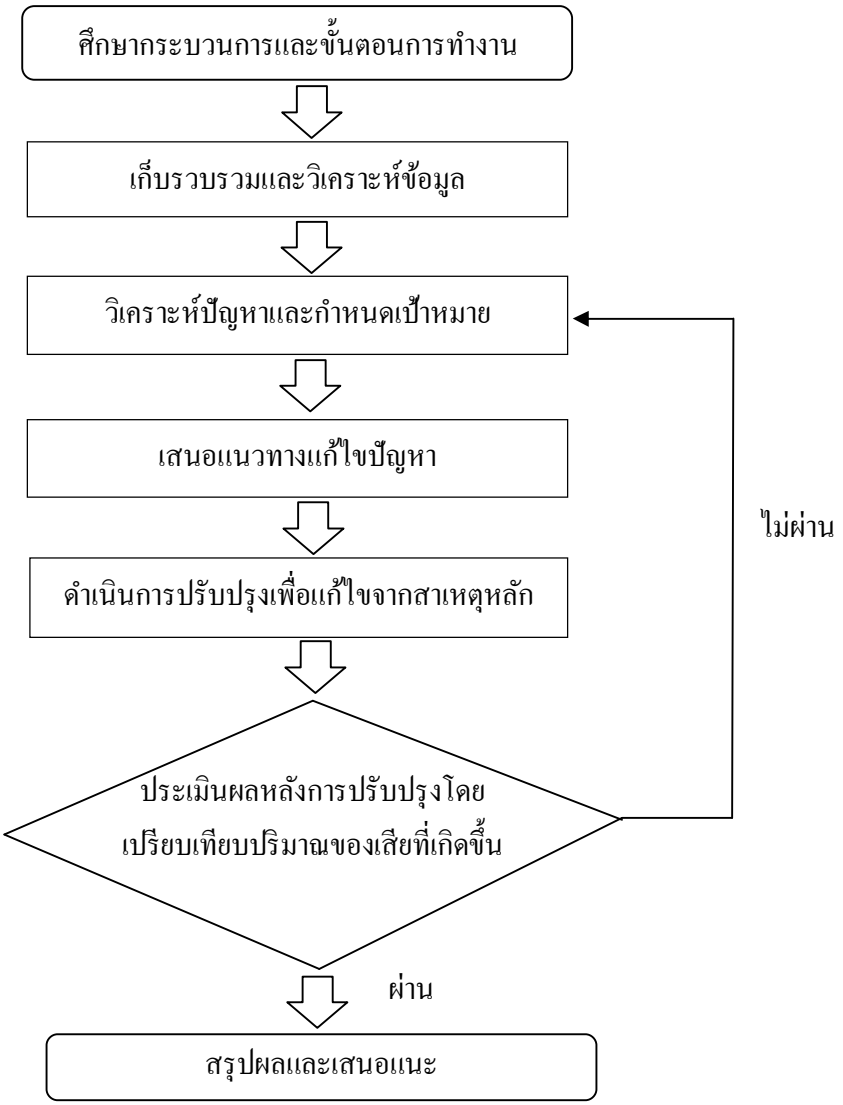
ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่	ลักษณะชิ้นส่วน
ท่อขาเข้า (Pipe)	ทำหน้าที่ในการลำเลียงควันไอเสียรถยนต์	
ท่อขาออก (Pipe)	ทำหน้าที่ในการลำเลียงควันไอเสียรถยนต์	
Flange	ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างท่อไอเสียกับเครื่องยนต์	

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ชื่อชิ้นส่วน	หน้าที่	ลักษณะชิ้นส่วน
Flex	ทำหน้าที่เชื่อมต่อท่อ (Pipe) ทั้ง 2 ชิ้น ให้ติดกัน และให้ความยืดหยุ่นเปลี่ยนทิศทางตามการขับเคลื่อนของรถยนต์	
Hanger	ทำหน้าที่เกี่ยวยึดชุดท่อไอเสียรถยนต์กับชิ้นส่วนอื่นในรถยนต์ เพื่อให้สามารถอยู่ในตำแหน่งที่สามารถทำงานได้	

วิธีการดำเนินการ

วิธีการดำเนินการมีขั้นตอนต่าง ๆ แสดงเป็นแผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงานดังภาพที่ 3-3

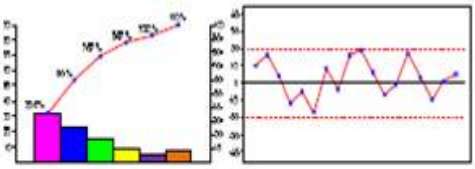
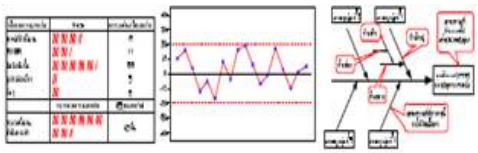


ภาพที่ 3-3 แผนภูมิขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน

รายละเอียดของขั้นตอนต่าง ๆ

รายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัยเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 โดยประกอบด้วย ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย วัตถุประสงค์การดำเนินงานของแต่ละขั้นตอน แนวทางการปฏิบัติและเครื่องมือที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ขั้นตอนและรายละเอียดการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	วัตถุประสงค์	แนวทางการปฏิบัติและเครื่องมือที่ใช้
1. ศึกษากระบวนการและขั้นตอนการทำงาน	เพื่อทราบรายละเอียดของกระบวนการผลิต	ศึกษากระบวนการผลิตที่แท้จริงตามแผนผังกระบวนการ Check Sheet Pareto Control Chart
2. เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการดำเนินงานวิจัย	ตรวจลักษณะและแยกประเภทของเสีย  Pareto Control Chart
3. วิเคราะห์ปัญหาและกำหนดเป้าหมาย	เพื่อให้สามารถแยกประเด็นของปัญหาและกำหนดเป้าหมายได้ชัดเจน	ตรวจสอบของเสียแต่ละลักษณะและหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียในแต่ละกระบวนการ  Check Sheet Control Chart Fishbone Diagram
4. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	เพื่อกำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหา	ศึกษาเครื่องมือการวิเคราะห์และแนวทางการแก้ไขปัญหา
5. เสนอแนวทางแก้ไขปัญหา	เพื่อแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการที่ทำให้เกิดของเสีย	กำหนดวิธีการและขั้นตอนที่จะทำการแก้ไขปัญหา
6. ดำเนินการปรับปรุงเพื่อแก้ไขจากสาเหตุหลัก	เพื่อลดของเสียให้น้อยลง	ทำการทดลองตามขั้นตอนการทำงานเพื่อลดของเสีย และควบคุมของเสีย

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	วัตถุประสงค์	แนวทางการปฏิบัติและเครื่องมือที่ใช้
7. ประเมินผลหลังการปรับปรุงโดยการเปรียบเทียบปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น	เพื่อวัดประสิทธิภาพของผลการดำเนินการ	นำเปอร์เซ็นต์ของเสียก่อนทำการวิจัยมาเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของเสียหลังทำการวิจัย
8. สรุปผลและเสนอแนะ	เพื่อศึกษาผลที่ดำเนินการวิจัย	เปรียบเทียบผลก่อนดำเนินงานวิจัยและผลหลังดำเนินงานวิจัยพร้อมข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

ศึกษากระบวนการและขั้นตอนการทำงาน

ศึกษากระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 ของบริษัทกรณีศึกษา โดยมีกระบวนการม้วนท่อ ตัดท่อ ดัดท่อ ประกอบท่อไอเสีย ซึ่งกระบวนการการไหลของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ของบริษัท ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 กระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1

ขั้นตอน	กระบวนการ	วิธีการ	ภาพประกอบ
1	รับเข้าวัตถุดิบ	รับเข้าด้วยเครนยก	
2	ตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ	ตรวจสอบชนิดของวัตถุดิบและล็อตการผลิต	

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ขั้นตอน	กระบวนการ	วิธีการ	ภาพประกอบ
3	จัดเก็บวัตถุดิบ	จัดเก็บตามลำดับเข้าก่อนออกก่อน	
4	ม้วนท่อ	นำเหล็กแผ่นมาม้วนขึ้นรูปเป็นท่อตามความยาว ขนาด ที่ต้องการ	
5	ดัดท่อ	นำท่อที่ม้วนแล้วมาทำการดัดตามลักษณะเฉพาะของแต่ละรุ่น	
6	ตรวจสอบท่อดัดท้ายกระบวนการผลิต	นำท่อที่ดัดแล้วมาตรวจสอบด้วยอุปกรณ์จับยึดและอุปกรณ์กำหนดตำแหน่งเพื่อตรวจสอบองศา ตะเข็บ และรอยย่น	
7	จัดเก็บท่อดัด	นำท่อดัดที่สมบูรณ์ ใส่ภาชนะใส่สินค้าเตรียมเบิกจ่าย เข้ากระบวนการประกอบท่อไอเสียรถยนต์	
8	ประกอบชิ้นส่วนท่อไอเสีย	ประกอบท่อกับชิ้นส่วนต่าง ๆ ตามมาตรฐานการผลิต	

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ขั้นตอน	กระบวนการ	วิธีการ	ภาพประกอบ
9	ตรวจสอบชิ้นงานท่อไอเสีย ท้ายกระบวนการผลิต	นำท่อไอเสียมาตรวจสอบด้วยอุปกรณ์จับยึดและอุปกรณ์กำหนดตำแหน่งเพื่อตรวจสอบองศา และคุณลักษณะภายนอก	
10	ตรวจสอบรอยรั่วของชิ้นงานท่อไอเสีย	นำเข้าเครื่องตรวจสอบรอยรั่วโดยการใช้ลมหากพบรอยรั่วเครื่องตรวจจะส่งเสียงเตือนและแสดงสัญญาณไฟสีแดง	
11	จัดเก็บท่อไอเสีย	นำท่อไอเสียที่สมบูรณ์ใส่ภาชนะจัดเก็บชิ้นงานสำเร็จรูปเพื่อเตรียมส่งมอบให้กับลูกค้า	

เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

จากการสำรวจข้อมูล มูลค่าของเสีย ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนกันยายน 2558 ดังตารางที่ 3-4 พบว่า กระบวนการประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 มีมูลค่าของเสียสูงสุด คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ย 33,006 บาทต่อเดือน หรือ 24.8 เปอร์เซ็นต์ ของมูลค่าของเสียทั้งหมดของบริษัทกรณีศึกษา จึงต้องเร่งนำมาหาสาเหตุของปัญหาโดยการเก็บข้อมูลของปัญหาที่พบ จากการตรวจสอบชิ้นงานของแต่ละกระบวนการของสายการประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1

ตารางที่ 3-4 สัดส่วนของเสียและมูลค่าของเสียเฉลี่ยต่อเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558

ลำดับ	กระบวนการผลิต	สายการผลิต	มูลค่าของเสีย (บาท)	เปอร์เซ็นต์
1	ประกอบท่อส่วนหน้า	A1	33,006	24.8
2	หม้อกรองไอเสีย	C1	26,062	19.5
3	ดัดท่อ	B7	21,665	16.2
4	ประกอบท่อส่วนหลัง	A1	11,824	8.9
5	ประกอบท่อส่วนหลัง	A2	10,961	8.2
6	ดัดท่อ	B3	9,538	7.2
7	ประกอบท่อส่วนหลัง	C2	6,050	4.5
8	ขึ้นรูปท่อ	T1	5,325	4
9	ประกอบท่อส่วนหน้า	N1	4,112	3.1
10	ดัดท่อ	B2	3,241	2.4
11	ตัดท่อ	U2	1,562	1.2
	รวมมูลค่าของเสียเฉลี่ยต่อเดือน (บาท)		133,346	100

วิธีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ อ้างอิงจากบริษัทกรณีศึกษา เพื่อวิเคราะห์ว่ากระบวนการตรวจสอบ หรือตรวจจับชิ้นงานมีข้อบกพร่องหรือไม่ โดยมีการตรวจสอบแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การตรวจรับชิ้นงานหรือวัตถุดิบ
2. การตรวจสอบชิ้นงานจากการผลิต

การตรวจรับชิ้นงานหรือวัตถุดิบ

การตรวจรับชิ้นงานหรือวัตถุดิบแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ

1. ระดับการสุ่มแบบปกติ จะดำเนินการสุ่มชิ้นงานหรือวัตถุดิบ โดยพิจารณาจากตารางที่ 3-5 ถึง 3-6

2. ระดับการสุ่มแบบพิเศษ (เมื่อมีการตรวจจับพบวัตถุดิบผิดปกติ หรือ เมื่อมีการเคลมวัตถุดิบ) เพิ่มเป็นการตรวจ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมีช่วงระยะเวลาการตรวจสอบเข้มงวด เป็นระยะเวลา 3 เดือน

ตารางที่ 3-5 มาตรฐานการสุ่มวัตถุดิบ

ขนาดผลิต (Lot size)	△ ขนาดสุ่มตัวอย่าง	จำนวนวัตถุดิบ (ชิ้นต่อกิโลกรัม)	△ ขนาดสุ่มตัวอย่าง	เครื่องมือ
1>	สุ่มทุก Lot size	1-1,000	20%	1. Vernier
		> 1,000	10%	2. Micreometer
				3. Profile
				4. Weight balance

ตารางที่ 3-6 การยอมรับการสุ่มตัวอย่าง

ขนาดสุ่มตัวอย่าง	จุดคุณลักษณะพิเศษ (SC point)		จุดรอง (Minorpoint)	
	ระดับ	▽S A, B	ระดับ C	
△	0	> 0	0.01-0.05	> 0.05
การตัดสิน	ยอมรับ	ปฏิเสธ	ยอมรับ	ปฏิเสธ

เทคนิคการสุ่มตัวอย่างชิ้นงานหรือวัตถุดิบให้ครอบคลุม มีดังนี้

สุ่มตัวอย่าง ต้องสุ่มทุกล๊อตรับเข้า ของผู้รับเหมาผลิต จำนวนชิ้น ดังตารางที่ 3-5 แสดงมาตรฐานการสุ่มวัตถุดิบ

วิธีการสุ่มแบบปกติ

1. นำชิ้นงานที่ได้จากการสุ่มดังตารางที่ 3-5 มาตรวจสอบตามหัวข้อที่ระบุไว้ในแผ่นตรวจสอบรับสินค้าเข้า ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไข ตามตารางที่ 3-6 ให้ติดป้ายตรวจสอบสินค้าเข้า “สีเขียว” ที่ระบุการยอมรับ

2. เมื่อตรวจสอบชิ้นงานตามหัวข้อที่ระบุไว้ในแผ่นตรวจสอบรับสินค้าเข้า แล้วพบชิ้นงานที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ดังตารางที่ 3-6 ให้ ติดป้ายตรวจสอบสินค้าเข้า “สีแดง” ระบุการไม่ยอมรับ พร้อมทั้งแยกพื้นที่จัดเก็บชิ้นงานเสีย และดำเนินการแจ้ง วิศวกรฝ่ายคุณภาพ เพื่อทำการออกเอกสาร การแจ้งของเสีย ไปยังผู้ส่งมอบ เพื่อให้เข้ามาดำเนินการคัดแยก หรือ แลกเปลี่ยนสินค้าใหม่

วิธีการสุ่มแบบพิเศษ

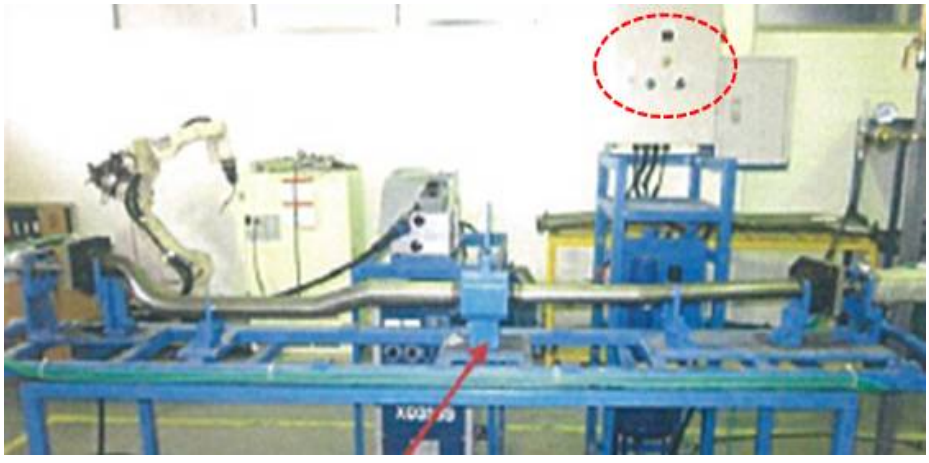
การตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้ในกรณีที่เป็นชิ้นส่วนใหม่อยู่ในช่วงควบคุมพิเศษ หรือชิ้นส่วนที่มีประวัติคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อกำหนด จะต้องทำการตรวจสอบ 100 เปอร์เซ็นต์ จนกว่าชิ้นส่วนที่ตรวจสอบจะอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ดังตารางที่ 3-6 ต่อเนื่องกันนาน 3 เดือน จึงจะยกเลิกการตรวจแบบ 100 เปอร์เซ็นต์ กรณีที่ตรวจสอบแล้วพบชิ้นงานที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานหน่วยงานควบคุมคุณภาพจะดำเนินการติดป้ายของเสียที่กลุ่มชิ้นงานและทำตำหนิที่ตัวชิ้นงานด้วยปากกาสีแดงตรงบริเวณจุดที่บกพร่อง และแยกชิ้นงานไว้ที่พื้นที่ของเสียรอพิจารณา และดำเนินการแจ้งผู้รับเหมาผลิต เพื่อเคลมชิ้นส่วน

การตรวจสอบชิ้นงานจากการผลิต

การตรวจสอบท้ายกระบวนการผลิต

1. ตรวจสอบท้ายกระบวนการผลิต โดยตรวจสอบด้วยอุปกรณ์จับยึดและอุปกรณ์กำหนดตำแหน่งทุกชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการนั้นๆ

2. ชิ้นงานที่ผลิตเสร็จแล้วต้องผ่านการตรวจสอบด้วยการใช้ลมอัดเพื่อดูว่ามีรอยรั่วตรงจุดไหนหรือไม่ หากพบรอยรั่วเครื่องจะส่งเสียงเตือนและส่งสัญญาณไฟ สีแดง ให้ทราบ ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 การตรวจสอบรอยรั่วด้วยวิธี ใช้ลมอัดเพื่อดูว่ามีรอยรั่วตรงจุดไหนหรือไม่

การตรวจสอบด้วยการตัดชิ้นงาน (Cut check)

ตัดชิ้นงานเพื่อดูความสมบูรณ์ของชิ้นส่วนภายในอย่างละเอียด เพื่อยืนยันคุณภาพการใช้งานของชิ้นงานรุ่นนั้นๆ ว่ายังคงเป็นไปตามมาตรฐาน โดยสุ่มตรวจสอบเดือนละ 1 ชิ้น และส่งค่าที่

วัดได้ให้ลูกค้า โดยจะมีแผนการตัดชิ้นงานของแต่ละลูกค้าตามรอบเวลาที่ลูกค้ากำหนด ดังภาพที่ 3-5 แสดงข้อมูลหมายเลขชิ้นงาน มาตรฐานจุดที่ต้องตรวจสอบ แผนวันที่การตัดชิ้นงาน วันที่การตัดชิ้นจริง เพื่อตรวจสอบว่าดำเนินตามแผนหรือไม่

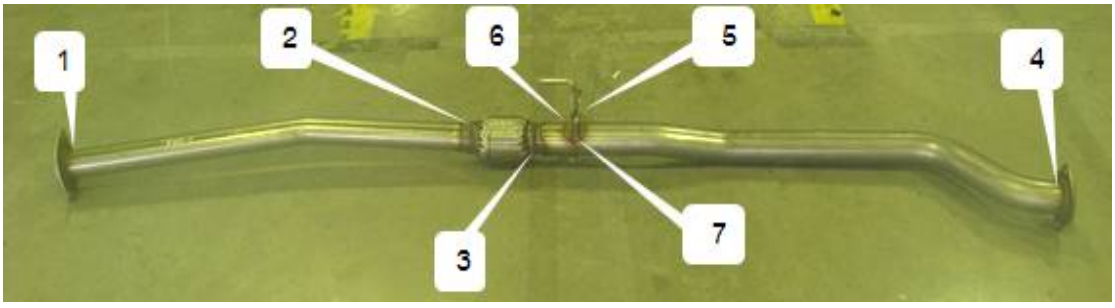
			CUT CHECK PLAN			Rev :					Prepared by				Checked by			Approve by
						Date:												
No	P/No.	Part Name	Test Specification	Portion Check /จุดที่ตรวจสอบ	Frequency	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Note:					○ Plan:													
Definition of Symbols			Definition of Colors		Actual :													
○ Cut Check			□ White = Plan		□ Plan:													
□ Test Tensile Plasma Weld			Green = Finished on Plan		Actual :													
			Yellow = Do but not finished follow Plan (fill action in below table)		Reportor													
			Red = Do not follow Plan (fill action in below table)															
			Black = No Production		Checker													
					Approver													

Remark

No.	Items	Recorder	No.	Items	Recorder

ภาพที่ 3-5 แผนการตรวจสอบด้วยการตัดชิ้นงาน (Cut check)

การตรวจสอบด้วยการตัดชิ้นงาน จะตัดจำนวนจุดตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยระบุตำแหน่งจุดที่ต้องการตัดทั้งหมด ของแต่ละหมายเลขชิ้นงาน โดยเฉลี่ย 7 จุด ต่อ 1 ชิ้นงาน ดังภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 จุดตัดชิ้นงานเพื่อตรวจสอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1

ระบุเงื่อนไขของแต่ละจุดที่ตัดเพื่อใช้ในการตรวจสอบ โดยจุดตัดชิ้นงานเพื่อตรวจสอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 ประกอบด้วย 7 จุด ดังนี้

1. Flange to pipe
2. Pipe to flex
3. Flex to pipe
4. Pipe to flange
5. Hanger to hanger
6. Hanger to pipe
7. Hanger to pipe

โดยจุดเชื่อมต่อระหว่าง Flex กับ Pipe มี 2 จุด คือ จุดที่ 2 Pipe to flex และ จุดที่ 3 Flex to pipe ซึ่งลักษณะของการเชื่อมแต่ละจุด คือ

จุดเชื่อมที่ 2 เป็นการเชื่อมแบบแนวตั้ง โดยเชื่อมที่สายการผลิตย่อย ก่อนเข้าสายการผลิตหลัก เนื่องจากลักษณะของท่อขาเข้า มีความโค้งน้อย และไม่มีตัวเกี่ยวยึดระหว่างท่อกับชิ้นส่วนอื่นของรถยนต์ (Hanger) ท่อจึงสามารถหมุนได้อย่างอิสระ ชิ้นงานไม่เสี่ยงหมุนมาสัมผัสหัวเชื่อม ทำให้สามารถเชื่อมในแนวตั้งได้ เนื่องจากลักษณะการเชื่อม คือ ให้ท่อหมุนรอบเป็นวงกลม โดยที่หัวเชื่อมทำงานอยู่กับที่เพื่อเชื่อมตามแนวการหมุนของท่อ การเชื่อมแนวตั้งทำให้ลวดเชื่อมที่ละลายไหลลงร่องระหว่าง Pipe กับ Flex ดังนั้น จึงไม่มีปัญหาลวดไหลไปสัมผัสขอบโค้ง Pipe ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาท่อรั่วซึม ดังภาพที่ 3-7

ภาพที่ 3-7 ตัวอย่างการเชื่อมงานจุดที่ 2 แบบแนวตั้ง

จุดเชื่อมที่ 3 เป็นการเชื่อมแบบแนวนอน เป็นการประกอบชิ้นงานในขั้นตอนสุดท้ายที่สายการผลิตหลัก มีความยาวรวมของชิ้นงานอยู่ที่ 1,890 มิลลิเมตร ทำให้ไม่สามารถเชื่อมงานแนวตั้งได้ เพราะจะส่งผลให้เรื่องของความสูง การควบคุมองศาการหมุนของชิ้นงานให้ได้ตามมาตรฐาน เนื่องจากความสูงยิ่งมาก การควบคุมยิ่งทำได้ยาก หรือหากทำได้ ก็ต้องมีการปรับตั้งใหม่ให้ได้ค่าคงที่ตามค่าที่ตั้งไว้อยู่เสมอ เนื่องจากมีโอกาสที่ค่าจะเปลี่ยน ซึ่งเสี่ยงต่อการเชื่อมที่ไม่สมบูรณ์ ผลกระทบเรื่องพื้นที่ในการติดตั้งเครื่องจักร การดูแลรักษาเครื่องจักรที่ทำได้ยาก เนื่องจากต้องติดตั้งแขนหุ่นยนต์เชื่อมงานในจุดที่สูงมาก ส่งผลถึงความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานอีกด้วย ดังนั้น การเชื่อมชิ้นงานจุดที่ 3 ระหว่าง Flex กับ Pipe จึงเป็นการเชื่อมแบบแนวนอน

หลังจากตัดและวัดค่าเสร็จสิ้น ต้องทำการบันทึกรายงานการตัดตรวจสอบชิ้นงาน โดยรายงานสรุปผลการตัดของแต่ละจุด เพื่อส่งให้ลูกค้า ตัวอย่างแบบฟอร์ม ดังภาพที่ 3-8

	TEST REPORT [CUT CHECK]									Report No.:	
										Issued Date:	
P/No.:		P/Name:								Model:	
DWG.No.:		Item:	WELDING CUT CHECK					Customer:			

Stage: ○ Prototype ○ 1P ○ 2P ○ PPAP ○ PP ○ Production ○ Other _____

Test Equipment: STEREOMICROSCOPE

WELDING CONDITION

Point	Process Name	Mat'l Spec (1)	Mat'l Spec (2)	M/C	Voltage (V)	Ampere (A)	Weld Wire Speed	Welding Speed (cm/min)	Gas Flow Rate(98%Ar + 2% O_2) (L/min)	Dia.(ϕ) of Wire (mm)	Weld Wire Spec

Result :

Page	Point	Judgement

Comment : .....

Approved	Checked	Tested By

ภาพที่ 3-8 รายงานการตัดเพื่อตรวจสอบชิ้นงาน

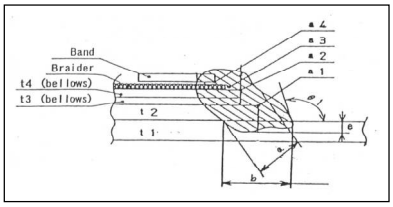
ตัวอย่างการแสดงผลการตัดชิ้นงานในจุดที่ 3 ซึ่งเป็นจุดที่ผู้วิจัยกำลังทำการศึกษาเกี่ยวกับปัญหารอยเชื่อม คือ จุด Flex to pipe การวัดค่าการตัดของจุดที่ 3 จะมีแยกออกเป็น 4 ส่วนย่อย

เพื่อให้สามารถวัดค่าต่าง ๆ ได้ละเอียดยิ่งขึ้น คือ 1) ช่องว่างที่รอยข้อต่อ 2) จุดที่คาบเกี่ยวกัน 3) รอยร้าวหรือแตก 4) ช่องลม รายละเอียดตัวอย่าง ดังภาพที่ 3-9

WELD FLEX TO PIPE

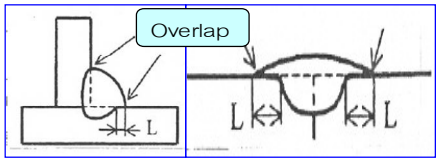
TYPE - MULTIPLE LAP JOINT: FLEXIBLE PIPE

(Reference Standard: ITD-052-001A ,ISUZU DESIGN MANUAL)



T = Thickness of thinner plate 1.2
b = Length of side wall penetration ≥ 0.8 x T (T_1 or T_2)
e = Depth of side wall penetration ≥ 0.2 x T
a = Weld Thickness ≥ 0.7 x T
Points a1, a2, a3 and a4 shall be penetrated securely
X = Width of the weld gap (max. gap) ≤ 1.5 mm
Underfill Depth ≤ 0.2x t1 Length ≤ 100 mm.
Undercut Depth ≤ 0.5 mm. Length ≤ 100 mm.
① b at root of joints Not Allowed (ห้ามมี)
② Overlap Not Allowed (ห้ามมี)
③ Crack Not Allowed (ห้ามมี)
④ Blowhole Not Allowed (ห้ามมี)

POINT: 3



T = 1.2 **t1= 1.2** **t2= 1.0**

POINT: 3.1 picture 1

POINT: 3.2 picture 2

POINT: 3.3 picture 3

POINT: 3.4 picture 4

Item	Standard		Result 3.1	Judge	3.2	Judge	3.3	Judge	3.4	Judge	Total Judgement
a	≥	0.84									O
b	≥	0.96									
e	≥	0.20									
x	≤	1.50									
SAG	≤	1.20									
Underfill	≤	Depth 0.24 mm.									
	≤	Length 100 mm.									
Undercut	≤	Depth 0.50 mm.									
	≤	Length 100 mm									

Defects on Suface:	Item No.	1	2	3	4																		
	Found																						
	Not found																						

* mean Internal control, it is not mensioned in standard

ภาพที่ 3-9 รายงานการตัดเพื่อตรวจสอบชิ้นงานในแต่ละจุด (ยกตัวอย่างจุดที่ 3 Flex to pipe)

ผู้วิจัยและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้ทำการเก็บข้อมูลของเสียในสายการประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 จากการตรวจสอบชิ้นงานในขั้นตอนสุดท้าย (Final inspection) โดยการใช้อุปกรณ์จับยึดและอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง (Check fixture) ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนกันยายน 2558 และบันทึกของเสีย โดยการแสดงยอดการผลิตจำนวนของเสียทั้งหมดต่อล้านชิ้น และแสดงค่า PPM ดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 ยอดการผลิตและจำนวนของเสียสายการประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1

ตารางยอดการผลิต และจำนวนของเสียของสายการประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558

รายละเอียด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
ยอดการผลิต (ชิ้น)	4,275	4,140	4,485	4,170	5,280	4,710	5,565	5,160	4,800
ยอดของเสีย (ชิ้น)	29	25	27	28	35	30	34	32	33
PPM	6,784	6,039	6,020	6,715	6,629	6,369	6,110	6,202	6,875
Acc.PPM	6,784	6,417	6,240	6,385	6,443	6,430	6,375	6,352	6,411

วิธีการคำนวณของเสียต่อล้านชิ้น

$$\text{PPM} = \frac{\text{จำนวนของเสีย (ชิ้น)} \times 1{,}000{,}000}{\text{จำนวนยอดผลิตทั้งหมด (ชิ้น)}}$$

ตัวอย่าง การคำนวณ PPM ของเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558

$$\text{PPM} = \frac{30 \times 1{,}000{,}000}{4{,}710}$$

$$= 6{,}369.42$$

การคำนวณของเสียต่อล้านชิ้นแบบสะสม

$$\text{Acc. PPM} = \frac{\text{ผลรวมจำนวนของเสีย (ชิ้น)} \times 1{,}000{,}000}{\text{ผลรวมจำนวนยอดผลิตทั้งหมด (ชิ้น)}}$$

PPM แบบสะสม ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมิถุนายน พ.ศ. 2558

$$\text{PPM} = \frac{174 \times 1{,}000{,}000}{27{,}060}$$

$$= 6{,}430.15$$

จากบันทึกประจำวันการตรวจเช็คชิ้นงานด้วยอุปกรณ์จับยึดและอุปกรณ์กำหนดตำแหน่งที่ท้ายกระบวนการผลิต และบันทึกรายงานของเสียของแผนกผลิต ทำให้สามารถนำข้อมูลของเสียมาจำแนกประเภทได้ โดยในแต่ละเดือน แผนกควบคุมคุณภาพจะทำการสรุปสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่ทำให้เกิดของเสีย และทำการวิเคราะห์หาสาเหตุร่วมกับแผนกผลิต รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาแนวทางการแก้ไขต่อไป สาเหตุหลักที่พบจากการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 คือ การเชื่อมทะลุ รอยเชื่อมไม่เรียบ ชิ้นงานเบียดอุปกรณ์จับยึดและอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง ชิ้นงานเป็นจุดตามดและอื่น ๆ ตามลำดับ ดังตารางที่ 3-8 ประเภทของเสีย

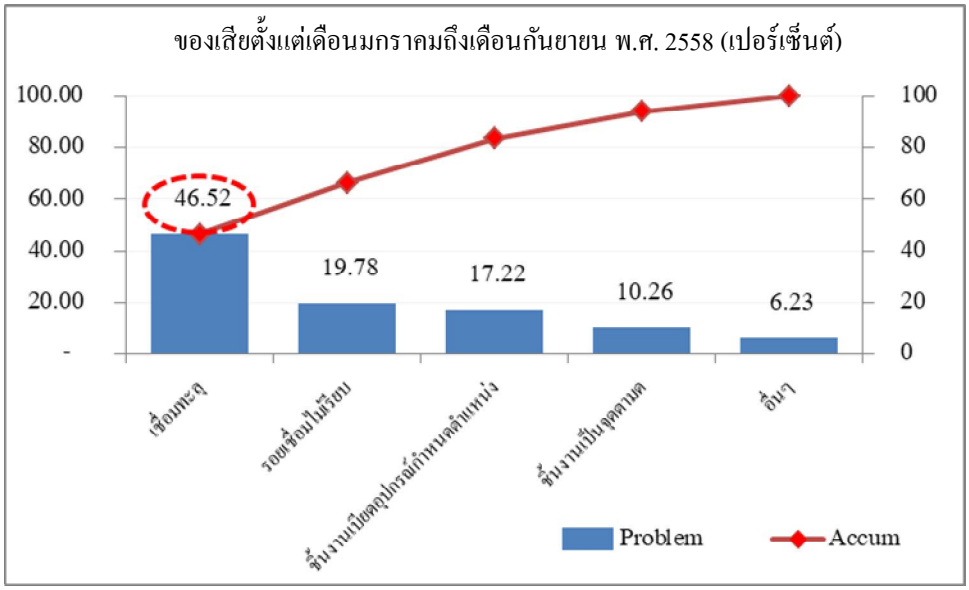
ตารางที่ 3-8 ประเภทของเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558

เดือน	**จำนวนของเสีย (ชิ้น)**						
(พ.ศ.2558)	**จำนวนผลิต**	**เชื่อมทะลุ**	**รอยเชื่อมไม่เรียบ**	**ชิ้นงานเบียดอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง**	**ชิ้นงานเป็นจุดตามด**	**อื่น ๆ**	**รวม**
มกราคม	4,275	13	6	5	3	2	29
กุมภาพันธ์	4,140	12	5	4	3	1	25
มีนาคม	4,485	12	5	5	3	2	27
เมษายน	4,170	13	5	5	3	2	28
พฤษภาคม	5,280	16	7	6	4	2	35

ตารางที่ 3-8 (ต่อ)

เดือน (พ.ศ. 2558)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)						
	จำนวนผลิต	เชื่อมทะลุ	รอยเชื่อมไม่เรียบ	ชิ้นงานเบียดอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง	ชิ้นงานเป็นจุดตามด	อื่น ๆ	รวม
มิถุนายน	4,710	14	6	5	3	2	30
กรกฎาคม	5,565	16	7	6	3	2	34
สิงหาคม	5,160	15	6	6	3	2	32
กันยายน	4,800	16	7	5	3	2	33
รวม	42,585	127	54	47	28	17	273

จากข้อมูลการจำแนกประเภทของเสีย พบว่าของเสียที่พบมากที่สุด เกิดจากการเชื่อมทะลุ ดังภาพที่ 3-10



ภาพที่ 3-10 ประเภทของเสียที่พบจากการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 เรียงลำดับจากมากสุดไปน้อยสุด โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

สรุปลำดับปัญหาของเสียที่พบ ดังนี้

ลำดับที่ 1 เชื่อมทะลุ 46.52 เปอร์เซ็นต์

ลำดับที่ 2 รอยเชื่อมไม่เรียบ 19.78 เปอร์เซ็นต์

ลำดับที่ 3 ชิ้นงานเบียดอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง 17.22 เปอร์เซ็นต์

ลำดับที่ 4 ชิ้นงานเป็นจุดตามด 10.26 เปอร์เซ็นต์

ลำดับที่ 5 อื่น ๆ 6.23 เปอร์เซ็นต์

ของเสียเกิดขึ้นเฉลี่ย 30 ชิ้นต่อเดือน มูลค่าของเสีย คือ 914 บาทต่อชิ้น คิดเป็นมูลค่าของเสียเฉลี่ย 27,725 บาทต่อเดือน ดังตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 มูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่ เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558

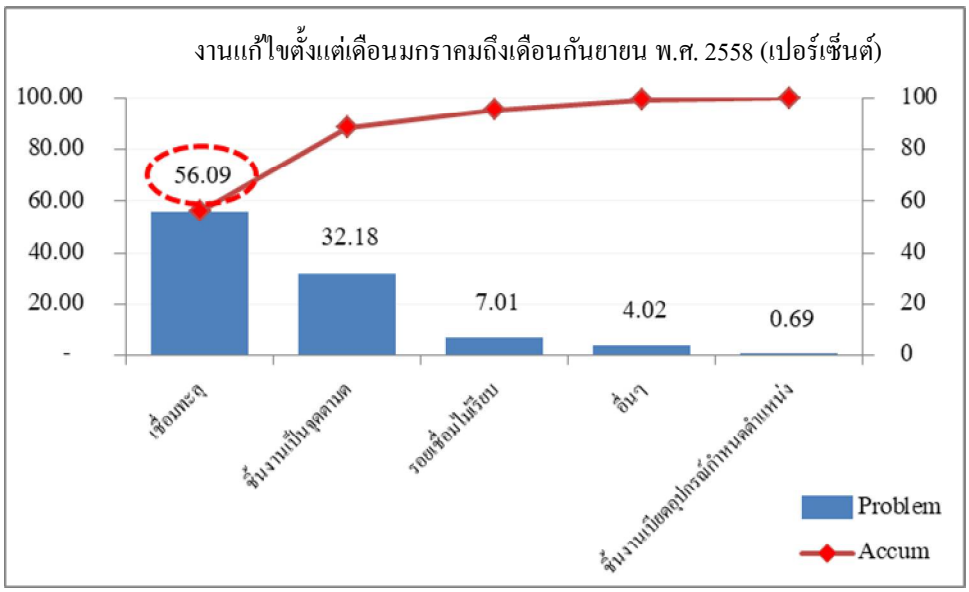
รายละเอียด	**ก่อนปรับปรุง เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน 2558**									**ค่าเฉลี่ย**
	ม.ค.	**ก.พ.**	**มี.ค.**	**เม.ย.**	**พ.ค.**	**มิ.ย.**	**ก.ค.**	**ส.ค.**	**ก.ย.**	
จำนวนการผลิตต่อเดือน (ชิ้น)	4,275	4,140	4,485	4,170	5,280	4,710	5,565	5,160	4,800	4,732
จำนวนของเสียต่อเดือน (ชิ้น)	29	25	27	28	35	30	34	32	33	30
ราคาต่อชิ้น (บาท)	26,506	22,850	24,678	25,592	31,990	27,420	31,076	29,248	30,162	27,725

การแก้ไขชิ้นงานที่เกิดขึ้นมากที่สุด ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 คือ การแก้ไขชิ้นงานเชื่อมทะลุ ชิ้นงานเป็นจุดตามด รอยเชื่อมไม่เรียบ ชิ้นงานเบียดอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง ชิ้นงานเป็นจุดตามด ดังตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 ประเภทการแก้ไขชิ้นงานตามลักษณะที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558

เดือน (พ.ศ. 2558)	จำนวนงานแก้ไข (ชิ้น)						
	จำนวนผลิต	เชื่อมทะลุ	รอยเชื่อมไม่เรียบ	ชิ้นงานเบียดอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง	ชิ้นงานเป็นจุดตามด	อื่น ๆ	รวม
มกราคม	4,275	446	56	5	256	32	795
กุมภาพันธ์	4,140	438	55	5	251	31	780
มีนาคม	4,485	440	55	5	253	31	785
เมษายน	4,170	505	63	6	290	36	900
ฤษภาคม	5,280	539	67	6	310	38	960
มิถุนายน	4,710	463	58	5	266	33	825
กรกฎาคม	5,565	555	69	6	319	40	990
สิงหาคม	5,160	496	62	6	285	35	885
กันยายน	4,800	488	61	6	280	35	870
รวม	42,585	4,370	545	51	2,511	312	7,790

จากข้อมูลการจำแนกประเภทตามลักษณะงานซ่อมหรือแก้ไข พบว่า งานแก้ไขที่พบมากที่สุด เกิดจากการเชื่อมทะลุ ดังภาพที่ 3-11



ภาพที่ 3-11 ประเภทตามลักษณะงานซ่อมหรือแก้ไข ที่พบจากการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า

A1 ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 เรียงลำดับจาก มากสุด ไปน้อยสุด โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

สรุปลำดับปัญหางานซ่อมหรือแก้ไข ที่พบ ดังนี้

ลำดับที่ 1 เชื่อมทะลุ 56.09 เปอร์เซ็นต์

ลำดับที่ 2 ชิ้นงานเป็นจุดตามด 32.18 เปอร์เซ็นต์

ลำดับที่ 3 รอยเชื่อมไม่เรียบ 7.01 เปอร์เซ็นต์

ลำดับที่ 4 อื่น ๆ 4.02 เปอร์เซ็นต์

ลำดับที่ 5 ชิ้นงานเบียดอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง 0.69 เปอร์เซ็นต์

จากข้อมูลสรุปลำดับปัญหาของเสีย และงานแก้ไขวิเคราะห์ได้ว่าปัญหาที่เกิดจากงานเชื่อมทะลุ ชิ้นงานเป็นจุดตามด รอยเชื่อมไม่เรียบ และปัญหาอื่น ๆ พบมากที่สุด คือ ปัญหาที่เกิดจากสะเก็ดรอยเชื่อมเม็ด (Spatter) กระเด็น ปัญหาทั้ง 4 อย่างนี้ มีจำนวนที่สามารถแก้ไขได้มากเมื่อเทียบกับปัญหาชิ้นงานเบียดอุปกรณ์กำหนดตำแหน่งที่มีโอกาสเกิดขึ้นเพียง 0.71 เปอร์เซ็นต์ แต่หากพบปัญหานี้แล้ว เห็นได้ว่าสามารถแก้ไขให้เป็นงานดีได้น้อยมากหรือคิดเป็น 7.84 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนชิ้นงานที่พบทั้งหมดเท่านั้น

ผลกระทบจากปัญหา

กระบวนการแก้ไขชิ้นงานท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 มีค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลานาน เนื่องจากไม่สามารถใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ หรือหุ่นยนต์ในการแก้ไขชิ้นงานได้ ต้องแก้ไขโดยการเชื่อมด้วยมือจึงจำเป็นต้องทำโดยพนักงานที่มีความชำนาญงาน โดยส่วนใหญ่เป็นพนักงานประจำที่มีอายุงานหลายปี ทำให้อัตราค่าแรงต่อชั่วโมงการทำงานค่อนข้างสูง ซึ่งจำนวนผลิตภัณฑ์ท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 ที่แก้ไข ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2558 เฉลี่ย 866 ชิ้นต่อเดือน

เนื่องจากการแก้ไขชิ้นงานจำเป็นต้องทำด้วยมือเนื่องจากลักษณะของปัญหา และจุดที่เกิดขึ้น ในแต่ละครั้งแตกต่างกัน ทำให้การแก้ไขชิ้นงานใช้เวลามากถึง 20 นาที ต่อชิ้น โดยบริษัทตัวอย่างมีเวลาทำงานปกติอยู่ที่ 8 ชั่วโมงต่อวัน 08.00-12.00 น. และ 13.00-17.00 น. โดยแบ่งเป็นเวลาช่วงเวลาตรวจสอบเครื่องจักรและวัตถุดิบก่อนเริ่มงาน ในช่วงเวลา 08.00-08.10 น. เวลาพัก 12.00-13.00 น. 10.00-10.10 น. 15.00-15.10 น. เวลาทำความสะอาดและตรวจสอบพื้นที่การผลิตก่อนเลิกงาน เวลา 16.50-17.00 น. ดังนั้น เหลือเวลาที่ใช้ผลิตงานในช่วงเวลาทำงานปกติที่ 7 ชั่วโมง 40 นาที หรือคิดป็น 7.66 ชั่วโมง ต่อวัน

ชั่วโมงการทำงาน ต่อวัน

เวลาทำงานปกติ 08.00-17.00 น.

ตรวจสอบเครื่องจักรและวัตถุดิบก่อนเริ่มงาน 08.00-08.10 น.

เวลาพักช่วงที่ 1 10.00-10.10 น.

พักกลางวัน 12.00-13.00 น.

เวลาพักช่วงที่ 2 15.00-15.10 น.

ทำความสะอาดและตรวจสอบพื้นที่การผลิตก่อนเลิกงาน 16.50-17.00 น.

$$\text{เวลาผลิตงานต่อวัน (ชั่วโมง)} = \frac{\text{เวลาทำงานปกติ-เวลาพักทั้งหมด (นาที)}}{\text{60 (นาที)}}$$

$$= \frac{540\text{-}80 \text{ นาที}}{60}$$

$$= \frac{460 \text{ นาที}}{60}$$

$$= 7.66 \text{ ชั่วโมง}$$

การแก้ไขชิ้นงาน และการผลิตงานทดแทนต้องทำในช่วงล่วงเวลาทำงานปกติซึ่งมีค่าแรงเพิ่มขึ้นเป็น 1.5 เท่าของค่าแรงปกติ จากตารางที่ 3-11 แสดงถึงค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงาน อยู่ที่ชั่วโมงละ 99.69 บาท หรือ คิดเป็น 49.85 บาท ต่อชิ้น ค่าใช้จ่ายรวมตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 คิดเป็น 388,298 บาท เฉลี่ย 43,144 บาทต่อเดือนทำให้บริษัทมีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

ตารางที่ 3-11 ค่าใช้จ่ายสูญเสียจากการแก้ไขชิ้นงาน

รายละเอียด	**2558**									
	ม.ค.	**ก.พ.**	**มี.ค.**	**เม.ย.**	**พ.ค.**	**มิ.ย.**	**ก.ค.**	**ส.ค.**	**ก.ย.**	**ค่าเฉลี่ย**
จำนวนชิ้นงานแก้ไขต่อเดือน (ชิ้น)	795	780	785	900	960	825	990	885	870	866
รวมต้นทุนการแก้ไขชิ้นงานต่อเดือน (บาท)	39,627	38,880	39,129	44,861	47,852	41,123	49,347	44,113	43,366	43,144
ต้นทุนสะสม (บาท)	39,627	78,507	117,636	162,497	210,349	251,472	300,819	344,932	388,298	210,460

การคำนวนค่าใช้จ่ายสูญเสียจากการแก้ไขชิ้นงาน

$$\text{ค่าแรงต่อชั่วโมง} = \frac{\text{เงินเดือน/ 22 วันทำงานต่อเดือน}}{\text{ชั่วโมงทำงานต่อวัน}}$$

$$= \frac{16{,}800/\ 22}{7.66}$$

= 99.69 บาท ต่อชั่วโมง

$$\text{ต้นทุนการแก้ไขชิ้นงานต่อชิ้น} = \frac{\text{ค่าแรงต่อชั่วโมง x เวลาที่ใช้ในการแก้ไขชิ้นงานต่อชิ้น (นาที)}}{60 \text{ (นาที)}}$$

$$= \frac{99.69 \times 20}{60}$$

$$= 33.23 \times 1.5$$

$$= 49.85 \text{ บาทต่อชิ้น}$$

ในแต่ละเดือนใช้เวลาในการแก้ไขชิ้นงานเฉลี่ย289 ชั่วโมง หรือคิดเป็น 37.73 วันต่อเดือน คิดเป็นจำนวนพนักงานเฉลี่ย 1.71 คนต่อเดือน ดังตารางที่ 3-12

ตารางที่ 3-12 จำนวนพนักงานและเวลาที่สูญเสียในการแก้ไขชิ้นงาน

	พ.ศ. 2558									
รายละเอียด	**ม.ค.**	**ก.พ.**	**มี.ค**	**เม.ย.**	**พ.ค**	**มิ.ย.**	**ก.ค.**	**ส.ค.**	**ก.ย.**	**ค่าเฉลี่ย**
จำนวนชิ้นงานแก้ไขต่อเดือน (ชิ้น)	795	780	785	900	960	825	990	885	870	866
เวลาที่ใช้ในการแก้ไขชิ้นงานต่อเดือน (นาที)	15,900	15,600	15,700	18,000	19,200	16,500	19,800	17,700	17,400	17,311
เวลาที่ใช้ในการแก้ไขชิ้นงานต่อเดือน (ชั่วโมง)	265	260	262	300	320	275	330	295	290	289
เวลาที่ใช้ในการแก้ไขชิ้นงานต่อเดือน (วัน)	34.6	33.9	34.2	39.2	41.8	35.9	43.1	38.5	37.9	37.7
จำนวนพนักงานแก้ไขชิ้นงานต่อเดือน (คน)	1.57	1.54	1.55	1.78	1.90	1.63	1.96	1.75	1.72	1.71

การคำนวนเวลาที่ใช้แก้ไขต่อเดือน $= \frac{\text{จำนวนเฉลี่ยชิ้นงานแก้ไขต่อเดือน(ชิ้น) x เวลาที่ใช้ในการแก้ไขต่อชิ้น}}{\text{60 (นาที)}}$

$= \frac{866 \times 20}{60}$

$= 289$ ชั่วโมง

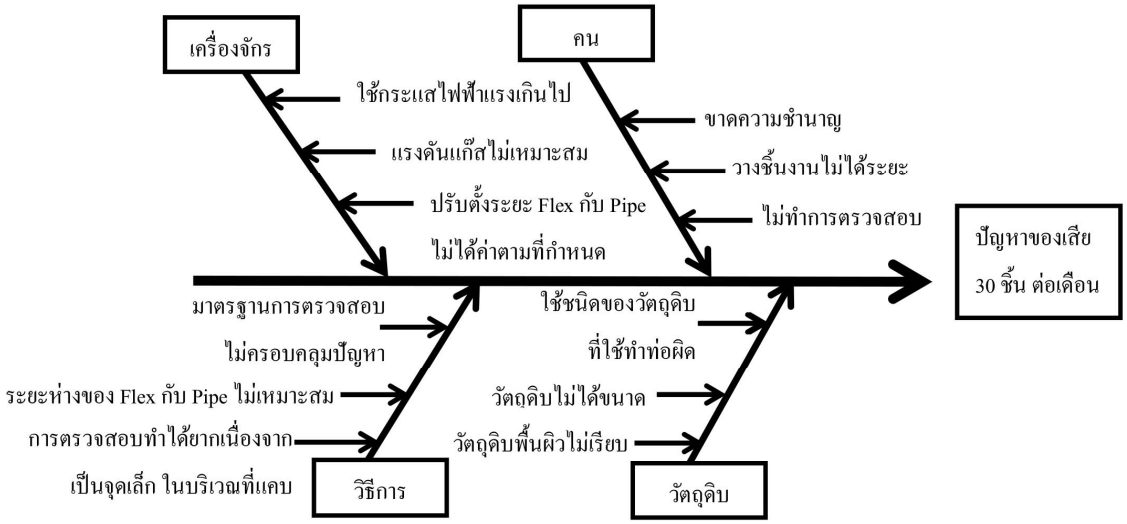
จากตารางสรุปค่าใช้จ่ายทั้งหมด ดังตารางที่ 3-13 เห็นได้ว่าเกิดของเสียในกระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 รวมเป็นค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 655,301 บาท โดยแบ่งเป็น ผลิตภัณฑ์ของเสียที่ต้องทำลาย 249,522 บาท ผลิตภัณฑ์ที่ต้องแก้ไข 388,332 บาท หรือคิดเป็น 70,873 บาทต่อเดือน 850,471 บาทต่อปี เกิดเวลาสูญเสียทั้งสิ้นเฉลี่ย 289 ชั่วโมงต่อเดือน หรือ 3,468 ชั่วโมงต่อปี ใช้พนักงานในการแก้ไขผลิตภัณฑ์ จำนวนเฉลี่ย 1.71 คนต่อเดือน ดังนั้น บริษัทจึงจำเป็นต้องนำปัญหานี้มาวิเคราะห์และทำการแก้ไขเพื่อลดต้นทุนและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของบริษัทต่อไป

ตารางที่ 3-13 ข้อมูลค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558

รายละเอียด	**หน่วย**	**2558**									**รวม**
		ม.ค.	**ก.พ.**	**มี.ค.**	**เม.ย.**	**พ.ค.**	**มิ.ย.**	**ก.ค.**	**ส.ค.**	**ก.ย.**	
ของเสีย	ชิ้น	29	25	27	28	35	30	34	32	33	273
	บาท	26,506	22,850	24,678	25,592	31,990	27,420	31,076	29,248	30,162	249,522
งานแก้ไข	ชิ้น	795	780	785	900	960	825	990	885	870	7,790
	บาท	39,631	38,883	39,132	44,865	47,856	41,126	49,352	44,117	43,370	388,332
รวม	ชิ้น	824	805	812	928	995	855	1,024	917	903	8,063
	บาท	66,137	61,733	63,810	70,457	79,846	68,546	80,428	73,365	73,532	637,854
พนักงานแก้ไขชิ้นงานต่อเดือน	คน	1.57	1.54	1.55	1.78	1.90	1.63	1.96	1.75	1.72	-

วิเคราะห์ปัญหาและกำหนดเป้าหมาย

จากแผนผังพาเรโต ผู้วิจัยและผู้ที่เกี่ยวข้องได้คัดเลือกปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุดลำดับที่ 1 และ 2 คือ รอยเชื่อมทะลุ และรอยเชื่อมไม่เรียบ มาแก้ไข เนื่องจากลักษณะของปัญหาเกิดจากการเชื่อมผลิตภัณฑ์เหมือนกัน โดยแสดงรายละเอียดของปัญหาไว้ด้วยการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิก้างปลาดังภาพที่ 3-12



ภาพที่ 3-12 ผลการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิก้างปลา

สาเหตุของปัญหาต่าง ๆ ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยผังก้างปลาจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และได้นำมาคัดกรองกับทีมงานผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งเพื่อให้สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยแบ่งการคัดกรองปัญหาหลัก 4 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านคน (Man) ปัจจัยด้านเครื่องจักร (Machine) ปัจจัยด้านวิธีการ (Method) และปัจจัยด้านวัตถุดิบ (Material) ดังตารางที่ 3-14 ถึง 3-17

ตารางที่ 3-14 การกรองปัญหาโดยพิจารณาปัจจัยด้านคน (Man)

ปัญหา	มีผล/ไม่มีผล	เหตุผล
พนักงานขาดความชำนาญ	ไม่มีผล	เป็นพนักงานที่ผ่านการประเมินตามมาตรฐานการฝึกอบรมของบริษัท
วางชิ้นงานไม่ได้ระยะ	ไม่มีผล	ตัวจับชิ้นงานที่เป็นเครื่องจักร มีการตรวจสอบตามรอบเวลาที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ
ไม่ทำการตรวจสอบ	ไม่มีผล	ชิ้นงานระบุว่าผ่านขั้นตอนการตรวจสอบทุกชิ้นจากแผ่นตรวจสอบงานประจำวัน

พนักงานที่ปฏิบัติงานผ่านการฝึกอบรม และมีอายุงานมากกว่า 1 ปี ชิ้นงานวางตามตำแหน่งของเครื่องจักรที่ตั้งค่าไว้ และทำการเชื่อมโดยใช้แขนหุ่นยนต์ จากนั้นจึงทำการตรวจวัดค่าที่ท้ายกระบวนการผลิตด้วยอุปกรณ์จับยึดและอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง และบันทึกค่าจากการตรวจสอบชิ้นงานตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน ดังตารางที่ 3-14 จึงเห็นได้ว่าไม่มีปัญหาปัจจัยด้านคน

ตารางที่ 3-15 การกรองปัญหาโดยพิจารณาปัจจัยด้านเครื่องจักร (Machine)

ปัญหา	มีผล/ไม่มีผล	เหตุผล
ใช้กระแสไฟฟ้าแรงเกินไป	ไม่มีผล	มีการตั้งค่ากระแสไฟตามมาตรฐานที่กำหนดและมีการตรวจสอบกระแสไฟฟ้าให้คงที่ตามกำหนดตามรอบเวลาการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ
แรงดันแก๊สไม่เหมาะสม	ไม่มีผล	มีการตั้งค่าแรงดันแก๊สตามมาตรฐานที่กำหนดและมีการตรวจสอบกระแสไฟฟ้าให้คงที่ตามกำหนดตามรอบเวลาการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ
ปรับตั้งระยะ Flex กับ Pipe ไม่ได้ค่าที่กำหนด	ไม่มีผล	มีการตรวจสอบค่าการจับชิ้นงานของเครื่องจักรตามรอบเวลากำหนดเพื่อให้ค่าคงที่อยู่เสมอ

มีการทดสอบกระแสไฟฟ้า และแรงดันแก๊สให้อยู่ในค่ามาตรฐานอยู่เสมอ โดยจะมีการตรวจสอบค่าคงที่มาตรฐานของเครื่องจักร ตามรอบเวลาการตรวจเช็คที่กำหนด (Calibrate)

และมีการปรับตั้งค่าระยะห่าง Flex กับ Pipe ที่เครื่องจักรตามค่าที่กำหนด 7 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 3-15 จึงเห็นได้ว่าไม่มีปัญหาจากปัจจัยด้านเครื่องจักร

ตารางที่ 3-16 การกรองปัญหาโดยพิจารณาปัจจัยด้านวิธีการ (Method)

ปัญหา	มีผล/ไม่มีผล	เหตุผล
มาตรฐานการตรวจสอบไม่ครอบคลุมปัญหา	มีผล	การจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน ไม่มีการระบุให้ตรวจสอบผลกระทบ และระยะห่าง จากจุดเชื่อมต่อเพื่อทวนสอบ
ไม่มีมาตรฐานขั้นตอนในการแก้ไขชิ้นงาน	มีผล	พนักงานแก้ปัญหาโดยไม่ใช้มาตรฐานเดียวกัน
ระยะห่างของ Pipe กับ Flex ไม่เหมาะสม	มีผล	ทำให้งานเชื่อมทะลุ เกิดรูรั่วได้
การตรวจสอบทำได้ยากเนื่องจากเป็นจุดเล็กในบริเวณที่แคบ	ไม่มีผล	เนื่องจากใช้ลมในการตรวจสอบสามารถเข้าถึงได้ทุกจุด

ในการผลิตมีการตั้งระยะห่างระหว่าง Flex กับ Pipe ตามที่กำหนดคือ 7 มิลลิเมตร แต่เมื่อมีปัญหาไม่ได้มีการระบุให้ทบทวนใหม่ ดังตารางที่ 3-16 พบว่า มีปัญหาปัจจัยด้านวิธีการ เนื่องจากพบว่า มาตรฐานการตรวจสอบยังไม่ครอบคลุมปัญหา และพบความผิดปกติของกระบวนการผลิตที่ทำให้งานเชื่อมทะลุ เกิดรูรั่วได้และไม่มีมาตรฐานขั้นตอนในการแก้ไขชิ้นงาน

ตารางที่ 3-17 การกรองปัญหาโดยพิจารณาปัจจัยด้านวัตถุดิบ (Material)

ปัญหา	มีผล/ไม่มีผล	เหตุผล
ใช้ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ทำท่อผิด	ไม่มีผล	ใช้วัตถุดิบเหล็กกล้าไร้สนิม SUS409 ตามมาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากมีการตรวจสอบในขั้นตอนการรับชิ้นงานทุกครั้ง
Flex ไม่ได้ขนาด	ไม่มีผล	มีมาตรฐานการตรวจสอบโดยการสุ่มเช็คในขั้นตอนการรับชิ้นงาน
วัตถุดิบพื้นผิวไม่เรียบ	ไม่มีผล	ยังไม่พบปัญหา

ใช้วัตถุดิบตามมาตรฐานที่กำหนดและอนุมัติจากลูกค้า (เหล็กกล้าไร้สนิม SUS409) มีขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงานก่อนรับเข้าสู่สินค้าคงคลัง โดยอ้างอิงผลการทดสอบจากมาตรฐานการสุ่มวัตถุดิบ และการยอมรับการสุ่มตัวอย่าง จึงเห็นได้ว่าไม่มีปัญหาปัจจัยด้านวัตถุดิบ ดังตารางที่ 3-17

เสนอแนวทางแก้ไขปัญหา

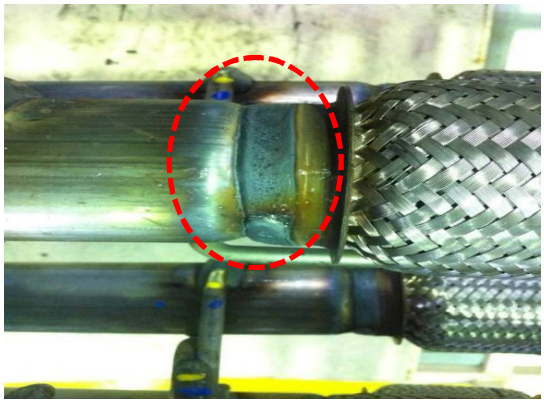
จากตารางที่ 3-14 ถึง 3-17 แสดงให้เห็นถึงปัญหาในด้านต่าง ๆ ที่คาดว่าเป็นสาเหตุ และต้องทำการปรับปรุง โดยสาเหตุหลักพบว่า มาจากระยะห่างของ Flex กับ Pipe ที่ไกล้กันมากเกินไป แต่ไม่มีการตรวจสอบความเหมาะสมของระยะห่างที่แท้จริง ดังนั้น จึงควรปรับปรุง ด้านวิธีการให้มีการระบุให้ทวนสอบค่าต่าง ๆ ในการผลิตโดยกำหนดเป็นรอบระยะเวลาหรือทันทีที่พบปัญหา สรุปดังตารางที่ 3-18

ตารางที่ 3-18 สรุปปัญหา สาเหตุ และแนวทางในการแก้ไขปัญหา ที่ส่งผลต่อของเสียในกระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนหน้า A1

ปัจจัย	ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข	เป้าหมาย	กำหนดการ
					เริ่ม-เสร็จ
วิธีการ	ระยะห่างของท่อ กับ Flex ไม่เหมาะสม	ระยะห่างของ Flex กับ Pipe น้อยเกินไปทำให้เชื่อมทะลุได้ง่ายเนื่องจากหัวเครื่องเชื่อมมีขนาดใหญ่และลวดเชื่อมมีอาจสัมผัสกับขอบโค้ง Pipe ได้ง่าย	ศึกษา ทดสอบ ระยะห่างที่เหมาะสมของ Flex กับ Pipe หรือลดขนาดหัวเครื่องเชื่อม	งานเสียน้อยกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ งานแก้ไขน้อยกว่า 10.0 เปอร์เซ็นต์	ม.ค-ธ.ค. พ.ศ. 2558
	มาตรฐานการตรวจสอบไม่ครอบคลุมปัญหาและขั้นตอนการแก้ไขชิ้นงานไม่ชัดเจน	การจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานไม่มีการระบุให้ตรวจสอบช่องว่างระหว่าง Flex กับ Pipe ว่าเหมาะสมหรือไม่และไม่มีเอกสารขั้นตอนการแก้ไขชิ้นงาน	ทบทวนและปรับปรุง คู่มือการปฏิบัติงาน โดยระบุให้ตรวจสอบระยะห่างของแต่ละชิ้นส่วนที่อยู่ในจุดที่อาจจะส่งผลต่อการผลิตชิ้นงานและจัดทำมาตรฐานการแก้ไขชิ้นงาน		

จากการวิเคราะห์ปัญหา ทำให้ทราบถึงสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการเชื่อมงานทะลุ ซึ่งเป็นสาเหตุของท่อรั่วซึม คือ ระยะห่างของ Flex ถึงขอบโค้งของ Pipe ที่น้อยเกินไป คือ มีระยะ 7 มิลลิเมตร ลวดเชื่อมมีโอกาสที่จะไหลสัมผัสขอบโค้งของ Pipe ในขณะเชื่อมชิ้นงาน ทำให้เกิดรูรั่วได้ดังตารางที่ 3-19

ตารางที่ 3-19 ปัญหางานรั่ว บริเวณรอยเชื่อมระหว่าง Flex กับ Pipe

ปัญหา	ภาพประกอบ
ขอบแนวรอยเชื่อมอยู่บริเวณโค้งของ Pipe ทำให้มีความเสี่ยงเกิดปัญหา Pipe มีรอยรั่ว	
ระยะของ Flex ถึงบริเวณขอบโค้งของ Pipe 7 มิลลิเมตร	

กำหนดวิธีการแก้ไขปัญหา

หลังจากที่ได้ศึกษาสาเหตุของปัญหาท่อรั่วซึม แล้ว ผู้วิจัยจึงได้เลือก 2 แนวทาง ในการ ปรับปรุง คือ

แนวทางที่ 1 เพิ่มความกว้างระยะห่างของ Flex กับ Pipe

วิธีการ

1. ศึกษาข้อกำหนดของชิ้นงานว่าลูกค้ามีการกำหนดระยะห่างของ Flex กับ Pipe หรือไม่
2. ศึกษาข้อกำหนดของชิ้นงานว่าลูกค้ามี การกำหนดความยาวโดยรวมของ Pipe หรือไม่ เท่าไหร่
3. หาระยะห่าง ของ Flex กับ Pipe ที่เหมาะสม
4. หาความยาวรวมที่เหมาะสมของ Pipe
5. ทำการทดลอง
6. ทดสอบกระบวนการผลิต
7. อบรมพนักงาน

ค่าใช้จ่าย

ไม่มี เนื่องจากให้วิศวกรของบริษัทเขียนโปรแกรมการตัด และโปรแกรมดัด และทดลองที่ระยะความยาวใหม่

แนวทางที่ 2 ศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อม เช่น ค่ากระแสไฟ แรงดันไฟฟ้า อัตราการไหลของแก๊สคลุมแนวเชื่อม ความเร็วของการหมุนชิ้นงานเพื่อเชื่อม เป็นต้น เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

วิธีการ

1. ศึกษากระบวนการ และผลกระทบ
2. ศึกษาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องและเก็บรวบรวมข้อมูล
3. วิเคราะห์ปัญหาเพื่อปรับพารามิเตอร์ และทดลองผลิต
4. ตรวจสอบผลการผลิต
5. อบรมพนักงาน

ค่าใช้จ่าย

ไม่มี เนื่องจากให้วิศวกรของบริษัทเป็นผู้ปรับค่า ตามผลการวิเคราะห์ แต่อาจส่งผลให้เกิดของเสียระหว่างกระบวนการทดลองผลิต

ประโยชน์ที่จะได้รับ จากทั้ง 2 แนวทาง

1. ชิ้นงานเสียลดลง
2. ชิ้นงานแก้ไขลดลง
3. ลดเวลาการแก้ไขชิ้นงาน
4. เพิ่มผลผลิตต่อชั่วโมง ของกระบวนการประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนหน้า A1

จากข้อมูล คาดได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายได้ ทั้ง 2 แนวทาง ผู้วิจัยและทีมงานเลือกศึกา และทดลองตามแนวทางที่ 1 ก่อน เนื่องจากมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้อยกว่าแนวทางที่ 2 ทำให้สามารถดำเนินการทดลองได้ก่อนและใช้เวลาน้อยกว่า

การตั้งเป้าหมายการลดของเสีย และการแก้ไขชิ้นงาน ในกระบวนการ เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายของบริษัท จึงมีการกำหนดเป้าหมาย ดังนี้

1. ลดของเสียในกระบวนการ ให้น้อยกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์
2. ลดปริมาณการแก้ไขผลิตภัณฑ์ ให้น้อยกว่า 10.0 เปอร์เซ็นต์

จากข้อสรุปสาเหตุของปัญหาและแนวทางแก้ไขที่ได้ ผู้วิจัยและส่วนงานที่เกี่ยวข้องจึงร่วมกันดำเนินการปรับปรุงโดยการทวนสอบจุดที่คาดว่าเป็นสาเหตุ นำมาวิเคราะห์ และทดลองเพื่อนำไปสู่การผลิตที่ไม่เกิดของเสีย และกำหนดเป็นมาตรฐานการผลิตใหม่

ดำเนินการปรับปรุงเพื่อแก้ไขจากสาเหตุ

นำค่าระยะห่างของ Flex กับขอบโค้ง Pipe ในปัจจุบัน มาทำการทวนสอบ เพื่อหาระยะห่างที่เหมาะสม หรือปรับปรุงการผลิตให้สอดคล้อง แล้วจึงทำการแก้ไขโดยยังคงเป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า

ประเมินผลหลังการปรับปรุง

ประเมินผลโดยเปรียบเทียบปริมาณของเสียและมูลค่าของต้นทุนที่เกิดขึ้น โดยสภาพปัจจุบัน คิดจากยอดผลิตเฉลี่ยต่อเดือนของกระบวนการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 เปรียบเทียบกับเป้าหมายที่บริษัทกำหนด คือ ปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตต้องน้อยกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน การแก้ไขชิ้นงานต้องน้อยกว่า 10.0 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน เป้าหมายต้นทุนของเสียและงานแก้ไขต้องน้อยกว่า 19,881 บาทต่อเดือน หรือ 238,567 บาทต่อปี ดังตารางที่ 3-20 และลดเวลาการแก้ไขชิ้นงานลง จาก 1.79 คนต่อเดือน ลดลงเหลือ 1 คนต่อเดือน

ตารางที่ 3-20 เป้าหมายการลดของเสียและชิ้นงานแก้ไข (บาท)

รายละเอียด	เป้าหมายต่อเดือน (บาท)	
	ต้นทุนของเสียและงานแก้ไขก่อนปรับปรุงเฉลี่ยตั้งแต่เดือนมกราคมถึงกันยายน พ.ศ. 2558	เป้าหมายของเสียและงานแก้ไขต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ
ของเสียน้อยกว่า 0.20 เปอร์เซ็นต์	27,715	8,660
งานแก้ไขน้อยกว่า 10.0 เปอร์เซ็นต์	45,087	25,048
รวม	72,811	33,708

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบันพบว่าปัญหาหลัก การเกิดของเสีย คือ งานเชื่อมทะลุและรอยเชื่อมไม่เรียบ ส่งผลให้บริษัทมีต้นทุนของเสียและการแก้ไขชิ้นงานเฉลี่ยเดือนละ 72,811 บาท จากแผนภูมิก้างปลาวิเคราะห์ได้ว่าอาจเกิดจาก ระยะห่างของขอบ Flex ถึงบริเวณขอบโค้ง Pipe ที่น้อยเกินไปทำให้เกิดความเสี่ยงเป็นรอยรั่วระหว่างการเชื่อมชิ้นงาน ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข คือ การเพิ่มความกว้างระยะห่างของ Flex กับขอบโค้ง Pipe เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดรอยรั่วจากการเชื่อมงานระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งรายละเอียด จะอธิบายในบทที่ 4 และ 5

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในบริษัทตัวอย่างพบว่าจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุด ทำให้สูญเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตและค่าใช้จ่ายในการแก้ไขชิ้นงาน คือ ปัญหาจากการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนหน้า A1 ซึ่งเกิดจาก งานรั่ว งานเป็นตามด และรอยเชื่อมไม่เรียบ เนื่องจากเป็นปัญหาที่เกิดจากสาเหตุที่คล้ายกัน ถ้าทำการแก้ปัญหานี้ได้จริงก็จะสามารถลดของเสียได้ โดยใช้หลักการพิจารณาจากปัจจัยหลัก 4 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านคน (Man) ปัจจัยด้านเครื่องจักร (Machine) ปัจจัยด้านวัตถุดิบ (Material) ปัจจัยด้านวิธีการ (Method) จากการวิเคราะห์ปัญหา จุดที่เกิดปัญหา คือ Flex และ Pipe ที่มีระยะห่างน้อยเกินไป ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากปัจจัยด้านวิธีการ (Method) ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ตารางที่ 3-17

สรุปปัญหาด้านวิธีการ (Method)

1. ระยะห่างระหว่าง Flex กับ Pipe มีระยะห่างน้อยเกินไป ทำให้เกิดปัญหารอยรั่ว ที่ขอบโค้ง Pipe
2. ไม่มีการกำหนดให้ทบทวนผลกระทบที่เกิดจากจุดรอยเชื่อม
3. ไม่มีการกำหนดวิธีการแก้ไขชิ้นงานตามลักษณะของเสียในแต่ละประเภท

วิธีการแก้ปัญหาและสรุปผล

การปรับปรุงเพื่อลดของเสียและงานแก้ไขในกระบวนการ

จากการวิเคราะห์ปัญหา สรุปได้ว่าจำนวนของเสียและการแก้ไขชิ้นงานเกิดจากการเชื่อมทะลุเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุด ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ท่อมีรอยรั่วซึม ดังนั้น ผู้วิจัยและทีมงานบุคลากรที่เกี่ยวข้องจึงช่วยกันทำการวิเคราะห์และแก้ไขปรับปรุงโดยการทดลองตามแนวทางที่ 1 คือ เพิ่มระยะห่างของ Flex กับ Pipe เนื่องจากขอบแนวรอยเชื่อมอยู่บริเวณโค้งของ Pipe ทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดรอยรั่วได้โดยระยะห่างเดิมของ Flex กับ Pipe เท่ากับ 7 มิลลิเมตร ทำให้ลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมอาจไหลไปถึงขอบโค้ง Pipe และหัวเชื่อมที่มีขนาด 5มิลลิเมตร มีโอกาสเสี่ยงที่จะสัมผัสกับชิ้นงานช่วงขอบโค้งของ Pipe ทำให้เกิดปัญหารอยรั่วได้ ดังภาพที่ 4-1

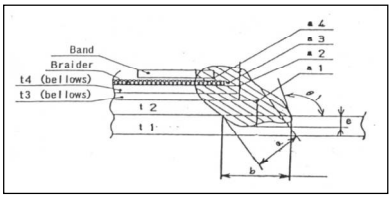
ภาพที่ 4-1 ระยะห่างของ Flex กับ Pipe ก่อนการปรับปรุง (7 มิลลิเมตร)

การผลิตชิ้นงานที่ระยะห่างของ Flex กับ Pipe เท่ากับ 7 มิลลิเมตร จากการตรวจสอบด้วยการตัดชิ้นงานให้ผลอยู่ในค่ามาตรฐานการผลิตปกติ ดังภาพที่ 4-2 แต่พบว่า ยังคงเกิดปัญหาของเสีย และมีการแก้ไขชิ้นงานอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น จึงต้องทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดสัดส่วนของเสียและชิ้นงานแก้ไขไม่ให้เกินเป้าหมายที่กำหนด

WELD FLEX TO PIPE

TYPE - MULTIPLE LAP JOINT: FLEXIBLE PIPE

(Reference Standard: ITD-052-001A ,ISUZU DESIGN MANUAL)



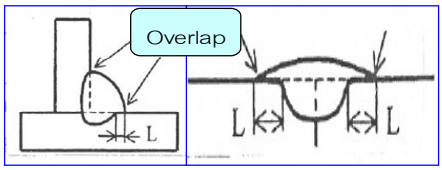
T	= Thickness of thinner plate	1.2
b	= Length of side wall penetration	≥ 0.8 x T (T_1 or T_2)
e	= Depth of side wall penetration	≥ 0.2 x T
a	= Weld Thickness	≥ 0.7 x T

Points a1, a2, a3 and a4 shall be penetrated securely

X = Width of the weld gap (max. gap) ≤ 1.5 mm

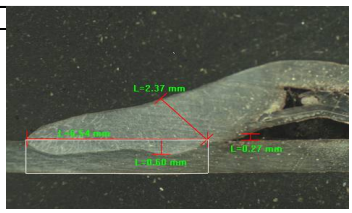
	Underfill	Depth ≤ 0.2x t1 Length ≤ 100 mm.
	Undercut	Depth ≤ 0.5 mm. Length ≤ 100 mm.
①	ab at root of joints	Not Allowed (ห้ามมี)
②	Overlap	Not Allowed (ห้ามมี)
③	Crack	Not Allowed (ห้ามมี)
④	Blowhole	Not Allowed (ห้ามมี)

POINT: 3

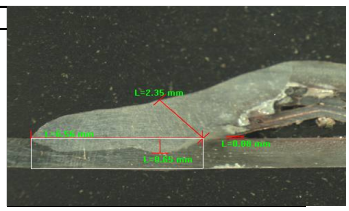


T = 1.2 **t1= 1.2** **t2= 1.0**

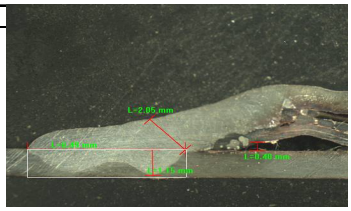
POINT: 3.1



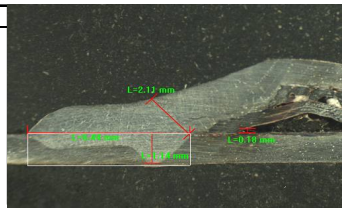
POINT: 3.2



POINT: 3.3



POINT: 3.4



Item	Standard		Result 3.1	Judge	3.2	Judge	3.3	Judge	3.4	Judge	Total Judgement
a	≥	0.84	2.37	O	2.35	O	2.05	O	2.11	O	O
b	≥	0.96	6.54	O	6.56	O	6.49	O	6.44	O	
e	≥	0.20	0.60	O	0.65	O	1.15	O	1.14	O	
x	≤	1.50	0.27	O	0.08	O	0.40	O	0.18	O	
SAG	≤	1.20	0.00	O	0.00	O	0.00	O	0.00	O	
Underfill	≤	Depth 0.24 mm.	0.00	O	0.00	O	0.00	O	0.00	O	
	≤	Length 100 mm.	0.00	O	0.00	O	0.00	O	0.00	O	
Undercut	≤	Depth 0.50 mm.	0.00	O	0.00	O	0.00	O	0.00	O	
	≤	Length 100 mm	0.00	O	0.00	O	0.00	O	0.00	O	

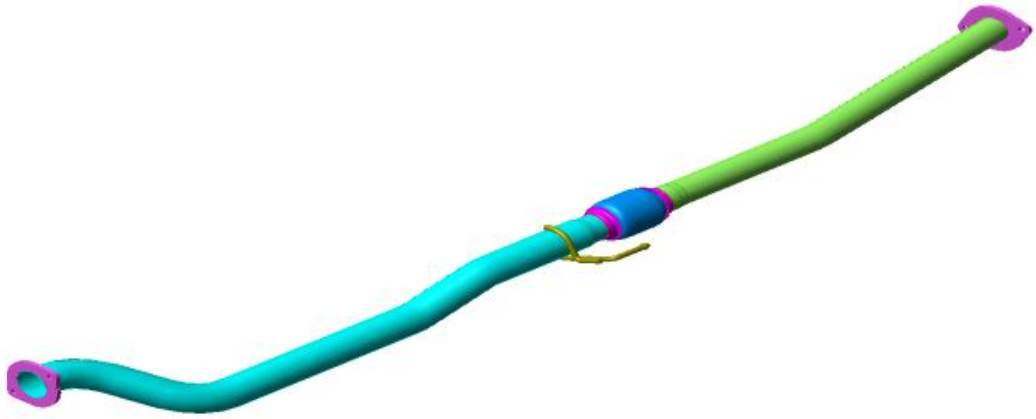
Defects on Suface:	Item No.	1	2	3	4
	Found	O	O	O	O
	Not found				

* mean Internal control, it is not mensioned in standard

ภาพที่ 4-2 ผลการตัด (Cut check) จุดที่ 3 จุดเชื่อมระหว่าง Flex กับ Pipe ก่อนการปรับปรุง (7 มิลลิเมตร)

เมื่อทราบสาเหตุของปัญหาแล้วว่าเกิดจากระยะห่างของ Flex กับ Pipe ที่มีระยะห่างน้อยเกินไป ผู้ดำเนินงานวิจัย และทีมงาน จึงศึกษาข้อกำหนดของลูกค้าว่าสามารถเพิ่มระยะห่างนี้ได้หรือไม่ ซึ่งข้อกำหนดของลูกค้า กำหนดเพียงระยะความยาวรวมของชิ้นงานสำเร็จรูปต้องเท่ากับ 1,890 มิลลิเมตร เท่านั้น ดังนั้น จึงหาข้อมูลของความยาว Pipe ช่วงที่ต้องใส่เข้าไปใน Flex ซึ่งระบุค่าระหว่าง 25-30 มิลลิเมตร ดังนั้น จึงทำการทดลองปรับลดความยาวรวมของ Pipe ลดลง 4 มิลลิเมตร โดยการแก้ไขกระบวนการตัดท่อ และแก้ไขโปรแกรมตัดท่อ ดังนั้น ระยะของ Pipe ที่เข้าไปใน Flex จาก 30 มิลลิเมตร ปรับลดลงเหลือ 26 มิลลิเมตร ทำให้สามารถเพิ่มระยะห่างของ Flex กับ Pipe จาก 7 มิลลิเมตร เพิ่มเป็น 11 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นระยะห่างที่จะสามารถเพิ่มได้มากที่สุด ดังภาพที่ 4-3 โดยลดความยาวรวมของ Pipe ที่ จากเดิม 1,250 มิลลิเมตร เหลือ 1,246 มิลลิเมตร มีระยะค่าคลาดเคลื่อนของ Pipe ในช่วงเข้า Flex เท่ากับ 1 มิลลิเมตร และคงขนาดช่วงลดขนาดเข้า Flex และความยาวรวมของชิ้นงานสำเร็จรูปไว้1,890 มิลลิเมตร เท่าเดิม ดังภาพที่ 4-4

ภาพที่ 4-3 ระยะห่างของ Flex กับ Pipe หลังการปรับปรุง (11 มิลลิเมตร)

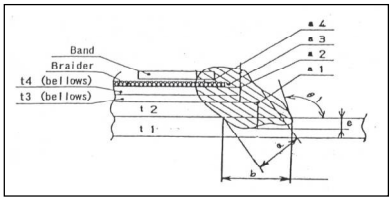
PHOTO OR DRAWING				
				
INFORMATION				
DIMENSIONS (MM.)	L	W	H	WEIGHT (KG)
FRONT LINE A1 P/ N A00001	1,890	166	223	4.6

ภาพที่ 4-4 ขนาด และน้ำหนักของชิ้นงานสำเร็จรูปท่อไอเสียส่วนด้านหน้าA1

หลังจากนั้น เมื่อนำชิ้นงานทดลองมาตรวจสอบจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงคือ การเพิ่มระยะความกว้างของ Pipe กับ Flex โดยระบุเป็นจุดตรวจสอบที่ 3 ของวิธีการตัดชิ้นงานเพื่อตรวจสอบโครงสร้าง (Cut check) ผลที่ได้รับ ค่าซึมลึกของรอยเชื่อมอยู่ในเกณฑ์ปกติ ไม่พบความผิดปกติใด จากการเปลี่ยนแปลงระยะความกว้างของ Flex กับ Pipe ดังภาพที่ 4-5 จึงมีการดำเนินการผลิตตามระยะความกว้างของ Flex กับ Pipe ที่ 11 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 30 ชิ้น เพื่อทำการเก็บผลของเสียว่าเกิดขึ้นลดลงหรือไม่ เมื่อไม่พบของเสียจึงทดลองทำการผลิตต่อเนื่อง 400 ชิ้น โดยทำการตรวจสอบชิ้นงานทุกชิ้นตามขั้นตอนปกติ ดังตารางที่ 4-1

WELD FLEX TO PIPE

TYPE - MULTIPLE LAP JOINT: FLEXIBLE PIPE



(Reference Standard: ITD-052-001A ,ISUZU DESIGN MANUAL)

T = Thickness of thinner plate 1.2

b = Length of side wall penetration ≥ 0.8 x T (T_1 or T_2)

e = Depth of side wall penetration ≥ 0.2 x T

a = Weld Thickness ≥ 0.7 x T

Points a1, a2, a3 and a4 shall be penetrated securely

X = Width of the weld gap (max. gap) ≤ 1.5 mm

Underfill Depth ≤ 0.2x t1 Length ≤ 100 mm.

Undercut Depth ≤ 0.5 mm. Length ≤ 100 mm.

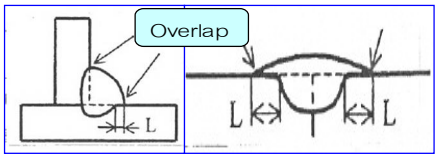
① b at root of joints Not Allowed (ห้ามมี)

② Overlap Not Allowed (ห้ามมี)

③ Crack Not Allowed (ห้ามมี)

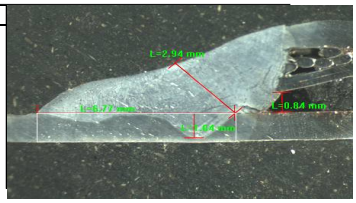
④ Blowhole Not Allowed (ห้ามมี)

POINT: 3

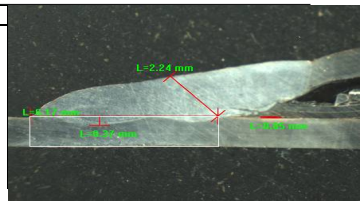


T = 1.2 **t1= 1.2** **t2= 1.0**

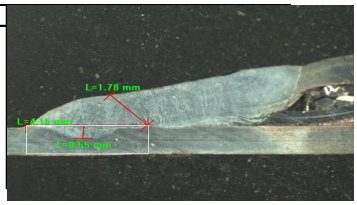
POINT: 3.1



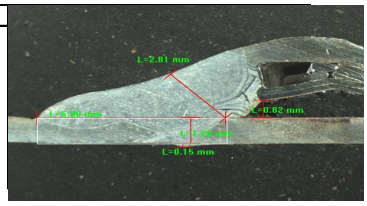
POINT: 3.2



POINT: 3.3



POINT: 3.4



Item	Standard			Result 3.1	Judge	3.2	Judge	3.3	Judge	3.4	Judge	Total Judgement
a	≥	0.84		2.94	O	2.24	O	1.78	O	2.81	O	O
b	≥	0.96		6.77	O	6.17	O	4.16	O	5.80	O	
e	≥	0.20		1.04	O	0.37	O	0.55	O	1.20	O	
x	≤	1.50		0.84	O	0.05	O	0.00	O	0.82	O	
SAG	≤	1.20		0.00	O	0.00	O	0.00	O	0.15	O	
Underfill	≤	Depth	0.24 mm.	0.00	O	0.00	O	0.00	O	0.00	O	
	≤	Length	100 mm.	0.00	O	0.00	O	0.00	O	0.00	O	
Undercut	≤	Depth	0.50 mm.	0.00	O	0.00	O	0.00	O	0.00	O	
	≤	Length	100 mm	0.00	O	0.00	O	0.00	O	0.00	O	

Defects on Suface:	Item No.	1	2	3	4
	Found	O	O	O	O
	Not found				

* mean Internal control, it is not mensioned in standard

ภาพที่ 4-5 ผลการตัด (Cut check) จุดที่ 3 จุดเชื่อมระหว่าง Flex กับ Pipe หลังการปรับปรุง (11 มิลลิเมตร)

ตารางที่ 4-1 ข้อมูลการผลิตและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนหน้า A1 ด้วยการใช้ระยะห่าง Flex กับ Pipe ที่ 11 มิลลิเมตร และความยาว Pipe เท่ากับ 1,246 มิลลิเมตร

การผลิต	จำนวนชิ้นงานที่ผลิต	จำนวนชิ้นงานที่พบปัญหา (ชิ้น)						เปอร์เซ็นต์
		เชื่อมทะลุ	รอยเชื่อมไม่เรียบ	ชิ้นงานเบียดอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง	ชิ้นงานเป็นจุดตามด	อื่น ๆ	รวม	
ทดลอง	1-30						0	
ผลิตวันที่ 1	31-100						0	
ผลิตวันที่ 1	101-200				1		0	0.25
ผลิตวันที่ 2	201-300						0	
ผลิตวันที่ 2	301-400						0	
รวม	400						1	

จากผลิตต่อเนื่อง 400 ชิ้น พบชิ้นงานเป็นตามดจำนวน1 ชิ้น ดังนั้น จะเห็นได้ว่า ปัญหามีแนวโน้มที่ลดลง จึงมีการกำหนดให้ผลิตด้วย Pipe ความยาวใหม่ 1,246 มิลลิเมตร ระยะห่าง Flex กับ Pipe เท่ากับ 11 มิลลิเมตร และระยะ Pipe เข้า Flex เท่ากับ 26 มิลลิเมตร โดยมีการเก็บข้อมูลของเสียและงานแก้ไขเพื่อนำมาวัดผล

เมื่อผลการดำเนินงานในแบบที่ 1 สามารถลดปัญหาของเสียและการแก้ไขชิ้นงานได้ โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม และยังสามารถช่วยลดต้นทุนจากการลดความยาว Pipe ได้ชิ้นละ 4 มิลลิเมตร อีกด้วย ผู้ดำเนินงานวิจัยจึงไม่ทำการทดลองในแบบที่ 2 เนื่องจาก มีค่าใช้จ่ายในการแก้ไขสูง และต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานหลายขั้นตอน คือ การปรับการเชื่อมจุดที่ 3 ให้ Pipe อยู่ในแนวตั้ง แทนแนวนอน โดยให้ Flex อยู่ด้านล่างของ Pipe เพื่อให้หัวเชื่อมทำงานได้สะดวกขึ้นและลวดเชื่อมไหลลงร่องขอบ Pipe ทำให้ไม่สามารถไหลไปโดนขอบโค้งของ Pipe จนเกิดรอยรั่วได้

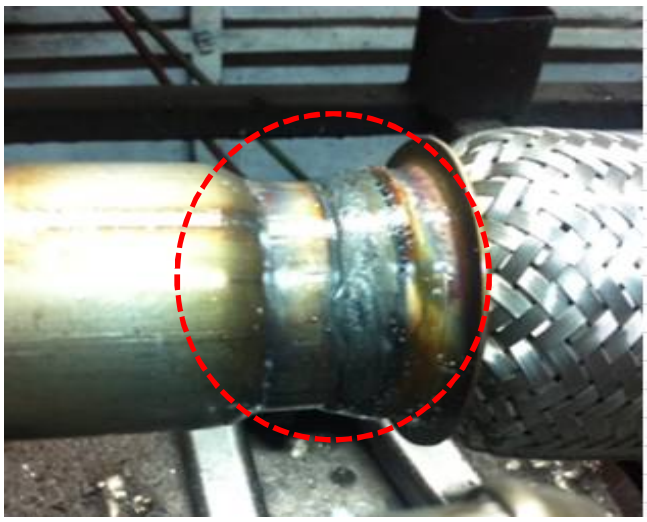
จากการเพิ่มระยะห่างของ Flex กับ Pipe นั้น นอกจากทำให้งานเชื่อมทะลุลดลง แล้วยังช่วยลดปัญหารอยเชื่อมไม่เรียบ ปัญหางานเป็นสะเก็ด รวมถึงลดจำนวนปัญหางานเป็นตามดได้

เนื่องจาก เมื่อระยะห่างระหว่าง Flex กับ Pipe กว้างขึ้น ทำให้หัวเชื่อมสามารถทำงานได้สะดวก ไม่สัมผัสกับขอบโค้งซึ่งทำให้เกิดปัญหางานมีรอยรั่วทะลุ และทำให้การหมุนของท่อเพื่อให้เชื่อมตามแนวไม่สะดุด เนื่องจากระยะห่างน้อยและอยู่ติดกับ วัตถุดิบส่วนอื่น (Flange) ดังภาพที่ 4-6 และ 4-7

ภาพที่ 4-6 แนวเชื่อมก่อนการปรับปรุง

ภาพที่ 4-7 แนวเชื่อมหลังการปรับปรุง

ปัญหาชิ้นงานเป็นสะเก็ดเชื่อม (Spatter) เกิดจากการกระเด็นของลวดเชื่อมระหว่างการเชื่อมเนื่องจากพื้นที่ระยะห่างของจุดเชื่อมน้อย ทำให้เกิดสะเก็ดเชื่อมกระเด็นออกมาติดตามผิวของชิ้นงาน ดังภาพที่ 4-8



ภาพที่ 4-8 ปัญหาชิ้นงานเป็นสะเก็ดเชื่อม (Spatter) ก่อนปรับปรุง

หลังจากการปรับปรุงโดยการปรับเพิ่มระยะห่างของบริเวณจุดเชื่อมของ Flex กับ Pipe ทำให้หัวเชื่อมไม่สัมผัสโดนขอบโค้งของท่อ จึงสามารถลดสะเก็ดเชื่อมที่กระเด็นออกมาระหว่างการเชื่อมได้ ดังภาพที่ 4-9

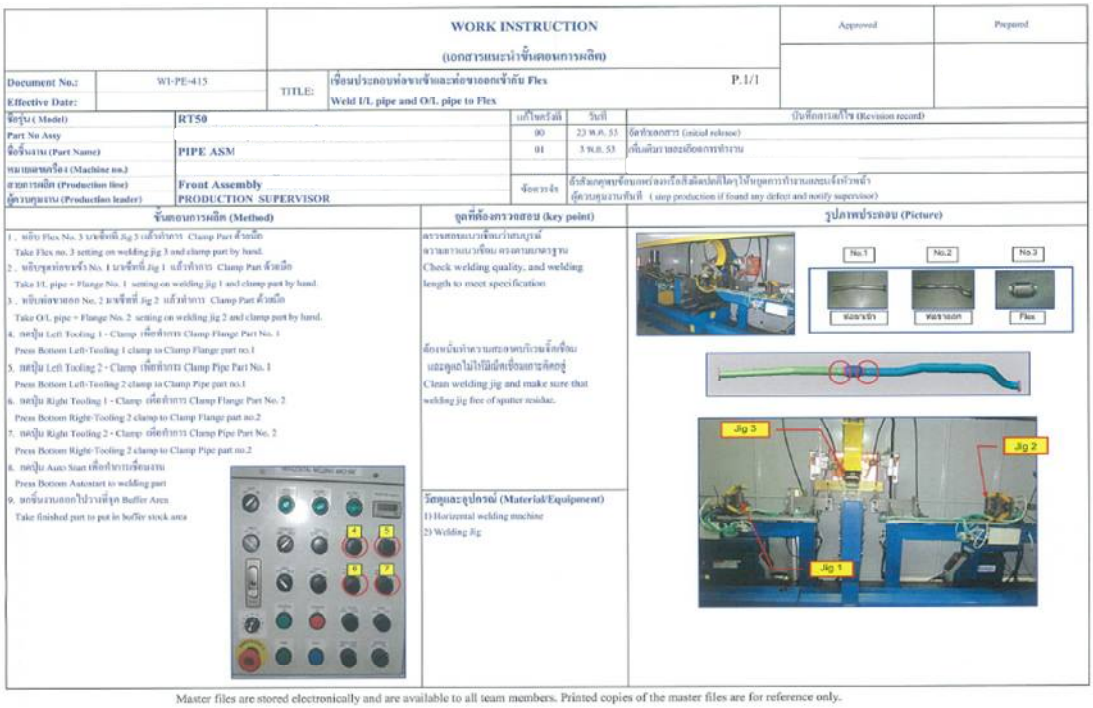
ภาพที่ 4-9 ปัญหาชิ้นงานเป็นสะเก็ดเชื่อม (Spatter) หลังปรับปรุง

ปัญหาที่เกิดจากตามด ยังคงเกิดขึ้น ดังภาพที่ 4-10 เนื่องจากปัญหานี้สามารถเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย จึงต้องทำการศึกษาหาขอมูลเพิ่มเติม และใช้หลักการของ Design of experiment (DOE) ช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้ตรงจุด ดังนั้น หากเกิดปัญหาตามด จึงยังคงต้องทำการแก้ไขด้วยวิธีการซ่อมหรือแก้ไขชิ้นงาน

ภาพที่ 4-10 ชิ้นงานปัญหาตามด

ทำการแก้ไขปรับปรุงขั้นตอนจุดตรวจสอบ

โดยการเพิ่มในเอกสารแนะนำขั้นตอนการผลิต กำหนดให้เพิ่มจุดการตรวจสอบผลกระทบที่เกิดจากจุดเชื่อม หรือระยะของจุดเชื่อม เพื่อระบุ และทบทวน กรณีที่พบปัญหา ดังภาพที่ 4-11 เอกสารแนะนำขั้นตอนการผลิตก่อนปรับปรุง และภาพที่ 4-12 เอกสารแนะนำขั้นตอนการผลิตหลังการปรับปรุง



Master files are stored electronically and are available to all team members. Printed copies of the master files are for reference only.

ภาพที่ 4-11 เอกสารแนะนำขั้นตอนการผลิตก่อนปรับปรุง

Master files are stored electronically and are available to all team members. Printed copies of the master files are for reference only.

ภาพที่ 4-12 เอกสารแนะนำขั้นตอนการผลิตหลังการปรับปรุง

ทำการเพิ่มมาตรฐานการตรวจสอบในการแก้ไขเอกสาร ครั้งที่ 2 เรื่อง เพิ่มเติมจุดตรวจสอบ โดยเพิ่มการตรวจสอบเรื่อง ผลกระทบจาก ระยะห่างของจุดเชื่อม เพื่อให้มีการทวนสอบกรณีที่เกิดปัญหา

กำหนดวิธีการแก้ไขชิ้นงานตามลักษณะของเสียในแต่ละประเภท

ปัญหาเกิดได้จากหลายสาเหตุ โดยส่วนใหญ่จะเกิดที่บริเวณแนวเชื่อม หรือเกิดจากผลกระทบจากการเชื่อม ดังนั้น เพื่อเพิ่มมาตรฐานการซ่อมหรือแก้ไขชิ้นงานให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อลดจำนวนของเสียที่เกิดจากการแก้ไขชิ้นงานไม่ถูกวิธี ผู้ดำเนินการวิจัยและบุคลากรฝ่ายผลิตจึงเพิ่มรายละเอียดขั้นตอนการซ่อมหรือแก้ไขงานที่เกิดจากแนวเชื่อม ขั้นตอนที่สำคัญในการแก้ไขชิ้นงาน คือ การเตรียมผิวชิ้นงานโดยการเจียรเฉพาะจุดที่จะทำการซ่อม และต้องทำความสะอาดหน้าผิวก่อนทุกครั้ง และฉีดน้ำยาป้องกันเม็ดเชื่อม เพื่อไม่ให้เกิดก้อนสะเก็ดที่เกิดจากการเชื่อมแก้ไขชิ้นงาน โดยก่อนทำการแก้ไขต้องตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ให้ตรงตามมาตรฐานก่อนทุกครั้ง หลังจากแก้ไขชิ้นงานเรียบร้อยแล้วต้องมีการตรวจสอบแนวเชื่อมตามข้อกำหนดลักษณะงานเชื่อม ว่าผ่านตามมาตรฐานหรือไม่ ก่อนส่งไปยังกระบวนการถัดไป หากไม่ผ่านตามมาตรฐานให้นำชิ้นงานลงกล่องแดงเพื่อรอทำลาย รายละเอียดตาม ภาพที่ 4-13 และ 4-14 เอกสารแนะนำขั้นตอนการซ่อมงาน

	REWORK INSTRUCTION (เอกสารแนะนำขั้นตอนการซ่อมงาน)			Approved	Checked	Issued
Document No.:	WI-PE-024	ชื่อกระบวนการ: ขั้นตอนการซ่อมหรือแก้ไขงาน	Page 1/3			
Effective Date:	5-Oct-15	TITLE : Rework or Repair				

แก้ไขครั้งที่	วันที่	บันทึกการแก้ไข	แก้ไขครั้งที่	วันที่	บันทึกการแก้ไข
03	12-Jun-07	กำหนดการซ่อมแซมผลิต REWORK INSTRUCTION			
04	24-Jul-12	แก้ไขจุดการตรวจสอบแนวเชื่อมให้อ้างอิงเอกสาร TAE-13005	ข้อควรจำ		*** ถ้าเกิดสภาพผิดปกติของเครื่องจักรให้หยุดการทำงานและแจ้งหัวหน้างานทันที
05	1-Dec-15	เพิ่มรายละเอียดขั้นตอนการซ่อมหรือแก้ไขงาน	Notice.		***In abnormal case must stop the machine,activities and alert problem to supervisor immediately.

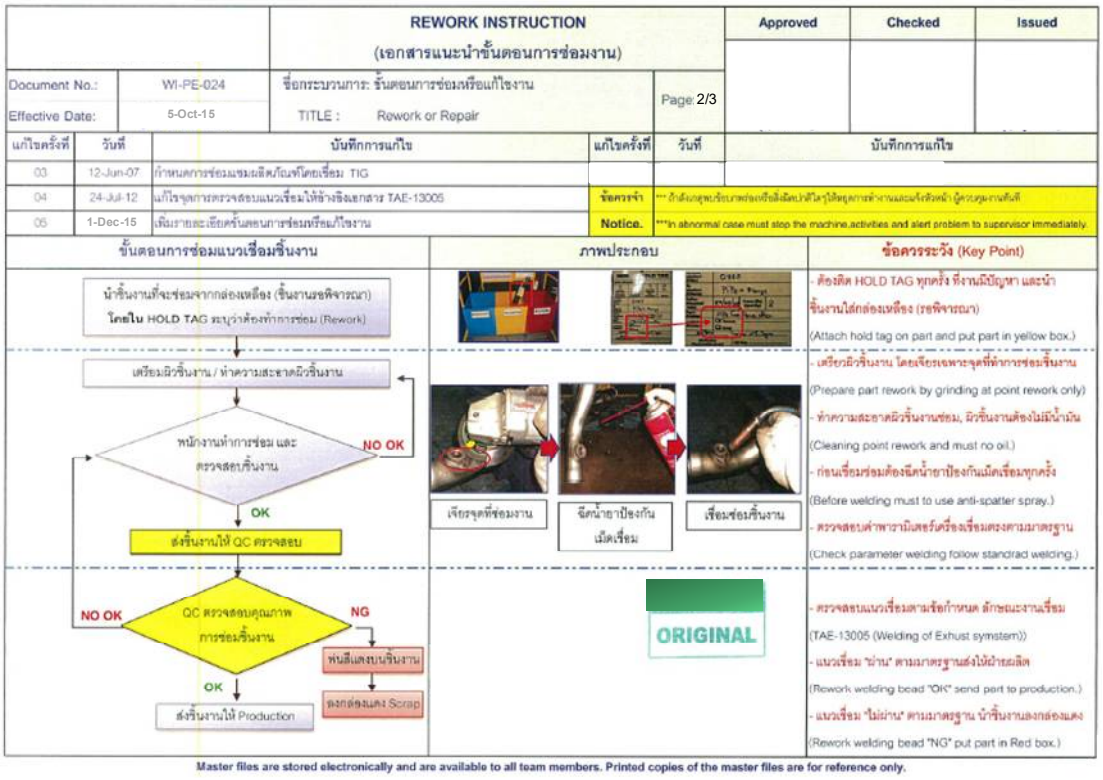
หัวข้อ	ลักษณะปัญหางาน	การซ่อมแซม (โดยฝ่ายผลิต)	การตรวจสอบ	ผู้ตรวจสอบ
1	เชื่อมแล้วรั่ว	เชื่อมซ่อมด้วย MIG หรือ TIG	ทดสอบการรั่วตามข้อกำหนดที่ระบุใน Measurement Standard	พนักงานฝ่ายผลิต
2	แนวเชื่อมไม่สมบูรณ์: ฟองอากาศ, กัดแหว่ง, ซึมลึกเกิน	เชื่อมซ่อมด้วย MIG และต้องใช้การ์ดป้องกันเม็ดเชื่อมก่อนซ่อมทุกครั้ง	ตรวจสอบแนวเชื่อมตามข้อกำหนดที่ระบุใน WS และใน TAE-13005(Welding of Exhust symstem)	พนักงานฝ่ายผลิต
3	เชื่อมไม่ครบรอบ เชื่อมไม่ตรง	เชื่อมซ่อมด้วย MIG และต้องใช้การ์ดป้องกันเม็ดเชื่อมก่อนซ่อมทุกครั้ง	ทดสอบการรั่วตามข้อกำหนดที่ระบุใน Measurement Standard	พนักงานฝ่ายผลิต
4	เชื่อมทะลุ, ตามด	เจียรงานที่ทะลุออกแล้วเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ โดยตรวจสอบภายในชิ้นงานก่อนว่าต้องไม่มีลวดเชื่อมหรือเม็ดเชื่อมอยู่ด้านใน และหลังจากเชื่อมซ่อมต้องมีการเขย่าเม็ด	ทดสอบการรั่วตามข้อกำหนดที่ระบุใน Measurement Standard	พนักงานฝ่ายผลิต
5	สตัด (Stud) หลุดหรือเคลื่อนตัวจากหน้าแปลน	เปลี่ยนสตัด (Stud) ตัวใหม่และเชื่อมหัวสตัดเข้ากับหน้าแปลนโดยเชื่อมแค้ม 2 จุด การเชื่อมซ่อมหน้าแปลนต้องใส่การ์ดป้องกันเม็ดเชื่อมด้วยทุกครั้งก่อนซ่อม	ตรวจสอบบน C/F	Supervisor ฝ่ายผลิต
6	ตำแหน่ง Hanger ไม่ลง C/F	Supervisor พิจารณาว่าสามารถใช้ค้อนไม้เคาะได้หรือไม่ ตำแหน่ง Hanger ต้องไม่ออกจาก C/F เกิน 4 มม. จึงจะสามารถซ่อมได้	ตรวจสอบบน C/F	Supervisor ฝ่ายผลิต
7	การ Rework เม็ด Spatter	ใช้สกัดเคาะเม็ด Spatter ออก	ตรวจสอบรอยสกัดเม็ด Spatter ต้องไม่เป็นรอยลึกที่ผิวชิ้นงาน	พนักงานฝ่ายผลิต

หมายเหตุ
1) ลักษณะงานเสียที่นอกเหนือจากนี้ต้องได้รับการอนุมัติจาก วิศวกรคุณภาพ ก่อนจึงสามารถซ่อมได้
2) พนักงานที่จะสามารถทำการซ่อมแซมผลิตภัณฑ์ได้ต้องได้รับการอบรมและผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำแล้ว
3) หลังจากทำการเชื่อมซ่อมต้องมีการเขย่าเม็ดเชื่อมทุกครั้ง

ORIGINAL

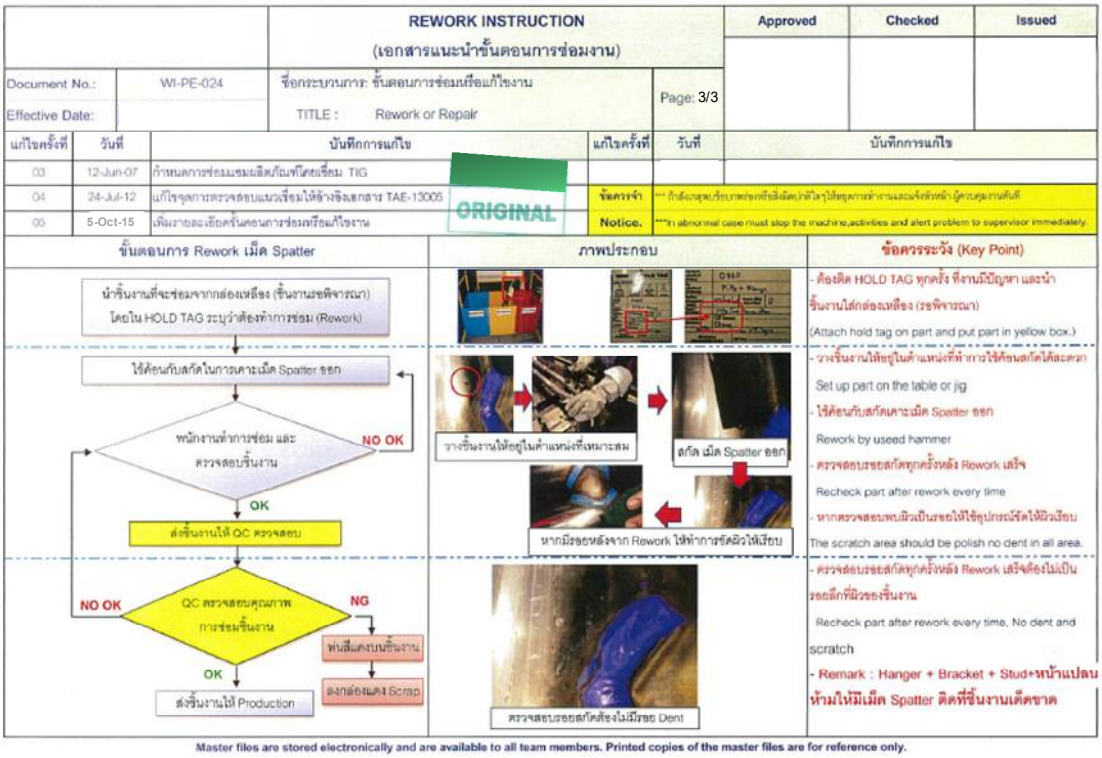
Master files are stored electronically and are available to all team members. Printed copies of the master files are for reference only.

ภาพที่ 4-13 เอกสารแนะนำขั้นตอนการซ่อมงาน



ภาพที่ 4-14 เอกสารแนะนำขั้นตอนการซ่อมแนวเชื่อมชิ้นงาน

ในการแก้ไขชิ้นงานประเภท อื่น ๆ ที่พบมากที่สุดเกิดจาก สะเก็ดของลวดเชื่อม ทำให้เกิดลักษณะเป็นสะเก็ดเชื่อม (Spatter) ที่ชิ้นงาน ผู้ดำเนินการวิจัยและบุคลากรฝ่ายผลิต จึงได้เพิ่มรายละเอียดขั้นตอนการซ่อมหรือแก้ไขงานลักษณะนี้ด้วย เพื่อให้สามารถลดจำนวนของเสียที่เกิดจากการซ่อมให้ได้มากที่สุด วิธีการแก้ไข คือ การใช้ค้อนสกัด ค่อย ๆ เคาะสะเก็ดเชื่อมออก ดังภาพที่ 4-15 เอกสารแนะนำขั้นตอนการซ่อมสะเก็ดเชื่อม (Spatter)



ภาพที่ 4-15 เอกสารแนะนำขั้นตอนการซ่อมสะเก็ดเชื่อม (Spatter)

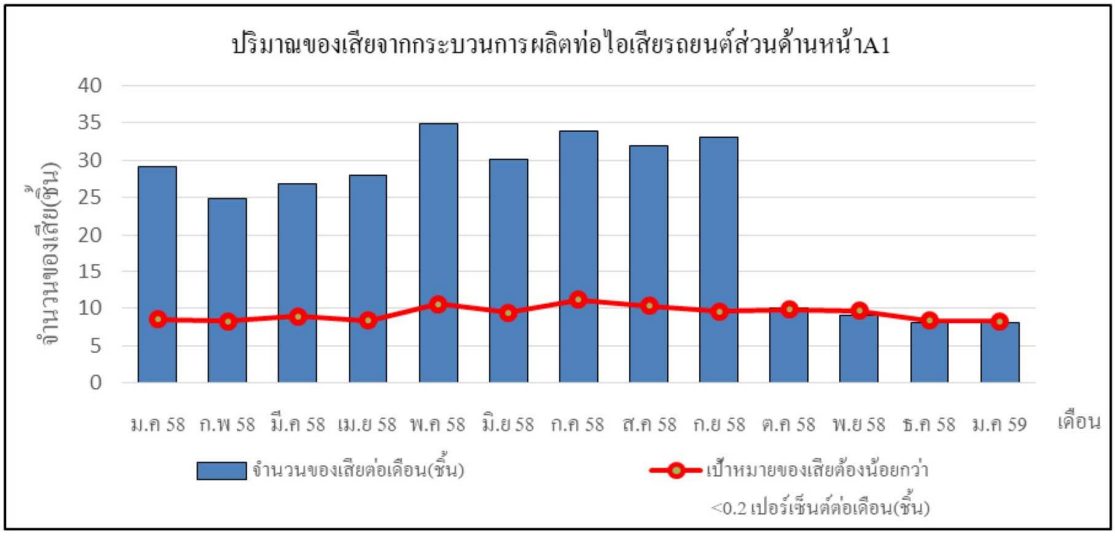
ขั้นตอนของแต่ละกระบวนการนั้น จะระบุหมายเหตุไว้ในเอกสารควบคุม ว่าถ้าสังเกตุพบข้อบกพร่องหรือสิ่งผิดปกติใด ๆ ให้หยุดการทำงาน และแจ้งหัวหน้าผู้ควบคุมงานทันที โดยยึดถือหลักการ หยุด เรียก รอ

หยุด คือ หยุดทำสิ่งที่ผิดปกติ

เรียก คือ เรียกหัวหน้างานเข้ามาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเพื่อทำการแก้ไข

รอ คือ รอให้ทำการแก้ไขเสร็จสมบูรณ์ รอฟังคำสั่งเริ่มงาน โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการปฏิบัติงาน

จากการปรับปรุงตามแนวทางที่ 1 การเพิ่มระยะห่างของ Flex กับ Pipe ทำให้ปริมาณของเสีย และการแก้ไขชิ้นงานลดลงได้ตามเป้าหมาย สรุปได้ว่า งานเสียลดลง จาก 0.64 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ และงานแก้ไขลดลงจาก 18.37 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 7.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถลดลงให้เกิดของเสียได้ไม่เกินที่บริษัทกำหนด คือ ของเสียต้องน้อยกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4-16 และตารางที่ 4-2 งานแก้ไขต้องน้อยกว่า 10.0 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4-3



ภาพที่ 4-16 ปริมาณของเสียตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ของบริษัทกรณีศึกษา

ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบจำนวนของเสียแต่ละประเภท ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559

ช่วงเวลา	เดือน (พ.ศ. 2558)	ของเสีย (ชิ้น)									
		จำนวนผลิต	เชื่อมทะลุ	รอยเชื่อมไม่เรียบ	ชิ้นงานเบียดอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง	ชิ้นงานเป็นจุดตามด	อื่น ๆ	รวม	เปอร์เซ็นต์	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์	เป้าหมายเปอร์เซ็นต์
ก่อน	มกราคม	4,275	13	6	5	3	2	29	0.68	0.63	
การปรับปรุง	กุมภาพันธ์	4,140	12	5	4	3	1	25	0.60		
	มีนาคม	4,485	12	5	5	3	2	27	0.60		
	เมษายน	4,170	13	5	5	3	2	28	0.67		
	พฤษภาคม	5,280	16	7	6	4	2	35	0.66		
	มิถุนายน	4,710	14	6	5	3	2	30	0.64		
	กรกฎาคม	5,565	16	7	6	3	2	34	0.50		
	สิงหาคม	5,160	15	6	6	3	2	32	0.62		< 0.2
	กันยายน	4,800	16	7	5	3	2	33	0.69		
หลัง	ตุลาคม	4,905	2	2	2	3	1	10	0.20	0.19	
การปรับปรุง	พฤศจิกายน	4,845	1	3	1	2	2	9	0.19		
	ธันวาคม	4,200	2	1	2	2	1	8	0.19		
	มกราคม พ.ศ. 2559	4,125	-	1	2	3	2	8	0.19		
	รวม (ชิ้น)	60,660	132	61	48	38	23	302	6.44		

ตารางที่ 4-3 เปรียบเทียบจำนวนงานแก้ไขแต่ละประเภทตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559

ช่วงเวลา	เดือน (พ.ศ. 2558)	งานแก้ไข (ชิ้น) จำนวนผลิต	เชื่อมทะลุ	รอยเชื่อมไม่เรียบ	ชิ้นงานเบียดอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง	ชิ้นงานเป็นจุดตามด	อื่น ๆ	รวม	เปอร์เซ็นต์	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์	เป้าหมายเปอร์เซ็นต์
ก่อน	มกราคม	4,275	446	56	5	256	32	795	18.60	18.37	
การปรับปรุง	กุมภาพันธ์	4,140	438	55	5	251	31	780	18.84		
	มีนาคม	4,485	440	55	5	253	31	785	17.50		
	เมษายน	4,170	505	63	6	290	36	900	21.58		
	พฤษภาคม	5,280	539	67	6	310	38	960	18.18		
	มิถุนายน	4,710	463	58	5	266	33	825	17.52		
	กรกฎาคม	5,565	555	69	6	319	40	990	17.79		
	สิงหาคม	5,160	496	62	6	285	35	885	17.15		
	กันยายน	4,800	488	61	6	280	35	870	18.13		< 10
			486	61	6	279	35				
หลัง	ตุลาคม	4,905	38	12	3	278	17	348	7.09	7.01	
การปรับปรุง	พฤศจิกายน	4,845	33	11	2	271	11	328	6.77		
	ธันวาคม	4,200	29	7	-	264	6	306	7.29		
	มกราคม พ.ศ. 2559	4,125	14	3	1	259	7	284	6.88		
	รวม (ชิ้น)	60,660	4,370	545	51	2,511	312	7,790			

โดยปัญหาที่สามารถลดลงได้หลังการปรับปรุง คือ งานเชื่อมทะลุ รอยเชื่อมไม่เรียบ ชิ้นงานเบียดอุปกรณ์กำหนดตำแหน่งและชิ้นงานเป็นจุดตามด ลดลงเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับ ดังตารางที่ 4-4 และ 4-5

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบจำนวนของเสียที่ลดลงก่อนและหลังการปรับปรุง

งานเสีย	เชื่อมทะลุ	รอยเชื่อมไม่เรียบ	ชิ้นงานเบียดอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง	ชิ้นงานเป็นจุดตามด	อื่น ๆ	รวม
ก่อนปรับปรุง (ชิ้น)	14	6	5	3	2	30
หลังปรับปรุง (ชิ้น)	1	2	2	3	2	10
ลดลง (เปอร์เซ็นต์)	92.86	66.67	60.00	0.00	0.00	66.67

ตารางที่ 4-5 เปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานแก้ไขที่ลดลงก่อนและหลังการปรับปรุง

งานเสีย	เชื่อมทะลุ	รอยเชื่อมไม่เรียบ	ชิ้นงานเบียดอุปกรณ์กำหนดตำแหน่ง	ชิ้นงานเป็นจุดตามด	อื่น ๆ	รวม
ก่อนปรับปรุง (ชิ้น)	486	61	6	280	35	866
หลังปรับปรุง (ชิ้น)	29	8	2	268	10	317
ลดลง (เปอร์เซ็นต์)	94.13	86.38	73.34	4.22	70.39	63.45

จากการลดความยาว Pipe 4 มิลลิเมตร ต่อ 1 ชิ้น จากความยาวเดิม 1,250 มิลลิเมตร ลดลงเหลือ 1,246 มิลลิเมตร สามารถลดต้นทุนเฉลี่ยลดลง 1,979 ต่อเดือน หรือ 23,743 บาทต่อปี ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ต้นทุนการผลิตท่อ (Pipe) ลดลงต่อปี

รายละเอียด	เดือน	ปี
ยอดการผลิตเฉลี่ย (ชิ้น)	4,711	56,532
ความยาว Pipe ลดลง 4 มิลลิเมตร ต่อชิ้น	18,844	226,128
ความยาว Pipe ลดลง (เมตร)	19	226
ต้นทุน Pipe ต่อ 1 เมตรเท่ากับ 105 (บาท)	1,979	23,743

ผลจากการปรับปรุงทำให้ ค่าเฉลี่ย ของเสีย PPM ลดลง โดยของเสีย PPM ก่อนการปรับปรุงเฉลี่ย 6,416 PPM หลังการปรับปรุงลดลงเฉลี่ย เหลือ 1,935 PPM หรือคิดเป็น 69.84 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ค่าเฉลี่ย ของเสีย PPM ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559

ตารางยอดการผลิต และจำนวนของเสียของสายการประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้า A1
เดือนมกราคม พ.ศ. 2558ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559

รายละเอียด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
ยอดการผลิต (ชิ้น)	4,275	4,140	4,485	4,170	5,280	4,710	5,565	5,160	4,800	4,905	4,845	4,200	4,125
ยอดของเสีย (ชิ้น)	29	25	27	28	35	30	34	32	33	10	9	8	8
PPM	6,784	6,039	6,020	6,715	6,629	6,369	6,110	6,202	6,875	2,089	1,858	1,905	1,939
Acc.PPM	6,784	6,417	6,240	6,385	6,443	6,430	6,375	6,352	6,411	5,959	5,579	5,306	5,077

การคำนวณ PPM ของเดือนมกราคม พ.ศ. 2559

$$PPM = \frac{8 \times 1{,}000{,}000}{4{,}125}$$

$$= 1{,}939.34$$

การคำนวณของเสียต่อล้านชิ้นแบบสะสม

$$\text{Acc. PPM} = \frac{\text{ผลรวมจำนวนของเสีย (ชิ้น) x 1,000,000}}{\text{ผลรวมจำนวนยอดผลิตทั้งหมด (ชิ้น)}}$$

PPM แบบสะสม ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2558ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559

$$\text{PPM} = \frac{308 \text{ x } 1,000,000}{60,660}$$

$$= 5,077.48$$

เมื่อจำนวนของเสียต่อเดือนลดลง ทำให้เวลาที่ใช้ในการแก้ไขชิ้นงานลดลง จากเดิมใช้เวลาเฉลี่ย 289 ชั่วโมงต่อเดือน ลดลงเหลือ 106 ชั่วโมงต่อเดือน หรือคิดเป็นใช้ในการแก้ไขชิ้นงานลดลง 63.3 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดจำนวนพนักงานที่ต้องทำการแก้ไขชิ้นงานได้จากเดิมเฉลี่ย 1.71 คนต่อเดือน ลดลงเหลือเฉลี่ย 0.63 คนต่อเดือน เพื่อให้พนักงานมีเวลาในการผลิตงานเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 จำนวนพนักงานและเวลาที่สูญเสียในการแก้ไขชิ้นงานก่อนและหลังการปรับปรุง

รายละเอียด	ก่อนการปรับปรุง เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558									หลังปรับปรุง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559			
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
จำนวนชิ้นงานแก้ไขต่อเดือน (ชิ้น)	795	780	785	900	960	825	990	885	870	348	328	306	284
เวลาที่ใช้ในการแก้ไขชิ้นงานต่อเดือน (นาที)	15,900	15,600	15,700	18,000	19,200	16,500	19,800	17,700	17,400	6,960	6,560	6,120	5,680
เวลาที่ใช้ในการแก้ไขชิ้นงานต่อเดือน (ชั่วโมง)	265	260	262	300	320	275	330	295	290	116	109	102	95
เวลาที่ใช้ในการแก้ไขชิ้นงานต่อเดือน (วัน)	34.6	33.9	34.2	39.2	41.8	35.9	43.1	38.5	37.9	15.1	14.3	13.3	12.4
จำนวนพนักงานแก้ไขชิ้นงานต่อเดือน (คน)	1.57	1.54	1.55	1.78	1.90	1.63	1.96	1.75	1.72	0.69	0.65	0.61	0.56

สรุปต้นทุนที่สามารถลดลงได้ทั้งหมดจากการปรับปรุงการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วน ด้านหน้า A1

ต้นทุนของเสียลดลง 236,726 บาทต่อปี

งานแก้ไขลดลง 328,445 บาทต่อปี

ต้นทุนจากการใช้ความยาว Pipe ลดลง 23,743 บาทต่อปี

รวมต้นทุนที่ลดลงทั้งหมด 588,914 บาทต่อปี

จำนวนคนแก้ไขชิ้นงานลดลง จาก1.71 เหลือ 0.63 คนต่อเดือน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาสภาพปัญหาของสายการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนหน้า A1 พบว่า ปัจจัยอยู่ที่ระยะห่างของ Flex กับ Pipe ที่น้อยเกินไป และ วิธีการทำงาน (Method) ที่ยังไม่ครอบคลุม และไม่มีมาตรฐานการแก้ไขชิ้นงานที่ชัดเจน ทำให้มีปัญหาที่เกิดจากการผลิต ดังนี้

1. ชิ้นงานเป็นรอยรั่วเนื่องจากหัวเชื่อมและลวดเชื่อม สัมผัสกับขอบโค้ง Pipe
2. รอยเชื่อมไม่เรียบ เนื่องจากช่องว่าง ระยะเชื่อมน้อย เมื่อชิ้นงานหมุนเข้าหาหัวเชื่อม จึงมีโอกาสสะดุด เพราะติด Flange ที่อยู่บนชิ้นงาน
3. เกิดสะเก็ด กระเด็น ทำให้มีก้อนลวดเชื่อมติดบนผิวชิ้นงาน
4. ชิ้นงานเป็นตามด เป็นรูเล็กๆ

โดยก่อนการปรับปรุง ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 พบว่า มีปริมาณของเสียเฉลี่ย เดือนละ 30 ชิ้น คิดเป็น 0.64 เปอร์เซ็นต์ หลังการปรับปรุงตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ปริมาณของเสียลดลงเหลือ เฉลี่ยเดือนละ 9 ชิ้น คิดเป็น 0.19 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 สัดส่วนของเสียเปรียบเทียบปริมาณการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนหน้า A1ทั้งหมด ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ของบริษัทกรณีศึกษา

รายละเอียด	**ก่อนปรับปรุงเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558**								**หลังปรับปรุง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559**				
	ม.ค.	**ก.พ.**	**มี.ค.**	**เม.ย.**	**พ.ค.**	**มิ.ย.**	**ก.ค.**	**ส.ค.**	**ก.ย.**	**ต.ค.**	**พ.ย.**	**ธ.ค.**	**ม.ค.**
จำนวนการผลิตต่อเดือน (ชิ้น)	4,275	4,140	4,485	4,170	5,280	4,710	5,565	5,160	4,800	4,905	4,845	4,200	4,125
เป้าหมายของเสียต้องน้อยกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน (ชิ้น)	9	8	9	8	11	9	11	10	10	10	10	8	8
จำนวนของเสียต่อเดือน (ชิ้น)	29	25	27	28	35	30	34	32	33	10	9	8	8

ปริมาณการแก้ไขชิ้นงานเฉลี่ยเดือนละ 866 ชิ้น คิดเป็น 18.37 เปอร์เซ็นต์
หลังการปรับปรุงตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ปริมาณการแก้ไข
ชิ้นงานเฉลี่ย เดือนละ 286 ชิ้น คิดเป็น 7.01 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 สัดส่วนการแก้ไขชิ้นงานเปรียบเทียบปริมาณการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนหน้า A1 ทั้งหมด ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ของบริษัทกรณีศึกษา

รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558									หลังปรับปรุง เดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559			
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
จำนวนการผลิตต่อเดือน (ชิ้น)	4,275	4,140	4,485	4,170	5,280	4,710	5,565	5,160	4,800	4,905	4,845	4,200	4,125
เป้าหมายชิ้นงานแก้ไขต้องน้อยกว่า10.0 เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน (ชิ้น)	428	414	449	417	528	471	557	516	480	491	485	420	413
จำนวนชิ้นงานแก้ไขต่อเดือน (ชิ้น)	795	780	785	900	960	825	990	885	870	336	318	266	223

เมื่อทราบถึงสาเหตุที่สำคัญต่อการเกิดของเสียแล้ว จึงนำมาวิเคราะห์จากการเก็บข้อมูล ทำให้ทราบถึงลักษณะของปัญหา และทำการแก้ไขโดยเพิ่มระยะห่างของ Flex กับ Pipe จาก 7 มิลลิเมตร เพิ่มเป็น 11 มิลลิเมตร โดยคงความยาวรวมของชิ้นงานสำเร็จรูปไว้ตามเดิม คือ 1,890 มิลลิเมตร เนื่องจากความยาวรวมเป็นข้อกำหนดของลูกค้า นอกจากนี้ มีการเพิ่มขั้นตอนการทำงานในมาตรฐานการทำงาน ให้มีการตรวจสอบผลกระทบที่เกิดจากรอยเชื่อม เพื่อให้มีการทวนสอบเพื่อป้องกันปัญหาอยู่เสมอ รวมถึงจัดทำเอกสารแนะนำขั้นตอนการซ่อมหรือแก้ไขชิ้นงาน เพื่อให้มีมาตรฐานการแก้ไขชิ้นงานเพื่อ ช่วยลดปริมาณของเสียที่เกิดจากการแก้ไขชิ้นงานที่ผิดวิธี ดังตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 สรุปผลการวิเคราะห์ แนวทางการแก้ไข และผลการปรับปรุง

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข	เป้าหมาย	ก่อนปรับปรุง	ผลการปรับปรุง
ระยะห่างของท่อ กับ Flex ไม่เหมาะสม	ระยะห่างของ Flex กับ Pipe น้อยเกินไปทำให้เชื่อมทะลุได้ง่ายเนื่องจากหัวเครื่องเชื่อมมีขนาดใหญ่และลวดเชื่อมมีอาจสัมผัสกับขอบโค้ง Pipe ได้ง่าย	เพิ่มระยะห่างของ Flex กับ Pipe จาก 7 มิลลิเมตร เพิ่มเป็น 11 มิลลิเมตร โดยคงความยาวรวมของชิ้นงานสำเร็จรูปไว้ตามเดิม คือ 1,890 มิลลิเมตร	งานเสียน้อยกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ งานแก้ไข น้อยกว่า 10.0 เปอร์เซ็นต์	งานเสีย 0.64 เปอร์เซ็นต์ งานแก้ไข 18.37 เปอร์เซ็นต์	งานเสีย 0.19 เปอร์เซ็นต์ งานแก้ไข 7.01 เปอร์เซ็นต์
มาตรฐานการตรวจสอบไม่ครอบคลุมปัญหาและขั้นตอนการแก้ไขชิ้นงานไม่ชัดเจน	การจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานไม่มีการระบุให้ตรวจสอบช่องว่างระหว่าง Flex กับ Pipe ว่าเหมาะสมหรือไม่และไม่มีเอกสารขั้นตอนการแก้ไขชิ้นงาน	ทบทวนและปรับปรุง คู่มือการปฏิบัติงาน โดยระบุให้ตรวจสอบระยะห่างของรอยเชื่อมและผลกระทบที่อาจเกิดจากรอยเชื่อมและจัดทำมาตรฐานการแก้ไขชิ้นงานแต่ละประเภท			

จากการประเมินผลโดยเปรียบเทียบปริมาณของเสียและมูลค่าของต้นทุนที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุง ของเสียจาก 0.64 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 0.19 เปอร์เซ็นต์ งานแก้ไข จาก 18.37 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 7.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถลดได้ตามเป้าหมายที่กำหนด ดังตารางที่ 5-4 โดยต้นทุนของเสียลดลง 19,727 บาทต่อเดือน 236,724 บาทต่อปี งานแก้ไขลดลง 27,370 บาทต่อเดือน 328,440 บาทต่อปี รวมต้นทุนของเสียและชิ้นงานแก้ไขลดลง 565,164 บาทต่อปี คิดเป็น 66.5 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 5-5 และยังสามารถลดต้นทุน จากการลดความยาว Pipe ชิ้นละ 4 มิลลิเมตร คิดเป็น 1,979 บาทต่อเดือน 23,748 บาทต่อปี รวมต้นทุนที่สามารถลดลงได้รวมทั้งหมด 49,076 บาทต่อเดือน หรือ 588,912 บาทต่อปี หรือคิดเป็น 69.2 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดจำนวนพนักงานแก้ไขชิ้นงานจาก 1.71 คนต่อเดือน ลดลงเหลือ 0.63 คนต่อเดือน

ตารางที่ 5-4 จำนวนของเสีย และชิ้นงานแก้ไข ก่อนและหลังการปรับปรุง

รายละเอียด	จำนวนต่อเดือน (ชิ้น)			เปอร์เซ็นต์		
	เป้าหมาย	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	เป้าหมาย	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ของเสีย (ชิ้น)	< 9	30	9	< 0.20	0.64	0.19
งานแก้ไข (ชิ้น)	< 481	866	317	< 10	18.37	7.01

ตารางที่ 5-5 ต้นทุนของเสียและชิ้นงานแก้ไขก่อนและหลังการปรับปรุง

รายละเอียด	ต้นทุนต่อเดือน (บาท)				ต้นทุนต่อปี (บาท)				ต้นทุนลดลง (เปอร์เซ็นต์ต่อปี)	
	เป้าหมาย	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ลดลง	เป้าหมาย	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ลดลง	เป้าหมาย	หลังการปรับปรุง
ของเสีย	8,660	27,725	7,998	19,727	103,920	332,700	95,976	236,724	68.8	71.2
งานแก้ไข	23,971	43,148	15,778	27,370	287,653	517,776	189,336	328,440	44.4	63.4
รวม	32,631	70,873	23,776	47,097	391,573	850,476	285,312	565,164	54.0	66.5

ข้อเสนอแนะ

จากข้อมูลทั้งหมดที่แสดงปัญหา และผลหลังการปรับปรุง พบว่า ของเสียและงานแก้ไขต่าง ๆ ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ยกเว้นปัญหาที่เกิดจากปัญหาตามดที่ยังคงปริมาณของเสียและงานแก้ไขที่ลดลงไปได้ไม่มากนัก ดังนั้น ผู้ดำเนินการวิจัยคิดว่าควรนำมาหาสาเหตุเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขอย่างต่อเนื่อง ในปีต่อไปเนื่องจากปัญหาตามด อาจเกิดได้จากหลายปัจจัย ดังนั้น จึงควรใช้หลักการของ Design of experiment (DOE) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา

DOE มีจุดประสงค์ที่จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระซึ่งเรียกว่าปัจจัยของกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง แล้วดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนอง ของกระบวนการนั้น ในกระบวนการหนึ่ง อาจจะมีปัจจัยมาก บางตัวเราก็ไม่สามารถควบคุมได้ถึงแม้จะเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระกระทบต่อกระบวนการ

ปัญหาชิ้นงานเป็นตามด ลักษณะเป็นรูเล็ก ๆ กระจายทั่วผิวชิ้นงานบริเวณท่อ (Pipe) ควรพิจารณาทำการปรับปรุงโดยวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอย่างแท้จริง ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือทางสถิติ เน้นตัวแปรที่สามารถวัดได้ ทั้งที่วัดด้วยเครื่องมือวัดและการวัดด้วยกระบวนการวัดอื่น ๆ เช่น จำนวนลวดเชื่อมที่ใช้ ค่ากระแสไฟ แรงดันแก๊สที่ใช้ในการผลิต ค่าความร้อนที่ใช้ในการเชื่อม ชนิดของวัตถุดิบ ความเร็วที่ใช้ในการเชื่อม ซึ่งเป็นตัวแปรที่สื่อถึงกระบวนการได้ จากนั้นนำผลการวิเคราะห์มาทดลองและสรุปผลการปรับปรุง

ผลที่คาดว่าจะได้รับหากผลการทดลองเป็นไปตามเป้าหมาย จะสามารถลดของเสีย ลดการแก้ไขชิ้นงานที่เกิดจากปัญหาตามดและลดต้นทุนทางด้านการผลิตท่อไอเสียรถยนต์ส่วนหน้า A1 ได้เพิ่มขึ้น และสามารถนำแนวทางการแก้ไขนี้ไปประยุกต์เพื่อปรับปรุงสายการประกอบอื่นที่มีลักษณะคล้ายกัน เช่น สายการประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหน้ารุ่นอื่น หรือสายการประกอบท่อไอเสียรถยนต์ส่วนด้านหลัง เนื่องจากมีส่วนประกอบที่เป็นท่อเช่นเดียวกัน

บรรณานุกรม

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2544). *หลักการควบคุมกระบวนการ*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2550). *หลักการควบคุมคุณภาพ*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

บรรหาร ลิลา. (2549). *เอกสารประกอบการสอนวิชาการจัดการวิศวกรรมคุณภาพ*. ชลบุรี: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

บุญนาค รัตนากร. (2548). *เอกสารประกอบการอบรมการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาแบบ QCC*. ม.ป.ท.

ประสงค์ สุขสวัสดิ์. (2554). *การลดของเสียของใบพัดอัดอากาศในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์ของเครื่องบินพาณิชย์ด้วย ดีเอ็มเอไอซี*. งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ภัทรวุฒิ พลอาสา (2548). *การลดต้นทุนคุณภาพในการลดของเสียจากกระบวนการผลิตฝาปิดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ*. งานนิพนธ์วิศวกรรมมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

มาโนช ริทินโย. (2551). พฤติกรรมการสึกหรอของคมตัดแม่พิมพ์สำหรับวัสดุเงินสเตอร์ลิง. *วารสารนเรศวรพะเยา, 2*, 78-85.

รสริน ตันเต็มทรัพย์. (2552). *การลดของเสียในสายการประกอบเบรคมือ*. งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

วีรชัย ทองสายบัว. (2549). การลดของเสียในกระบวนการผลิตชั้นส่วนยาง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต, บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Wikipedia. (2018). *Seven asic tools of quality*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Seven_Basic_Tools_of_Quality