การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA

นายณัฐพล บัวกล่ำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEFECTS ANALYSIS AND REDUCTION FOR AUTOMOTIVE HEAT TRANSFER PIPE ASSEMBLY PROCESS BY FMEA TECHNIQUE

Mr. Nuttapon Bourklum

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

491912

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตท่อส่งน้ำระบายความร้อนใน รถยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA
โดย	นายณัฐพล บัวกล่ำ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์จรูญ มหิทธาฟองกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ จรูญ มหิทธาฟองกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

ฉัฐพล บัวกล่ำ: การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA (DEFECTS ANALYSIS AND REDUCTION FOR AUTOMOTIVE HEAT TRANSFER PIPE ASSEMBLY PROCESS BY FMEA TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษา: รศ. จรูญ มหิทธาฟองกุล,227 หน้า

วิทยานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์ เพื่อวิเคราะห์และลดของเสียของกระบวนการผลิตท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์ โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis. FMEA) มาใช้ในการวิเคราะห์และลดของเสียในโรงงานตัวอย่าง

จากการวิเคราะห์ระบบการผลิตตลอดจนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโดยการรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าของเสียส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 2 ,บัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1,การส่งชิ้นงานไปผลิตนอกโรงงานและส่งไปชุบสังกะสี

งานวิจัยเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิตท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์และค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่อง โดยอาศัยการระดมสมองด้วยการใช้แผนผังแสดงเหตุผล และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง ผลกระทบด้านคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิต(PFMEA) จากนั้นให้ทีมผู้ชำนาญการที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์เพื่อประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่องค่าโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และค่าโอกาสการตรวจพบข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตเพื่อคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงชี้นำ (RPN) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการแก้ไขลักษณะข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 100 คะแนนขึ้นไปโดยทางทีมผู้ชำนาญการได้ดำเนินการปรับปรุงผลประโยชน์ที่เห็นได้ชัดเจน คือ โรงงานตัวอย่างได้รูปแบบการผลิตท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์ ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า

ผลการดำเนินการแก้ไข พบว่า

1.เปอร์เซ็นต์ของเสีย ของกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 2 ลดลงจาก12.37% เป็น 3.08%

2.เปอร์เซ็นต์ของเสีย ของกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1ลดลงจาก 11.40% เป็น 2.57%

3.กระบวนการส่งชิ้นงานไปผลิตนอกโรงงานลดลงจาก 2.29% เป็น 1.86%

4.กระบวนการส่งชิ้นงานชุบสังกะสีลดลงจาก 2.16% เป็น 1.96%

ภาควิชา..... วิศวกรรมอุตสาหการ..... รายมือนิสิต.....ฉัฐพล บัวกล่ำ.....

สาขาวิชา..... วิศวกรรมอุตสาหการ.....รายมืออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2549..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4770629021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: ANALSIS / QUALITY IMPROVEMENT TOOLS / AUTOMOTIVE PIPE

NUTTAPON BOURKLUM:DEFECTS ANALYSIS AND REDUCTION FOR AUTOMOTIVE HEAT TRANFER PIPE ASSEMBLY PROCESS BY FMEA TECHNIQUE.THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. CHAROON MAHITTAFONGKUL, 227pp.

The objectives of this thesis are to analyze and reduce defective for automotive pipe assembly process by using Failure Mode and Effect Analysis; FMEA. FMEA is the quality tools used to search for quality factors.

From process and part defect study by collection and analysis of data. The most of defects occur from assembly brazing process by jig fixture number 2 ,assembly brazing process by jig fixture number 1,send part to supplier ,send part to supplier zinc.

The research is started from studying the process and brain storming to look for quality factors of automotive pipe assembly process by using Cause and Effect Diagram and Failure Mode and Effect Analysis (PFMEA).After that, specialists in automotive pipe industry analyze and evaluate the severity, occurrence and detection of each defect to calculate risk priority number help to specify risk of defect occurrence, which have RPN higher value than 100. Specialists in automotive pipe assembly process have action in this research. The other advantage from this action is that sample factory has the guide line of produce which has the properties corresponding to customer requirement.

By using such technique for analyzing and reducing of defects are concluded as

1. Reduce the percentage of assembly brazing process by jig fixture number 2 from 12.37% to 3.08% respectively.
2. Reduce the percentage of assembly brazing process by jig fixture number 1 from 11.40% to 2.57% respectively.
3. Reduce the percentage of send part to supplier from 2.29% to 1.86%
4. Reduce the percentage of send part to supplier zinc from 2.16% to 1.96%

Department ....Industrial Engineer..... Student's signature.....

Field of study...Industrial Engineer.... Advisor's.....

Academic year..2006.... Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์จรูญ มหิทธาฟองกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งนอกจากให้คำแนะนำในการทำวิจัยแล้วยังคอยติดตามความคืบหน้าของงานวิจัยอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงการตรวจสอบแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆที่ได้จากประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดำรง ทวีแสงสกุลไทย , รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร และ รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ ที่ได้ชี้แนะให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้องและชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ.ที่นี้

ส่วนหนึ่งของความสำเร็จครั้งนี้ ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลในโรงงานตัวอย่าง ที่สนับสนุนในด้านข้อมูล ความรู้เฉพาะด้าน และข้อแนะนำต่างๆ ตลอดจนความร่วมมือในการปฏิบัติการแก้ไข ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ. ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยหวังว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1สภาวะความเป็นมาแนวทางและเหตุผล 2

1.2 สภาวะของปัญหา 3

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 5

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 5

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย 5

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 ทฤษฎีการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ 7

2.2 ทฤษฎีการปรับปรุงคุณภาพ 22

2.3 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) 26

2.4 แผนภาพเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) 28

2.5 วิวัฒนาการของเทคนิคการเชื่อมและการนำมาใช้ 30

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 51

3 การศึกษาการดำเนินงานและสภาพปัจจุบันของโรงงาน 53

3.1 การศึกษาการดำเนินงานและสภาพปัจจุบันของโรงงาน 53

3.2 การศึกษาด้านกระบวนการผลิต 54

3.3 การรวบรวมสถิติของเสีย 57

3.4 ข้อมูลแสดงลักษณะของเสีย ในแต่ละกระบวนการ 61

3.5 สรุปผลการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ 69

3.6 การหาสาเหตุของปัญหา 70

3.7 สรุปสาเหตุที่เป็นไปได้ ในการเกิดของเสีย 83

หน้า

3.8 การกำหนดความรุนแรงและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากของเสีย 85
3.9 กระบวนการควบคุมของเสียในปัจจุบัน 88
3.10 ความถี่ในการเกิดของเสีย 91
3.11 การคำนวณค่า RPN 93
3.12 การบันทึกข้อมูลในตาราง Process FMEA 98
4 การดำเนินการลดของเสียโดยใช้ Process FMEA 111
4.1 การปรับปรุงและลดของเสียในกระบวนการ 111
4.2 การเก็บข้อมูลของเสียหลังการปรับปรุง 140
4.3 การคำนวณค่า RPN จากการปรับปรุง 148
4.4 การบันทึกข้อมูลในตาราง Process FMEA 154
5 การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง 167
5.1 ผลการดำเนินการแก้ไข 167
6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 175
6.1 สรุปผลการวิจัย 175
6.2 ปัญหาอุปสรรค ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดของงานวิจัย 178
รายการอ้างอิง 181
ภาคผนวก 183
ภาคผนวก ก.(มาตรฐานการทำงาน) 184
ภาคผนวก ข.(บันทึกการทำงาน) 194
ภาคผนวก ค.(Reference Manual Process FMEA) 198
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 227

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่1.1	แสดงจำนวนของเสียของ ท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์ ของโรงงานตัวอย่าง ในช่วงเดือนเมษายน2549-กรกฎาคม2549	4
ตารางที่1.2	แสดงปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์ ของโรงงาน ตัวอย่างในช่วงเดือนเมษายน2549-กรกฎาคม2549	4
ตารางที่2.1	เกณฑ์การประเมินความรุนแรง (S) สำหรับ PFMEA	14
ตารางที่2.2	เกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิด (O) สำหรับ PFMEA	17
ตารางที่2.3	เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (D) สำหรับ PFMEA	18
ตารางที่2.4	คุณสมบัติทางกลของท่อเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ASTM	43
ตารางที่2.5	องค์ประกอบทางเคมีของท่อเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ASTM	43
ตารางที่2.6	คุณสมบัติทางกลของท่อเหล็กกล้าผสมต่ำ ASTM สำหรับใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ	44
ตารางที่2.7	องค์ประกอบทางเคมีของท่อเหล็กกล้าผสมต่ำ ASTM สำหรับใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ	44
ตารางที่2.8	คุณสมบัติทางกลของท่อเหล็กกล้าผสมต่ำ ASTM สำหรับใช้งานที่อุณหภูมิสูง	45
ตารางที่2.9	องค์ประกอบทางเคมีของท่อเหล็กกล้าผสมต่ำ ASTM สำหรับใช้งานที่อุณหภูมิสูง	45
ตารางที่2.10	ชนิดและองค์ประกอบระบุของท่อเหล็กกล้าไร้สนิมออสตินิติก สำหรับใช้งาน กับสภาวะที่มีการกัดกร่อน	46
ตารางที่2.11	ชนิดและองค์ประกอบระบุของท่อเหล็กกล้าไร้สนิมออสตินิติก สำหรับใช้งาน กับสภาวะที่ทนต่อความร้อน	46
ตารางที่2.12	คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุระบบท่อพลาสติกที่ใช้งานทั่วไป	47
ตารางที่2.13	ความต้านทานทางเคมีของวัสดุระบบท่อพลาสติกท่อกลุ่มสารเคมีบางชนิด	48
ตารางที่2.14	การประยุกต์ใช้งานของวัสดุระบบท่อพลาสติกบางชนิด	49
ตารางที่3.1	ตารางแสดงหน้าที่หลักและข้อบกพร่องของแต่ละกระบวนการ	56
ตารางที่3.2	แสดงจำนวนของเสียของ ท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์ ของโรงงานตัวอย่าง ในช่วงเดือนเมษายน2549-กรกฎาคม2549	58
ตารางที่3.3	แสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียสะสมท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์ ในแต่ละกระบวน การของโรงงานตัวอย่างในช่วงเดือนเมษายน2549-กรกฎาคม2549	60

ตาราง		หน้า
ตารางที่3.4	แสดงลักษณะและจำนวนของเสียท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์ ในแต่ละกระบวนการของโรงงานตัวอย่างในช่วงเดือนเมษายน2549-กรกฎาคม2549	61
ตารางที่3.5	ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ	69
ตารางที่3.6	แสดงสาเหตุของการเกิดของเสีย	84
ตารางที่3.7	แสดงความรุนแรงและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากของเสีย	87
ตารางที่3.8	แสดงค่า RPN ที่ได้ในแต่ละกระบวนการ	94
ตารางที่3.9	แสดงการวิเคราะห์โดยใช้ ตาราง Process FMEA	98
ตารางที่4.1	แสดงการดำเนินการลดของเสียในกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 2	125
ตารางที่4.2	แสดงการดำเนินการลดของเสียในกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1	132
ตารางที่4.3	แสดงการดำเนินการลดของเสียในกระบวนการส่งชิ้นงานไปผลิตนอกโรงงาน	138
ตารางที่4.4	แสดงการดำเนินการลดของเสียในกระบวนการส่งชิ้นงานไปชุบสังกะสีนอกโรงงาน	139
ตารางที่4.5	แสดงปริมาณการเกิดของเสีย (O) จากการดำเนินการลดของเสียในกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 2	142
ตารางที่4.6	แสดงปริมาณการเกิดของเสีย (O) จากการดำเนินการลดของเสียในกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1	144
ตารางที่4.7	แสดงปริมาณการเกิดของเสีย (O) จากการดำเนินการลดของเสียในกระบวนการส่งชิ้นงานไปผลิตนอกโรงงาน	146
ตารางที่4.8	แสดงปริมาณการเกิดของเสีย (O) จากการดำเนินการลดของเสียในกระบวนการส่งชิ้นงานไปชุบสังกะสีนอกโรงงาน	147
ตารางที่4.9	แสดงค่า RPN ในการปรับปรุงของกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 2 ลักษณะของเสียคือ dimension เบี้ยว	148
ตารางที่4.10	แสดงค่า RPN ในการปรับปรุงของกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 2 ลักษณะของเสียคือ dimension เล็กและ dimension ใหญ่	149
ตารางที่4.11	แสดงค่า RPN ในการปรับปรุงของกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1 ลักษณะของเสียคือ ปัญหาบัดกรีแข็งไม่รอบด้านในบัดกรีแข็งไม่รอบด้านนอก	150
ตารางที่4.12	แสดงค่า RPN ในการปรับปรุงของกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1 ลักษณะของเสียคือ ปัญหาความตั้งฉาก	151

ตาราง หน้า

ตารางที่4.13 แสดงค่า RPN ในการปรับปรุงของกระบวนการส่งชิ้นงานไปผลิตนอกโรงงาน ลักษณะของเสียคือปัญหาชิ้นงานรัศมีไม่ได้ขนาด..... 152
ตารางที่4.14 แสดงค่า RPN ในการปรับปรุงของกระบวนการส่งชิ้นงานไปชุบสังกะสีนอกโรงงาน ลักษณะของเสียคือปัญหาคราบด่างบนชิ้นงานและความหนาสังกะสีไม่ได้มาตรฐาน..... 153
ตารางที่4.15 แสดงการวิเคราะห์โดยใช้ ตาราง Process FMEA..... 154
ตารางที่5.1 แสดงจำนวนและเปอร์เซ็นต์ของเสียในกระบวนการผลิต..... 168
ตารางที่5.2 แสดงค่าRPNก่อนและหลังการปรับปรุงของกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 2..... 169
ตารางที่5.3 แสดงค่าRPNก่อนและหลังการปรับปรุงของกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1..... 170
ตารางที่5.4 แสดงค่าRPNก่อนและหลังการปรับปรุงของกระบวนการส่งชิ้นงานไปผลิตนอกโรงงาน.. 172
ตารางที่5.5 แสดงค่า RPN ก่อนและหลังการปรับปรุงของทุกกระบวนการ..... 173
ตารางที่6.1 สรุปปัญหาที่ได้ทำการแก้ไขปรับปรุง..... 175

ภาพประกอบ		หน้า
รูปที่1.1	แสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์ในช่วงเดือนเมษายน 2549-กรกฎาคม2549	3
รูปที่1.2	แสดงปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์ ของโรงงานตัวอย่างในช่วงเดือนเมษายน2549-กรกฎาคม2549	5
รูปที่2.1	แสดงการแยกประเภทวิธีการเชื่อม	32
รูปที่2.2	การจำแนกประเภทวิธีการตัดโลหะ	33
รูปที่3.1	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์	53
รูปที่3.2	ผังการไหลของกระบวนการผลิตท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์	55
รูปที่3.3	แสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์ในช่วงเดือนเมษายน 2549-กรกฎาคม2549	59
รูปที่3.4	แสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียแต่ละกระบวนการท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์ ในช่วงเดือนเมษายน2549-กรกฎาคม2549	59
รูปที่3.5	กราฟแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียแต่ละกระบวนการท่อส่งน้ำระบายความร้อน ในรถยนต์ในช่วงเดือนเมษายน2549-กรกฎาคม2549	60
รูปที่3.6	ผังพาเรโตแสดงลักษณะและจำนวนของเสียในกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 2	62
รูปที่3.7	แสดงกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 2	63
รูปที่3.8	แสดงลักษณะของเสียในกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 2	63
รูปที่3.9	ผังพาเรโตแสดงลักษณะและจำนวนของเสียในกระบวนการบัดกรีแข็งโดยอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1	64
รูปที่3.10	แสดงอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1	65
รูปที่3.11	แสดงกระบวนการประกอบของท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์	65
รูปที่3.12	ผังพาเรโตแสดงลักษณะและจำนวนของเสียในกระบวนการส่งชิ้นงานไปผลิตนอกโรงงาน	66
รูปที่3.13	ผังพาเรโตแสดงลักษณะและจำนวนของเสียในกระบวนการส่งชิ้นงานไปชุบสังกะสีนอกโรงงาน	67

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่3.14 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นภายในโรงงานและภายนอกโรงงาน ในช่วงเดือนเมษายน2549-กรกฎาคม2549 68

รูปที่3.15 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุของ dimension เบี้ยว 71

รูปที่3.16 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุของ dimension เล็ก dimension ใหญ่ 73

รูปที่3.17 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุของปัญหาเรื่องการบัดกรีแข็งไม่รอบด้านใน การบัดกรีแข็งไม่รอบด้านนอก 75

รูปที่3.18 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุของปัญหาเรื่องความตั้งฉาก 77

รูปที่3.19 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุของชิ้นงานรัศมีไม่ได้ขนาด 78

รูปที่3.20 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุของชิ้นงานเป็นรอย 80

รูปที่3.21 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุของคราบด่างบนชิ้นงาน 81

รูปที่3.22 ผังก้างปลาแสดงสาเหตุของความหนาสังกะสีไม่ได้มาตรฐาน 82

รูปที่4.1 แสดงอุปกรณ์จับยึดตัวที่2 ก่อนการติดตั้ง stopper 114

รูปที่4.2 แสดงอุปกรณ์จับยึดตัวที่2 หลังการติดตั้ง stopper 114

รูปที่4.3 แสดงอุปกรณ์จับยึดตัวที่2 ก่อนการถอดเสารองรับออก 116

รูปที่4.4 แสดงอุปกรณ์จับยึดตัวที่2 หลังการถอดเสารองรับออก 116

รูปที่4.5 แสดงอุปกรณ์ตรวจสอบการซึมลึกของทองเหลือง 118

รูปที่4.6 แสดงอุปกรณ์จับยึดตัวที่1 ก่อนการปรับปรุง 120

รูปที่4.7 แสดงอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1 หลังการปรับปรุง 120

รูปที่4.8 แสดงอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1 หลังการปรับปรุงโดยติดตั้ง pin ลงไป 121

รูปที่4.9 แสดงอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 1 หลังการปรับปรุงโดยติดตั้ง pinนำศูนย์ลงไป 123

รูปที่5.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียในแต่ละกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงและหลังการ ปรับปรุง 168

รูปที่5.2 แสดงค่าRPNในกระบวนการบัดกรีแข็งอุปกรณ์จับยึดตัวที่ 2 ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง 170

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่5.3 แสดงค่าRPNในกระบวนการบัดกรีแข็งอุปกรณ์จับยึดตัวที่1
ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง..... 171
รูปที่5.4 แสดงค่าRPNในกระบวนการส่งชิ้นงานไปผลิตนอกโรงงาน
ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง..... 172