

การลดของเสียชุดปรับกระจกมองข้างรถยนต์



นางสาวจิรายุ ประภาอนันตชัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEFECT REDUCTION OF DOOR MIRROR ADJUSTMENT

MS. JIRAYU PRAPANANTACHAI



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การลดของเสียชุดปรับกระจกรมองข้างรถยนต์

โดย

นางสาวจิรายุ ประภาอนันตชัย


สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

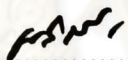
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

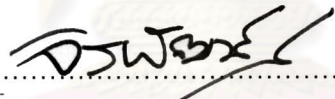
รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

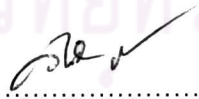
  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศศิริวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เหรียญ บุญดีสกุลไชย)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

ปวีณา เชาวลิตวงศ์  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

  
..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช)

จรรยา ปรภาอนันตชัย : การลดของเสียชุดปรับกระจกมองข้างรถยนต์. (Defect Reduction of Door Mirror Adjustment) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. จิรพัฒน์ เภาประเสริฐวงศ์ 96 หน้า.

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะลดของเสียชุดปรับกระจกมองข้างรถยนต์ ในโรงงานผลิตกระจกมองข้างรถยนต์

การดำเนินการทำโดยเก็บข้อมูลก่อนแก้ไขเป็นเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม 2551 ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการและจากลูกค้า ปฏิเสธสินค้าจากแผนกควบคุมคุณภาพ ซึ่งก่อนการแก้ไขมีจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด 9,187 ชิ้น

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้นำมาดำเนินการคัดเลือกต้นและปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อบริษัท กรณีศึกษามากที่สุด ได้แก่ ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติและปัญหากระจกปรับสะดวก ดำเนินการตามเทคนิคซิกซ์ ซิกมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) และการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

จากงานวิจัยนี้พบว่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) มีความสัมพันธ์กับความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) เป็นสมการเส้นตรง ซึ่งเมื่อเพิ่มความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) จะทำให้ความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) มีค่าต่ำลง โดยปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติมีสมการความสัมพันธ์  $y = -0.00799X + 2.206$  และปัญหากระจกปรับสะดวกมีสมการความสัมพันธ์  $y = -0.00677X + 1.919$  และเนื่องจากเครื่องฉีดและแม่พิมพ์มีการใช้งานมานาน จึงเสื่อมสภาพและไม่สามารถควบคุมค่าต่าง ๆ ได้อย่างมีเสถียรภาพ ดังนั้นจึงนำเสนอโครงการในการแก้ไขและป้องกันปัญหา ได้แก่ การซื้อเครื่องฉีดใหม่ การทำแม่พิมพ์ใหม่ การจัดทำทางด้านเอกสาร Xbar – R Chart, Sample Data Sheet และเอกสารการตรวจสอบเครื่องมือและเครื่องจักรต่าง ๆ

เมื่อดำเนินการตามโครงการแล้วทำการเก็บข้อมูลหลังการแก้ไขเป็นเวลา 6 เดือนตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2552 – เมษายน 2553 ซึ่งผลคือสามารถลดจำนวนของเสียทั้ง 2 ปัญหา รวม 18 ชิ้น หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียรวมลดลงเหลือ 0.012% ต่อเดือน

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต..... ศิลาฯ ปรภาอนันตชัย  
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... จิรพัฒน์  
ปีการศึกษา 2553.....

## 5071496721 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : FISH BONE DIAGRAM / RISK MANAGEMENT / DECISION ANALYSIS

JIRAYU PRAPAANANTACHAI : DEFECT REDUCTION OF DOOR MIRROR  
ADJUSTMENT. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.JEIRAPAT  
NGAOPRASERTWONG, 96 pp.

The objectiveness of this thesis is study about defect reduction of door mirror adjustment for door mirror factory. The data of before improvement was recorded 1 year, that was from January – December 2008. The data was inhouse defect and customer claim from quality control department. Total defects were 9,187 pieces.

Researcher chose model and problem that was the most effect to company. These are noise and adjustment do not smooth problem. After that, analysis for finding root cause of problem by Six Sigma, Fish Bone Diagram and Design of Experiment.

From research, researcher found average surface roughness (Ra) has relation with injection pressure. This relation is linear equation. If increasing injection pressure, average surface roughness (Ra) will decrease. Relation equation of noise problem is  $y = -0.00799X + 2.206$  and adjustment do not smooth problem is  $y = -0.00677X + 1.919$

Because of injection machine and insert mold have used for a long time so they wore and could not control factor so researcher suggest project of improvement that were purchasing new injection machine, making new mold and Issue Xbar – R Chart, Sample Data Sheet and equipment and machine check sheet documents.

After implementation of improvement project, Defects were recorded for 6 months from November 2009 – April 2010. The total defects of two problem were 18 pieces or calculated to 0.012% defect per month

Department : Industrial Engineering ... Student's Signature *Jirayu Prapaanantachai*  
Field of Study : Industrial Engineering ... Advisor's Signature *J. Ngaprasertwong*  
Academic Year : 2010.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เกาประเสริฐวงศ์ ที่ได้ให้คำแนะนำสำหรับแนวทางในการวิจัย ขั้นตอนและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการทำเป็นอย่างดี คุณมवलชัย ชลนาทิจกุล และคุณพลอยไพลิน วรเวทย์มงคล ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลเฉพาะในบางส่วน ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ร่วมเป็นประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำชี้แนะเพื่อให้การวิจัยเป็นไปในแนวทางที่ถูกต้องและสมบูรณ์ จึงขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านมา ณ ที่นี้ด้วย สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้กำลังใจ ส่งเสริมและสนับสนุนการศึกษาตลอดมา



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

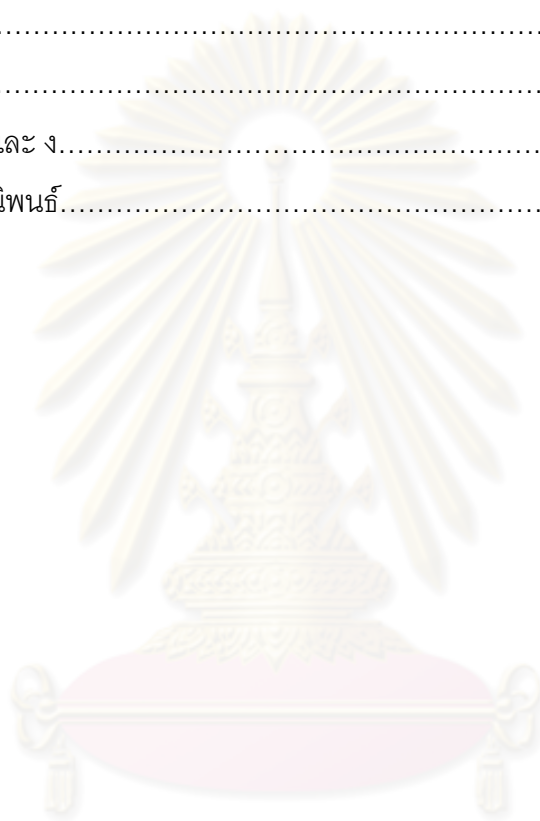
# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน.....	3
1.6 ตารางการดำเนินงาน.....	4
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 แนวคิดซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma).....	5
2.2 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools).....	6
2.3 ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment).....	8
2.4 ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment).....	9
2.5 ความขรุขระของพื้นผิว (Surface Roughness).....	10
2.6 การสร้างกราฟเส้นตรงจากข้อมูลโดยวิธีหาค่าเฉลี่ย.....	11
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	16
3.1 การดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา.....	16
4. การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์.....	21
4.1 การเก็บข้อมูล.....	21
4.1.1 ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ.....	21

4.1.2 ปัญหากระจกปรับสะอาด.....	22
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	24
4.2.1 ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ.....	24
4.2.1.1 การวัดเพื่อสำรวจสภาพปัจจุบัน (Measure).....	24
4.2.1.2 การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริง (Analyze).....	36
4.2.2 ปัญหากระจกปรับสะอาด.....	43
4.2.2.1 การวัดเพื่อสำรวจสภาพปัจจุบัน (Measure).....	43
4.2.2.2 การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริง (Analyze).....	54
4.3 ผลการวิเคราะห์.....	61
4.3.1 ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ.....	61
4.3.2 ปัญหากระจกปรับสะอาด.....	61
4.4 การแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการ (Improve) .....	61
4.4.1 ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ.....	61
4.4.2 ปัญหากระจกปรับสะอาด.....	62
4.5 ผลหลังการแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการ (Improve) .....	63
4.5.1 ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ.....	63
4.5.1.1 การตรวจสอบสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ใหม่ (Insert Mold) .....	65
4.5.1.2 การทดลองพารามิเตอร์ในการฉีด.....	65
4.5.1.3 การทดลองวัดระดับเสียงจากกระจกมองข้างรถยนต์....	69
4.5.2 ปัญหากระจกปรับสะอาด.....	70
4.5.2.1 การตรวจสอบสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ใหม่ (Insert Mold) .....	72
4.5.2.2 การทดลองพารามิเตอร์ในการฉีด.....	72
4.5.2.3 การทดลองตรวจสอบการปรับกระจกมองข้างรถยนต์....	76
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	77



บทที่	หน้า
5.1 ผลหลังการแก้ไขและป้องกันปัญหา.....	79
5.2 ผลเปรียบเทียบก่อนและหลังการแก้ไข.....	80
5.3 สรุปผลการวิจัย.....	80
5.4 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ.....	82
รายการอ้างอิง.....	84
ภาคผนวก ก.....	86
ภาคผนวก ข, ค และ ง.....	95
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	96



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ผลการดำเนินงานด้านคุณภาพของบริษัทในปี พ.ศ.2551 ที่ยังไม่ได้ตามเป้าหมาย.....	16
3.2	จำนวนของเสียรวมจากการตรวจสอบพบกระจกมองข้างรถยนต์ที่ไม่ได้มาตรฐานโดยแผนก QC ในกรณีที่เกิดของเสียขึ้นในกระบวนการภายใน (Inhouse Defect) และจากลูกค้าปฏิเสธสินค้า (Customer Claim) ในปี 2551.....	17
3.3	จำนวนชิ้นงานเสียที่สุ่มตรวจสอบของแต่ละปัญหา.....	19
3.4	จำนวนกระจกมองข้างรถยนต์ที่ต้องทำการประกอบในการทดลอง.....	20
4.1	สาเหตุที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดและการหลุดของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติจากการระดมสมอง.....	26
4.2	สรุปสาเหตุที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงในการเกิด (a) และการหลุด (b) ของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติสำรวจการดำเนินงานในปัจจุบันของกระบวนการต่าง ๆ ภายในบริษัทกรณีศึกษา.....	30
4.3	สรุปผลการตรวจสอบชิ้นส่วนภายใน Actuator ของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติจาก (a) กระจกมองข้างรถยนต์ที่เสีย (b) กระจกมองข้างรถยนต์ที่ดี.....	34
4.4	ผลการทดลองจากการประกอบ Worm Cavity 2 ที่ (a) เกลียวมีพื้นผิวขรุขระกับชิ้นส่วนอื่นที่เป็นชิ้นงานดี และ (b) เกลียวมีพื้นผิวเรียบกับชิ้นส่วนอื่นที่เป็นชิ้นงานดี.....	35
4.5	สาเหตุที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดและการหลุดของปัญหากระจกปรับสะดุด.....	45
4.6	สรุปสาเหตุที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงในการเกิด (a) และการหลุด (b) ของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติสำรวจการดำเนินงานในปัจจุบันของกระบวนการต่าง ๆ ภายในบริษัทกรณีศึกษา.....	48
4.7	สรุปผลการตรวจสอบชิ้นส่วนภายใน Actuator ของปัญหากระจกปรับสะดุดจาก (a) กระจกมองข้างรถยนต์ที่เสีย (b) กระจกมองข้างรถยนต์ที่ดี.....	52

4.8	ผลการทดลองจากการประกอบ Nut Adjust Cavity 2 ที่ (a) เกลียวมีพื้นผิว ขรุขระกับชิ้นส่วนอื่นที่เป็นชิ้นงานดี และ (b) เกลียวมีพื้นผิวเรียบกับชิ้นส่วนอื่นที่ เป็นชิ้นงานดี.....	53
4.9	แนวทางในการแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการ (Improve) ของสาเหตุการเกิด ของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ.....	62
4.10	แนวทางในการแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการ (Improve) ของสาเหตุการเกิด ของปัญหากระจกปรับสะดวก.....	62
5.1	จำนวนของเสียรวมของกระจกมองข้างรถยนต์ที่เกิดจากกระบวนการภายใน (Inhouse Defect) และลูกค้าปฏิเสธสินค้า (Customer Claim) ของปัญหา กระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ และปัญหากระจกปรับสะดวกก่อนและหลังการ แก้ไข.....	79

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	เครื่องสไตลัส อินสตรูเมนต์ (Stylus Instrument) หรือเครื่องวัดความขรุขระของพื้นผิว.....	11
3.1	Pareto diagram ต้นทุนของเสียรวมที่เกิดปัญหาของโมเดล A ในปี 2551.....	18
3.2	ทิศทางการปรับระจกมองข้างรถยนต์.....	18
4.1	จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการ (Inhouse Defect) ลูกค้าพิเศษ สินค้า (Customer Defect) และจำนวนของเสียรวมที่เกิดขึ้นในเดือน พฤศจิกายนปี 2551 - เดือนมิถุนายน ปี 2552.....	22
4.2	จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการ (Inhouse Defect) ลูกค้าพิเศษ สินค้า (Customer Defect) และจำนวนของเสียรวมที่เกิดขึ้นในเดือน พฤศจิกายนปี 2551 - เดือนมิถุนายน ปี 2552.....	23
4.3	แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ของปัญหาการจกปรับเสียดัง/เสียด ผิดปกติ.....	25
4.4	แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ของชิ้นส่วนภายในของ Actuator เสียหายของปัญหาการจกปรับเสียดัง/เสียดผิดปกติ.....	31
4.5	ลักษณะทางกายภาพของชิ้นส่วน Worm ในระจกมองข้างรถยนต์ที่เสีย (a) Cavity 1 (b) Cavity 2 และดี (c) Cavity 1 (d) Cavity 2 ที่กำลังขยาย 50 เท่า...	32
4.6	กราฟความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ที่ได้จากกลุ่มชิ้นงานเสียที่มีระดับเสียด 66-70 เดซิเบล และกลุ่มชิ้นงานดีที่มีระดับเสียด 60-65 เดซิเบลของปัญหา การจกปรับเสียดัง/เสียดผิดปกติ.....	33
4.7	แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ของสภาวะการฉีด (Injection Condition) ไม่เสียดของปัญหาการจกปรับเสียดัง/เสียดผิดปกติ.....	37
4.8	กราฟผลการสุ่มตรวจสอบปัจจัยในการฉีดที่จอมอเตอร์ของเครื่องฉีดของ ปัญหาการจกปรับเสียดัง/เสียดผิดปกติก่อนการแก้ไข (a) ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P), ความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S) และ (c) อุณหภูมิของ Heater (Temperature, T).....	39

4.9	สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) (a) 200 kg/cm <sup>2</sup> (b) 210 kg/cm <sup>2</sup> (c) 230 kg/cm <sup>2</sup> และ (d) 250 kg/cm <sup>2</sup> .....	40
4.10	สภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) ของชิ้นส่วน Worm โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า (a) Cavity 1 (b) Cavity 2.....	41
4.11	สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Worm Cavity 1 โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) (a) 200 kg/cm <sup>2</sup> (b) 210 kg/cm <sup>2</sup> (c) 230 kg/cm <sup>2</sup> และ (d) 250 kg/cm <sup>2</sup> .....	42
4.12	แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ของปัญหาการจกปรับสมดุล.....	44
4.13	แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ของชิ้นส่วนภายในของ Actuator เสียหายของปัญหาการจกปรับสมดุล.....	49
4.14	ลักษณะทางกายภาพของชิ้นส่วน Worm ในระจกมองข้างรถยนต์ที่เสีย (a) Cavity 1 (b) Cavity 2 และดี (c) Cavity 1 (d) Cavity 2 ที่กำลังขยาย 50 เท่า...	50
4.15	กราฟความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ที่ได้จากกลุ่มชิ้นงานเสียและกลุ่มชิ้นงานดีของปัญหาการจกปรับสมดุล.....	51
4.16	แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ของสภาวะการฉีด (Injection Condition) ไม่เสถียรของปัญหาการจกปรับสมดุล.....	55
4.17	กราฟผลการสุ่มตรวจสอบปัจจัยในการฉีดที่จกมอเตอร์ของเครื่องฉีดของปัญหาการจกปรับสมดุลก่อนการแก้ไข (a) ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P), ความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S) และ (c) อุณหภูมิของ Heater (Temperature, T).....	57
4.18	สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) (a) 200 kg/cm <sup>2</sup> (b) 210 kg/cm <sup>2</sup> (c) 230 kg/cm <sup>2</sup> และ (d) 250 kg/cm <sup>2</sup> .....	58
4.19	สภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) ของชิ้นส่วน Nut Adjust โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า (a) Cavity 1 (b) Cavity 2.....	59

4.20	สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 1 โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) (a) 200 kg/cm <sup>2</sup> (b) 210 kg/cm <sup>2</sup> (c) 230 kg/cm <sup>2</sup> และ (d) 250 kg/cm <sup>2</sup> .....	60
4.21	กราฟผลการสุ่มตรวจสอบปัจจัยในการฉีดที่จอมอนิเตอร์ของเครื่องฉีดของ ปัญหากระจกปรับเสียดัง/เสียดผิดปกติหลังการแก้ไข (a) ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P), ความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S) และ (c) อุณหภูมิของ Heater (Temperature, T).....	65
4.22	สภาพพื้นผิวแม่พิมพ์ (Insert Mold) ใหม่ของชิ้นส่วน Worm Cavity 2.....	65
4.23	สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) (a) 210 kg/cm <sup>2</sup> (b) 220 kg/cm <sup>2</sup> (c) 230 kg/cm <sup>2</sup> (d) 240 kg/cm <sup>2</sup> (e) 250 kg/cm <sup>2</sup> และ (f) 260 kg/cm <sup>2</sup> .....	67
4.24	กราฟและค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 ที่ ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 210 kg/cm <sup>2</sup> , 220 kg/cm <sup>2</sup> , 230 kg/cm <sup>2</sup> , 240 kg/cm <sup>2</sup> , 250 kg/cm <sup>2</sup> และ 260 kg/cm <sup>2</sup> .....	67
4.25	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) และ ความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ปัญหากระจกปรับเสียดัง/เสียดปกติ.....	68
4.26	ระดับเสียงของกระจกมองข้างรถยนต์.....	69
4.27	กราฟผลการสุ่มตรวจสอบปัจจัยในการฉีดที่จอมอนิเตอร์ของเครื่องฉีดของ ปัญหากระจกปรับเสียดหลังการแก้ไข (a) ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P), ความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S) และ (c) อุณหภูมิของ Heater (Temperature, T).....	72
4.28	สภาพพื้นผิวแม่พิมพ์ (Insert Mold) ใหม่ของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2.....	72
4.29	สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) (a) 210 kg/cm <sup>2</sup> (b) 220 kg/cm <sup>2</sup> (c) 230 kg/cm <sup>2</sup> (d) 240 kg/cm <sup>2</sup> (e) 250 kg/cm <sup>2</sup> และ (f) 260 kg/cm <sup>2</sup> .....	74

4.30	กราฟและค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 210 kg/cm <sup>2</sup> , 220 kg/cm <sup>2</sup> , 230 kg/cm <sup>2</sup> , 240 kg/cm <sup>2</sup> , 250 kg/cm <sup>2</sup> และ 260 kg/cm <sup>2</sup> .....	74
4.31	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) และความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ปัญหากระจกปรับสมดุล.....	75
5.1	กราฟจำนวนของเสียของปัญหากระจกปรับเสียดัง/เสียดผิดปกติ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ปี 2552 ถึงเดือนเมษายน ปี 2553.....	77
5.2	กราฟเปอร์เซ็นต์ของเสียของปัญหากระจกปรับเสียดัง/เสียดผิดปกติ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ปี 2552 ถึงเดือนเมษายน ปี 2553.....	78
5.3	กราฟจำนวนของเสียของปัญหากระจกปรับสมดุล ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ปี 2552 ถึงเดือนเมษายน ปี 2553.....	78
5.4	กราฟเปอร์เซ็นต์ของเสียของปัญหากระจกปรับสมดุล ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ปี 2552 ถึงเดือนเมษายน ปี 2553.....	79
5.5	จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของเสียรวมของปัญหากระจกมองข้างรถยนต์ก่อนและหลังการแก้ไขปัญหา.....	80

## บทที่ 1

### บทนำ

การทำกระจกมองข้างรถยนต์ (Door Mirror) นั้นสามารถทำได้โดยการนำชิ้นส่วน (Component Parts) มาประกอบกันเป็นชิ้นงาน Sub-assembly และประกอบกันจนกระทั่งเป็นกระจกมองข้าง ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านั้นสามารถรับเข้ามาเพื่อประกอบได้จาก 2 ทางนั่นคือ รับจาก Supplier และผลิตเอง โดยมีการสุ่มตรวจสอบตาม Sampling Plan สำหรับชิ้นส่วนที่รับมาจาก Supplier ที่มีการรับเข้าที่จุดรับของ (Receiving Area) ซึ่งถ้าหากชิ้นส่วนเป็นชิ้นส่วนที่ทางบริษัทผลิตขึ้นเอง เช่น ชิ้นงานพลาสติกต่าง ๆ พนักงานจะตรวจสอบ 100% หรือตาม Sampling Plan เช่นเดียวกัน เมื่อพบของเสียก็จะส่งกลับคืน (Reject) ไปยัง Supplier หรือแผนกที่ผลิตชิ้นส่วน นั้น ๆ ต่อมาจะกำจัดทิ้งหรือซ่อมแซมหากชิ้นส่วนนั้นสามารถซ่อมแซมได้ หลังจากนั้นก็จะนำชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าสายการประกอบ และมีการตรวจสอบเป็นขั้น ๆ ไป จนกระทั่งเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปซึ่งมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่ลูกค้ากำหนดและพร้อมที่จะส่งลูกค้าต่อไป

จากการที่กล่าวมาแล้วข้างต้น คุณภาพของการผลิตกระจกมองข้างนั้นมาจากหลายส่วนด้วยกัน ซึ่งนั่นคือขึ้นอยู่กับคุณภาพชิ้นส่วนจาก Supplier และคุณภาพชิ้นส่วนที่บริษัทผลิตเอง โดยในกระบวนการต่าง ๆ เช่น การผลิตชิ้นส่วนของทาง Supplier การขนส่ง การผลิตชิ้นส่วนของทางบริษัทเอง การประกอบ การตรวจสอบต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งหากกระบวนการเหล่านั้นเกิดข้อผิดพลาดและมีความผันแปรก็จะส่งผลให้ชิ้นส่วนที่ผลิตได้เกิดความเสียหาย ซึ่งอาจทำการซ่อมแซมแก้ไขได้หรือถ้าทำไม่ได้ก็ต้องทำลายทิ้ง ซึ่งไม่ว่าเกิดผลเสียด้านใดก็ทำให้ต้นทุนของบริษัทเพิ่มขึ้น และซ้ำร้ายกว่านั้น หากบริษัทไม่สามารถดักจับโดยการตรวจสอบผลิตภัณฑ์นั้น ๆ และลูกค้าพบชิ้นงานที่ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายที่รุนแรงตามมา เช่น ถูกลูกค้าปฏิเสธสินค้า ซึ่งทำให้สูญเสียต้นทุนแรงงานที่ต้องไปทำการซ่อมงานที่บริษัทลูกค้า และรวมถึงเสียเครดิตจากลูกค้า ซึ่งถือได้ว่าเป็นความเสียหายและความสูญเสียที่ร้ายแรงที่สุด เพราะการทำให้ลูกค้าไม่พอใจในสินค้าและเกิดความไม่เชื่อถือกับทางบริษัท ซึ่งสิ่งเหล่านี้นำมาสู่ยอดขายที่ลดลง จนกระทั่งลูกค้าเปลี่ยนไปซื้อผลิตภัณฑ์จากบริษัทอื่น การผลิตให้ได้สินค้าที่ดีนั้นสามารถทำได้โดยการควบคุมที่เข้มงวดขึ้น และนำเทคโนโลยี เครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพเข้ามาช่วยในการผลิต รวมถึงการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดปัญหา (Root Cause of Occurrence) และสาเหตุที่แท้จริงของการหลุดของชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพไปถึงลูกค้า (Root Cause of Outflow) ตลอดจนการแก้ไขและป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดซ้ำ การสร้างฐานข้อมูลในการวิเคราะห์ แนวทางในการแก้ไขและป้องกันปัญหา เป็นวิธีการที่ดี



ที่ทำให้บริษัทเกิดความรวดเร็วในการป้องกันปัญหาที่เกิดขึ้นกับกระจกมองข้างรถยนต์รุ่นต่าง ๆ ได้อย่างทันท่วงที ซึ่งมีความสำคัญต่อความอยู่รอดของบริษัทในปัจจุบัน

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในอดีตซึ่งยังไม่มีการพัฒนามากนัก รถยนต์และยวดยานพาหนะต่าง ๆ ก็มีเพียงไม่กี่บริษัทที่ผลิตและมีให้เห็นกันเพียงไม่กี่รุ่น ผู้ที่มีฐานะการเงินค่อนข้างดีเป็นเพียงคนกลุ่มหนึ่งซึ่งสามารถที่จะจับจองเป็นเจ้าของรถยนต์ดังกล่าวได้ สภาวะเช่นนี้จึงไม่เกิดการแข่งขันของบริษัทผู้ผลิตเท่าใดนัก จึงไม่ได้ตระหนักถึงต้นทุนในการผลิต แต่ในปัจจุบันโลกได้เข้าสู่ยุคโลกาภิวัตน์ซึ่งมีการพัฒนาในหลาย ๆ ด้าน จึงทำให้บริษัทต่าง ๆ แข่งขันกันทั้งด้านการออกแบบ รูปลักษณะผลิตภัณฑ์ ความน่าใช้ อรรถประโยชน์ จากการทำได้กล่าวมาแล้วนี้เป็นเพียงปัจจัยหนึ่ง ๆ ที่สามารถส่งเสริมการขาย และทำให้ผู้ซื้อหันมาสนใจในสินค้า ซึ่งทำให้เกิดกำไรในระดับหนึ่ง แต่สิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดกำไรที่เพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจนนั่นคือ การลดต้นทุนในการผลิตสินค้า ซึ่งบริษัทผู้ผลิตกระจกมองข้างรถยนต์ในปัจจุบันมีบริษัทมากมายทำธุรกิจประเภทเดียวกัน และมีการแข่งขันกันในเรื่องของการลดต้นทุนการผลิต ซึ่งการลดต้นทุนการผลิตนี้ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสินค้า สิ่งหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนการผลิตได้นั้นคือ ต้องมีการลดของเสียที่เกิดขึ้นทั้งจากลูกค้ำปฏิเสธสินค้าและกระบวนการผลิตภายใน ซึ่งบริษัทกรณีศึกษามีจำนวนของเสียที่เกิดจากลูกค้ำปฏิเสธสินค้าและจากภายในกระบวนการรวมทั้งสิ้น 9,187 ชิ้น คิดเป็นต้นทุนการซ่อมแซมรวมประมาณ 4,365,962 บาท ซึ่งสร้างความเสียหายให้กับบริษัทเป็นอย่างมากดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์ถึงปัญหาที่ทำให้เกิดความเสียหายสูงสุด เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงและหาแนวทางการแก้ไขและป้องกันปัญหาเหล่านั้นเพื่อไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำอีก โดยใช้หลักการและเครื่องมือในการวิเคราะห์ เช่น Six Sigma, DOE, QC 7 Tools เป็นต้น

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาการปรับกระจกที่เกิดขึ้นในกระบวนการภายในและจากลูกค้ำ ที่ส่งผลกระทบต่อบริษัทกรณีศึกษามากที่สุด
2. เพื่อลดของเสียจากกระบวนการภายในและจากลูกค้ำของบริษัทกรณีศึกษา ในกรณีของปัญหาการปรับกระจก

### 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาปัญหางานเคลม (หมายถึง ของเสียที่ถูกปฏิเสธ) และต้นทุนของเสียที่เกิดจากการเคลมทั้งที่เกิดจากกระบวนการภายในและจากลูกค้า ของกระจกมองข้างรถยนต์บริษัทกรณีศึกษา ในกรณีของปัญหาการปรับกระจกเท่านั้น โดยครอบคลุมตั้งแต่การวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดปัญหาและสาเหตุที่แท้จริงของการหลุดของปัญหาไปถึงลูกค้า และวิธีแนวทางในการแก้ไข ป้องกันปัญหาที่ก่อให้เกิดความเสียหาย

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงวิธีการ แนวทางในการแก้ไขและป้องกันปัญหาในกรณีของปัญหา ฟังก์ชันการปรับกระจกกับกระจกมองข้างรถยนต์รุ่นอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน
2. เพื่อเป็นฐานข้อมูล (Database) สำหรับนำไปแก้ไขและป้องกันปัญหากระจกมองข้างรถยนต์รุ่นอื่น ๆ

### 1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาโครงสร้างต้นทุนของผลิตภัณฑ์กระจกมองข้างรถยนต์ และค่าใช้จ่าย รวมถึงความสูญเสียต่าง ๆ ที่เกิดจากการปฏิเสธสินค้า ทั้งจากกระบวนการภายในและลูกค้า ในกรณีของปัญหาการปรับกระจก
3. ศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง (Root Cause) ในการเกิดปัญหา สาเหตุที่แท้จริงในการหลุดของปัญหาไปถึงลูกค้า วิธีการแนวทางในการแก้ไขและป้องกัน ปัญหางานเคลมจากลูกค้า ในกรณีของปัญหาการปรับกระจกที่มีต้นทุนการซ่อมแซมชิ้นงานมากเป็น 80% ของต้นทุนการซ่อมแซมชิ้นงานรวม
4. ประเมินผลที่ได้จากการดำเนินการ
5. สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ
6. จัดทำรูปเล่มรายงานวิทยานิพนธ์

1.6 ตารางการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี 2552						ปี 2553					
	ก.ค.	ค.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค	มิ.ย.
1. ศึกษาและวิจัยและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	■											
2. ศึกษาโครงสร้างต้นทุนของผลิตภัณฑ์กระฉอมเอชซีทีทั้งหมด และค่าใช้จ่ายรวมถึงความสูญเสียต่างๆ ที่เกิดจากการปฏิเสธสินค้า ทั้งจากกระบวนการภายในและลูกค้า ในกรณีของปัญหาการรับกระฉอก	■											
3. ศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง (Root Cause) ในกรณีเกิดปัญหา สาเหตุที่แท้จริงในการหลุดของปัญหาไปถึงลูกค้า วิธีการแนวทางในการแก้ไขและป้องกันปัญหางานเคลมจากลูกค้า ในกรณีของปัญหาการรับกระฉอกที่ต้นทุนการซ่อมแซมชิ้นงานมากเป็น 80% ของต้นทุนการซ่อมแซมชิ้นงานรวม			■									
4. ประเมินผลที่ได้จากการดำเนินงาน										■		
5. สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ											■	
6. จัดทำสรุปเล่มรายงานวิทยานิพนธ์												■

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้แก่ทฤษฎีพื้นฐานด้าน ต้นทุน, แนวคิด Six Sigma, เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools), ทฤษฎีการออกแบบการ ทดลอง (Design of Experiment Theory) ความขรุขระของพื้นผิว (Surface Roughness) กระบวนการฉีดพลาสติก (Injection Process) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แนวคิดซิกมา ซิกมา (Six Sigma)

Six Sigma คือ กระบวนการเพื่อลดความผิดพลาด (Defect) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ต่าง ๆ โดยให้มีความสูญเสียได้ไม่เกิน 3.4 หน่วยในล้านหน่วย

##### หลักการหรือแนวคิดของ Six Sigma

1. ทุกสิ่งคือกระบวนการ
2. กระบวนการมีการแปรปรวน (Variation) อยู่ตลอดเวลา
3. การนำเอาข้อมูลมาวิเคราะห์นำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้น

##### ขั้นตอนการทำงานของ Six Sigma (Six Sigma Methodology)

มีวิธีการอยู่ 5 ขั้นตอนคือ DMAIC (ดี-เม-อิก) ได้แก่

1. D = Define การกำหนดปัญหาและเป้าหมายอย่างชัดเจน ว่าอะไร ส่วนไหน ที่ จำเป็นต้องปรับปรุงและจะปรับปรุงให้ถึงระดับไหน
2. M = Measure การวัด เป็นสิ่งจำเป็นที่จะทำให้เข้าใจสภาพของระบบและ กระบวนการที่มี หรือใช้อยู่ในปัจจุบัน ในขณะที่เดียวกันการที่จะวัดจำเป็นจะต้องมี ความเข้าใจว่าจะวัดอะไร วัดอย่างไร วัดที่ไหนและวัดเมื่อไหร่ จึงจะเป็นประโยชน์ ต่อการวิเคราะห์ หลังจากที่ได้กำหนดประเด็นปัญหาไว้อย่างชัดเจน
3. A = Analyze การวิเคราะห์ เป็นการเอาข้อมูลทางตัวเลขที่ได้จากการวัดมา วิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุในการที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน และการ เปลี่ยนแปลงแบบหลากหลาย (Variability) ในกระบวนการ และการทดสอบ สมมุติฐานเพื่อหาทางขจัดปัญหา

4. I = Improve การพัฒนาหรือการปรับปรุงสมรรถนะและประสิทธิภาพของกระบวนการ เป็นการแสวงหาและพัฒนาวิธีที่จะนำมาขจัดปัญหา รวมไปถึงการสร้างระเบียบและแผนผังของการจัดการเพื่อลดปัญหา
5. C = Control การควบคุม เป็นการพยายามที่จะควบคุมรักษาระดับสมรรถนะของกระบวนการที่ได้รับการปรับปรุงแล้วให้คงอยู่ในระดับที่น่าพอใจตลอดไป

## 2.2 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools)

เครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพในกระบวนการทำงาน ซึ่งช่วยศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา การเลือกปัญหา การสำรวจสภาพปัจจุบันของปัญหา การค้นหาและวิเคราะห์สาเหตุแห่งปัญหาที่แท้จริงเพื่อการแก้ไขได้ถูกต้องตลอดจนช่วยในการจัดทำมาตรฐานและควบคุมติดตามผลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในที่นี้จะขอเสนอเครื่องมือคุณภาพบางชนิดที่ใช้ในงานวิจัยนี้เท่านั้น

### 1. แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet)

คือ แบบฟอร์มที่มีการออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่จะทำการบันทึกวัตถุประสงค์ของการออกแบบฟอร์มในการเก็บข้อมูล

- เพื่อควบคุมและติดตาม (Monitoring) ผลการดำเนินการผลิต
- เพื่อการตรวจสอบ
- เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของความไม่สอดคล้อง

Customers in Party	Count
1	
2	
3	
4	
5	
6	
>6	

### 2. แผนผังพาเรโต (Pareto Diagram)

เป็นแผนภูมิที่ใช้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของความบกพร่องกับปริมาณความสูญเสีย

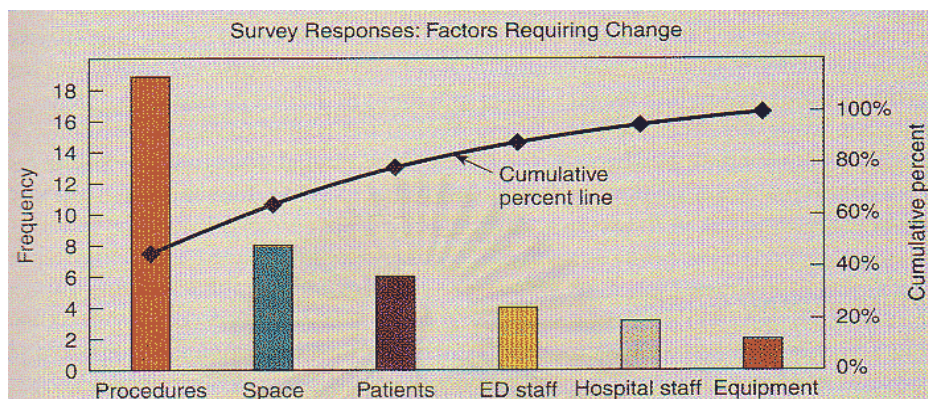
การใช้แผนผังพาเรโต

- เมื่อต้องการกำหนดสาเหตุที่สำคัญ (Critical Factor) ของปัญหาเพื่อแยก

ออกมาจากสาเหตุอื่น ๆ

- เมื่อต้องการยืนยันผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการแก้ปัญหา โดยเปรียบเทียบก่อนทำ

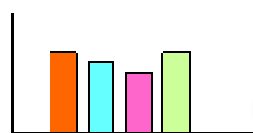
และหลังทำ



### 3. กราฟ (Graph)

คือ แผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขหรือข้อมูลทางสถิติที่ใช้ เมื่อต้องการนำเสนอข้อมูล และวิเคราะห์ผลของข้อมูล เช่น กราฟแท่ง

ประเภทของกราฟ ลักษณะเฉพาะ



กราฟแท่ง

- ใช้เมื่อมีข้อมูลมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ข้อมูล โดยใช้ในการเปรียบเทียบที่พื้นที่ของกราฟ
- ไม่เหมาะสมที่จะใช้ดูแนวโน้มในระยะยาว แต่เหมาะสมสำหรับข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา

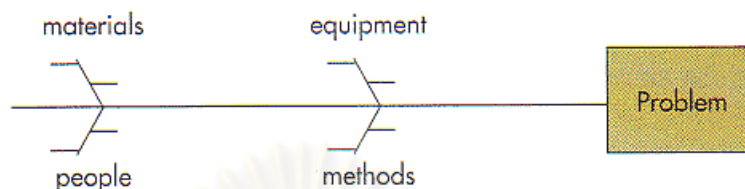
### 4. แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause & Effect Diagram)

คือ แผนผังแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างผล กับปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุที่เกี่ยวข้อง

การใช้แผนผังสาเหตุและผล

- เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา
- เมื่อต้องการทำการศึกษา ทำความเข้าใจกับกระบวนการอื่น หรือกระบวนการของแผนกอื่น
- เมื่อต้องการให้ระดมสมอง ซึ่งจะช่วยให้ทุกคนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่ม ซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา

### Cause-and-effect diagram



### 5. แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

คือ แผนภูมิที่มีการเขียนขอบเขตที่ยอมรับได้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการ โดยการติดตามและตรวจจับข้อมูลที่อยู่นอกขอบเขต

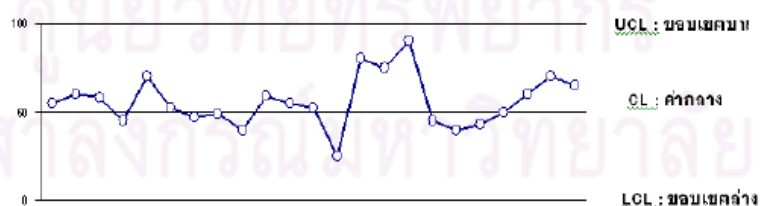
#### ชนิดของแผนภูมิควบคุม

แผนภูมิที่ชนิดของข้อมูลเป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง, หน่วยวัด (Continuous Data)

- X-R Chart ข้อมูลต่อเนื่องที่มีการจัดกลุ่ม หาพิสัยในกลุ่มได้
- X Chart ข้อมูลต่อเนื่องที่ไม่มีการจัดกลุ่ม หาพิสัยกลุ่มไม่ได้

แผนภูมิที่ชนิดของข้อมูลเป็นข้อมูลแบบช่วง, หน่วยนับ (Discrete Data)

- PN Chart ข้อมูลจำนวนของเสีย เมื่อขนาดแต่ละกลุ่มเท่ากัน
- P Chart ข้อมูลสัดส่วนของเสีย เมื่อขนาดแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน
- C Chart ข้อมูลจำนวนตำหนิบนผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเท่ากัน
- U Chart ข้อมูลจำนวนตำหนิบนผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดไม่เท่ากัน



### 2.3 ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment Theory)

#### 1. การออกแบบการทดลองคืออะไร

การออกแบบการทดลองเป็นวิธีการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพโดยการเปลี่ยนแปลงหรือปรับค่าของ Input อย่างมีจุดมุ่งหมายที่จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ Output (Response) ที่เกิดขึ้น

## 2. จุดมุ่งหมายของการออกแบบการวิจัย

2.1 เพื่อให้ได้คำตอบของคำถามวิจัยที่ถูกต้อง เทียบตรงเชื่อถือได้ เป็นปรนัย และประหยัดให้มากที่สุด

2.2 เพื่อควบคุมความแปรปรวนของตัวแปรในการวิจัย

## 3. องค์ประกอบของการออกแบบการวิจัย

การออกแบบการวิจัยที่มีประสิทธิภาพมุ่งที่จะให้ได้ผลการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์ของโครงการอย่างเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือ ซึ่งมีองค์ประกอบของการออกแบบการวิจัยที่สำคัญมี 3 ประการคือ การออกแบบการวัดตัวแปร (Measurement Design) การออกแบบการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Design) และการออกแบบการวิเคราะห์ข้อมูล (Statistical Design)

3.1 การออกแบบการวัดตัวแปร ประกอบด้วยการวางแผนกำหนดวิธีการวัดหรือพัฒนาเครื่องมือวัดตัวแปร โดยมีกิจกรรมสำคัญดังนี้

- 1) กำหนดวัตถุประสงค์ของการวัดให้ครอบคลุมและชัดเจน
- 2) ระบุโครงสร้างและความหมายของตัวแปรที่ต้องการวัดให้ชัดเจน
- 3) กำหนดมาตราวัด (Scale) และสร้างเครื่องมือวัดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวัดและตัวแปรที่ต้องการจะวัด
- 4) ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในด้านความตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (reliability)
- 5) กำหนดวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยระบุวิธีการ ช่วงระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 6) กำหนดรูปแบบและวิธีวัดค่า หรือควบคุมตัวแปรเกิน ซึ่งอาจใช้วิธีการจัดสมาชิกเข้ากลุ่มโดยการสุ่ม (Random Assignment) การนำตัวแปรเกินมาใช้เป็นตัวแปรอิสระ การจัดสภาพการณ์นั้นให้คงที่เพื่อขจัดอิทธิพลของตัวแปรเกิน และการควบคุมตัวแปรเกินด้วยวิธีการทางสถิติ

3.2 การออกแบบการสุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วยการวางแผนกิจกรรมสำคัญดังนี้

- 1) การกำหนดรูปแบบและวิธีการสุ่มตัวอย่าง โดยการจัดทำกรอบการสุ่มที่สมบูรณ์ และเลือกวิธีการสุ่มตัวอย่างที่ทำให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร ซึ่งจะต้องเปิดโอกาสให้ทุกหน่วยของประชากรมีโอกาสที่จะได้รับการคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างเท่า ๆ กัน



2) การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม โดยใช้หลักการทางทฤษฎี ซึ่งพิจารณาจากสูตรคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม และหลักการทางปฏิบัติซึ่งพิจารณาถึงทรัพยากรที่มีอยู่ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมเป็นขนาดที่พอดีระหว่างหลักการทางทฤษฎีและหลักการทางปฏิบัติ

3.3 การออกแบบการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งกิจกรรมที่ผู้จัดทำโครงการต้องวางแผนเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย

1) การเลือกใช้สถิติที่สอดคล้องกับคำถามการวิจัย และเหมาะสมกับมาตรวัดตัวแปร (Scale) และวัตถุประสงค์ของการวิจัย รวมทั้งการวิเคราะห์และบรรยายข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่ถูกต้อง

2) การเลือกใช้สถิติเชิงสรุปอ้างอิงที่เหมาะสมกับข้อตกลงเบื้องต้น (Basic Assumption) และวัตถุประสงค์ของการวิจัย รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

## 2.4 ความขรุขระของพื้นผิว (Surface Roughness)

ความหมายของพื้นผิว ผิวสัมผัส เป็นลักษณะพื้นผิวของรูปร่างหรือรูปทรงต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะเฉพาะและแตกต่างกันไป มีทั้งผิวละเอียด ผิวหยาบ ผิวขรุขระ หรือผิวมัน

พื้นผิว หมายถึง บริเวณผิวนอกของสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏให้เห็น รับรู้ได้ด้วยการสัมผัสทางตาและกายสัมผัส ก่อให้เกิดความรู้สึกในลักษณะต่างๆ กัน เช่น หยาบ ละเอียด มันวาว ด้าน และขรุขระ

วิธีการวัดความหยาบมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน แต่สำหรับการวัดที่ต้องการความถูกต้องสูงสามารถทำได้โดยใช้เครื่องสไตลัส อินสทรูเมนต์ (Stylus Instrument) หรือเครื่องวัดความขรุขระของพื้นผิว ซึ่งประกอบด้วยหัววัดที่ต่อกับตัวแปลงสัญญาณ (Transducer) ลากไปบนผิวชิ้นงาน ซึ่งสัญญาณเชิงกลจะถูกแปลงสัญญาณไฟฟ้าแล้วนำไปคำนวณเป็นค่าความหยาบ เพื่อให้การวัดได้มาตรฐานและสามารถสอบกลับได้ ดังรูปที่ 2.1 เครื่อง Stylus Instrument จำเป็นต้องมีการสอบเทียบ และสามารถทำได้โดยใช้ความหยาบมาตรฐานแบบขั้น (Step Height Standard) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่มีความสูงที่แน่นอน



รูปที่ 2.1 เครื่องสไตลัส อินสทรูเมนต์ (Stylus Instrument) หรือเครื่องวัดความขรุขระของพื้นผิว

โดยการคำนวณออกมาเป็นค่าความหยาบ หรือค่าความขรุขระนั้นจะออกมาในรูปค่าความขรุขระเฉลี่ย ซึ่งได้แก่ Ra และ Rz ซึ่ง Ra จะนิยมใช้กันในแถบอเมริกาและญี่ปุ่น ในขณะที่เดียวกัน Rz จะนิยมใช้กันในทวีปยุโรป

Ra หมายถึง ค่าความหยาบผิว ซึ่งหาได้จากการรวมพื้นที่ยอดคลื่นเหนือเส้นกึ่งกลางกับพื้นที่ใต้อคลื่นใต้เส้นกึ่งกลางหารด้วยความยาว l ค่าของ Ra มีหน่วยเป็น micron

Rz หมายถึง ค่าความหยาบผิว ซึ่งหาได้จากการวัดทดสอบเป็นช่วงเท่า ๆ กัน 5 ช่วง แล้วนำค่าที่ได้มารวมกันหารด้วย 5 ค่าของ Rz มีหน่วยเป็น micron

## 2.5 การสร้างกราฟเส้นตรงจากข้อมูลโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ย

เนื่องจากมีบางข้อมูลที่เมื่อพล็อตลงในกราฟสองตัวแปร โดยให้แกน y เป็นแกนตั้งและแกน x เป็นแกนนอน จุดที่พล็อตนั้นเป็นกลุ่มข้อมูลที่เป็นเส้นตรง ซึ่งมีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกัน แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แปรผันแบบตามกันและแบบผกผัน แต่เส้นตรงที่ลากนั้น อาจไม่ผ่านจุดที่พล็อตทั้งหมด ซึ่งจะมีความผิดพลาดในการหาค่าความชัน (m) และค่าคงที่ (C) ดังนั้นจึงใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปรดังกล่าว ได้ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

พิจารณาจากคู่ลำดับใด ๆ  $x_n$  และ  $y_n$  ที่ได้จากการทดลอง ถ้าความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการ

$$y = mx + C$$

และถ้าจุด  $(x_n, y_n)$  อยู่บนเส้นตรง ดังนั้นความสัมพันธ์จะเป็นไปตามสมการ

$$y_n - mx_n - C = 0$$

หากถ้าจุด  $(x_n, y_n)$  ไม่อยู่บนเส้นตรงของสมการ สิ่งที่ได้ คือ

$$y_n - mx_n - C = r_n$$

เมื่อ  $r_n$  คือ ส่วนต่างที่เกิดขึ้น เรียกว่า residual

ค่าของ residual นี้คือ ค่าที่อยู่ในแนวตั้ง จากจุดที่พล็อตถึงเส้น ดังนั้น ค่านี้จึงเป็นได้ทั้งค่าลบหรือบวก ขึ้นอยู่กับตำแหน่งจุดที่พล็อตกับเส้น โดยถ้าจุดอยู่บนเส้นค่า  $r$  จะมีค่าเป็น 0 หรือถ้ามีจุด  $n$  จุดเขียนได้เป็น

$$y_1 - mx_1 - C - y_2 - mx_2 - C + \dots + y_n - mx_n - C = 0$$

เขียนสมการใหม่เป็น

$$(y_1 + y_2 + \dots + y_n) - m(x_1 + x_2 + \dots + x_n) - nC = 0$$

หรือ

$$(\text{ผลบวกของค่า } y) - m(\text{ผลบวกของค่า } x) - nC = 0$$

จากสมการนี้ทำให้หาค่า  $m$  และ  $C$  ไม่ได้เพราะมีตัวแปรไม่ทราบค่าในหนึ่งสมการสองตัวแปร เราจึงทำได้ด้วยการแบ่งข้อมูลกราฟเส้นตรงนี้ออกเป็นสองชุด เพื่อจะได้ 2 สมการ ดังตัวอย่าง

กลุ่มที่ 1		กลุ่มที่ 2	
x	y	x	y
0	5.0	4	1.8
1	4.4	5	1.6
2	3.6	6	1.1

3	3.2	7	0.1
6	16.2	22	4.6

ดังนั้นจึงนำมาเขียนสมการ เป็นสองสมการได้

$$16.2 - 6m - 4C = 0 \quad 4.6 - 22m - 4C = 0$$

$$\text{สิ่งที่ได้ คือ } m = -0.725$$

$$c = 5.14$$

$$\text{เมื่อเขียนเป็นสมการ } y = 0.725x + 5.14$$

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### ส่วนที่ 1 การลดของเสียในกระบวนการผลิตโดยใช้แนวคิด Six Sigma

การลดของเสียในกระบวนการผลิตเป็นสิ่งที่สามารถลดต้นทุนในการผลิตสินค้า

ดังเช่นงานวิจัยของ Satya S. Chakravorty (2009) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการนำ Six Sigma ไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพ ซึ่งได้นำเสนอทั้งหมด 6 ขั้นตอนด้วยกัน ได้แก่

ขั้นแรกเป็นการวิเคราะห์ถึงสมรรถนะในการขับเคลื่อนทางด้านกลยุทธ์ทางการตลาดและลูกค้า

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างทีมของ High-level และ Cross-function Team เพื่อที่จะขับเคลื่อนโครงการที่นำมาปรับปรุง

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการแสดงเครื่องมือที่นำมาใช้ในการปรับปรุงทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการศึกษาถึงกระบวนการที่ต้องทำการปรับปรุงโดยเลือกจากการจัดอันดับ

ขั้นตอนที่ 5 เป็นการพัฒนาโดยกล่าวถึงรายละเอียดในการปรับปรุง และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการนำแผนงานลงไปปฏิบัติจริง เช่นเดียวกับการศึกษาของ **ธีรพร เสนพพรหม (2550)** ซึ่งได้ทำการประยุกต์แนวคิด Six Sigma มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียจากข้อตำหนิประเภทรอยขีดข่วนของแม่แบบแก้วที่ใช้ในการผลิตเลนส์สายตาชนิดบางพิเศษ โดยดำเนินงานทั้งหมด 5 ขั้นตอน ได้แก่ การนิยามปัญหา ระยะเวลาวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของ จากนั้นระดมสมองเพื่อค้นหาปัจจัยที่อาจมีผลต่อการเกิดรอยขีดข่วนบนแม่แบบ และจัดลำดับของปัจจัยเหล่านั้น ต่อมาจึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสัดส่วนของเสีย ระยะเวลาปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ สุดท้ายคือระยะเวลาติดตามควบคุม และจัดทำแผนควบคุมโดยประยุกต์ใช้เครื่องมือคุณภาพที่เหมาะสมในการตรวจติดตาม

และควบคุม และ**ภาณุ ชุตเจือจิน (2550)** ที่ศึกษาการลดของเสียที่เกิดขึ้นจากการพันสีรองพื้น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการผลิตกล่องนาฬิกา โดยการปรับปรุงคุณภาพนี้จะใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ ได้แก่ การนิยามปัญหา การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การปรับปรุงกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการผลิต ซึ่งการใช้เครื่องมือทางสถิตินี้ก็เพื่อรองรับปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อกระบวนการ การประยุกต์การออกแบบการทดลองและหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นซ้ำอีก

นอกจากนี้งานวิจัยของ **นवलพรรณ ใจงาม (2543)** และ **ศิริวดี เอื้ออรุณโชติ (2543)** ที่ได้ศึกษาในกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นโดยอาศัยแนวคิด Six Sigma เช่นเดียวกัน โดยการศึกษาของ **นवलพรรณ ใจงาม (2543)** ได้ลดข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าจาก Six Sigma ระดับ 3.36 เป็น 3.91 และของ **ศิริวดี เอื้ออรุณโชติ (2543)** ที่ได้ทำการทดลองเพื่อหาสิ่งปนเปื้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียนสำหรับคอมพิวเตอร์ ซึ่งหลังการปรับปรุงพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของเสียคือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการทำ Bond ชนิดของแปรงที่ใช้ขัดชิ้นงานในกระบวนการ Prewash ระยะเวลาสำหรับอบชิ้นงานให้แห้ง และความสะอาดของ Chip Tray

หลังจากที่ได้ศึกษาเพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงและทำการแก้ไขปรับปรุงในกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียและลดต้นทุนการผลิตแล้ว สิ่งที่เป็นอย่างยิ่งคือระบบควบคุมคุณภาพทั่วทั้งองค์กร ซึ่งเป็นระบบที่ทำให้การผลิตสามารถดำเนินไปได้อย่างสม่ำเสมอและมีประสิทธิภาพ ดังเช่นงานวิจัยของ **ธนา รัตนเวทวงศ์ (2544)** ที่ได้ศึกษาและนำเสนอระบบควบคุมคุณภาพในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์จากโลหะแผ่น เพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไข เช่น เพิ่มโครงสร้างองค์กรทางด้านประกันคุณภาพ จัดทำรายละเอียดข้อกำหนดหน้าที่งาน สร้างระบบควบคุมคุณภาพ จัดทำคู่มือวิธีปฏิบัติงาน จัดทำแผนคุณภาพ เป็นต้น

ถ้าหากทำการปรับปรุงเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตได้อย่างมากมาย แต่กลับต้องเสียค่าใช้จ่ายไปกับระบบหลังการปรับปรุงที่มากเกินไป และอาจส่งผลเสียต่อองค์กรมากกว่าการลดของเสียเพียงระดับหนึ่งซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมและเกิดผลประโยชน์สูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากองค์กรแต่ละองค์กรมีทรัพยากรและต้นทุนที่จำกัด จึงจำเป็นต้องเลือกวิธีการและแนวทางในการปรับปรุงระบบให้เกิดประสิทธิภาพและสมดุลกับต้นทุนที่เสียไปให้มากที่สุด ดังเช่นงานวิจัยของ **U. Dinesh Kumar (2007)** ซึ่งได้นำเสนอโมเดล 2 ประเภท ได้แก่ การนำแนวคิด Six Sigma มาปรับปรุงกระบวนการเพื่อให้ได้ระดับคุณภาพสูงสุด ภายใต้ต้นทุนที่จำกัด และการนำเสนอแนวคิด

ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด นอกจากนี้ได้แสดงถึงบางสถานการณ์ที่แนวคิดนี้อาจจะไม่ทำให้ได้รับผลประโยชน์สูงสุด เนื่องจากเกิดการลงทุนที่มากเกินไป

## ส่วนที่ 2 การศึกษาความขรุขระของพื้นผิว (Surface Roughness)

การศึกษาความขรุขระของพื้นผิว (Surface Roughness) ซึ่งมีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับงานที่ต้องการความเรียบผิวสูง ดังเช่นงานวิจัยของ **วสันต์ พุกผาสุก และ อรรถกร เก่งพล (2551)** โดยนำหลักการซิกซ์ ซิกม่าเข้ามาประยุกต์ใช้ในการลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม ปัญหาเม็ดบนพื้นผิวชิ้นงานซึ่งมีการศึกษาเกี่ยวกับสาเหตุที่มีผลกระทบต่อค่าความหยาบผิวชิ้นงาน วิเคราะห์ความแปรปรวน และนำมาหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ

นอกจากปัญหาที่เกิดจากกระบวนการชุบแล้วยังมีปัญหาที่เกิดจากชิ้นงานพลาสติกที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการฉีด ซึ่งแม่พิมพ์และความเรียบผิวมีส่วนสำคัญในการผลิตชิ้นงานให้มีคุณภาพ ดังเช่นงานวิจัยของ **กมลพงศ์ แจ่มกมล พิชัย จันทร์มณี และดลธรรม เอฬกานนท์ (2552)** ที่ศึกษาผลกระทบพารามิเตอร์ในการฉีดเอ็มวีสดูแม่พิมพ์ AISI P20 ด้วยวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ทองแดง พารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ประกอบด้วยเวลาเปิด เวลาปิด กระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้า และสมบัติขั้วไฟฟ้า ซึ่งประเมินผลการทดลองที่ความสามารถในการขจัดเนื้อวัสดุ อัตราการสึกหรออิเล็กทรอนิกส์ และคุณภาพความหยาบผิวชิ้นงาน และพบว่าพารามิเตอร์เวลางานที่มากขึ้นส่งผลให้อัตราการขจัดเนื้อวัสดุ ความหยาบผิวเฉลี่ย และค่าความแข็งเพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่อัตราการสึกหรออิเล็กทรอนิกส์จะลดต่ำลง ซึ่งความหยาบผิวเฉลี่ยมีค่าเพิ่มมากขึ้น ก็จะส่งผลต่อความหยาบผิวของชิ้นงานเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นงานวิจัยของ **ไพรัช ตั้งพรประเสริฐ ชัญญาพันธ์ วิรุฬห์ศรี และศุภวัฒน์ เจียมลักษณไพศาล (2552)** นั้นที่ได้ศึกษาเรื่องการปรับปรุงความหยาบผิวด้วยขนาดผงขัดและเส้นทางการขัดที่เหมาะสม โดยศึกษากระบวนการ Abrasive Polishing เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดผงขัดกับความหยาบผิวเริ่มต้นของชิ้นงาน และหาเส้นทางการขัดที่เหมาะสม ซึ่งผลที่ได้จะนำไปสู่การออกแบบกระบวนการผลิตชิ้นงานที่ต้องการค่าความหยาบผิวต่ำ ๆ ในระดับนาโนเมตร เช่น พวกข้อต่อเทียมต่างๆที่ใช้ทางการแพทย์ งานทางด้านออฟติคอลลেনส์ เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าถ้าขนาดผงขัดมีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้กินผิวชิ้นงานไม่เข้าหรือถ้าขนาดผงขัดมีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้ผงขัดเกิดการกึ่งขั้วความหยาบผิวแทนการกินผิวชิ้นงาน เพราะฉะนั้นความหยาบแต่ละค่าจะมีขนาดผงขัดที่เหมาะสมอยู่ และนอกจากนั้นเส้นทางการขัดที่เหมาะสมยังสามารถช่วยลดความหยาบผิวชิ้นงาน

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะขอกล่าวถึงสถานการณ์จำนวนของเสีย การคัดเลือกปัญหา วิธีการวิเคราะห์ปัญหา การแก้ไขและควบคุมกระบวนการอย่างเป็นลำดับขั้นต่อนจากแนวคิดซิกซ์ ซิกมา

#### 3.1 การดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)

##### 3.1.1 การกำหนดปัญหา (Define)

ในการสำรวจสถานการณ์ปัจจุบันเพื่อกำหนดปัญหาที่จะนำมาแก้ไขและปรับปรุงต่อไปนั้น จะเริ่มจากการอธิบายสถานการณ์ของคุณภาพที่มีอยู่ ขั้นตอนในการระบุปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อบริษัทมากที่สุดในด้านจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น

ปัจจุบันคุณภาพของบริษัทภายใต้มุมมองของลูกค้า และภายใต้มุมมองของกระบวนการภายในมีผลการดำเนินงานที่ยังไม่ได้ตามเป้าหมาย ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งแสดงข้อมูลของผลการดำเนินงานด้านคุณภาพของบริษัทในปี พ.ศ.2551 ที่ผ่านมา

ตารางที่ 3.1 ผลการดำเนินงานด้านคุณภาพของบริษัทในปี พ.ศ.2551 ที่ยังไม่ได้ตามเป้าหมาย

Perspective	Objectives	Measure / KPI	Actual	Target
Customer	- ส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงให้แก่ลูกค้า	- จำนวน Defect ที่ลูกค้าเคลม (ppm) ต่อปี	50 ppm	10 ppm
Internal Process	- ลดจำนวน Defect ในกระบวนการผลิต	- ปริมาณ Defect (ppm) ในกระบวนการ ต่อปี	1,000 ppm	500 ppm

โดยทางบริษัทมีการผลิตกระจกข้างรถยนต์หลายโมเดล แต่โมเดลที่ถูกปฏิเสธจากลูกค้ามีอยู่ทั้งหมด 8 โมเดล คือกระจกมองข้างโมเดล A, B, C, D, E, F และ G (เนื่องจากเป็นความลับของทางบริษัท จึงไม่สามารถเปิดเผยชื่อจริงของโมเดลนั้นได้ จึงใช้เป็นชื่อสมมติแทน) ซึ่ง

ปัญหาข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจะนำไปสู่การผลิตสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐาน และเพื่อให้การปรับปรุงกระบวนการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องคัดเลือกเฉพาะบางสายการผลิตที่คาดว่าจะให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุดภายหลังจากการปรับปรุงกระบวนการแล้ว

โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกปัญหาจะพิจารณาจากจำนวนของเสียรวมที่เกิดจากการตรวจพบกระกมองข้างที่ไม่ได้มาตรฐานโดยแผนก QC ในกรณีที่เกิดของเสียขึ้นในกระบวนการภายใน (Inhouse Defect) และจากลูกค้าปฏิเสธสินค้า (Customer Defect) ในปี 2551 นั้น แสดงได้ดังตารางที่ 3.2

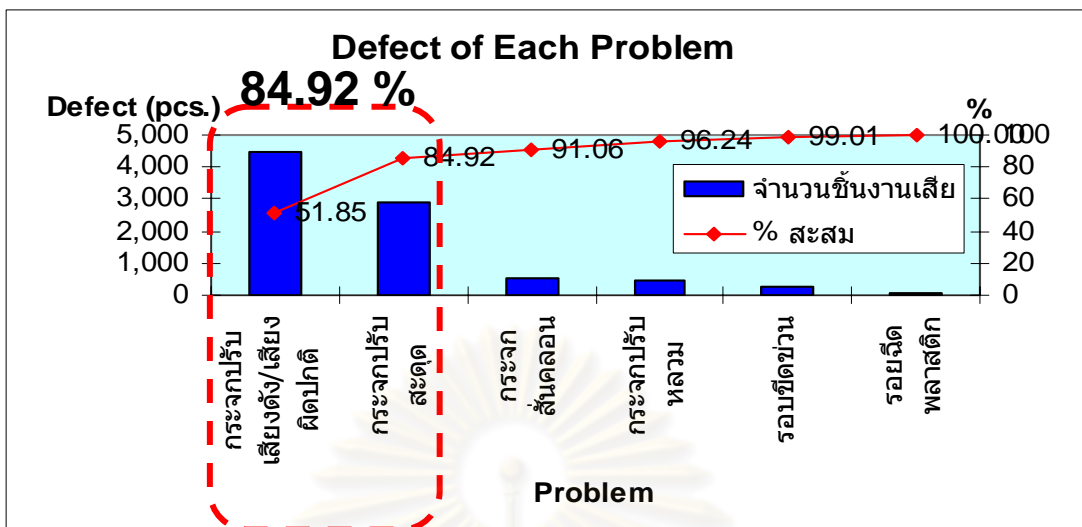
ตารางที่ 3.2 จำนวนของเสียรวมจากการตรวจสอบพบกระกมองข้างรถยนต์ที่ไม่ได้มาตรฐานโดยแผนก QC ในกรณีที่เกิดของเสียขึ้นในกระบวนการภายใน (Inhouse Defect) และจากลูกค้าปฏิเสธสินค้า (Customer Claim) ในปี 2551

โมเดล	จำนวนของเสีย (ชิ้น/ปี)		รวม (ชิ้น)
	กระบวนการภายใน (Inhouse Claim)	ลูกค้าปฏิเสธสินค้า (Customer Claim)	
A	4,686	4,000	8,686
B	200	80	280
C	60	30	90
D	60	17	77
E	10	15	25
F	10	10	20
G	7	2	9

จากตารางที่ 3.2 โมเดล A มีจำนวนชิ้นงานเสียสูงกว่าโมเดลอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจึงเลือกโมเดล A มาพิจารณาวิเคราะห์หาปัญหาที่ทำให้ชิ้นงานไม่ผ่านมาตรฐานการตรวจสอบ เพื่อนำปัญหาเหล่านั้นมาวิเคราะห์หาสาเหตุและทำการวางแผนปรับปรุงต่อไป

สำหรับปัญหาที่ทำให้ชิ้นงานไม่ผ่านมาตรฐานการตรวจสอบของโมเดล A แสดงในรูปที่ 3.1





รูปที่ 3.1 Pareto diagram ต้นทุนของเสียรวมที่เกิดปัญหาของโมเดล A ในปี 2551

จากรูปที่ 3.1 ปัญหาที่มีจำนวนของเสียรวมสูงสุดและคิดเป็น 84.92% (อ้างอิงจากหลักการ 80/20 ของพาเรโต) ของจำนวนของเสียรวมทั้งหมดคือ ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ และกระจกปรับสะตูด ซึ่งจะนำปัญหาทั้ง 2 นี้มาวิเคราะห์หาสาเหตุและทำการวางแผนปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ในงานวิจัยนี้จึงขออธิบายลักษณะปัญหาทั้ง 2 ปัญหา ดังนี้

1) ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ ลักษณะปัญหาคือ เมื่อทำการปรับกระจกและทำการวัดความดังของเสียงจาก Noise Tester ซึ่งจะมีค่าเกินจากค่ามาตรฐานที่ 65 เดซิเบล (อ้างอิงตามมาตรฐานในการตรวจสอบระดับเสียงที่ลูกค้ากำหนด-TSC3901G และ TSC3901G-1 ในภาคผนวก ก หน้าที่ 201-202) ทิศทางการปรับกระจกแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ทิศทางการปรับกระจกมองข้างรถยนต์

2) ปัญหากระจกปรับสะดวก ลักษณะปัญหาคือ เมื่อทำการปรับกระจกกระจกที่ปรับนั้นไม่เรียบและไม่สม่ำเสมอ กล่าวคือ มันจะสะดุดหรือกระตุกเป็นจังหวะ ๆ ซึ่งลักษณะปัญหานี้ไม่มีในมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดในรูปเอกสาร แต่เป็นลักษณะผิดปกติที่ลูกค้าปฏิเสธสินค้า

### 3.1.2 การวัดเพื่อสำรวจสภาพปัจจุบัน (Measure)

ในการวัดเพื่อสำรวจสภาพปัจจุบัน จะเริ่มจากการระดมสมองและสำรวจชิ้นส่วนที่สันนิษฐานว่าเป็นสาเหตุของปัญหาด้วยการใช้แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) เมื่อได้ชิ้นส่วนที่สันนิษฐานว่าเป็นสาเหตุของปัญหาแล้ว จากนั้นนำชิ้นงานเสียที่ลูกค้าปฏิเสธสินค้าและจากกระบวนการภายใน ถอดชิ้นส่วนต่าง ๆ ข้างใน ทำการวัดระยะมิติ (Dimension) ด้วยเครื่องมือวัดต่าง ๆ เช่น เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ และกล้องจุลทรรศน์ เป็นต้น โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด ซึ่งต้องทำการสุ่มชิ้นงานเสียขึ้นมาตรวจสอบโดยอาศัยหลักการทางสถิติในการหาจำนวนชิ้นงานที่สุ่ม ดังตารางที่ 3.3 (แสดงรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 3.3 จำนวนชิ้นงานเสียที่สุ่มตรวจสอบของแต่ละปัญหา

ปัญหา	จำนวนกระจกมองข้างรถยนต์ที่สุ่มตรวจสอบ
กระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ	355
กระจกปรับสะดวก	340

### 3.1.3 การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา (Analyze)

การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา (Analyze) จะเริ่มจากการดูข้อมูลจากการวัด จากนั้นระดมสมองอีกครั้งและใช้แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) เพื่อหาสาเหตุที่สันนิษฐานว่าทำให้ข้อมูลที่วัดได้นั้นมีความผันแปรและไม่อยู่ในค่ามาตรฐาน จากนั้นทดสอบสมมติฐานด้วยการใช้หลักการการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการและข้อมูลที่ผันแปรเหล่านั้น ซึ่งต้องทำการทดลองประกอบเป็นกระจกมองข้างรถยนต์โดยอาศัยหลักการทางสถิติ (แสดงรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ข) ตารางที่ 3.4 แสดงจำนวนกระจกมองข้างรถยนต์อย่างน้อยที่ต้องทำการประกอบในการทดลอง ซึ่งรายละเอียดแสดงในบทที่ 4

ตารางที่ 3.4 จำนวนระจกมองข้างรถยนต์ที่ต้องทำการประกอบในการทดลอง

ปัญหา	จำนวนระจกมองข้างรถยนต์ที่สุ่มตรวจสอบ
ระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ	300
ระจกปรับสะดุด	300

### 3.1.4 การแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการ (Improve)

การแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการ (Improve) จะดำเนินการหลังจากพบสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดและการหลุดของปัญหาแล้ว จากนั้นทำการออกแผนการแก้ไขหรือปรับปรุง ระบุช่วงระยะเวลาในการจัดทำ รวมถึงผู้รับผิดชอบ ซึ่งรายละเอียดแสดงในบทที่ 4

### 3.1.5 การควบคุมกระบวนการ (Control)

หลังจากมีการดำเนินการในการแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการไปแล้ว ต้องมีการควบคุมและติดตามผลการดำเนินการ ซึ่งจะติดตามผลเป็นระยะเวลา 6 เดือน เพื่อดูแนวโน้มของจำนวนของเสีย และสรุปผลการดำเนินการทั้งหมด ซึ่งจะนำเสนอรายละเอียดในบทที่ 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 4

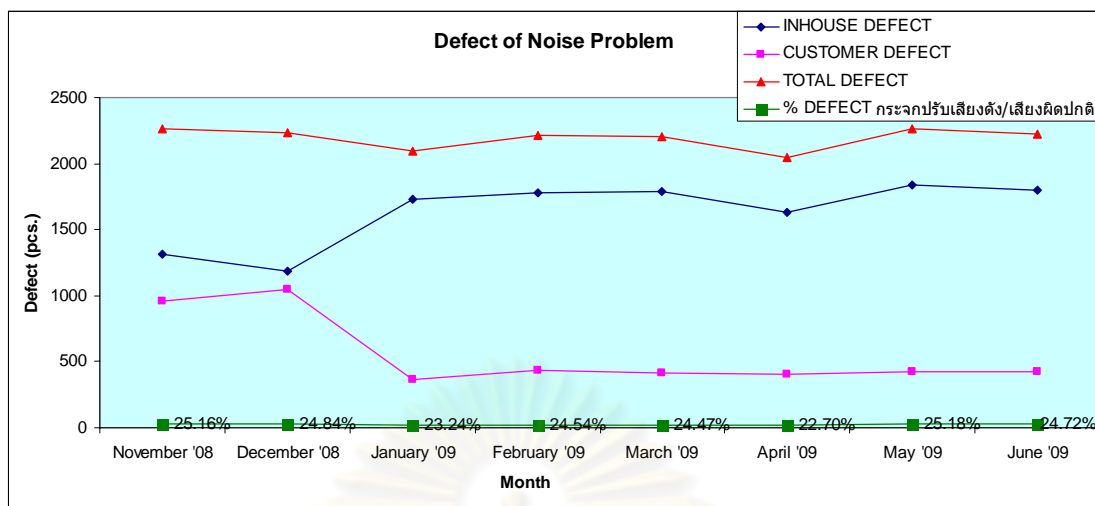
### การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดและการหลุดของปัญหาไปถึงลูกค้า โดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา และเครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด รวมถึงการทดสอบสมมุติฐานของสาเหตุที่คาดว่าจะเป็สาเหตุของปัญหา ซึ่งอาศัยหลักการในการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

#### 4.1 การเก็บข้อมูล

##### 4.1.1 ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ

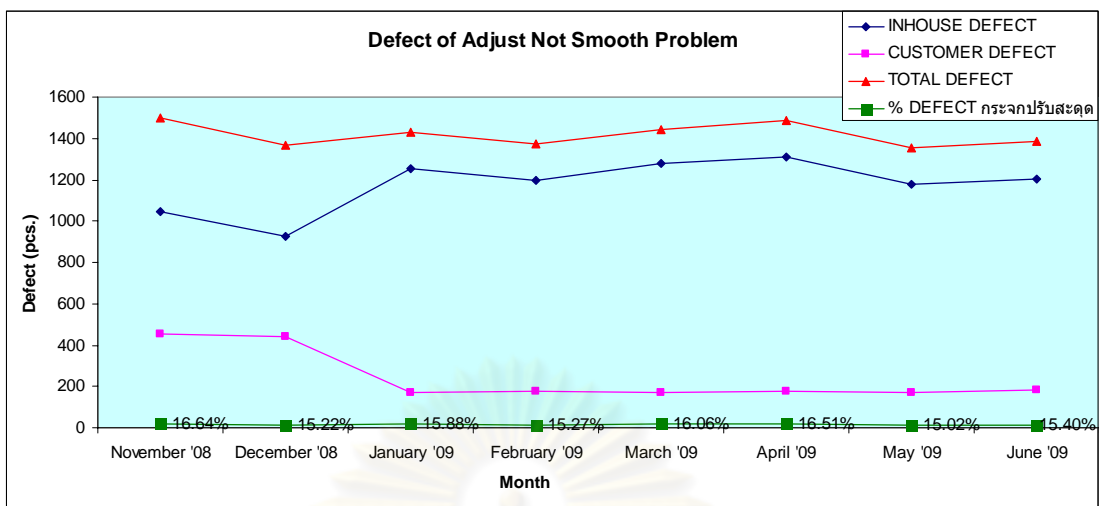
พิจารณาจากชิ้นงานของเสียที่เกิดจากภายในกระบวนการและจากลูกค้าปฏิเสธสินค้าในช่วงก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนปี 2551 - เดือนมิถุนายน ปี 2552 ซึ่งมีจำนวนของเสียเกิดขึ้นรวมทั้งหมด 17,537 ชิ้น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียเฉลี่ย 24.36% (จำนวนของเสียต่อจำนวนการผลิต) โดยปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติเกิดที่กระจกมองข้างรถยนต์ข้างขวาและซ้าย (สัดส่วนระหว่างข้างขวาและซ้ายคือ 60 : 40) ด้วยการทดลองปรับกระจกในทุกทิศทาง เริ่มจากต่อวงจรไฟฟ้าจากชิ้นงานไปยังกล่องควบคุม (Control Box) และชุดจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Power Supply) โดยมีเครื่องตรวจสอบเสียง (Noise Tester) ห่างจากชิ้นงาน 30 เซนติเมตร (อ้างอิงตามมาตรฐานในการตรวจสอบระดับเสียงที่ลูกค้ากำหนด TSC3901G และ TSC3901G-1 ในภาคผนวก ก หน้าที่ 87-88) จากนั้นทำการปรับขึ้น-ลงและซ้าย-ขวา โดยเปรียบเทียบกับชิ้นงานดี สังเกตด้านที่มีปัญหาในทุกชิ้นงานเสียที่นำมาทดสอบ ซึ่งพบว่า มีเสียงดัง/เสียงผิดปกติเกิดขึ้นทั้งด้านขึ้น-ลงและด้านซ้าย-ขวา (สัดส่วนระหว่างด้านขึ้น-ลงและซ้าย-ขวาคือ 55 : 45) รูปที่ 4.1 เป็นกราฟแสดงจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการ (Inhouse Defect) จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากลูกค้าปฏิเสธสินค้า (Customer Defect) และจำนวนของเสียรวมที่เกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายนปี 2551 - เดือนมิถุนายน ปี 2552



รูปที่ 4.1 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการ (Inhouse Defect) ลูกค้าปฏิเสธสินค้า (Customer Defect) และจำนวนของเสียรวมที่เกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายนปี 2551 - เดือนมิถุนายน ปี 2552

#### 4.1.2 ปัญหากระจกปรับสะดุด

พิจารณาจากชิ้นงานของเสียที่เกิดจากภายในกระบวนการและจากลูกค้าปฏิเสธสินค้าปัญหาในช่วงก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนปี 2551 - เดือนมิถุนายน ปี 2552 ซึ่งมีจำนวนของเสียเกิดขึ้นทั้งหมด 11,340 ชิ้น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียเฉลี่ย 15.75% (จำนวนของเสียต่อจำนวนการผลิต) โดยกระจกปรับสะดุดเกิดที่กระจกมองข้างรถยนต์ทั้งข้างขวาและซ้าย (สัดส่วนระหว่างข้างขวาและซ้ายคือ 55 : 45) โดยทดลองปรับกระจกในทุกทิศทาง เริ่มจากต่อวงจรไฟฟ้าจากชิ้นงานไปยังกล่องควบคุม (Control Box) และชุดจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Power Supply) จากนั้นทำการปรับขึ้น-ลงและซ้าย-ขวา โดยเปรียบเทียบกับชิ้นงานดี สังเกตด้านที่มีปัญหาในทุกชิ้นงานเสียที่นำมาทดสอบ ซึ่งพบว่า มีการสะดุดเกิดขึ้นทั้งด้านขึ้น-ลงและซ้าย-ขวา (สัดส่วนระหว่างด้านขึ้น-ลงและซ้าย-ขวาคือ 55 : 45) รูปที่ 4.2 เป็นกราฟแสดงจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการ (Inhouse Defect) จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากลูกค้าปฏิเสธสินค้า (Customer Defect) และจำนวนของเสียรวมที่เกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายนปี 2551 - เดือนมิถุนายน ปี 2552



รูปที่ 4.2 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการ (Inhouse Defect) ลูกค้ำปฏิเสธสินค้า (Customer Defect) และจำนวนของเสียรวมที่เกิดขึ้นในเดือนพฤศจิกายนปี 2551 - เดือนมิถุนายน ปี 2552

ซึ่งเราจะเห็นได้ว่าในช่วงตั้งแต่เดือนมกราคม - เดือนมิถุนายน ปี 2552 มีจำนวนของเสียภายในกระบวนการ (Inhouse Defect) เพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันจำนวนของเสียที่เกิดจากลูกค้ำปฏิเสธสินค้า (Customer Defect) กลับมีจำนวนที่ลดต่ำลง (ซึ่งในที่นี่นับตั้งแต่เดือนธันวาคม ปี 2551 - เดือนมิถุนายน ปี 2552 ทางบริษัทได้มีการส่งพนักงานเข้าไปที่จุดรับสินค้าของลูกค้ำ เพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของสินค้าทุกชิ้นก่อนถึงมือลูกค้ำ) เนื่องจากได้มีการแก้ไข ปัญหาแบบชั่วคราว เพื่อป้องกันไม่ให้อของเสียหลุดออกไปถึงลูกค้ำ โดยปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติได้มีการนำเครื่องตรวจสอบเสียง (Noise Tester) อีกเครื่องหนึ่งจากโรงงานที่ 1 ของบริษัทกรณีศึกษา มาทำการวัดระดับเสียงของชิ้นงานทุกชิ้นก่อนส่งสินค้าให้กับลูกค้ำ และสำหรับ ปัญหากระจกปรับสมดุล ได้นำชิ้นงานเสียมาจัดทำเป็นตัวอย่างไว้ที่จุดปฏิบัติงาน เพื่อให้พนักงานตรวจสอบสามารถเปรียบเทียบลักษณะที่เป็นปัญหากับชิ้นงานที่กำลังตรวจสอบ เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าเป็นงานปกติหรือเป็นงานเสีย

## 4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

### 4.2.1 ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ

#### 4.2.1.1 การวัดเพื่อสำรวจสภาพปัจจุบัน (Measure)

วิศวกรหน่วยงานควบคุมคุณภาพภายในกระบวนการ (Quality Control Inhouse) ซึ่งมีประสบการณ์ในการทำงาน 4 ปี จำนวน 4 คน ผู้จัดการแผนกซึ่งมีประสบการณ์ในการทำงาน 17 ปี และผู้ช่วยผู้จัดการทั่วไปซึ่งมีประสบการณ์ในการทำงาน 20 ปีของแผนกประกันคุณภาพ ทำการระดมสมองโดยใช้แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) ในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ดังรูปที่ 4.3



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.3 แผนภาพกระดูกงู (Fish Bone Diagram) ของปัญหาการระงับ/เสียงผิดปกติ





จากรูปที่ 4.3 สรุปประเด็นหลังการระดมสมองได้ดังตารางที่ 4.1 โดยการประเมินจะมีทีมตรวจสอบเป็นผู้ประเมิน ผลการประเมิน OK หมายถึง ผ่านการตรวจสอบแล้ว และมีการดำเนินการในปัจจุบัน และ NG หมายถึง ผ่านการตรวจสอบแล้วและไม่มีดำเนินการในปัจจุบัน

ตารางที่ 4.1 สาเหตุที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดและการหลุดของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติจากการระดมสมอง

4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีในปัจจุบัน	ผลการประเมิน
คน (Man)	1. สาเหตุที่ทำให้พนักงานตรวจสอบผิดพลาด		
	- เนื่องจากมีการหมุนเวียนพนักงาน	- มีการอบรมขั้นตอนการทำงานตามคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	- เนื่องจากพนักงานขาดสมาธิในการตรวจสอบ	- มีการสำรวจความคิดเห็นของพนักงาน เพื่อนำมาพิจารณาในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการตรวจสอบ ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	- เนื่องจากไม่มีการอบรมพนักงานก่อนการเริ่มปฏิบัติงาน	- มีการอบรมขั้นตอนการทำงานตามคู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ก่อนปฏิบัติงานจริง ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	- เนื่องจากความเหนื่อยล้าจากการทำงานล่วงเวลา	- มีการอนุญาตให้ทำงานล่วงเวลาสูงสุดไม่เกิน 3 ชั่วโมงเท่านั้น ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีในปัจจุบัน	ผลการประเมิน
เครื่องจักร (Machine)	1. สาเหตุที่ทำให้เครื่องตรวจสอบเสียงชำรุด		
	- เนื่องจากพื้นที่ในจุดตรวจสอบนี้ค่อนข้างแคบและจัดวางพื้นที่ไม่ดี	- ปรับเปลี่ยนการวางพื้นที่จัดวาง และกำหนดให้พนักงานผู้ปฏิบัติงาน ตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ก่อนเริ่มงาน ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	- เนื่องจากการทำเครื่องตรวจสอบเสียงตกหล่นขณะทำการติดตั้ง	- เปลี่ยนจากขาตั้งเป็นติดตั้งบนโต๊ะตรวจสอบชิ้นงาน ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	- เนื่องจากการผลิตของผู้ขายปัจจัยการผลิตไม่ดี	- Supplier ได้มีการทดสอบเรื่องความคงทนของสินค้าก่อนส่งมอบสินค้า และมีใบยืนยันคุณภาพ ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	2. สาเหตุที่ทำให้เครื่องตรวจสอบเสียงวัดเสียงผิดพลาด		
	- เนื่องจากเครื่องตรวจสอบเสียงขาดการดูแลและการบำรุงรักษา	- ปัจจุบันยังไม่มีการแก้ไขใด ๆ	NG
	- เนื่องจากไม่ได้ทำการสอบเทียบ (Calibration)	- ปัจจุบันยังไม่มีการแก้ไขใด ๆ	NG
	3. สาเหตุที่ทำให้เครื่องมือในการประกอบชำรุด		
	- เนื่องจากการทำเครื่องมือของทางแผนกซ่อมบำรุงไม่ดี	- มีการออกแบบตามมาตรฐานใน Drawing ก่อนการทำจริง มีการทดลองใช้ก่อนนำไปใช้จริง ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	- เนื่องจากการผลิตเครื่องมือของผู้ขายปัจจัยการผลิตไม่ดี	- มีการตรวจสอบสภาพและความพร้อมก่อนการใช้งานในแต่ละวัน ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
- เนื่องจากทำตกหล่น	- มีการตรวจสอบสภาพและความพร้อมของเครื่องมือต่าง ๆ ก่อนการใช้งานในแต่ละวัน และมีจี้สำรอง ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK	
- เนื่องจากขาดการบำรุงรักษา	- มีการทำความสะอาดและตรวจสอบสภาพและความพร้อมก่อนและหลังการใช้งานในแต่ละวัน ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK	

4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีในปัจจุบัน	ผลการประเมิน
วิธีการ (Method)	1. สาเหตุที่ไม่มีกระบวนการประเมินความสามารถของพนักงาน	- มีการประเมินความสามารถของพนักงานโดยให้หัวหน้างานเป็นผู้ทำการประเมินตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	- เนื่องจากไม่มีผู้รับผิดชอบในการประเมิน	- หัวหน้างานได้จัดทำการประเมิน โดยประเมินจากการปฏิบัติงานจริง และมีการสอบข้อเขียนทุก ๆ 1 เดือน ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	- เนื่องจากไม่มีการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความสามารถของพนักงาน		
วิธีการ (Method)	2. สาเหตุที่ไม่มีมาตรฐานในการทำงาน	- หัวหน้างานได้ทำการศึกษาวิธีการทำงานเหล่านั้น แล้วนำมาจัดทำเป็นคู่มือมาตรฐานการปฏิบัติงาน ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	- เนื่องจากไม่มีผู้รับผิดชอบในการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน	- มีการฝึกอบรมพนักงานทุกคนถึงมาตรฐานต่าง ๆ ของลูกค้า ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	- เนื่องจากพนักงานถูกหมุนเวียนการทำงานจากการตรวจสอบเสียงของชิ้นงานรุ่นอื่น ๆ		

4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีในปัจจุบัน	ผลการประเมิน
วัตถุดิบ/วัสดุ (Material)	1. สาเหตุที่ทำให้วัสดุที่นำมาฉีดขึ้นส่วนภายใน (Componet Part) ไม่ได้มาตรฐาน	- บริษัทได้เข้าไปทำการตรวจสอบและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการจัดระบบการทำงานและการไหลของงาน ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	- เนื่องมาจากการผลิตวัสดุที่นำมาฉีดขึ้นส่วนภายใน (Componet Part) ของผู้ขายปัจจัยการผลิตไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน	- มีบรรจุภัณฑ์ที่กันกระแทก โดยผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	2. สาเหตุที่ชิ้นส่วน Actuator เสียหาย/มีปัญหา	- ปัจจุบันยังไม่มีการแก้ไขใด ๆ	NG
วัตถุดิบ/วัสดุ (Material)	- เนื่องมาจากทำชิ้นส่วนภายใน (Component Part) ตกหล่นในระหว่างการขนส่ง	- ปัจจุบันยังไม่มีการแก้ไขใด ๆ	NG
	- เนื่องมาจากทางบริษัทผู้ขายปัจจัยการผลิตลำดับแรก (1 <sup>st</sup> Tier) ไม่มีมาตรฐานในการคัดเลือกชิ้นงานจากผู้ขายปัจจัยการผลิตลำดับที่ 2 (2 <sup>nd</sup> Tier) ก่อนนำเข้าสายการประกอบ		
วัตถุดิบ/วัสดุ (Material)	- เนื่องจากการผลิตชิ้นส่วนภายใน Actuator ของผู้ขายปัจจัยการผลิตลำดับที่ 2 (2 <sup>st</sup> Tier) ไม่ดี		

4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีในปัจจุบัน	ผลการประเมิน
สิ่งแวดล้อม (Environment)	1. สาเหตุที่ทำให้แสงสว่างไม่เพียงพอ - เนื่องจากหลอดไฟในจุดตรวจสอบชำรุด	- มีหลอดไฟสำรองสำหรับเปลี่ยน ซึ่งในปัจจุบันมีการดำเนินการตามปกติ	OK
	2. สาเหตุที่ทำให้เสียงดัง - เนื่องจากภายนอกห้องตรวจสอบเสียงมีเสียงดังและห้องตรวจสอบเสียงไม่สามารถเก็บเสียงได้	- ปัจจุบันยังไม่มีการแก้ไขใด ๆ	NG

ดังนั้นจากการสำรวจการดำเนินงานในปัจจุบันของกระบวนการต่าง ๆ ภายในบริษัทกรณีศึกษา พบว่า สาเหตุของการเกิดปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ คาดว่าเกิดจากการขีดขึ้นส่วนภายในชิ้นงาน Actuator ที่ไม่ได้ตามมาตรฐาน เนื่องจากผลการตรวจสอบชิ้นส่วนภายในกระจกมองข้างรถยนต์ พบว่าของเสียน่าจะเกิดจากชิ้นส่วน Actuator เพียงอย่างเดียว เพราะชิ้นส่วนอื่น ๆ ไม่มีความปกติใด ๆ ดังนั้นจึงทำการระดมสมองอีกครั้งหนึ่งซึ่งได้แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) แสดงชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ ดังรูปที่ 4.4 ส่วนสาเหตุของการหลุดรอดของชิ้นงานคาดว่าเกิดจากเครื่องตรวจสอบเสียงวัดเสียงผิดพลาด เนื่องจากขาดการบำรุงรักษาที่ดีและไม่ได้ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดระดับเสียงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้วัดเสียงออกมาผิดพลาดจากความเป็นจริง และไม่มีห้องเก็บเสียงสำหรับตรวจสอบเสียงที่ดีพอ ทำให้เสียงจากสภาพแวดล้อมภายนอกกระทบกระบวนการตรวจสอบ ซึ่งทำให้พนักงานไม่สามารถแยกความผิดปกติของเสียงได้ รวมถึงทำให้ระดับเสียงจากเครื่องตรวจสอบเสียงผิดจากความเป็นจริง ตารางที่ 4.2 แสดงสรุปสาเหตุที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดและการหลุดของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติหลังจากการสำรวจการดำเนินงานในปัจจุบันของกระบวนการต่าง ๆ ภายในบริษัทกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 สรุปสาเหตุที่คาดว่าจะสาเหตุที่แท้จริงในการเกิด (a) และการหลุด (b) ของปัญหา กระจกปรับเสียดัง/เสียดัดปกติสำรวจการดำเนินงานในปัจจุบันของกระบวนการต่าง ๆ ภายในบริษัทกรณีศึกษา

(a)

4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีในปัจจุบัน	ผลการประเมิน
วัตถุดิบ/วัสดุ (Material)	1. สาเหตุที่ชิ้นส่วน Actuator เสียหาย/มีปัญหา		
	- เนื่องจากทางบริษัทผู้ขายปัจจัยการผลิตลำดับแรก (1 <sup>st</sup> Tier) ไม่มีมาตรฐานในการคัดเลือกชิ้นงานจากผู้ขายปัจจัยการผลิตลำดับที่ 2 (2 <sup>nd</sup> Tier) ก่อนนำเข้าสายการประกอบ	- ปัจจุบันยังไม่มีแก้ไขใด ๆ	NG
	- เนื่องจากการผลิตชิ้นส่วนภายใน Actuator ของผู้ขายปัจจัยการผลิตลำดับที่ 2 (2 <sup>st</sup> Tier) ไม่ดี	- ปัจจุบันยังไม่มีแก้ไขใด ๆ	NG

(b)

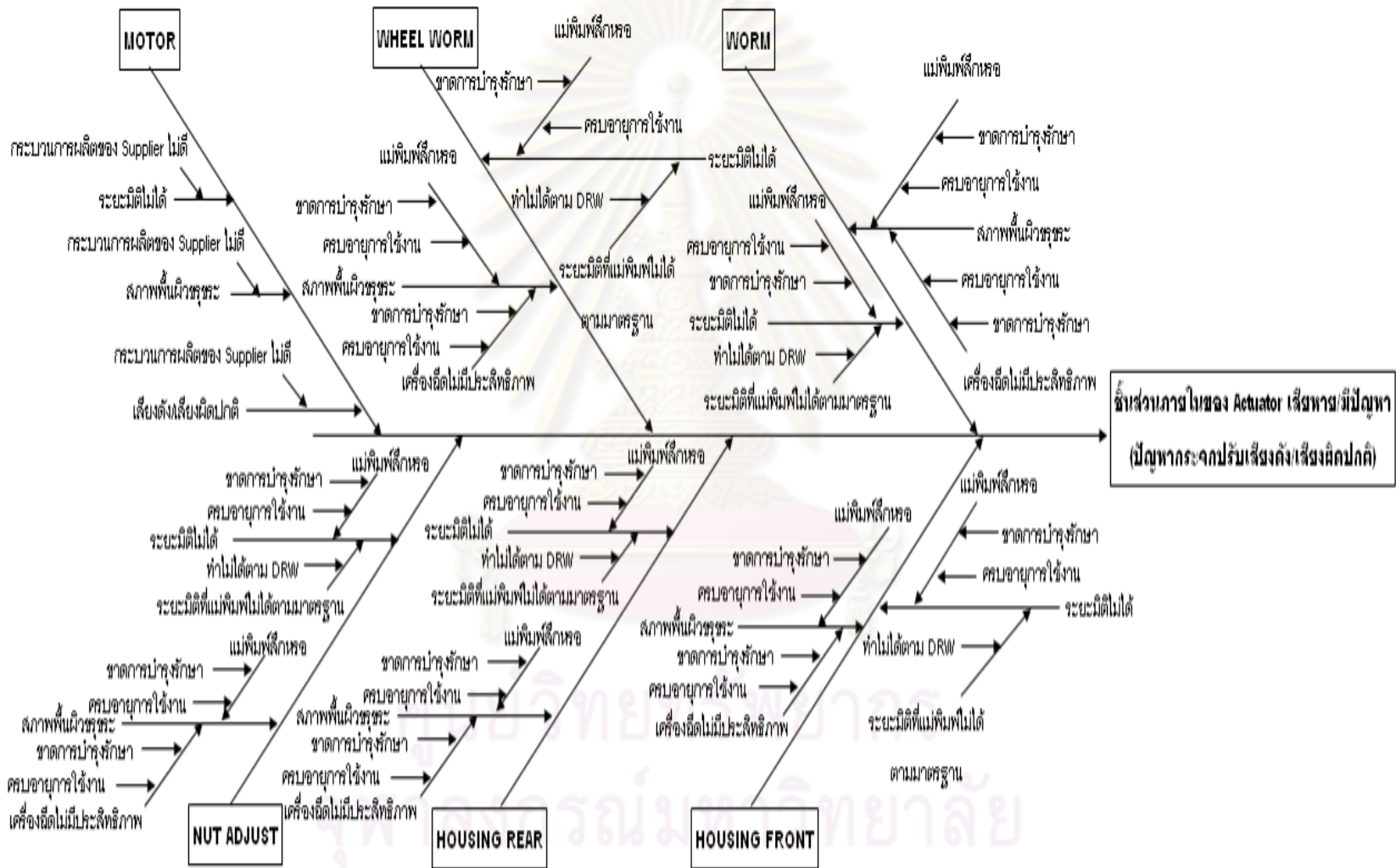
4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีในปัจจุบัน	ผลการประเมิน
เครื่องจักร (Machine)	1. สาเหตุที่ทำให้เครื่องตรวจสอบเสียดัดเสียงผิดปกติพลาด		
	- เนื่องจากเครื่องตรวจสอบเสียดัดขาดการดูแลและการบำรุงรักษา	- ปัจจุบันยังไม่มีแก้ไขใด ๆ	NG
	- เนื่องจากไม่ได้ทำการสอบเทียบ (Calibration)	- ปัจจุบันยังไม่มีแก้ไขใด ๆ	NG

4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีในปัจจุบัน	ผลการประเมิน
สิ่งแวดล้อม (Environment)	1. สาเหตุที่ทำให้ห้องตรวจสอบเสียดัดเสียงดัง		
	- เนื่องจากภายนอกห้องตรวจสอบเสียดัดมีเสียงดังและห้องตรวจสอบเสียดัดไม่สามารถเก็บเสียงได้	- ปัจจุบันยังไม่มีแก้ไขใด ๆ	NG

โดยในงานวิจัยนี้ขอเสนอเพียงสาเหตุในการเกิดปัญหา ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดของเสียจำนวนมากดังกล่าว

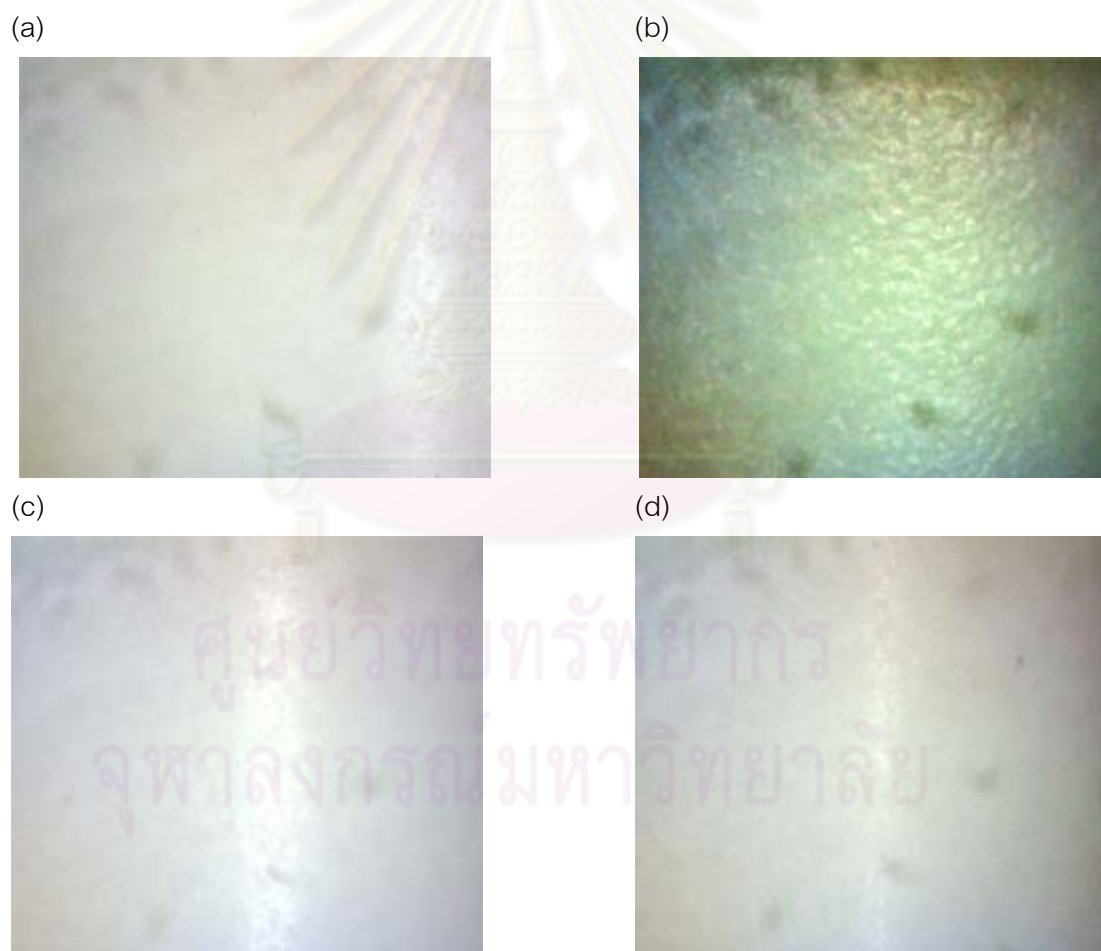
ปัญหาการระจกปรับเสียงตั้ง/เสียงผิดปกติ

รูปที่ 4.4 แผนภาพทางปลา (Fish Bone Diagram) ของชิ้นส่วนภายในของ Actuator เสียงหลายของ



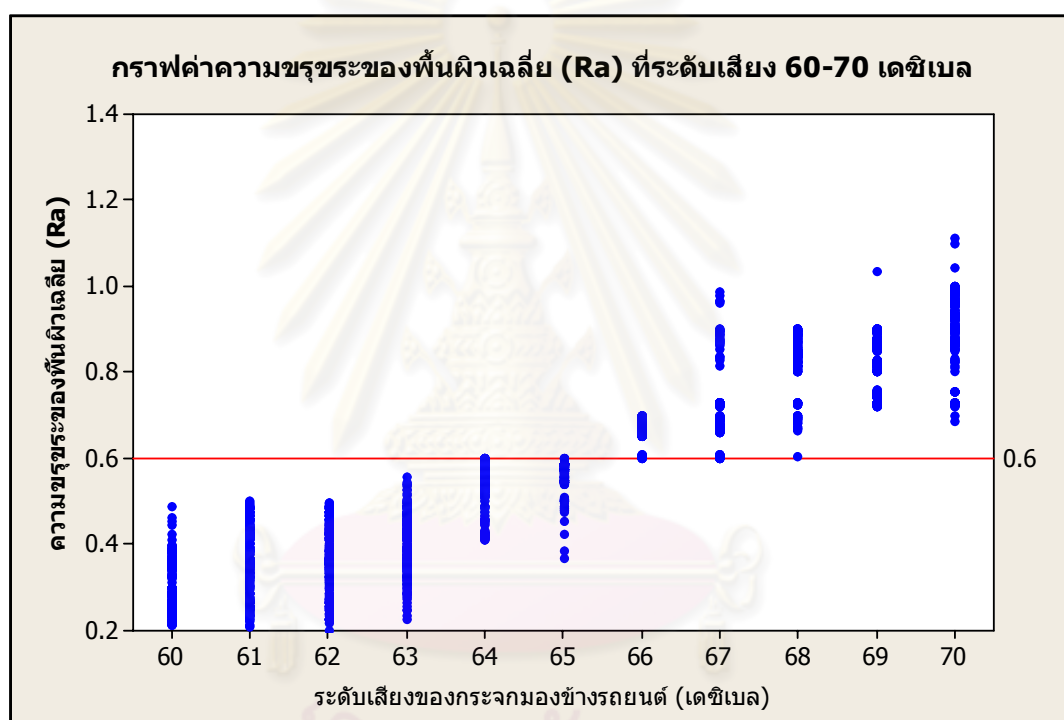
ดังนั้นจากแผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ในรูปที่ 4.4 สรุปได้ว่าชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับปัญหาภายในชิ้นส่วน Actuator ได้แก่ Worm, Wheel Worm, Housing Front, Housing Rear, Nut Adjust และมอเตอร์ ซึ่งจะนำมาทำการวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์สาเหตุการเกิดของปัญหาต่อไป

ต่อมาทำการวัดระยะมิติตามมาตรฐานที่ถูกค้ำกำหนด และตรวจสอบสภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน โดยเก็บข้อมูลจากกระจกมองข้างรถยนต์เสียที่พบ เปรียบเทียบกับกระจกมองข้างรถยนต์ที่ดี ผลการตรวจสอบพบว่ามีเพียงชิ้นส่วน Worm Cavity 2 จากกระจกมองข้างรถยนต์ที่เสียเท่านั้น ที่มีสภาพพื้นผิวขรุขระ ดังรูปที่ 4.5 แต่ในส่วนของการตรวจสอบระยะมิติพบว่าชิ้นส่วนที่นำมาตรวจสอบทั้งหมดมีระยะมิติอยู่ในมาตรฐานที่ถูกค้ำกำหนดทั้งหมด



รูปที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นส่วน Worm ในกระจกมองข้างรถยนต์ที่เสีย (a) Cavity 1 (b) Cavity 2 และดี (c) Cavity 1 (d) Cavity 2 ที่กำลังขยาย 50 เท่า

แต่จากสภาพพื้นผิวขรุขระของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 ดังกล่าว ซึ่งไม่สามารถอธิบายเป็นตัวเลขได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้นำเสนอการวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ด้วยเครื่อง Surfcom และกำหนดค่าควบคุมเบื้องต้นเพื่อเป็นค่ามาตรฐานในการจัดกลุ่มชิ้นส่วน Worm ที่เสียและดี โดยสุ่มกระจกมองข้างรถยนต์ที่มีระดับเสียงตั้งแต่ 60 – 70 เดซิเบล มาอย่างละ 300 ชิ้น ทำการวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ซึ่งจากผลการตรวจสอบดังกล่าว พบว่า กลุ่มของชิ้นงานเสียที่มีระดับเสียง 66-70 เดซิเบล มีค่าความขรุขระตั้งแต่ 0.65 ขึ้นไป และกลุ่มของชิ้นงานดีที่มีระดับเสียง 60-65 เดซิเบล มีค่าความขรุขระอยู่ที่ 0.6 ลงมา ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ที่ได้จากกลุ่มชิ้นงานเสียที่มีระดับเสียง 66-70 เดซิเบล และกลุ่มชิ้นงานดีที่มีระดับเสียง 60-65 เดซิเบลของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ

จากผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ ค่าความขรุขระเฉลี่ยของพื้นผิว (Ra) และระยะมิติ (Dimension) ของแต่ละชิ้นส่วน พบว่าระยะมิติ (Dimension) ของแต่ละชิ้นส่วนนั้นไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระจกมองข้างรถยนต์เสียที่เกิดขึ้น เนื่องจากมีค่าอยู่ในมาตรฐานทั้งหมด แต่ค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) และลักษณะทางกายภาพของ Worm Cavity 2 นั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระจกมองข้างรถยนต์ที่มีปัญหา เนื่องจากมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย



(Ra) อยู่ที่ 0.999  $\mu\text{m}$  (รายละเอียดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) แสดงในภาคผนวก ง ค่าความขรุขระเฉลี่ย (Ra) ของปัญหากระจกปรับเสียงดัง-เสียงผิดปกติ) ซึ่งเกินค่าควบคุม และมีสภาพพื้นผิวขรุขระ ซึ่งอาจทำให้การหมุนขับเคลื่อนของ Worm บนเกลียวของ Wheel Worm นั้นไม่ราบเรียบ จากผลการตรวจสอบทั้งหมดสรุปขึ้นส่วนที่คาดว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการตรวจสอบชิ้นส่วนภายใน Actuator ของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติจาก (a) กระจกมองข้างรถยนต์ที่เสีย (b) กระจกมองข้างรถยนต์ที่ดี

(a)

ตัวอักษรตรวจสอบ ชิ้นส่วนภายใน กระจกมองข้างรถยนต์	เลขแม่พิมพ์ข้าง /ทิศทางการปรับกระจก	ตรวจสอบสภาพพื้นผิว	วัดค่าความขรุขระเฉลี่ยของพื้นผิว (Ra)	ตรวจสอบระนาบมิติ (Dimension)	ผลการตรวจสอบ	
Worm	Cavity 1	Smooth	0.295	In Standard	Good Part	
	Cavity 2	Roughness	0.999	In Standard	Bad Part	
Wheel Worm	Cavity 1	Smooth	0.321	In Standard	Good Part	
	Cavity 2	Smooth	0.330	In Standard	Good Part	
Housing Front	RH	UP-DOWN	Smooth	0.322	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.330	In Standard	Good Part
	LH	UP-DOWN	Smooth	0.348	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.389	In Standard	Good Part
Housing Rear	RH	UP-DOWN	Smooth	0.340	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.344	In Standard	Good Part
	LH	UP-DOWN	Smooth	0.318	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.360	In Standard	Good Part
Nut Adjust	Cavity 1	Smooth	0.329	In Standard	Good Part	
	Cavity 2	Smooth	0.337	In Standard	Good Part	
Motor	RH	UP-DOWN	Smooth	0.334	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.339	In Standard	Good Part
	LH	UP-DOWN	Smooth	0.346	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.371	In Standard	Good Part

(b)

ตัวอักษรตรวจสอบ ชิ้นส่วนภายใน กระจกมองข้างรถยนต์	เลขแม่พิมพ์ข้าง /ทิศทางการปรับกระจก	ตรวจสอบสภาพพื้นผิว	วัดค่าความขรุขระเฉลี่ยของพื้นผิว (Ra)	ตรวจสอบระนาบมิติ (Dimension)	ผลการตรวจสอบ	
Worm	Cavity 1	Smooth	0.315	In Standard	Good Part	
	Cavity 2	Smooth	0.402	In Standard	Good Part	
Wheel Worm	Cavity 1	Smooth	0.332	In Standard	Good Part	
	Cavity 2	Smooth	0.399	In Standard	Good Part	
Housing Front	RH	UP-DOWN	Smooth	0.355	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.382	In Standard	Good Part
	LH	UP-DOWN	Smooth	0.355	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.369	In Standard	Good Part
Housing Rear	RH	UP-DOWN	Smooth	0.313	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.331	In Standard	Good Part
	LH	UP-DOWN	Smooth	0.327	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.343	In Standard	Good Part
Nut Adjust	Cavity 1	Smooth	0.339	In Standard	Good Part	
	Cavity 2	Smooth	0.380	In Standard	Good Part	
Motor	RH	UP-DOWN	Smooth	0.351	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.367	In Standard	Good Part
	LH	UP-DOWN	Smooth	0.353	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.365	In Standard	Good Part



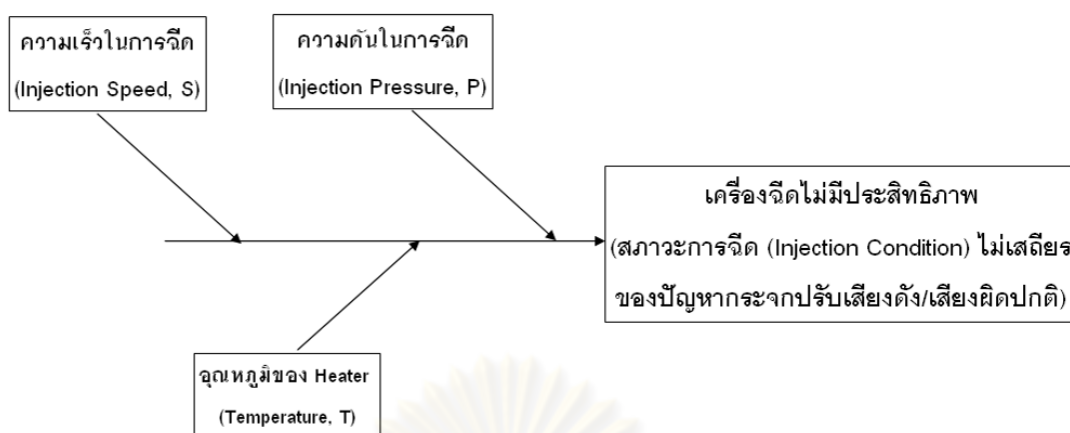
(b)

ชิ้นส่วนที่		Worm		Wheel Worm		Housing Front		Housing Rear		Nut Adjust		Motor	
		Cavity 1	Cavity 2	Cavity 1	Cavity 2	RH	LH	RH	LH	Cavity 1	Cavity 2	RH	LH
Worm	Cavity 1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	Cavity 2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Wheel Worm	Cavity 1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	Cavity 2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Housing Front	RH	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	LH	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Housing Rear	RH	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	LH	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Nut Adjust	RH	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	LH	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Motor	RH	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	LH	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 (a) และ (b) พบว่า ชิ้นส่วน Worm Cavity 2 ซึ่งเกลียวมีพื้นผิวขรุขระ ส่งผลต่อปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติจริง เนื่องจากผลการทดลองเป็นงานเสียทั้งหมด ทั้งนี้รวมถึง Worm Cavity 1, Wheel Worm Cavity 1 และ 2 ด้วย แต่เนื่องจากในกระจกมองข้างรถยนต์เสียที่พบในกระบวนการภายในและจากการปฏิเสธของลูกค้า พบว่ามีเพียง Worm Cavity 2 เกลียวมีพื้นผิวขรุขระเท่านั้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงขอกล่าวถึงชิ้นส่วนนี้เท่านั้น ในทางตรงกันข้ามหากชิ้นส่วนดังกล่าวมีพื้นผิวเรียบ ผลการทดลองจึงไม่เกิดปัญหาดังกล่าว

#### 4.2.1.2 การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดปัญหา (Analyze)

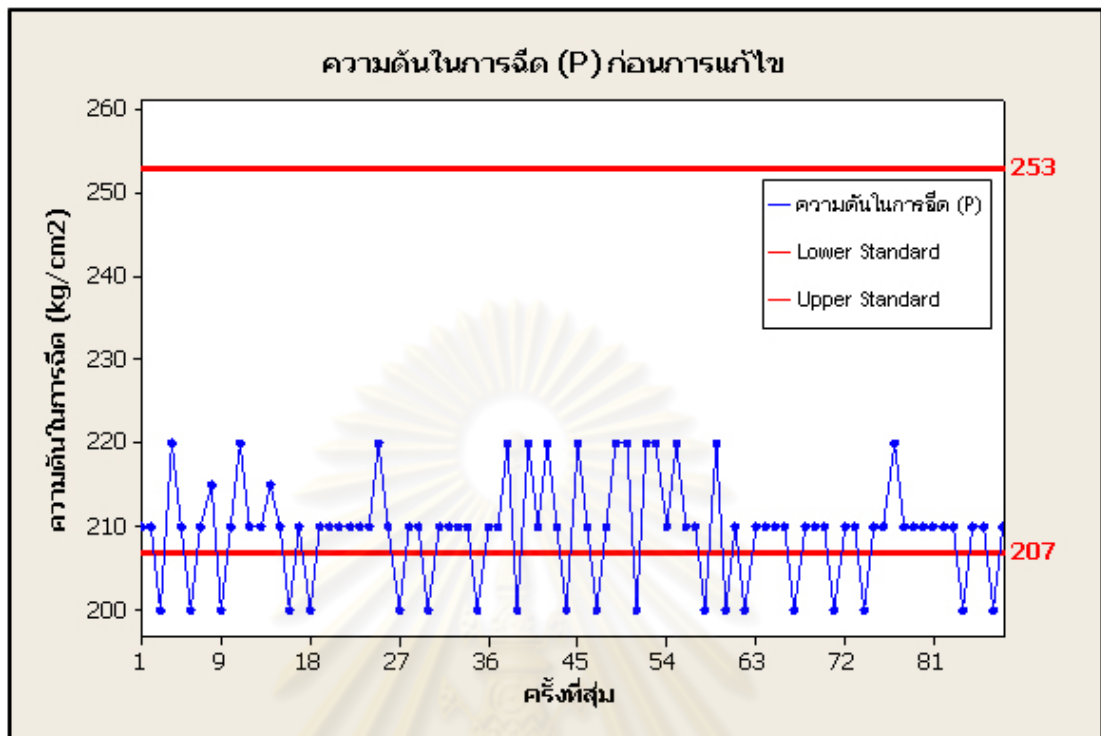
จากแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) รูปที่ 4.4 ที่คาดว่าชิ้นส่วนของ Actuator ภายในเสียหายเนื่องจากเครื่องฉีดและแม่พิมพ์ที่ถูกใช้งานมาเป็นระยะเวลายาวนาน จึงเกิดการเสื่อมสภาพ ซึ่งทำให้สภาวะการฉีด (Injection Condition) ไม่เสถียร ดังนั้นจึงมีการระดมสมองอีกครั้ง โดยอาศัยแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) ในการวิเคราะห์ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.7



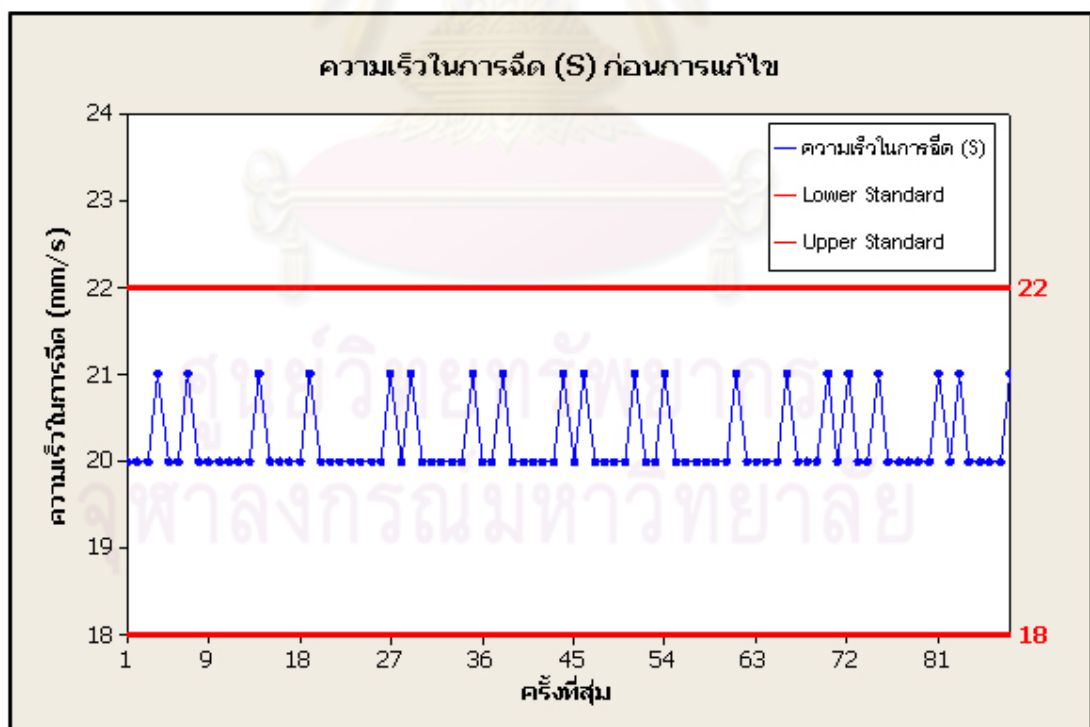
รูปที่ 4.7 แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ของสภาวะการฉีด (Injection Condition) ไม่เสถียรของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ

ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการฉีดชิ้นงานที่คาดว่าจะมีความผันแปรตลอดระยะเวลาที่ฉีด ได้แก่ ความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S) ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) และอุณหภูมิของ Heater (Temperature, T) จากข้อสันนิษฐานดังกล่าวจึงทดลองสุ่มตรวจสอบปัจจัยในการฉีดที่จอมอนิเตอร์ของเครื่องฉีด 1 ครั้ง/ชั่วโมง จำนวน 4 ครั้ง เนื่องจากในแต่ละวันมีการผลิตชิ้นส่วน 4 ชั่วโมง/วัน และทำการบันทึกผลในใบบันทึก (ผลการสุ่มตรวจสอบแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง Injection Condition Result : เสียงดังก่อนการแก้ไข) แสดงผลการตรวจสอบดังรูปที่ 4.8

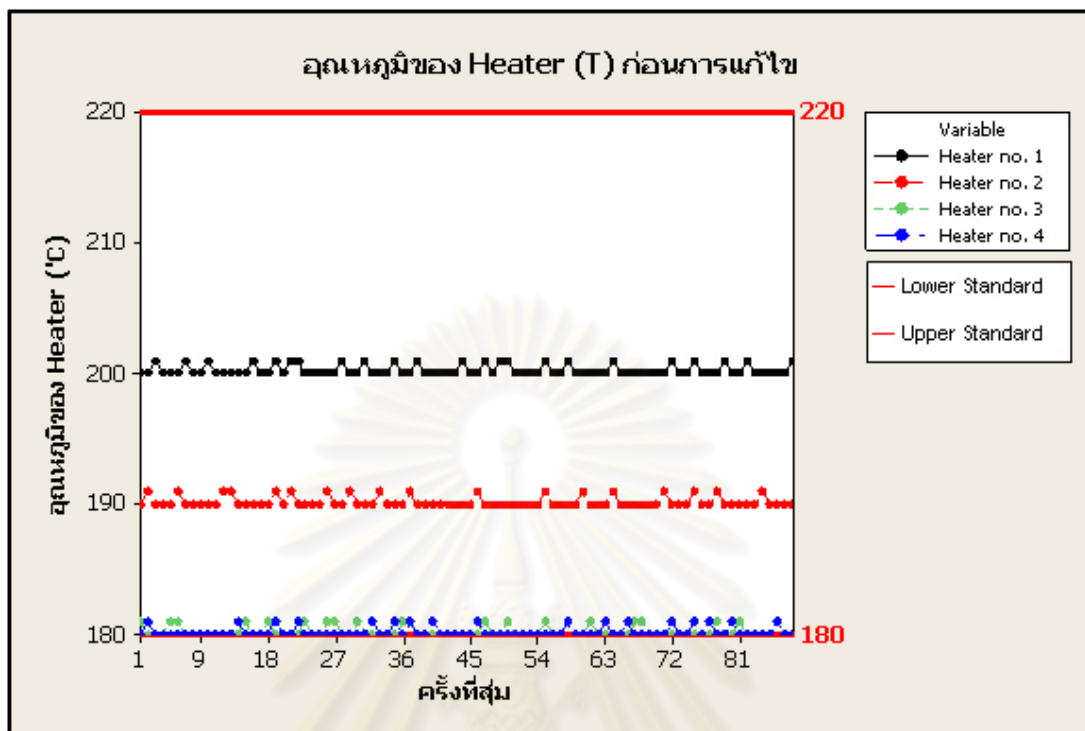
(a)



(b)



(c)

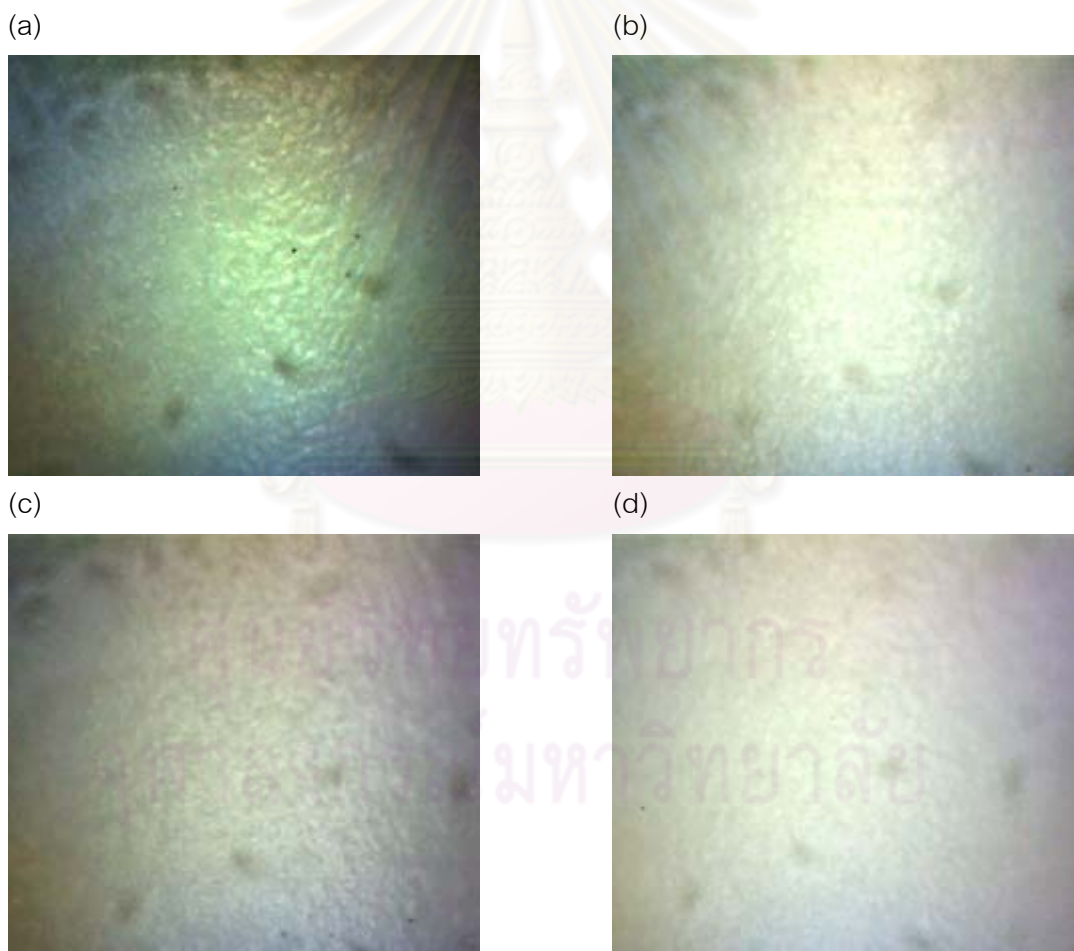


รูปที่ 4.8 กราฟผลการสุ่มตรวจสอบปัจจัยในการฉีดที่จอมอนิเตอร์ของเครื่องฉีดของปัญหากระจก  
ปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติก่อนการแก้ไข (a) ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P), ความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S) และ (c) อุณหภูมิของ Heater (Temperature, T)

จากรูปที่ 4.8 สามารถตั้งสมมุติฐานได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงานได้แก่ ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) เนื่องจากผลจากการสุ่มตรวจสอบพบว่ามีความเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาที่ฉีดชิ้นงาน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 200-250 kg/cm<sup>2</sup> ต่อมาจึงทำการทดสอบสมมุติฐานโดยการออกแบบการทดลอง (อ้างอิงค่าควบคุมของทางแผนกฉีด ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก หน้าที่ 90) ซึ่งค่ามาตรฐานอยู่ในช่วง 207-253 kg/cm<sup>2</sup> ดังนั้นจึงทดลองปรับความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ทั้งหมด 4 ระดับ คือ 200, 210, 230 และ 250 kg/cm<sup>2</sup> อย่างละ 30 ชิ้น จากนั้นตรวจสอบด้วยการดูสภาพพื้นผิวชิ้นงาน วัดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) และวัดระยะมิติ (Dimension)

ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่าที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 200 kg/cm<sup>2</sup> ชิ้นส่วนที่ได้มีสภาพพื้นผิวขรุขระมากและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra)

1.007  $\mu\text{m}$  ซึ่งเกินค่าควบคุมอยู่มากและถือว่าเป็นชิ้นส่วนเสีย ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 210, 230 และ 250  $\text{kg/cm}^2$  สามารถฉีดขึ้นส่วน Worm ได้อย่างสมบูรณ์ เกือบมีระยะมิติ (Dimension) ได้ตามมาตรฐาน (รายละเอียดของระยะมิติ (Dimension) แสดงในภาคผนวก ง Dimension of Worm #2 (DOE)) แต่ยังคงมีสภาพพื้นผิวขรุขระและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) 0.851, 0.783 และ 0.751  $\mu\text{m}$  ตามลำดับ (รายละเอียดของค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) แสดงในภาคผนวก ง ผลการทดลอง DOE (Worm #2) ปัญหากระจกปรับเสียงดัง-เสียงผิดปกติ) ซึ่งเกินค่าควบคุมเล็กน้อย แต่ยังคงถือว่าเป็นชิ้นส่วนเสีย รูปที่ 4.9 แสดงสภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 ที่ได้จากความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ต่าง ๆ

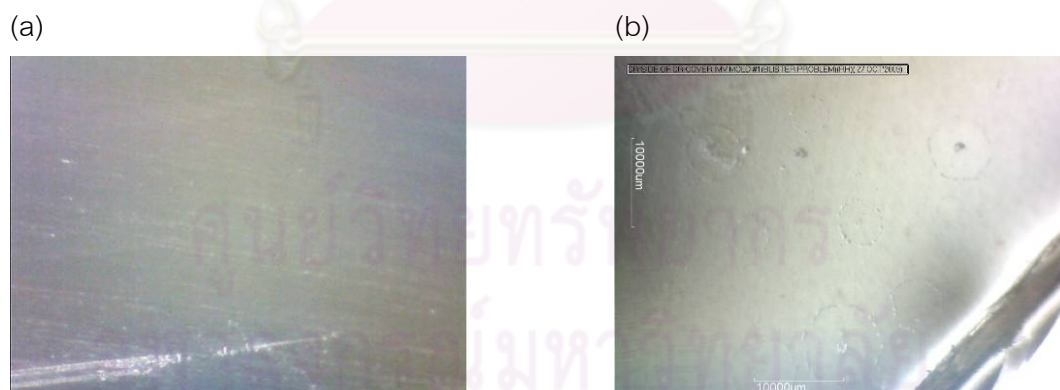


รูปที่ 4.9 สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) (a) 200  $\text{kg/cm}^2$  (b) 210  $\text{kg/cm}^2$  (c) 230  $\text{kg/cm}^2$  และ (d) 250  $\text{kg/cm}^2$

ดังนั้นสรุปได้ว่าความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานจริงและที่ค่า  $250 \text{ kg/cm}^2$  สามารถฉีดชิ้นงานโดยเกลียวมีระยะมิติ (Dimension) ได้ตามมาตรฐาน แต่ยังคงมีสภาพพื้นผิวที่ขรุขระและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ที่เกินค่าควบคุมน้อยที่สุด

จากสภาพพื้นผิวที่ยังขรุขระและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) เกินมาตรฐานอยู่นั้น ต่อมาจึงออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมุติฐานในส่วนของแม่พิมพ์ที่คาดว่าสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ขรุขระ เพื่อพิสูจน์สมมุติฐานดังกล่าว จึงทำการตรวจสอบโดยดูสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) ของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 เปรียบเทียบกับของชิ้นส่วน Worm Cavity 1 และวัดค่าความขรุขระเฉลี่ย ของพื้นผิว (Ra)

ผลการตรวจสอบพบว่าสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) ของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 ขรุขระและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra)  $0.318 \mu\text{m}$  ซึ่งเกินมาตรฐาน (อ้างอิงมาตรฐานความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) น้อยกว่าหรือเท่ากับ  $0.134 \mu\text{m}$  ตามค่าที่วัดได้จากแม่พิมพ์ (Insert Molde) ของชิ้นส่วน Worm Cavity 1) แต่สำหรับสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) ของชิ้นส่วน Worm Cavity 1 เรียบและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra)  $0.134 \mu\text{m}$  ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน รูปที่ 4.10 แสดงสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) ของชิ้นส่วน Worm Cavity 1 และ 2

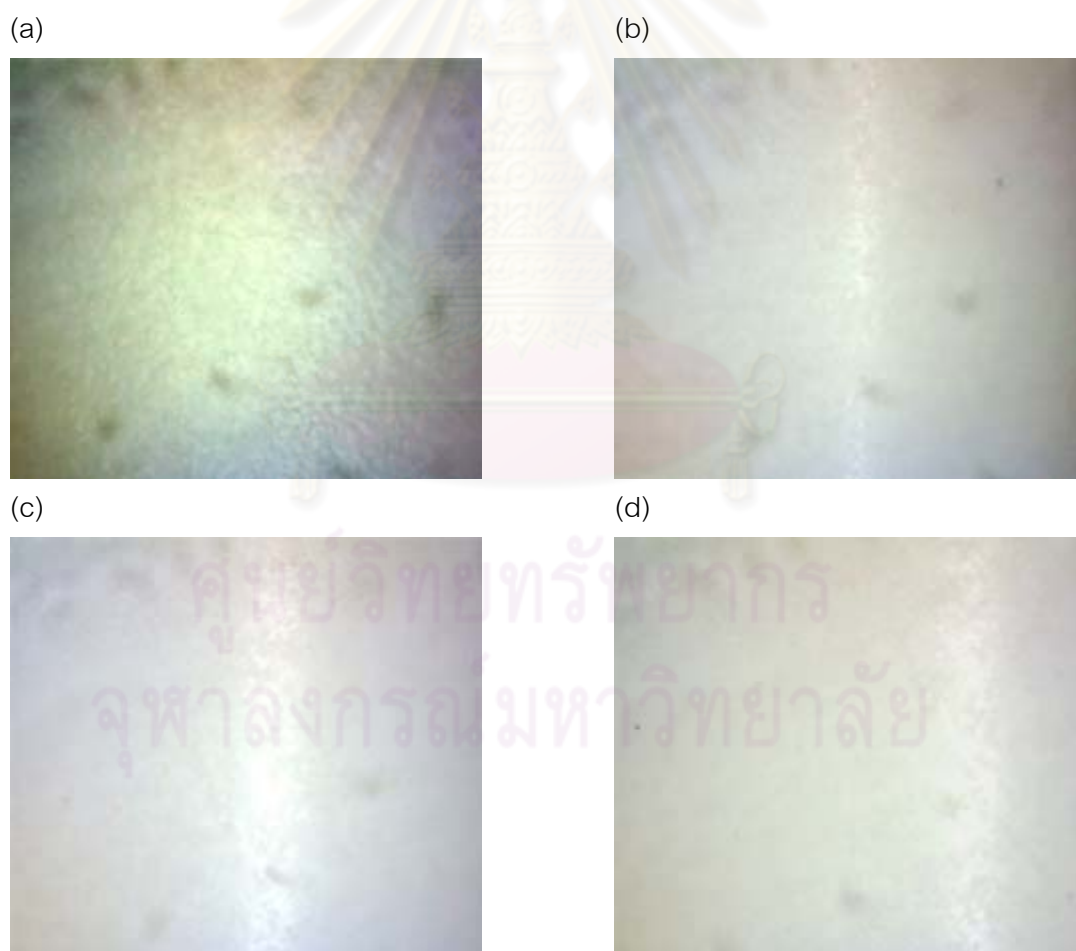


รูปที่ 4.10 สภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) ของชิ้นส่วน Worm โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า (a) Cavity 1 (b) Cavity 2



ต่อมาจึงทำการทดลองโดยทดลองฉีดชิ้นส่วนที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 200, 210, 230 และ 250 kg/cm<sup>2</sup> กับแม่พิมพ์ (Insert Mold) Cavity 1 จากนั้นตรวจสอบสภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน และวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra)

จากผลการทดลองพบว่าที่ความดัน 210-250 kg/cm<sup>2</sup> ของชิ้นส่วน Worm Cavity 1 สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วนเรียบและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) 0.420, 0.415 และ 0.408  $\mu\text{m}$  ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในมาตรฐานทั้งหมด แต่ที่ความดัน 200 kg/cm<sup>2</sup> ชิ้นส่วนมีสภาพพื้นผิวขรุขระและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) 0.690  $\mu\text{m}$  (รายละเอียดของค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) แสดงในภาคผนวก ง ผลการทดลอง DOE (Worm #1) ปัญหากระจกปรับเสียงดัง-เสียงผิดปกติ) ซึ่งเกินค่ามาตรฐาน รูปที่ 4.11 แสดงสภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Worm Cavity 1 ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ต่าง ๆ



รูปที่ 4.11 สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Worm Cavity 1 โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) (a) 200 kg/cm<sup>2</sup> (b) 210 kg/cm<sup>2</sup> (c) 230 kg/cm<sup>2</sup> และ (d) 250 kg/cm<sup>2</sup>

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสภาพพื้นผิวแม่พิมพ์ (Insert Mold) ส่งผลกระทบต่อสภาพพื้นผิวของชิ้นงานจริง

#### 4.2.2 ปัญหากระจกปรับสมดุล

##### 4.2.2.1 การวัดเพื่อสำรวจสภาพปัจจุบัน (Measure)

วิศวกรหน่วยงานควบคุมคุณภาพภายในกระบวนการ (Quality Control Inhouse) ซึ่งมีประสบการณ์ในการทำงาน 4 ปี จำนวน 4 คน ผู้จัดการแผนกซึ่งมีประสบการณ์ในการทำงาน 17 ปี และผู้ช่วยผู้จัดการทั่วไปซึ่งมีประสบการณ์ในการทำงาน 20 ปีของแผนกประกันคุณภาพ ทำการระดมสมองโดยใช้แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) ในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ดังรูปที่ 4.12



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จากรูปที่ 4.12 สรุปประเด็นหลังการระดมสมองได้ดังตารางที่ 4.5 โดยการประเมินจะมีทีมตรวจสอบเป็นผู้ประเมิน ผลการประเมิน OK หมายถึง ผ่านการตรวจสอบแล้วและมีการดำเนินการในปัจจุบัน และ NG หมายถึง ผ่านการตรวจสอบแล้วและไม่มีการดำเนินการในปัจจุบัน

ตารางที่ 4.5 สาเหตุที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดและการหลุดของปัญหากระจกปรับ  
สะดุด

4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีใน ปัจจุบัน	ผลการ ประเมิน
คน (Man)	1. สาเหตุที่ทำให้พนักงานตรวจสอบผิดพลาด		
	- เนื่องจากพนักงานขาดสมาธิในการ ตรวจสอบ	- มีการสำรวจความคิดเห็นของพนักงาน เพื่อนำมาพิจารณาในการปรับปรุง สภาพแวดล้อมในการตรวจสอบ	OK
	- เนื่องจากความเหนื่อยล้าจากการทำงาน ล่วงเวลา	- มีการอนุญาตให้ทำงานล่วงเวลาสูงสุดไม่ เกิน 3 ชั่วโมงเท่านั้น	OK
	2. สาเหตุที่ทำให้พนักงานไม่ทราบลักษณะปัญหา		
	- เนื่องจากไม่มีจุดตรวจสอบของปัญหาปรับ สะดุดในมาตรฐานการทำงาน	- ปัจจุบันยังไม่มีการแก้ไขใด ๆ	NG
	- เนื่องจากไม่มีตัวอย่างชิ้นงานเสียที่จุด ปฏิบัติงาน	- ปัจจุบันยังไม่มีการแก้ไขใด ๆ	NG
- เนื่องจากไม่มีการฝึกอบรมพนักงานให้ทราบ ถึงวิธีการตรวจสอบและลักษณะของปัญหา	- ปัจจุบันยังไม่มีการแก้ไขใด ๆ	NG	

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีในปัจจุบัน	ผลการประเมิน
เครื่องจักร (Machine)	1. สาเหตุที่ทำให้จึกสำหรับวางชิ้นงานชำรุด		
	- เนื่องจากการวางกระแทกบ่อย ๆ	- มีการตรวจสอบคุณภาพก่อนใช้งานเป็นประจำทุกวัน หากพบว่าชำรุด จะทำการเปลี่ยนใช้จึกสำรองทันที	OK
	- เนื่องจากการทำจึกตกหล่นขณะนำชิ้นมาวางบนโต๊ะตรวจสอบ	- มีการตรวจสอบคุณภาพก่อนใช้งานเป็นประจำทุกวัน หากพบว่าชำรุด จะทำการเปลี่ยนใช้จึกสำรองทันที	OK
	- เนื่องจากจึกสำหรับวางชิ้นงานขาดการดูแลและการบำรุงรักษา	- มีการตรวจสอบคุณภาพก่อนใช้งานเป็นประจำทุกวัน หากพบว่าชำรุด จะทำการเปลี่ยนใช้จึกสำรองทันที	OK
	2. สาเหตุที่ทำให้จึกสำหรับวางชิ้นงานไม่มีประสิทธิภาพ	- มีการทดลองก่อนการออกแบบ	NG
	3. สาเหตุที่ทำให้ชุดจ่ายกระแสไฟฟ้าและกล่องควบคุมไม่มีประสิทธิภาพ		
- เนื่องจากการทำชุดเครื่องมือนี้ตกหล่นขณะนำชิ้นมาวางบนโต๊ะตรวจสอบ	- มีการตรวจสอบคุณภาพก่อนใช้งานเป็นประจำทุกวัน หากพบว่าชำรุด จะทำการเปลี่ยนมาใช้ชุดสำรองทันที	OK	
- เนื่องจากการผลิตของผู้ขายปัจจัยการผลิตไม่ดี	- ผู้ขายปัจจัยการผลิตได้มีการทดสอบเรื่องความคงทนของสินค้าก่อนส่งมอบสินค้า และมีใบยืนยันคุณภาพ	OK	
- เนื่องจากชุดเครื่องมือขาดการดูแลและการบำรุงรักษา	- มีการทำความสะอาด และตรวจสอบคุณภาพก่อนใช้งานเป็นประจำทุกวัน	OK	

4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีในปัจจุบัน	ผลการประเมิน
วิธีการ (Method)	1. สาเหตุที่ไม่มีการประเมินความสามารถของพนักงาน		
	- เนื่องจากไม่มีผู้รับผิดชอบในการประเมิน	- มีการประเมินความสามารถของพนักงาน โดยให้หัวหน้างานเป็นผู้ทำการประเมินตามช่วงเวลาที่กำหนด	OK
	- เนื่องจากไม่มีการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความสามารถของพนักงาน	- หัวหน้างานได้จัดทำการประเมิน โดยประเมินจากการปฏิบัติงานจริง และมีการสอบข้อเขียนทุก ๆ 1 เดือน	OK
	2. สาเหตุที่ไม่มีมาตรฐานในการทำงาน		
	- เนื่องจากไม่มีผู้รับผิดชอบในการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน	- หัวหน้างานได้จัดทำเป็นคู่มือมาตรฐานการปฏิบัติงานแล้ว	OK

4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีใน ปัจจุบัน	ผลการ ประเมิน
วัสดุ/วัสดุ (Material)	1. สาเหตุที่ทำให้วัสดุที่นำมาฉีดขึ้นส่วนภายใน (Componet Part) ไม่ได้มาตรฐาน - เนื่องมาจากการผลิตวัสดุที่นำมาฉีดขึ้นส่วนภายใน (Componet Part) ของผู้ขายปัจจัยการผลิตไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐาน	- บริษัทได้เข้าไปทำการตรวจสอบและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการจัดระบบการทำงานและการไหลของงาน	OK
	2. สาเหตุที่ขึ้นส่วนภายใน Actuator เสียหาย/มีปัญหา - เนื่องมาจากทำขึ้นส่วนภายใน (Component Part) ตกหล่นในระหว่างการขนส่ง	- มีบรรจุภัณฑ์ที่กันกระแทก โดยผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน	OK
	- เนื่องมาจากทางบริษัทผู้ขายปัจจัยการผลิตลำดับแรก (1 <sup>st</sup> Tier) ไม่มีมาตรฐานในการคัดเลือกชิ้นงานจากผู้ขายปัจจัยการผลิตลำดับที่ 2 (2 <sup>nd</sup> Tier) ก่อนนำเข้าสายการประกอบ	- ปัจจุบันยังไม่มีการแก้ไขใด ๆ	NG
	- เนื่องจากการผลิตขึ้นส่วนภายใน Actuator ของผู้ขายปัจจัยการผลิตลำดับที่ 2 (2 <sup>st</sup> Tier) ไม่ได้	- ปัจจุบันยังไม่มีการแก้ไขใด ๆ	NG

4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีใน ปัจจุบัน	ผลการ ประเมิน
สิ่งแวดล้อม (Environment)	1. สาเหตุที่ทำให้แสงสว่างไม่เพียงพอ  - เนื่องมาจากหลอดไฟในจุดตรวจสอบชำรุด	- มีหลอดไฟสำรอง	OK

ดังนั้นจากการสำรวจการดำเนินงานในปัจจุบันของกระบวนการต่าง ๆ ภายในบริษัทกรณีศึกษา พบว่า สาเหตุที่ของการเกิดปัญหากระจกปรับระดับ คาดว่าเกิดจากการฉีดขึ้นส่วนภายในชิ้นงาน Actuator ที่ไม่ได้ตามมาตรฐาน เนื่องจากผลการตรวจสอบชิ้นส่วนภายในกระจกมองข้างรถยนต์ พบว่าของเสียน่าจะเกิดจากชิ้นส่วน Actuator เพียงอย่างเดียว เพราะชิ้นส่วนอื่น ๆ ไม่มีความปกติใด ๆ ดังนั้นจึงทำการระดมสมองอีกครั้งหนึ่งซึ่งได้แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) แสดงชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อปัญหากระจกปรับระดับ ดังรูปที่ 4.13 ส่วนสาเหตุของการหลุดรอดของชิ้นงาน คาดว่าเกิดจากไม่มีมาตรฐานในการคัดเลือกชิ้นส่วนดีเข้าสายการประกอบ และการที่พนักงานไม่ทราบลักษณะปัญหา ซึ่งเกิดจากไม่มีจุดตรวจสอบ

ของปัญหาปรับสมดุลในมาตรฐานการทำงาน ซึ่งทำให้พนักงานไม่ทราบว่าคุณลักษณะนี้เป็นลักษณะที่ผิดปกติที่ถูกค่าไม่ยอมรับ ไม่มีตัวอย่างชิ้นงานเสียที่จุดปฏิบัติงาน รวมถึงไม่มีการฝึกอบรมพนักงานให้ทราบถึงวิธีการตรวจสอบและลักษณะของปัญหานี้ ซึ่งจะทำให้พนักงานไม่สามารถตรวจสอบได้อย่างถูกต้อง เกิดความไม่แน่ใจ และไม่สามารถคัดแยกงานเสียออกจากงานได้ดี ตารางที่ 4.6 แสดงสรุปแสดงสาเหตุที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดและการหลุดของปัญหากระจกปรับสมดุลหลังจากการสำรวจการดำเนินงานในปัจจุบันของกระบวนการต่าง ๆ ภายในบริษัทกรณีศึกษา

ตารางที่ 4.6 สรุปสาเหตุที่คาดว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริงในการเกิด (a) และการหลุด (b) ของปัญหากระจกปรับเสียดัง/เสียดผิดปกติสำรวจการดำเนินงานในปัจจุบันของกระบวนการต่าง ๆ ภายในบริษัทกรณีศึกษา

(a)

4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีในปัจจุบัน	ผลการประเมิน
วัสดุ/วัสดุ (Material)	1. สาเหตุที่ขึ้นส่วนภายใน Actuator เสียหาย/มี ปัญหา - เนื่องจากทางบริษัทผู้ขายปัจจัยการผลิต ลำดับแรก (1 <sup>st</sup> Tier) ไม่มีมาตรฐานในการคัดเลือก ชิ้นงานจากผู้ขายปัจจัยการผลิตลำดับที่ 2 (2 <sup>nd</sup> Tier) ก่อนนำเข้าสายการประกอบ	- ปัจจุบันยังไม่มีมาตรการแก้ไขใด ๆ	NG
	- เนื่องจากการผลิตขึ้นส่วนภายใน Actuator ของผู้ขายปัจจัยการผลิตลำดับที่ 2 (2 <sup>st</sup> Tier) ไม่มีดี	- ปัจจุบันยังไม่มีมาตรการแก้ไขใด ๆ	NG

(b)

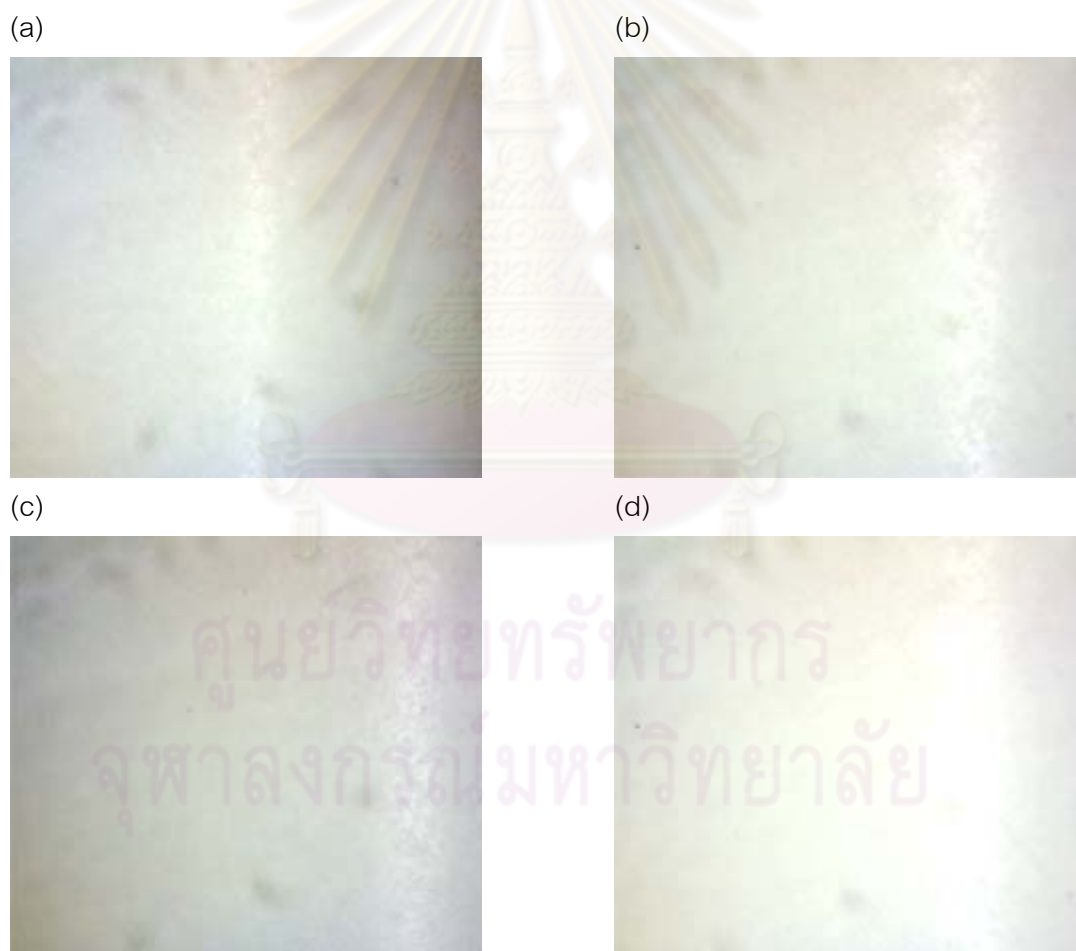
4M 1E	หัวข้อ	เอกสาร/วิธีการ/การจัดการที่มีในปัจจุบัน	ผลการประเมิน
คน (Man)	1. สาเหตุที่ทำให้พนักงานไม่ทราบลักษณะปัญหา - เนื่องจากไม่มีจุดตรวจสอบของปัญหาปรับ สมดุลในมาตรฐานการทำงาน	- ปัจจุบันยังไม่มีมาตรการแก้ไขใด ๆ	NG
	- เนื่องจากไม่มีตัวอย่างชิ้นงานเสียที่จุด ปฏิบัติงาน	- ปัจจุบันยังไม่มีมาตรการแก้ไขใด ๆ	NG
	- เนื่องจากไม่มีการฝึกอบรมพนักงานให้ทราบ ถึงวิธีการตรวจสอบและลักษณะของปัญหา	- ปัจจุบันยังไม่มีมาตรการแก้ไขใด ๆ	NG





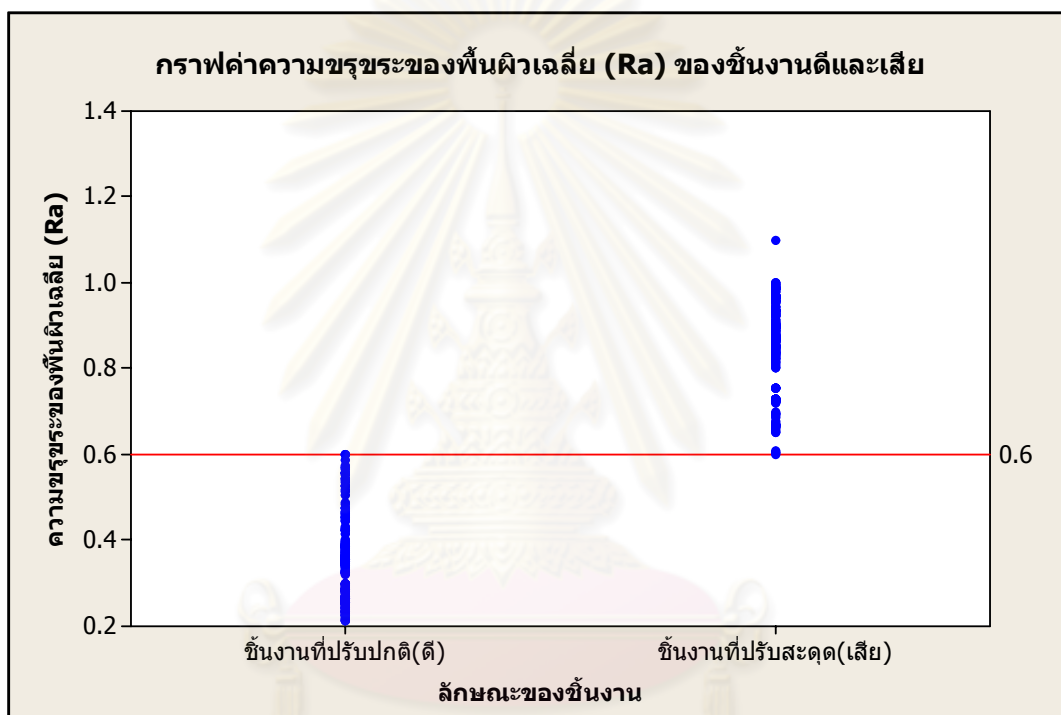
ดังนั้นจากแผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ในรูปที่ 4.13 สรุปได้ว่าชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับปัญหาภายในชิ้นส่วน Actuator ได้แก่ Worm, Wheel Worm, Housing Front, Housing Rear, Nut Adjust และมอเตอร์ ซึ่งจะนำมาทำการวิเคราะห์เพื่อพิสูจน์สาเหตุการเกิดของปัญหาต่อไป

ต่อมาทำการวัดระยะมิติตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด และตรวจสอบสภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน โดยเก็บข้อมูลจากกระจกมองข้างรถยนต์เสียที่พบ เปรียบเทียบกับกระจกมองข้างรถยนต์ที่ดี ผลการตรวจสอบพบว่า มีเพียงชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 จากกระจกมองข้างรถยนต์ที่เสียเท่านั้น ที่มีสภาพพื้นผิวขรุขระ ดังรูปที่ 4.14 แต่ในส่วนของการตรวจสอบระยะมิติพบว่าชิ้นส่วนที่นำมาตรวจสอบทั้งหมดมีระยะมิติอยู่ในมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดทั้งหมด



รูปที่ 4.14 ลักษณะทางกายภาพของชิ้นส่วน Worm ในกระจกมองข้างรถยนต์ที่เสีย (a) Cavity 1 (b) Cavity 2 และดี (c) Cavity 1 (d) Cavity 2 ที่กำลังขยาย 50 เท่า

แต่จากสภาพพื้นผิวขรุขระของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 ดังกล่าว ซึ่งไม่สามารถอธิบายเป็นตัวเลขได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้นำเสนอการวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ด้วยเครื่อง Surfcom และกำหนดค่าควบคุมเบื้องต้นเพื่อเป็นค่ามาตรฐานในการจัดกลุ่มชิ้นส่วน Worm ที่เสียและดี โดยสุ่มกระจกมองข้างรถยนต์ที่มีระดับเสียงตั้งแต่ 60 – 70 เดซิเบล มาอย่างละ 300 ชิ้น ทำการวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ซึ่งจากผลการตรวจสอบดังกล่าว พบว่ากลุ่มของชิ้นงานเสียมีค่าความขรุขระตั้งแต่ 0.65  $\mu\text{m}$  ขึ้นไป และกลุ่มของชิ้นงานดีมีค่าความขรุขระอยู่ที่ 0.6  $\mu\text{m}$  ลงมา ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 กราฟความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ที่ได้จากกลุ่มชิ้นงานเสียและกลุ่มชิ้นงานดีของปัญหากระจกปรับสะดุด

จากผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ ค่าความขรุขระเฉลี่ยของพื้นผิว (Ra) และระยะมิติ (Dimension) ของแต่ละชิ้นส่วน พบว่าระยะมิติ (Dimension) ของแต่ละชิ้นส่วนนั้นไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระจกมองข้างรถยนต์เสียที่เกิดขึ้น เนื่องจากมีค่าอยู่ในมาตรฐานทั้งหมด แต่ค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) และลักษณะทางกายภาพของ Nut Adjust Cavity 2 นั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระจกมองข้างรถยนต์ที่มีปัญหา เนื่องจากมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) อยู่ที่ 0.985  $\mu\text{m}$  (รายละเอียดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) แสดงในภาคผนวก ง ค่าความขรุขระเฉลี่ย (Ra) ของปัญหากระจกปรับสะดุด) ซึ่งเกินค่าควบคุม และมี

สภาพพื้นผิวขรุขระ ซึ่งอาจทำให้การหมุนขับเคลื่อนของ Nut Adjust บนเกลียวของ Housing Front นั้นไม่ราบเรียบ จากผลการตรวจสอบทั้งหมดสรุปขึ้นส่วนที่คาดว่าจะสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการตรวจสอบชิ้นส่วนภายใน Actuator ของปัญหากระจกปรับสะดุจาก (a) กระจกมองข้างรถยนต์ที่เสีย (b) กระจกมองข้างรถยนต์ที่ดี

(a)

ชื่อชิ้นส่วนประกอบ	หมายเลขพิมพ์ข้าง	ตรวจสอบสภาพพื้นผิว	วัดค่าความขรุขระเฉลี่ยของพื้นผิว (Ra)	ตรวจสอบระยะมิติ (Dimension)	ผลการตรวจสอบ	
Worm	Cavity 1	Smooth	0.326	In Standard	Good Part	
	Cavity 2	Smooth	0.369	In Standard	Good Part	
Wheel Worm	Cavity 1	Smooth	0.340	In Standard	Good Part	
	Cavity 2	Smooth	0.353	In Standard	Good Part	
Housing Front	RH	UP-DOWN	Smooth	0.334	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.338	In Standard	Good Part
	LH	UP-DOWN	Smooth	0.351	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.376	In Standard	Good Part
Housing Rear	RH	UP-DOWN	Smooth	0.341	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.345	In Standard	Good Part
	LH	UP-DOWN	Smooth	0.331	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.362	In Standard	Good Part
Nut Adjust	Cavity 1	Smooth	0.360	In Standard	Good Part	
	Cavity 2	Roughness	0.985	In Standard	Bad Part	
Motor	RH	UP-DOWN	Smooth	0.335	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.343	In Standard	Good Part
	LH	UP-DOWN	Smooth	0.347	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.367	In Standard	Good Part

(b)

ชื่อชิ้นส่วนประกอบ	หมายเลขพิมพ์ข้าง	ตรวจสอบสภาพพื้นผิว	วัดค่าความขรุขระเฉลี่ยของพื้นผิว (Ra)	ตรวจสอบระยะมิติ (Dimension)	ผลการตรวจสอบ	
Worm	Cavity 1	Smooth	0.350	In Standard	Good Part	
	Cavity 2	Smooth	0.395	In Standard	Good Part	
Wheel Worm	Cavity 1	Smooth	0.345	In Standard	Good Part	
	Cavity 2	Smooth	0.385	In Standard	Good Part	
Housing Front	RH	UP-DOWN	Smooth	0.356	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.369	In Standard	Good Part
	LH	UP-DOWN	Smooth	0.353	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.363	In Standard	Good Part
Housing Rear	RH	UP-DOWN	Smooth	0.320	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.355	In Standard	Good Part
	LH	UP-DOWN	Smooth	0.344	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.347	In Standard	Good Part
Nut Adjust	Cavity 1	Smooth	0.341	In Standard	Good Part	
	Cavity 2	Smooth	0.375	In Standard	Good Part	
Motor	RH	UP-DOWN	Smooth	0.352	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.364	In Standard	Good Part
	LH	UP-DOWN	Smooth	0.351	In Standard	Good Part
		IN-OUT	Smooth	0.370	In Standard	Good Part

จากข้อสันนิษฐานดังกล่าวข้างต้น เพื่อพิสูจน์สมมุติฐานของปัญหา กระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติทำได้โดยทดลองประกอบชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 ซึ่งเกลียวมีพื้นผิวขรุขระกับชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่ไม่มีลักษณะข้อบกพร่องใด ๆ อย่างน้อย 299 ชิ้น โดยในการจ่าย



(b)

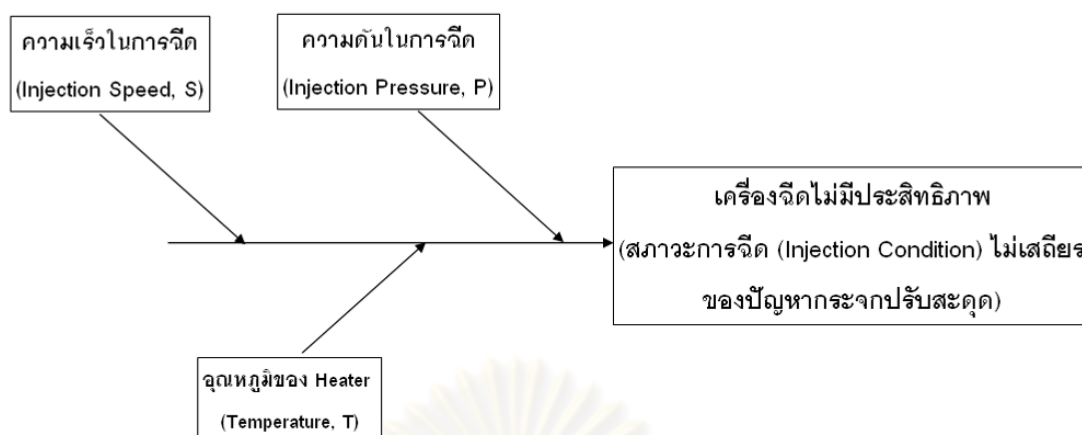
ชิ้นส่วนที่		Worm		Wheel Worm		Housing Front		Housing Rear		Nut Adjust		Motor	
		Cavity 1	Cavity 2	Cavity 1	Cavity 2	RH	LH	RH	LH	Cavity 1	Cavity 2	RH	LH
Worm	Cavity 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cavity 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wheel Worm	Cavity 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cavity 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Housing Front	RH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Housing Rear	RH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nut Adjust	Cavity 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cavity 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Motor	RH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.8 (a) และ (b) พบว่า ชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity ที่ 2 ซึ่งมีพื้นผิวขรุขระและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) เกินมาตรฐาน ส่งผลต่อปัญหากระจกปรับสัดุดจริง เนื่องจากผลการทดลองเป็นงานเสียทั้งหมด ในทำนองเดียวกันหากชิ้นส่วนดังกล่าวไม่มีข้อบกพร่องใด ๆ ผลการทดสอบจึงเป็นงานดีทั้งหมด

จากการที่กล่าวมาทั้งหมดนี้สามารถสรุปได้ว่า ปัญหากระจกปรับสัดุดซึ่งเกิดจากชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 มีพื้นผิวขรุขระ

#### 4.2.2.2 การวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดปัญหา (Analyze)

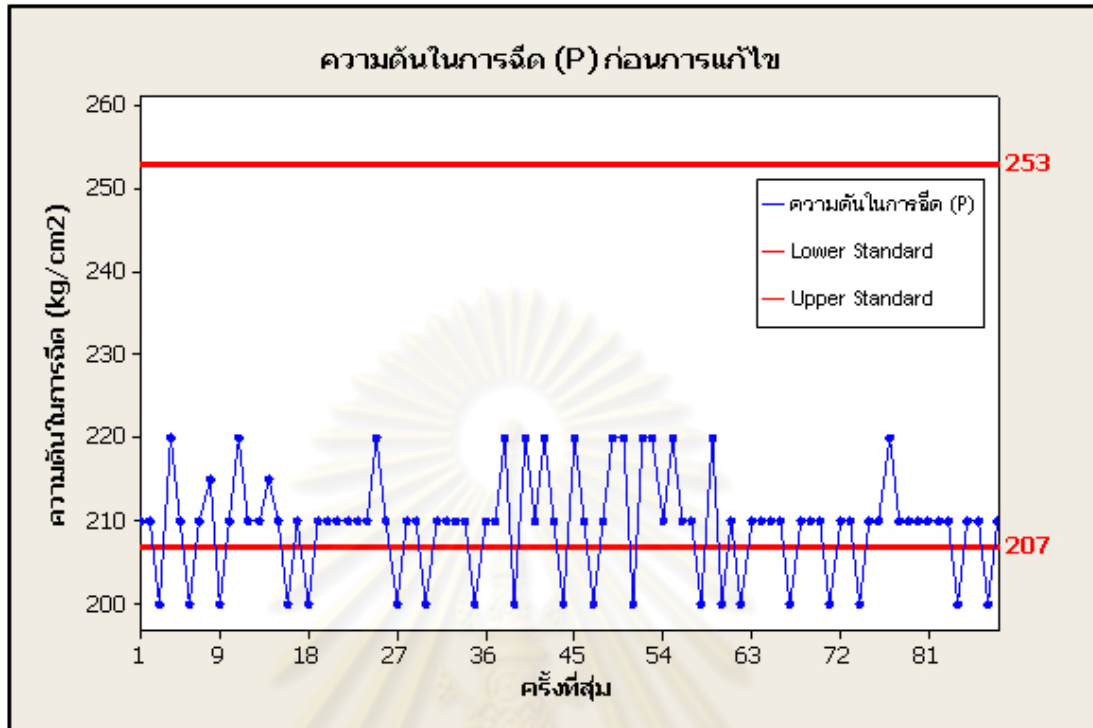
จากแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) รูปที่ 4.9 ที่คาดว่าชิ้นส่วนภายในเสียหายเนื่องจากเครื่องฉีดและแม่พิมพ์ที่ถูกใช้งานมาเป็นระยะเวลายาวนาน จึงเกิดการเสื่อมสภาพ ซึ่งทำให้สภาวะการฉีด (Injection Condition) ไม่เสถียร ดังนั้นจึงมีการระดมสมองอีกครั้ง โดยอาศัยแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) ในการวิเคราะห์ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.16



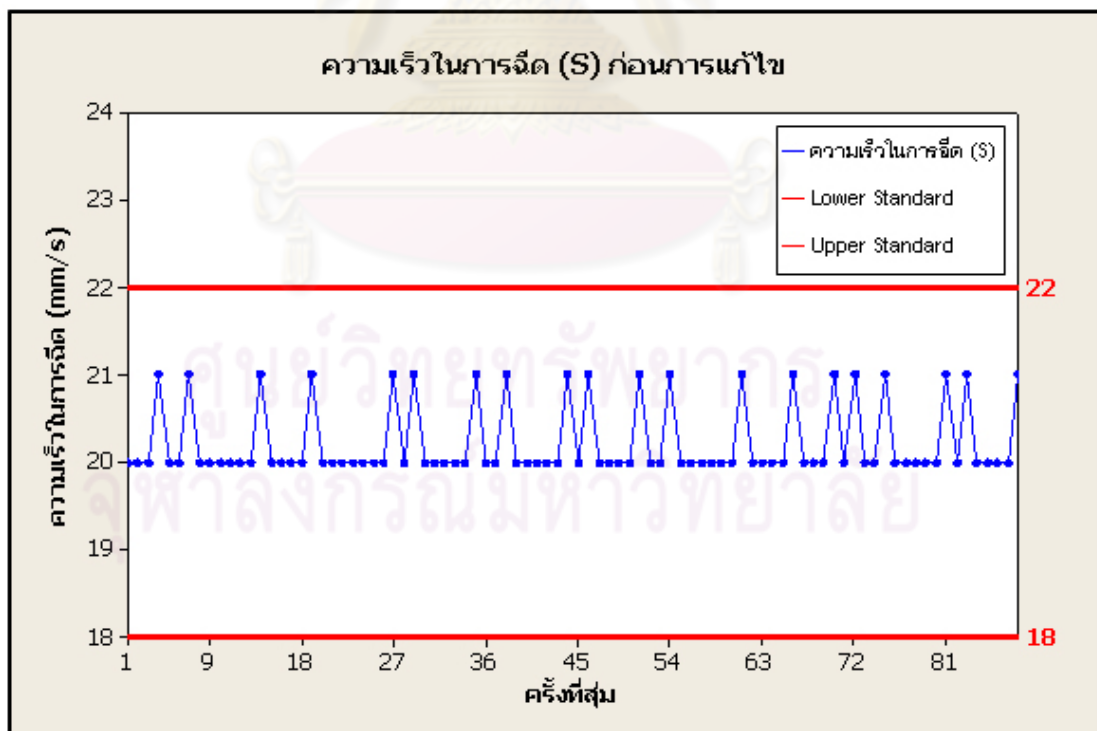
รูปที่ 4.16 แผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ของสภาวะการฉีด (Injection Condition) ไม่เสถียรของปัญหากระจกปรับสมดุล

ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการฉีดชิ้นงานที่คาดว่าจะมีความผันแปรตลอดระยะเวลาที่ฉีด และสภาพแม่พิมพ์ที่มีผิวขรุขระ จากข้อสันนิษฐานดังกล่าวจึงทดลองสุ่มตรวจสอบปัจจัยในการฉีดที่จอมอนิเตอร์ของเครื่องฉีด 1 ครั้ง/ชั่วโมง จำนวน 4 ครั้ง เนื่องจากในแต่ละวันมีการผลิตชิ้นส่วน 4 ชั่วโมง/วัน และทำการบันทึกผลในใบบันทึก (ผลการสุ่มตรวจสอบแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง Injection Condition Result : สะดุดก่อนการแก้ไข) แสดงผลการตรวจสอบดังรูปที่ 4.17

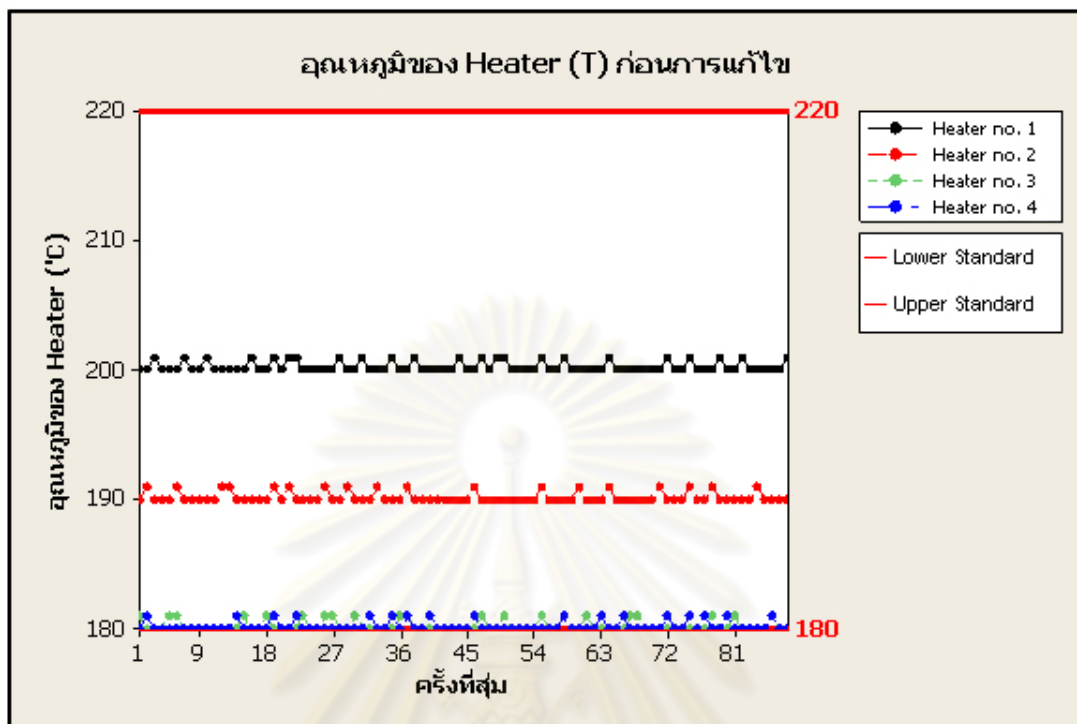
(a)



(b)



(c)



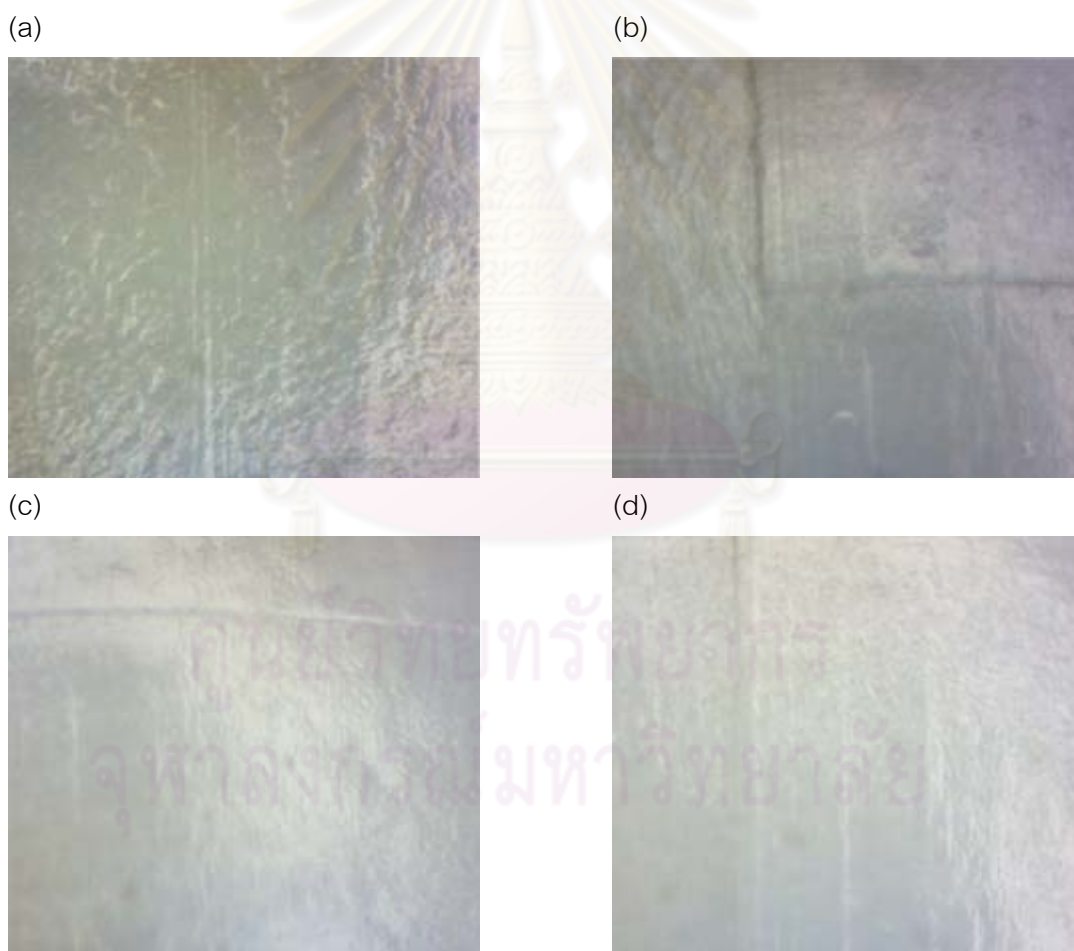
รูปที่ 4.17 กราฟผลการสุ่มตรวจสอบปัจจัยในการฉีดที่จ่อมอนิเตอร์ของเครื่องฉีดของปัญหา  
 กระบวนการปรับสัปดาห์ก่อนการแก้ไข (a) ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P),  
 ความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S) และ (c) อุณหภูมิของ Heater  
 (Temperature, T)

จากรูปที่ 4.17 สามารถตั้งสมมุติฐานได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงานได้แก่ ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) เนื่องจากผลจากการสุ่มตรวจสอบพบว่ามีความเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาที่ฉีดชิ้นงาน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 200-250 kg/cm<sup>2</sup> ต่อมาจึงทำการทดสอบสมมุติฐานโดยการออกแบบการทดลองและอ้างอิงค่าควบคุมของทางแผนกฉีด (อ้างอิงค่าควบคุมของทางแผนกฉีด ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก หน้า 90) ซึ่งค่ามาตรฐานอยู่ในช่วง 207-253 kg/cm<sup>2</sup> ดังนั้นจึงทดลองปรับความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ทั้งหมด 4 ระดับ คือ 200, 210, 230 และ 250 kg/cm<sup>2</sup> อย่างละ 300 ชิ้น จากนั้นตรวจสอบด้วยการดูสภาพพื้นผิวชิ้นงาน การวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) และการวัดระยะมิติ (Dimension)

ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่าที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 200 kg/cm<sup>2</sup> ชิ้นส่วนที่ได้มีสภาพพื้นผิวขรุขระมากและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra)



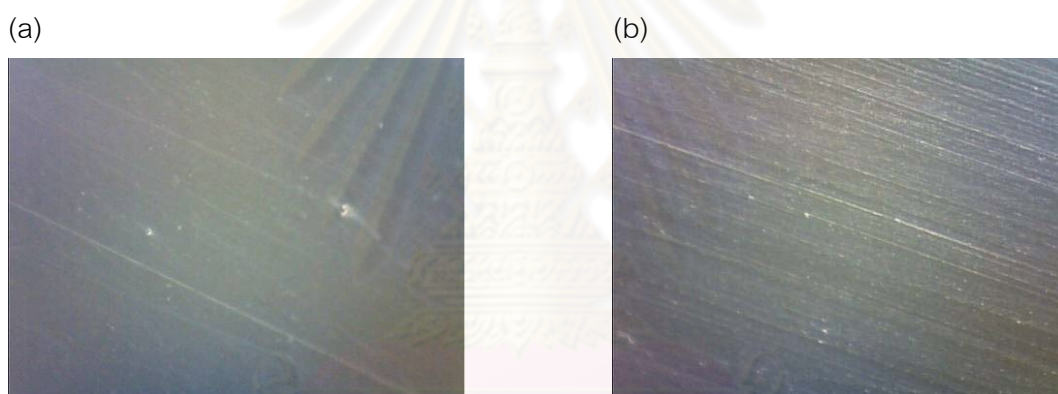
1.004  $\mu\text{m}$  ซึ่งเกินค่ามาตรฐานอยู่มากและถือว่าเป็นชิ้นส่วนเสีย ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 210, 230 และ 250  $\text{kg}/\text{cm}^2$  สามารถฉีดขึ้นส่วน Worm ได้อย่างสมบูรณ์ มีระยะมิติ (Dimension) ได้ตามมาตรฐาน (รายละเอียดของระยะมิติ (Dimension) แสดงในภาคผนวก ง Dimension of Nut Adjust #2 (DOE)) แต่ยังคงมีสภาพพื้นผิวขรุขระและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) 0.816, 0.736 และ 0.685  $\mu\text{m}$  ตามลำดับ (รายละเอียดของค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) แสดงในภาคผนวก ข ผลการทดลอง DOE (Nut Adjust #2) ของปัญหากระจกปรับสะดุค) ซึ่งเกินค่ามาตรฐานเล็กน้อย แต่ยังคงถือว่าเป็นชิ้นส่วนเสีย รูปที่ 4.18 แสดงสภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 ที่ได้จากความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ต่าง ๆ



รูปที่ 4.18 สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) (a) 200  $\text{kg}/\text{cm}^2$  (b) 210  $\text{kg}/\text{cm}^2$  (c) 230  $\text{kg}/\text{cm}^2$  และ (d) 250  $\text{kg}/\text{cm}^2$

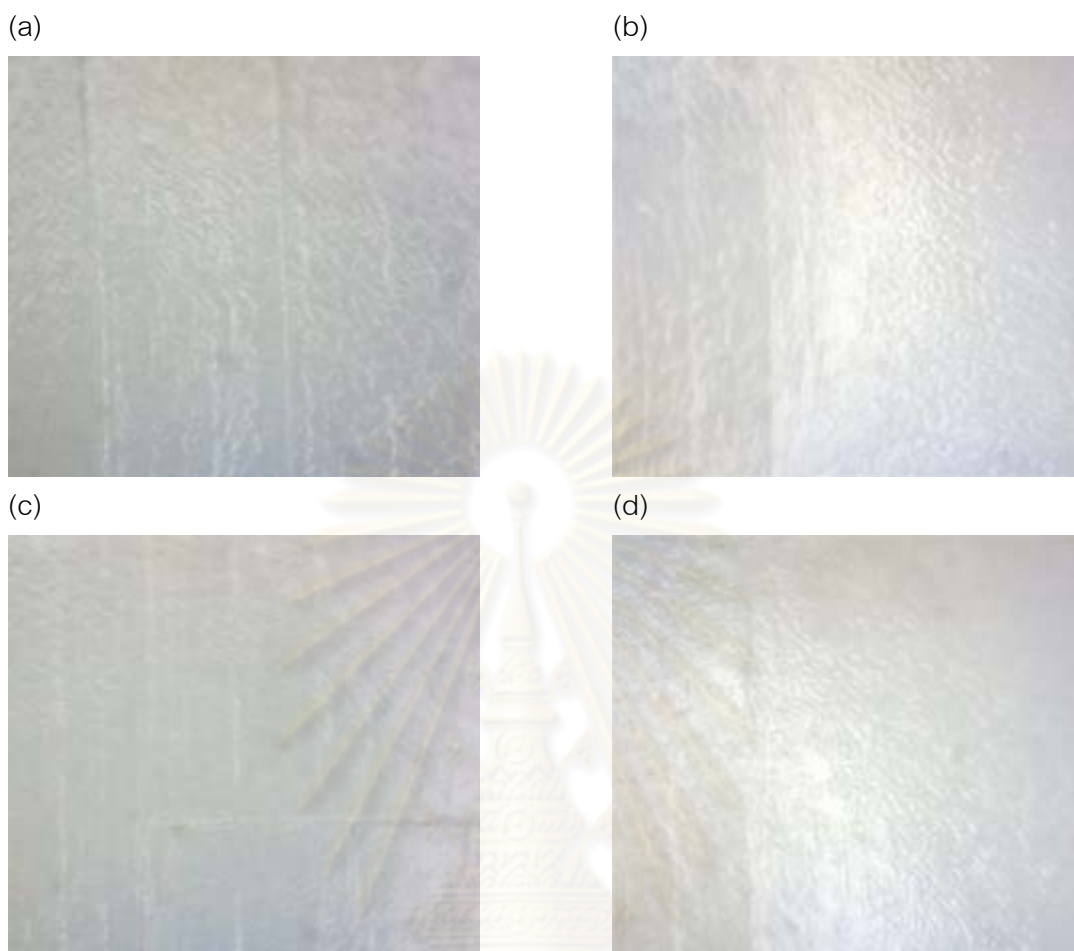
ดังนั้นสรุปได้ว่าความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานจริงและที่ค่า  $250 \text{ kg/cm}^2$  สามารถฉีดชิ้นงานโดยเกลียวมีระยะมิติ (Dimension) ได้ตามมาตรฐาน แต่ยังคงมีสภาพพื้นผิวที่ขรุขระและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ที่เกินมาตรฐานน้อยที่สุด

จากสภาพพื้นผิวที่ยังขรุขระและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) เกินมาตรฐานอยู่นั้น ต่อมาจึงออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมุติฐานในส่วนของแม่พิมพ์ที่คาดว่าสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ขรุขระ ต่อมาจึงตรวจสอบสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) เพื่อพิสูจน์สมมุติฐานดังกล่าว จึงทำการตรวจสอบโดยดูสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) ของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 เปรียบเทียบกับของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 1 และวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 สภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) ของชิ้นส่วน Nut Adjust โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า (a) Cavity 1 (b) Cavity 2

ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่าสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) และค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 มีค่าเกินมาตรฐาน ต่อมาจึงทำการทดลองโดยทดลองฉีดชิ้นส่วนที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 200, 210, 230 และ  $250 \text{ kg/cm}^2$  กับแม่พิมพ์ (Insert Mold) Cavity 1 จากนั้นตรวจสอบสภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน และวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) รูปที่ 4.20 แสดงสภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 1 ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ต่าง ๆ



รูปที่ 4.20 สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 1 โดยกลั่นจูลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) (a) 200 kg/cm<sup>2</sup> (b) 210 kg/cm<sup>2</sup> (c) 230 kg/cm<sup>2</sup> และ (d) 250 kg/cm<sup>2</sup>

จากผลการทดลองพบว่าที่ความดัน 210-250 kg/cm<sup>2</sup> ของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 1 สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วนเรียบและค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) 0.389, 0.401 และ 0.233  $\mu\text{m}$  ซึ่งอยู่ในมาตรฐานทั้งหมด แต่ที่ความดัน 200 kg/cm<sup>2</sup> ชิ้นส่วนมีสภาพพื้นผิวขรุขระและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) 0.705  $\mu\text{m}$  (แสดงค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ในภาคผนวก ง ผลการทดลอง DOE (Nut Adjust #1) ของปัญหากระจกปรับ สะดุด) ซึ่งเกินค่ามาตรฐานเล็กน้อย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสภาพพื้นผิวแม่พิมพ์ (Insert Mold) ส่งผลกระทบต่อสภาพพื้นผิวของชิ้นงานจริง

### 4.3 ผลการวิเคราะห์

#### 4.3.1 ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ

จากการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.2.1 นั้น พบว่าสาเหตุในการเกิดปัญหาคือ ชิ้นส่วน Worm Cavity 2 ที่มีลักษณะพื้นผิวขรุขระ ซึ่งเกิดจากเครื่องฉีดและแม่พิมพ์ไม่มีประสิทธิภาพในการผลิต เนื่องจากถูกใช้งานอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลานาน 6 ปี และไม่มีการบำรุงรักษาที่ดี ทำให้สภาวะการฉีด (Injection Condition) ไม่เสถียรตลอดระยะเวลาการผลิต ทำให้พารามิเตอร์ในการฉีดมีความผันแปร ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่า ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) มีค่าไม่คงที่และต่ำกว่ามาตรฐาน รวมถึงสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) มีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) เกินมาตรฐาน

#### 4.3.2 ปัญหากระจกปรับสะดุด

สาเหตุในการเกิดปัญหา จากการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.2.2 นั้น ผลปรากฏว่าสาเหตุในการเกิดปัญหาคือ ชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 ที่มีลักษณะพื้นผิวขรุขระ ซึ่งเกิดจากเครื่องฉีดและแม่พิมพ์ไม่มีประสิทธิภาพในการผลิต เนื่องจากถูกใช้งานอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลานาน 6 ปี และไม่มีการบำรุงรักษาที่ดี ทำให้สภาวะการฉีด (Injection Condition) ไม่เสถียรตลอดระยะเวลาการผลิต ทำให้พารามิเตอร์ในการฉีดมีความผันแปร ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่า ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) มีค่าไม่คงที่และต่ำกว่ามาตรฐาน รวมถึงสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) มีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) เกินมาตรฐาน

### 4.4 การแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการ (Improve)

#### 4.4.1 ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.3 ซึ่งสรุปว่าสภาพพื้นผิวขรุขระของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 เกิดจากความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ระหว่างการฉีดขึ้นงานไม่เสถียร ซึ่งทำให้บางช่วงเวลาของการผลิตมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน สภาพพื้นผิวหน้าแม่พิมพ์ (Insert Mold) ที่ขรุขระ และมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) เกินมาตรฐาน ดังนั้นจึงมีการจัดประชุมระหว่างฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายขายและวิศวกรรม ฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพภายในกระบวนการและระดับผู้บริหาร ในการแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการ (Improve) และมีข้อสรุปดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แนวทางในการแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการ (Improve) ของสาเหตุการเกิดของ  
ปัญหากระจกปรับเสียดัง/เสียดผิดปกติ

ลำดับ	โครงการแผนงาน	ชื่อเอกสาร/เครื่องจักร/เครื่องมือ	ค่าใช้จ่ายโครงการ (บาท/ปี)	เวลาดำเนินการ
1	การซื้อเครื่องฉีด	- เครื่องฉีดใหม่	1,622,892	1 ต.ค.-30 ต.ค. 2552
2	การทำแม่พิมพ์ใหม่	- แม่พิมพ์ใหม่	342,169	1 ต.ค.-30 ต.ค. 2552
3	การจัดทำเอกสารตรวจสอบ และการบำรุงรักษาเครื่องจักร (เครื่องฉีดและแม่พิมพ์)	- เอกสารการตรวจสอบเครื่องจักร - เอกสาร Preventive Maintenance Master Schedule	40	1-7 ต.ค. 2552
4	การจัดทำเอกสารควบคุมคุณภาพ	- Xbar - R Chart นำหนักชิ้นส่วน Worm	20	1-7 ต.ค. 2552
		- Xbar - R Chart ระดับเสียดของกระจกมองข้างรถยนต์	20	1-7 ต.ค. 2552
		- Sample Data Sheet (SDS) สำหรับการวัดระยะมิติ สภาพพื้นผิว และความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ของชิ้นส่วน Worm	400	1-7 ต.ค. 2552

หมายเหตุ : ในช่วงการจัดทำเอกสารต่าง ๆ นั้น ยังคงใช้เครื่องฉีดและแม่พิมพ์เดิมอยู่

#### 4.4.2 ปัญหากระจกปรับเสียด

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.3.2 ซึ่งสรุปว่าสภาพพื้นผิว  
ขรุขระของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 เกิดจากความดันในการฉีด (Injection Pressure, P)  
ระหว่างการฉีดขึ้นงานไม่เสถียร ซึ่งทำให้บางช่วงเวลาของการผลิตมีค่าเกินมาตรฐาน สภาพพื้น  
ผิวหน้าแม่พิมพ์ (Insert Mold) ที่ขรุขระ และมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) อยู่เกิน  
มาตรฐาน ดังนั้นจึงมีการจัดประชุมระหว่างฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายขายและ  
วิศวกรรม ฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพภายในกระบวนการและระดับผู้บริหาร ในการแก้ไขหรือ  
ปรับปรุงกระบวนการ (Improve) และมีข้อสรุปดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แนวทางในการแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการ (Improve) ของสาเหตุการเกิดของ  
ปัญหากระจกปรับเสียด

ลำดับ	โครงการแผนงาน	ชื่อเอกสาร/เครื่องจักร/เครื่องมือ	ค่าใช้จ่ายโครงการ (บาท/ปี)	เวลาดำเนินการ
1	การซื้อเครื่องฉีด	- เครื่องฉีดใหม่	1,622,892	1 ต.ค.-30 ต.ค. 2552
2	การทำแม่พิมพ์ใหม่	- แม่พิมพ์ใหม่	342,169	1 ต.ค.-30 ต.ค. 2552
3	การจัดทำเอกสารควบคุมคุณภาพ	- X - R Chart นำหนักชิ้นส่วน Nut A djust	20	8-22 ต.ค. 2552
		- Sample Data Sheet (SDS) สำหรับการวัดระยะมิติ สภาพพื้นผิวและ ความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ของชิ้นส่วน Nut A djust	400	8-22 ต.ค. 2552

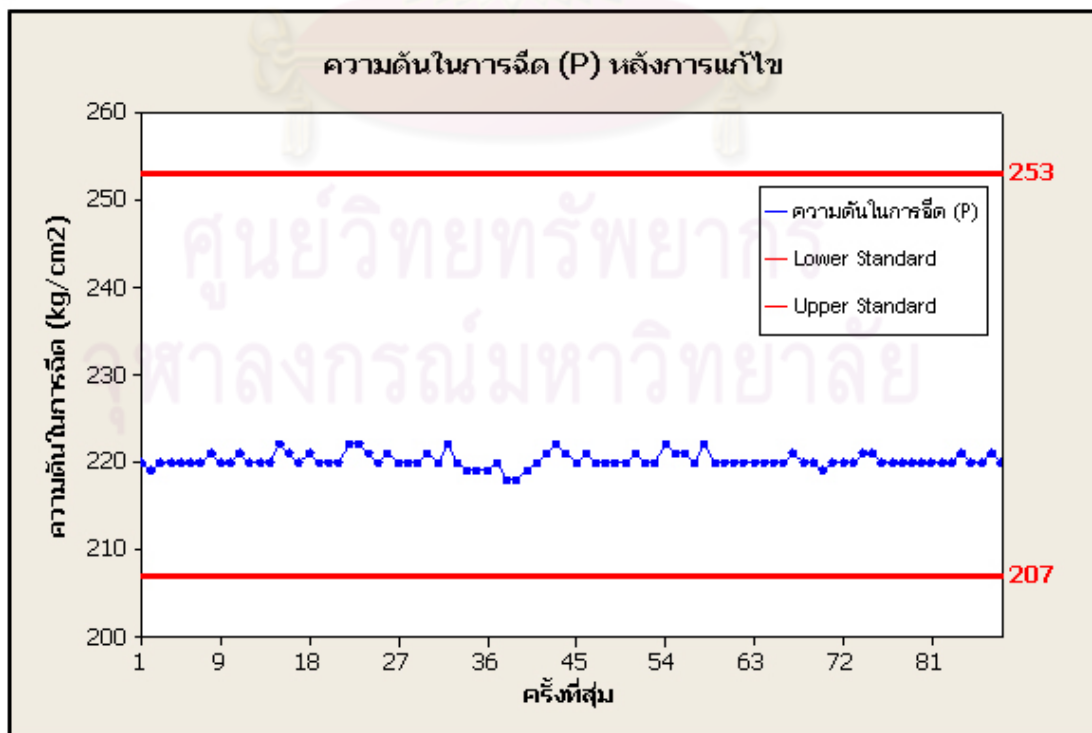
หมายเหตุ : ในช่วงการจัดทำเอกสารต่าง ๆ นั้น ยังคงใช้เครื่องฉีดและแม่พิมพ์เดิมอยู่

#### 4.5 ผลหลังการแก้ไขหรือปรับปรุงกระบวนการ (Improve)

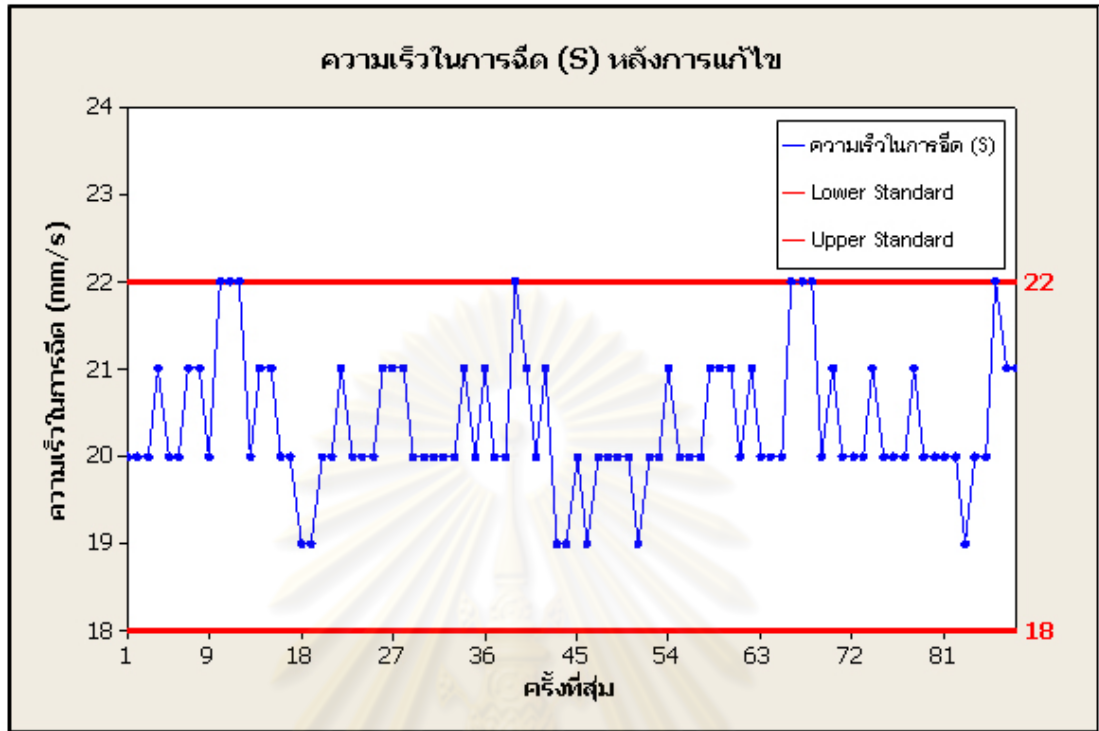
##### 4.5.1 ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ

หลังจากทำการแก้ไขในส่วนของสาเหตุการเกิดปัญหาโดยการซื้อเครื่องฉีดใหม่ เพื่อให้สภาวะการฉีด (Injection Condition) มีเสถียรภาพ สามารถควบคุมค่าความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ให้อยู่ในค่ามาตรฐานได้ตลอดระยะเวลาที่ทำการฉีด และการทำแม่พิมพ์ (Insert Mold) ใหม่ เพื่อให้สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 มีความเรียบและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ไม่เกินมาตรฐาน ซึ่งหลังจากดำเนินการแล้วจึงมีการตรวจสอบสภาพพื้นผิวแม่พิมพ์ (Insert Mold) วัดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) สุ่มตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการฉีด (Injection Condition) ซึ่งได้แก่ ความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S), ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) และอุณหภูมิ Heater (Temperature, T) 1 ครั้ง/ชั่วโมง จำนวน 4 ครั้ง/วัน เป็นเวลา 1 เดือน (ผลการสุ่มตรวจสอบแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง Injection Condition Result : เสียงดังหลังการแก้ไข) ซึ่งพบว่าปัจจัยในการฉีดไม่ผันแปรและคงที่ตลอดระยะเวลาการฉีดดังรูปที่ 4.21 ต่อมาทำการทดลองฉีดชิ้นส่วนที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 210, 230 และ 250 kg/cm<sup>2</sup> และทดลองนำชิ้นส่วน Worm Cavity 2 นี้เข้าประกอบเป็นกระจกมองข้างรถยนต์ จำนวน 300 ชิ้น จากนั้นวัดระดับเสียงที่ได้

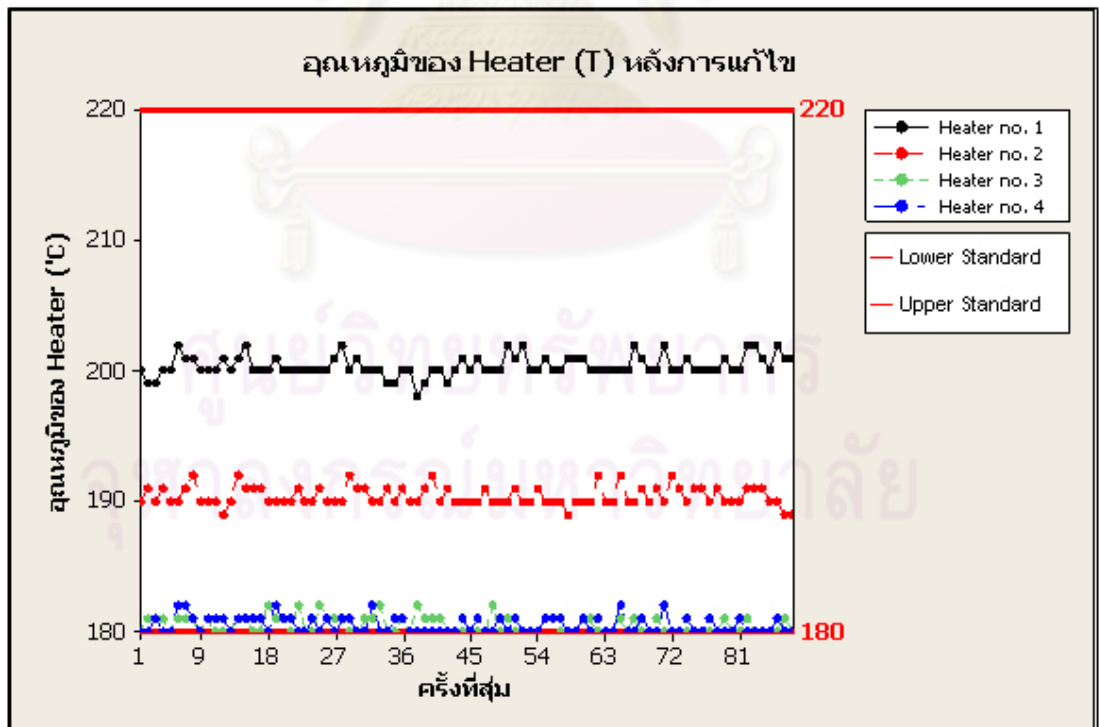
(a)



(b)



(c)



รูปที่ 4.21 กราฟผลการสุ่มตรวจสอบปัจจัยในการฉีดที่จอมอนิเตอร์ของเครื่องฉีดของปัญหา  
 กระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติหลังการแก้ไข (a) ความดันในการฉีด (Injection  
 Pressure, P), ความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S) และ (c) อุณหภูมิของ  
 Heater (Temperature, T)

#### 4.5.1.1 การตรวจสอบสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ใหม่ (Insert Mold)

##### 1) สภาพพื้นผิว

แม่พิมพ์ (Insert Mold) ใหม่ของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 มีสภาพ

พื้นผิวเรียบ



รูปที่ 4.22 สภาพพื้นผิวแม่พิมพ์ (Insert Mold) ใหม่ของชิ้นส่วน Worm Cavity 2

##### 2) ค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra)

แม่พิมพ์ (Insert Mold) ใหม่ของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 มีค่าความ  
 ขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) อยู่ที่  $0.184 \mu\text{m}$  ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน

#### 4.5.1.2 การทดลองพารามิเตอร์ในการฉีด

การทดลองพารามิเตอร์ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) จะ  
 ทำการทดลองทั้งหมด 6 ระดับ คือ 210, 220, 230, 240, 250 และ  $260 \text{ kg/cm}^2$  ซึ่งเป็นการทดลอง  
 เกินค่าควบคุมของทางแผนกฉีด เพื่อดูแนวโน้มของค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) อย่างละ  
 300 ชิ้น จากนั้นตรวจสอบด้วยการดูสภาพพื้นผิวชิ้นงาน การวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย  
 (Ra) และการวัดระยะมิติ (Dimension)

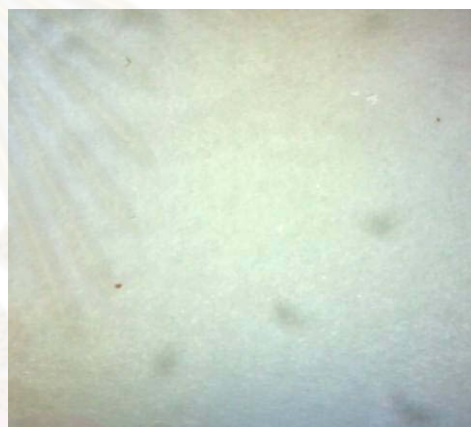


ผลการทดลองปรากฏว่าที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 210, 220, 230, 240, 250 และ 260 kg/cm<sup>2</sup> สามารถฉีดขึ้นส่วน Worm Cavity 2 ได้อย่างสมบูรณ์ มีสภาพพื้นผิวเรียบและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) 0.536, 0.457, 0.345, 0.254, 0.209 และ 0.156  $\mu\text{m}$  ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.23 และ 4.24 (รายละเอียดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) แสดงในภาคผนวก ง ผลหลังการแก้ไข (Worm #2) ปัญหากระจกปรับเสียงดัง-เสียงผิดปกติ) ซึ่งมีค่าอยู่ในมาตรฐานทั้งหมด รวมถึงเกลียวมีระยะมิติ (Dimension) ได้ตามมาตรฐาน (รายละเอียดของระยะมิติ (Dimension) แสดงในภาคผนวก ง Dimension ของ Worm #2 (หลังการแก้ไข))

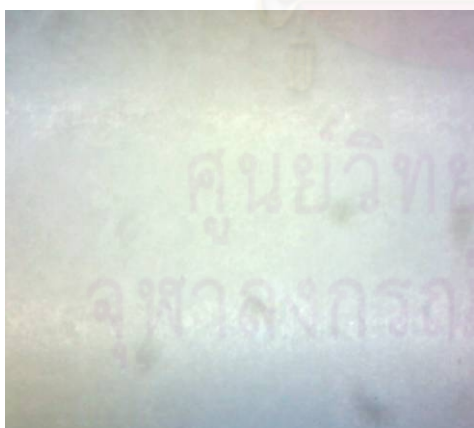
(a)



(b)

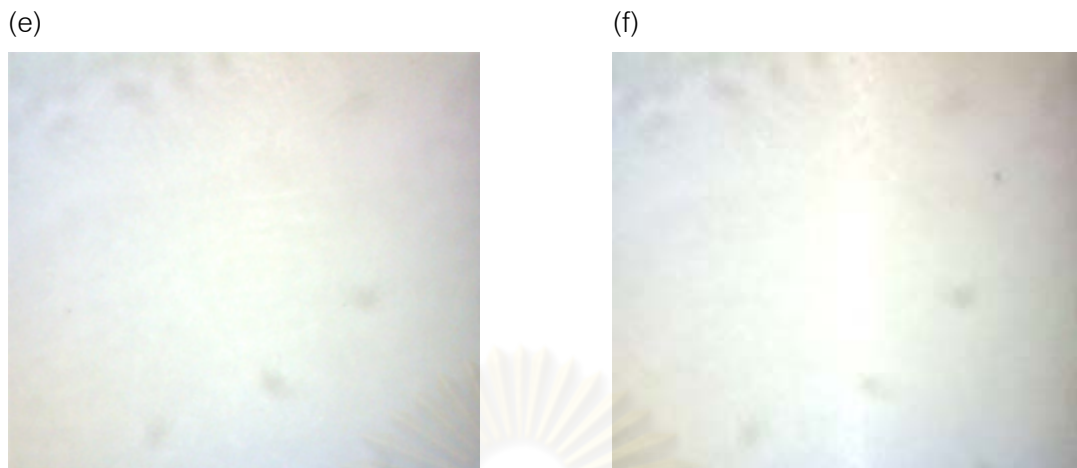


(c)

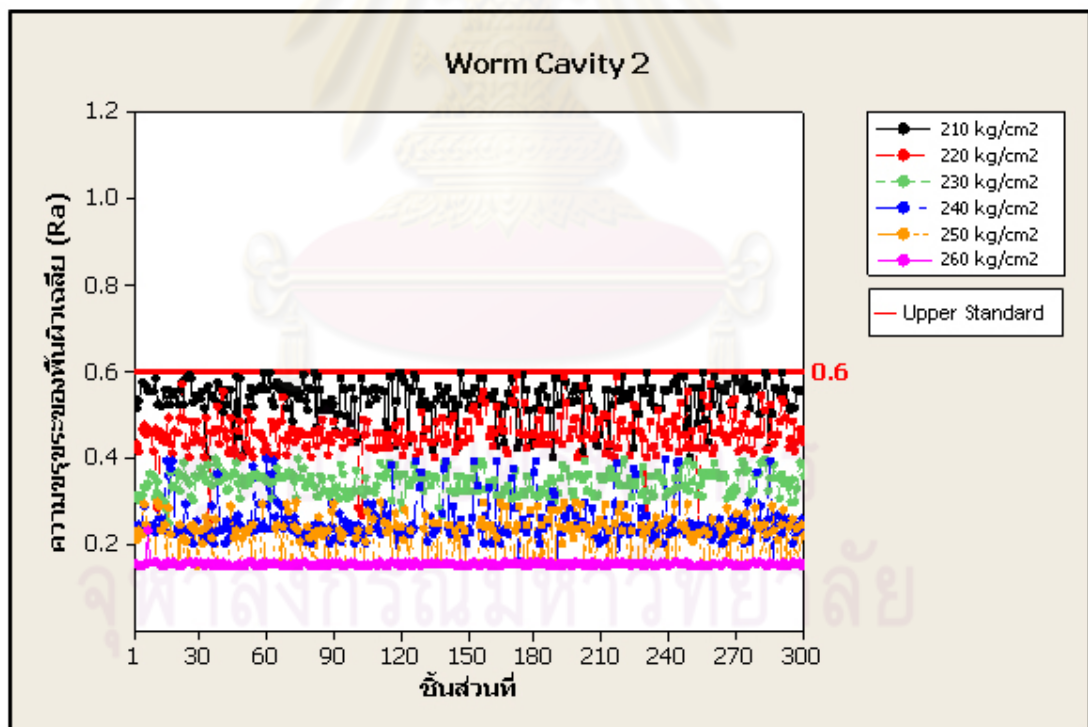


(d)



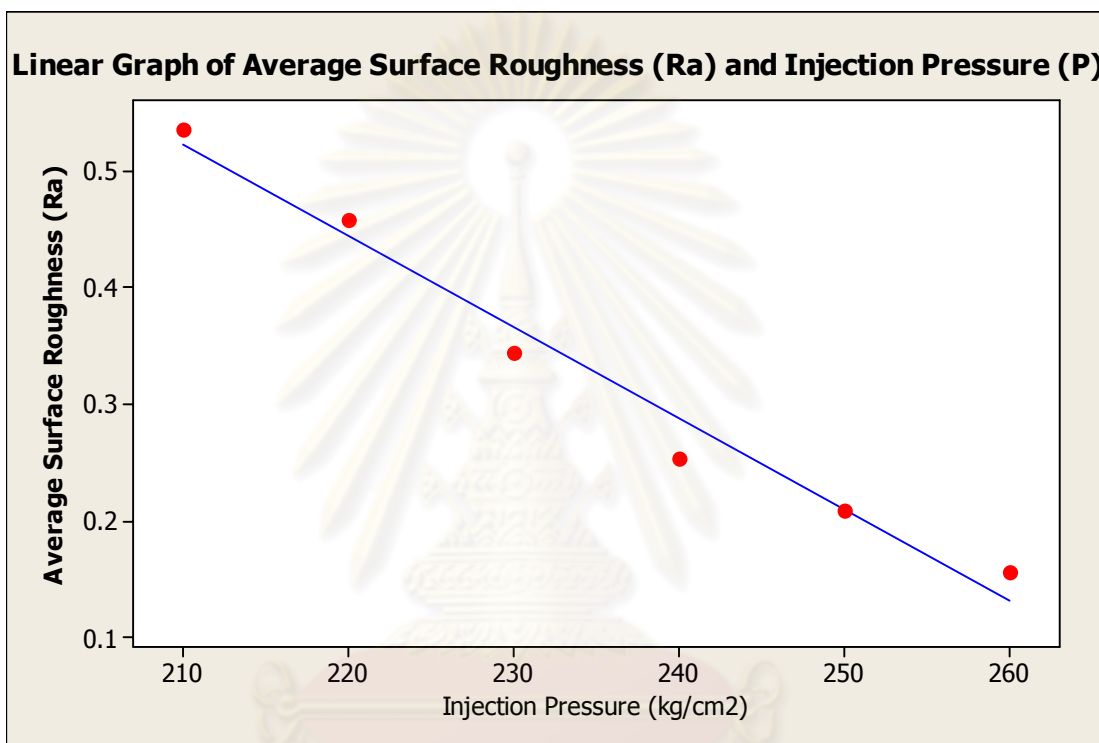


รูปที่ 4.23 สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) (a) 210 kg/cm<sup>2</sup> (b) 220 kg/cm<sup>2</sup> (c) 230 kg/cm<sup>2</sup> (d) 240 kg/cm<sup>2</sup> (e) 250 kg/cm<sup>2</sup> และ (f) 260 kg/cm<sup>2</sup>



รูปที่ 4.24 กราฟและค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 210 kg/cm<sup>2</sup>, 220 kg/cm<sup>2</sup>, 230 kg/cm<sup>2</sup>, 240 kg/cm<sup>2</sup>, 250 kg/cm<sup>2</sup> และ 260 kg/cm<sup>2</sup>

จากผลการทดลองดังกล่าว ผู้วิจัยพบว่าความดันในการฉีด (Injection Condition) มีความสัมพันธ์กับความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) แบบแปรผกผันตรงข้าม กล่าวคือ เมื่อความดันในการฉีด (Injection Condition) มีค่าเพิ่มมากขึ้น ความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) จะมีค่าลดต่ำลง จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จัดมาทำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) กับความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) และความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ปัญหาการกะปับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ

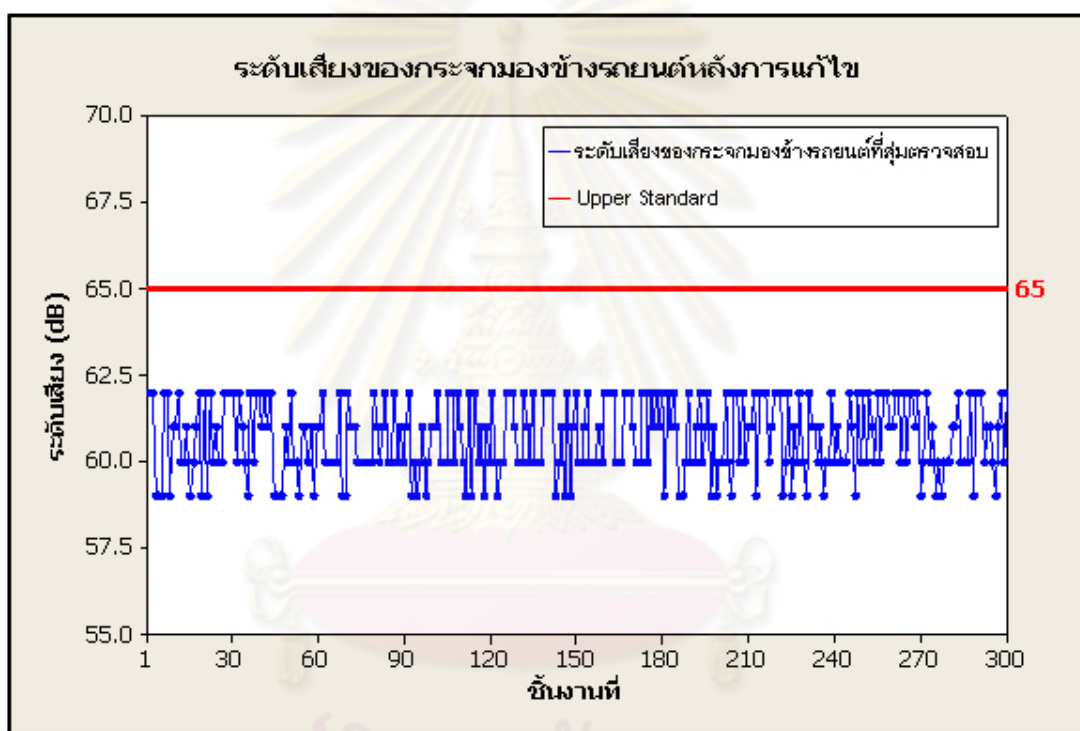
จากรูปที่ 4.25 พบว่าหากหาความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย 2 ตัว ได้แก่ ความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) แทนด้วย y และความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) แทนด้วย X (โดยอ้างอิงวิธีการสร้างกราฟเส้นตรงโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยในบทที่ 2) กำหนดให้ความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S) มีค่าเท่ากับ 20 mm/s และอุณหภูมิ Heater H1, H2, H3 และ H4 เท่ากับ 200, 190, 180 และ 180 °C ตามลำดับ

ดังนั้นกราฟที่ได้จากรูปที่ 4.25 มีความสัมพันธ์  $y = -0.00799X + 2.206$  ซึ่งผลจากสมการความสัมพันธ์นี้สามารถนำไปใช้คาดการณ์เกี่ยวกับค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ได้ หากทำการปรับค่าความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ซึ่งในที่นี้

พบว่าสามารถเพิ่มช่วงค่าควบคุมของความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) จากเดิม 207 – 253 kg/cm<sup>2</sup> เป็น 200 – 260 kg/cm<sup>2</sup> เพื่อให้พนักงานสามารถปรับความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ได้เหมาะสมกับชิ้นงานมากขึ้น

#### 4.5.1.3 การทดลองวัดระดับเสียงจากกระจกมองข้างรถยนต์

นำชิ้นส่วน Worm Cavity 2 ประกอบเป็นกระจกมองข้างรถยนต์ จำนวน 300 ชิ้น จากนั้นทำการวัดระดับเสียงด้วยเครื่องตรวจสอบเสียง (Noise Tester) ภายในห้องตรวจสอบเสียงที่สร้างขึ้นใหม่ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.26



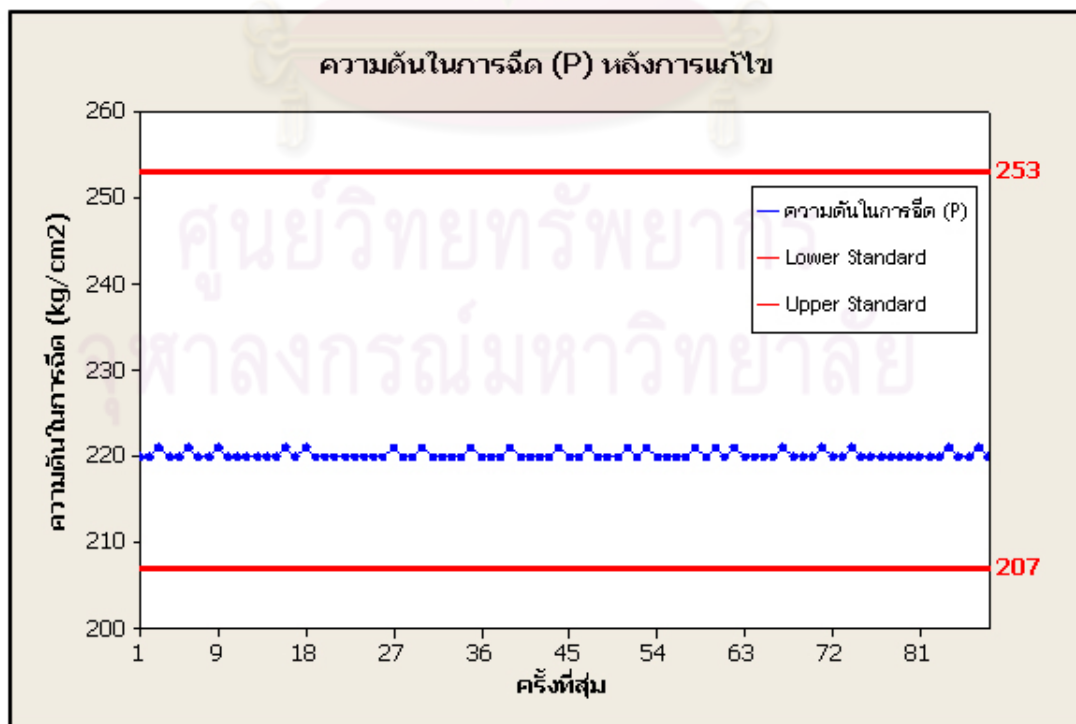
รูปที่ 4.26 ระดับเสียงของกระจกมองข้างรถยนต์

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.26 พบว่าหลังการแก้ไขสภาพพื้นผิวของ Worm Cavity 2 แล้ว ระดับเสียงที่วัดได้จากกระจกมองข้างรถยนต์อยู่ในมาตรฐานทั้งหมด ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 58-62 เดซิเบล (ผลการตรวจสอบเสียงสามารถดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก ง ระดับเสียงของกระจกมองข้างรถยนต์หลังการแก้ไขปัญหา) และเป็นชิ้นงานดี

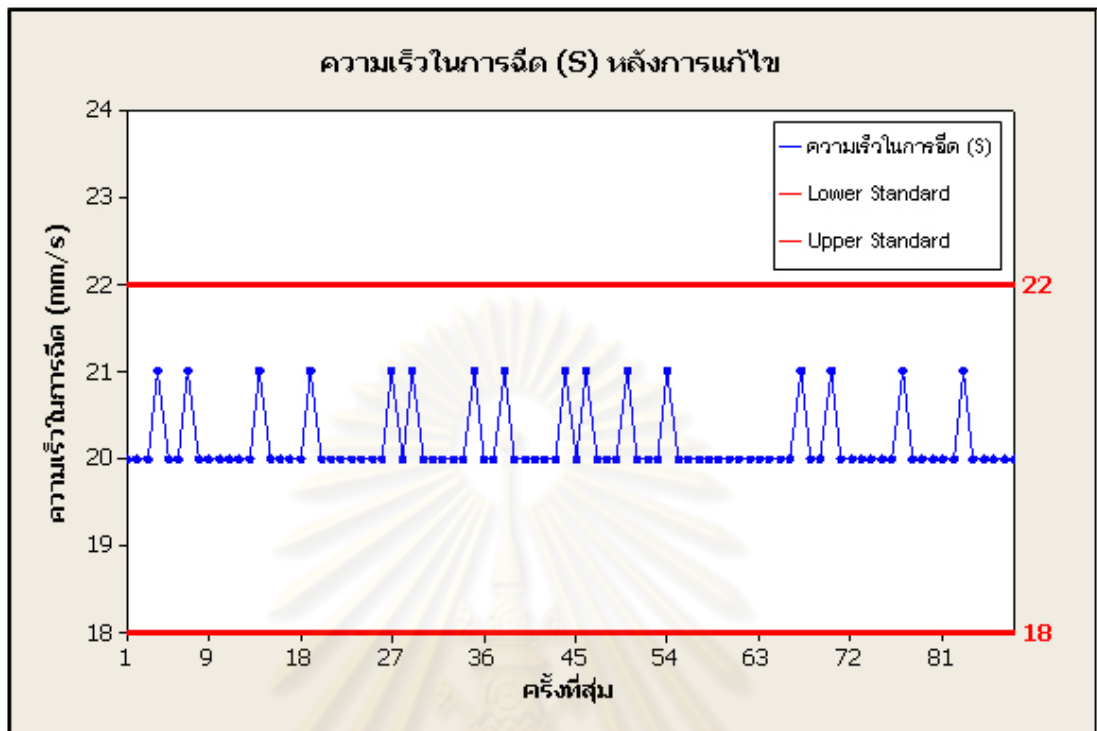
#### 4.5.2 ปัญหากระจกปรับสมดุล

หลังจากทำการแก้ไขในส่วนของสาเหตุการเกิดปัญหาโดยการซื้อเครื่องฉีดใหม่ เพื่อให้สภาวะการฉีด (Injection Condition) มีเสถียรภาพ สามารถควบคุมค่าความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ให้อยู่ในค่ามาตรฐานได้ตลอดระยะเวลาที่ทำการฉีด และการทำแม่พิมพ์ (Insert Mold) ใหม่ เพื่อให้สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 มีความเรียบและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ไม่เกินมาตรฐาน ซึ่งหลังจากดำเนินการแล้วจึงมีการตรวจสอบสภาพพื้นผิวแม่พิมพ์ (Insert Mold) วัดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) สุ่มตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการฉีด (Injection Condition) ซึ่งได้แก่ ความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S), ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) และอุณหภูมิ Heater (Temperature, T) 1 ครั้ง/ชั่วโมง จำนวน 4 ครั้ง/วัน เป็นเวลา 1 เดือน (ผลการสุ่มตรวจสอบแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง Injection Condition Result : สะดุดหลังการแก้ไข) ซึ่งพบว่าปัจจัยในการฉีดไม่ผันแปรและคงที่ตลอดระยะเวลาการฉีด ดังรูปที่ 4.27 ต่อมาทำการทดลองฉีดชิ้นส่วนที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 210, 230 และ 250 kg/cm<sup>2</sup> และทดลองนำชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 นี้เข้าประกอบเป็นกระจกมองข้างรถยนต์ จำนวน 300 ชิ้น จากนั้นทำการตรวจสอบลักษณะการปรับกระจก

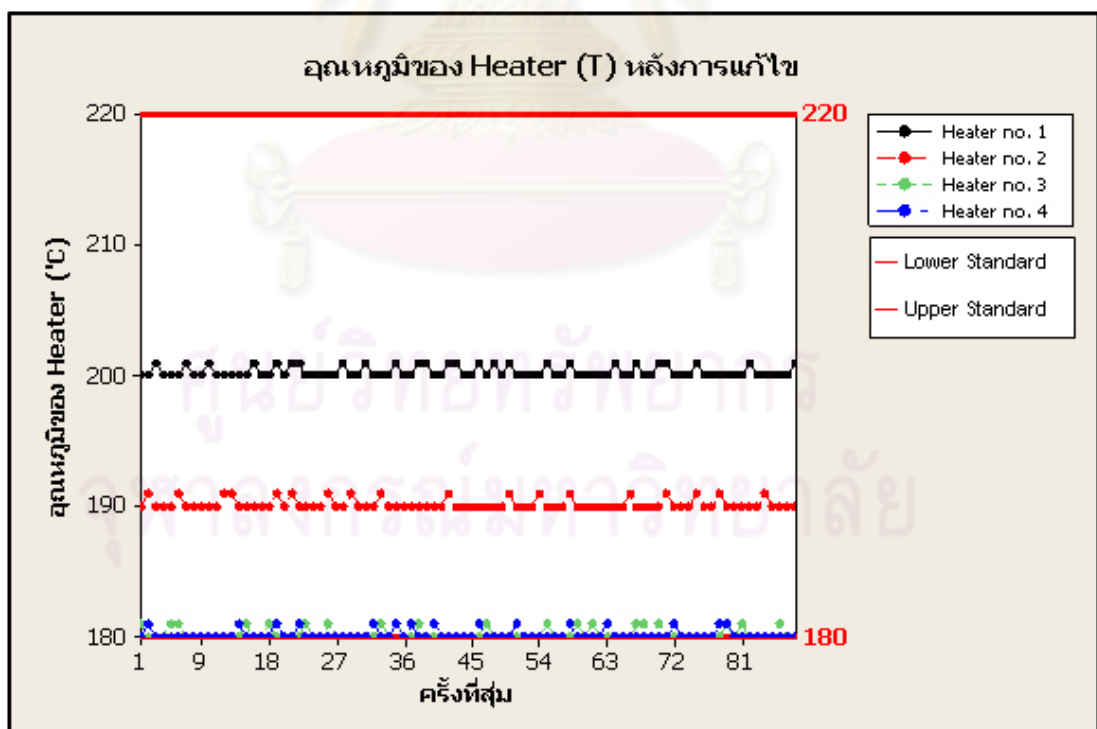
(a)



(b)



(c)



รูปที่ 4.27 กราฟผลการสุ่มตรวจสอบปัจจัยในการฉีดที่จอมอนิเตอร์ของเครื่องฉีดของปัญหา  
 กระจกปรับสมดุลหลังการแก้ไข (a) ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P),  
 ความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S) และ (c) อุณหภูมิของ Heater  
 (Temperature, T)

#### 4.5.2.1 การตรวจสอบสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ใหม่ (Insert Mold)

##### 1) สภาพพื้นผิว

แม่พิมพ์ (Insert Mold) ใหม่ของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 มี

สภาพพื้นผิวเรียบ



รูปที่ 4.28 สภาพพื้นผิวแม่พิมพ์ (Insert Mold) ใหม่ของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2

##### 2) ค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra)

แม่พิมพ์ (Insert Mold) ใหม่ของชิ้นส่วน Worm Cavity 2 มีค่าความ  
 ขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) อยู่ที่  $0.177 \mu\text{m}$  ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน

#### 4.5.2.2 การทดลองพารามิเตอร์ในการฉีด

การทดลองพารามิเตอร์ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) จะ  
 ทำการทดลองทั้งหมด 6 ระดับ คือ 210, 220, 230, 240, 250 และ  $260 \text{ kg/cm}^2$  ซึ่งเป็นการทดลอง  
 เกินค่าควบคุมของทางแผนกฉีด เพื่อดูแนวโน้มของค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) (อ้างอิง  
 ค่าควบคุมของทางแผนกฉีด ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก หน้าที่ 90) อย่างละ 300 ชิ้น  
 จากนั้นตรวจสอบด้วยการดูสภาพพื้นผิวชิ้นงาน การวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) และ  
 การวัดระยะมิติ (Dimension)

ผลการทดลองปรากฏว่าที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 210, 220, 230, 240, 250 และ 260 kg/cm<sup>2</sup> สามารถฉีดขึ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 ได้อย่างสมบูรณ์ มีสภาพพื้นผิวเรียบและมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) 0.510, 0.414, 0.366, 0.289, 0.243 และ 0.149  $\mu\text{m}$  ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.29 และ 4.30 (รายละเอียดค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) แสดงในภาคผนวก ง ผลหลังการแก้ไข (Nut Adjust #2) ของปัญหากระจกปรับสะดุด) ซึ่งมีค่าอยู่ในมาตรฐานทั้งหมด รวมถึงมีระยะมิติ (Dimension) ได้ตามมาตรฐาน (รายละเอียดของระยะมิติ (Dimension) แสดงในภาคผนวก ง Dimension ของ Nut Adjust #2 (หลังการแก้ไข))

(a)



(b)



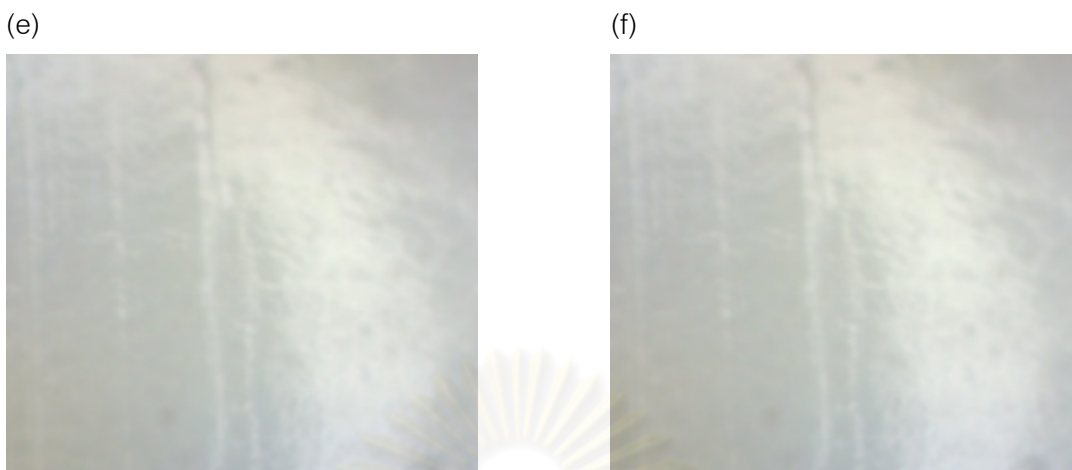
(c)



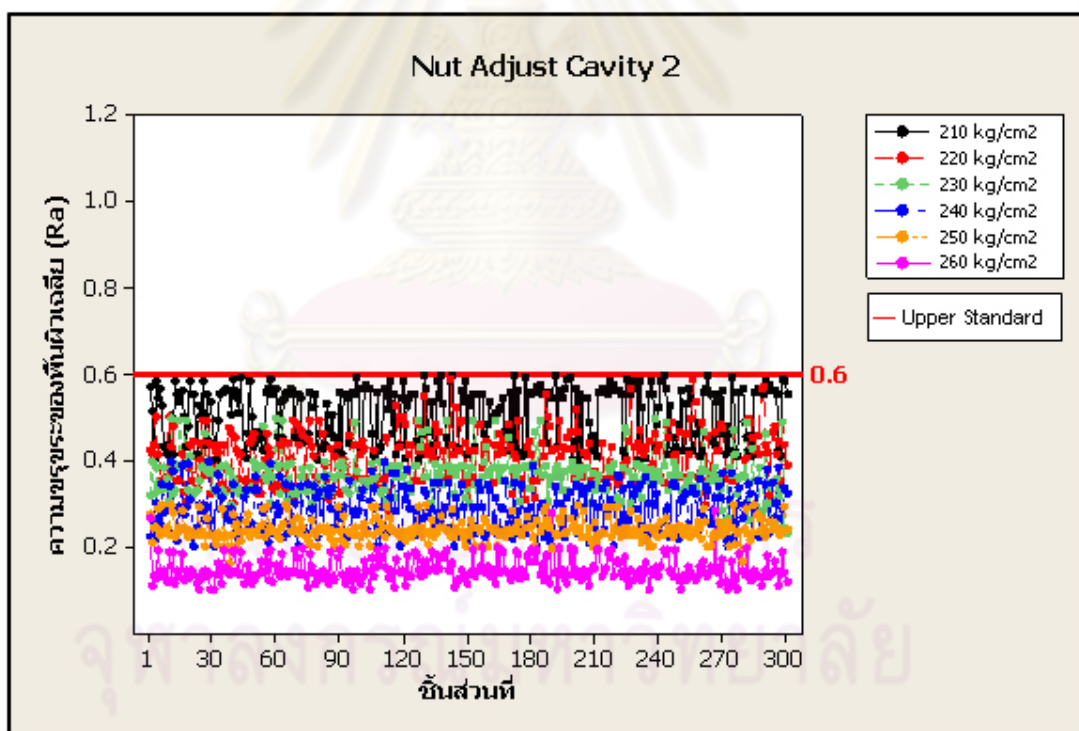
(d)





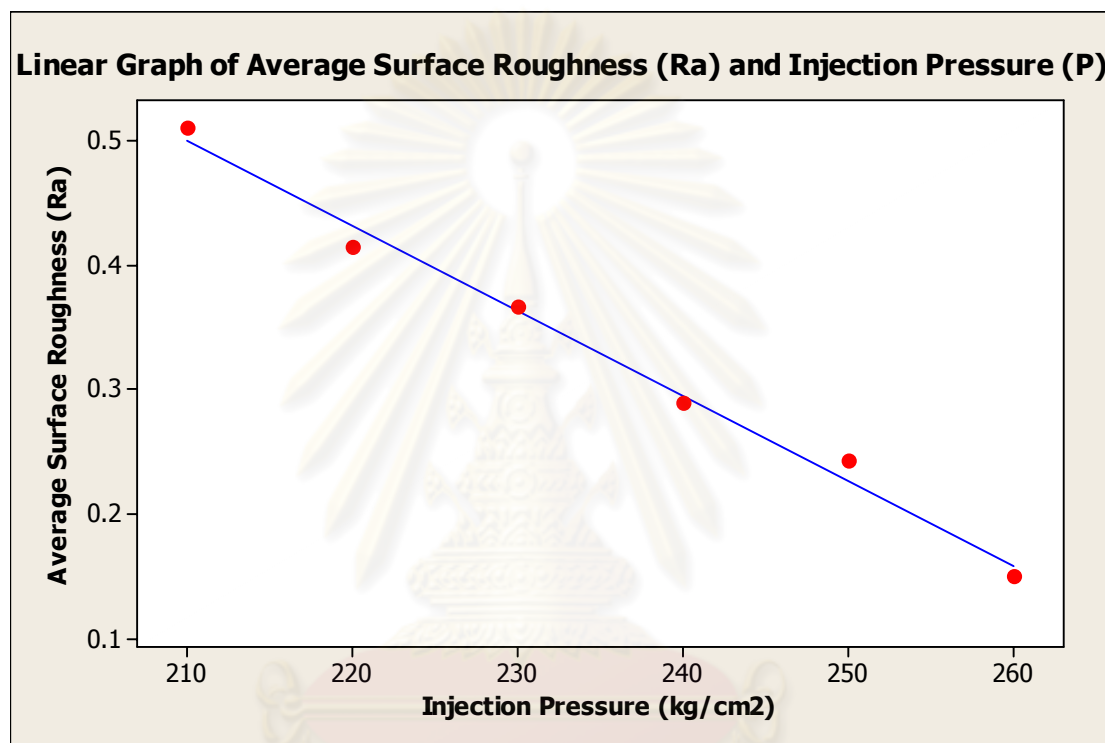


รูปที่ 4.29 สภาพพื้นผิวของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 โดยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) (a) 210 kg/cm<sup>2</sup> (b) 220 kg/cm<sup>2</sup> (c) 230 kg/cm<sup>2</sup> (d) 240 kg/cm<sup>2</sup> (e) 250 kg/cm<sup>2</sup> และ (f) 260 kg/cm<sup>2</sup>



รูปที่ 4.30 กราฟและค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ของชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) 210 kg/cm<sup>2</sup>, 220 kg/cm<sup>2</sup>, 230 kg/cm<sup>2</sup>, 240 kg/cm<sup>2</sup>, 250 kg/cm<sup>2</sup> และ 260 kg/cm<sup>2</sup>

จากผลการทดลองดังกล่าว ผู้วิจัยพบว่าความดันในการฉีด (Injection Condition) มีความสัมพันธ์กับความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) แบบแปรผกผันตรงข้าม กล่าวคือ เมื่อความดันในการฉีด (Injection Condition) มีค่าเพิ่มมากขึ้น ความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) จะมีค่าลดต่ำลง จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จัดมาทำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) กับความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) และความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ปัญหากระจกปรับสะอาด

จากรูปที่ 4.31 พบว่าหากหาความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย 2 ตัว ได้แก่ ความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) แทนด้วย y และความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) แทนด้วย X แสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้ (โดยอ้างอิงวิธีการสร้างกราฟเส้นตรงโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยในบทที่ 2) กำหนดให้ความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S) มีค่าเท่ากับ 20 mm/s และอุณหภูมิ Heater H1, H2, H3 และ H4 เท่ากับ 200, 190, 180 และ 180 °C ตามลำดับ

ดังนั้นกราฟที่ได้จากรูปที่ 4.31 มีความสัมพันธ์  $y = -0.00677X + 1.919$  ซึ่งผลจากสมการความสัมพันธ์นี้สามารถนำไปใช้คาดการณ์เกี่ยวกับค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ได้ หากทำการปรับค่าความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ซึ่งในที่นี้

พบว่าสามารถเพิ่มช่วงค่าควบคุมของความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) จากเดิม 207 – 253 kg/cm<sup>2</sup> เป็น 200 – 260 kg/cm<sup>2</sup> เพื่อให้พนักงานสามารถปรับความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ได้เหมาะสมกับชิ้นงานมากขึ้น

#### 4.5.2.3 การทดลองตรวจสอบการปรับกระจกมองข้างรถยนต์

นำชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 ประกอบเป็นกระจกมองข้างรถยนต์ จำนวน 300 ชิ้น จากนั้นทำการตรวจสอบว่ามีลักษณะปรับสะดุดหรือไม่ ผลการทดลองพบว่าหลังการแก้ไขสภาพพื้นผิวของ Nut Adjust Cavity 2 แล้ว ลักษณะการปรับกระจกของกระจกมองข้างรถยนต์อยู่ในมาตรฐานทั้งหมด และเป็นชิ้นงานดี



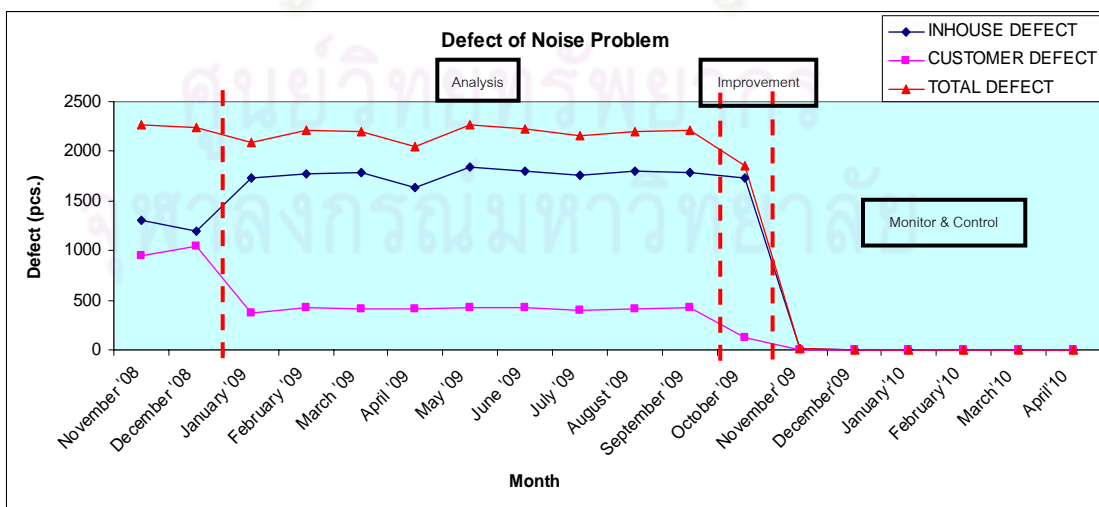
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 5

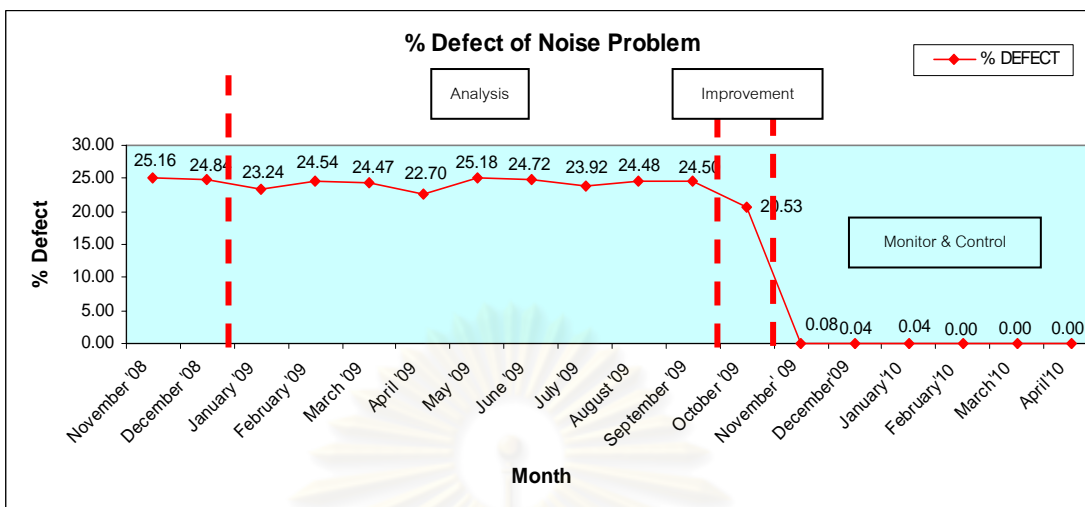
### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

หลังจากหาสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดของปัญหา ซึ่งสาเหตุการเกิดของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติและกระจกปรับสะดุด คือ สภาวะการฉีด (Injection Condition) ที่ไม่เสถียร ทำให้ไม่สามารถควบคุมค่าความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ได้ และสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ที่ขรุขระ ซึ่งทำให้ชิ้นส่วน Worm Cavity 2 และ Nut Adjust Cavity 2 มีสภาพพื้นผิวขรุขระมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) เกินค่ามาตรฐาน เมื่อทำการประกอบเป็นชิ้นงาน Actuator จึงทำให้การปรับกระจกไม่ราบเรียบ ทำให้เกิดเสียงดังและสะดุดเป็นจังหวะ

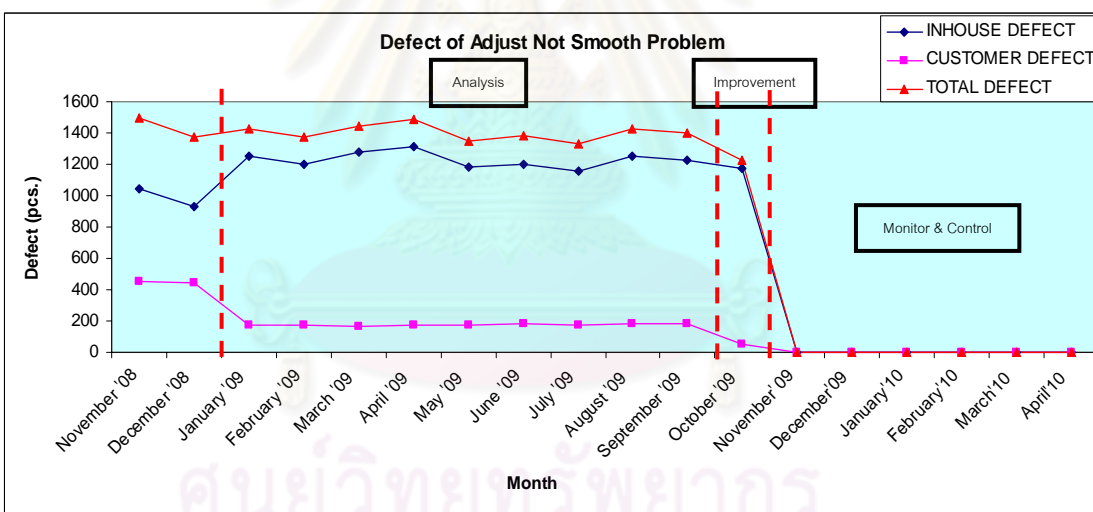
ตลอดระยะเวลาในการวิเคราะห์ปัญหา ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุง และการติดตามผล ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ปี 2551 จนกระทั่งเดือนเมษายน ปี 2553 ได้ทำการเก็บข้อมูลเป็นจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการภายใน (Inhouse Defect) และจากลูกค้าปฏิเสธสินค้า (Customer Claim) แสดงได้ดังรูปที่ 5.1 และ 5.2 กราฟแสดงจำนวนของเสียของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติและปัญหากระจกปรับสะดุด ตามลำดับ ตารางที่ 5.1 แสดงตารางสรุปจำนวนของเสียของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติและปัญหากระจกปรับสะดุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลังการแก้ไขจำนวนของเสียลดลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการเป็น 0 และรูปที่ 5.3 และ 5.4 แสดงจำนวนของเสียของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ และปัญหากระจกปรับสะดุดหลังการแก้ไข



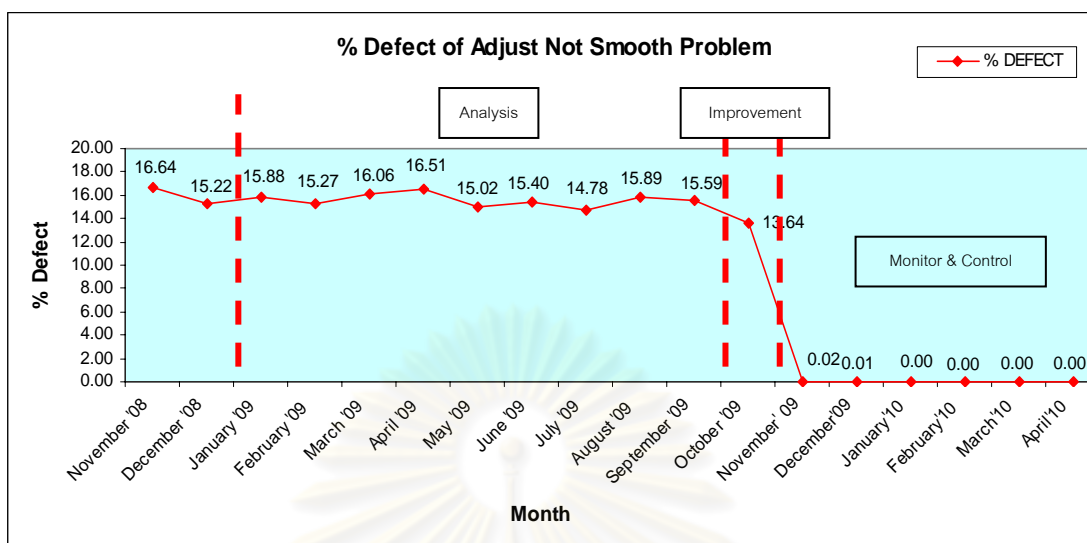
ดังรูปที่ 5.1 กราฟจำนวนของเสียของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ปี 2552 ถึงเดือนเมษายน ปี 2553



ดั่งรูปที่ 5.2 กราฟเปอร์เซ็นต์ของเสียของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ปี 2552 ถึงเดือนเมษายน ปี 2553



ดั่งรูปที่ 5.3 กราฟจำนวนของเสียของปัญหากระจกปรับสะดุด ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ปี 2552 ถึงเดือนเมษายน ปี 2553



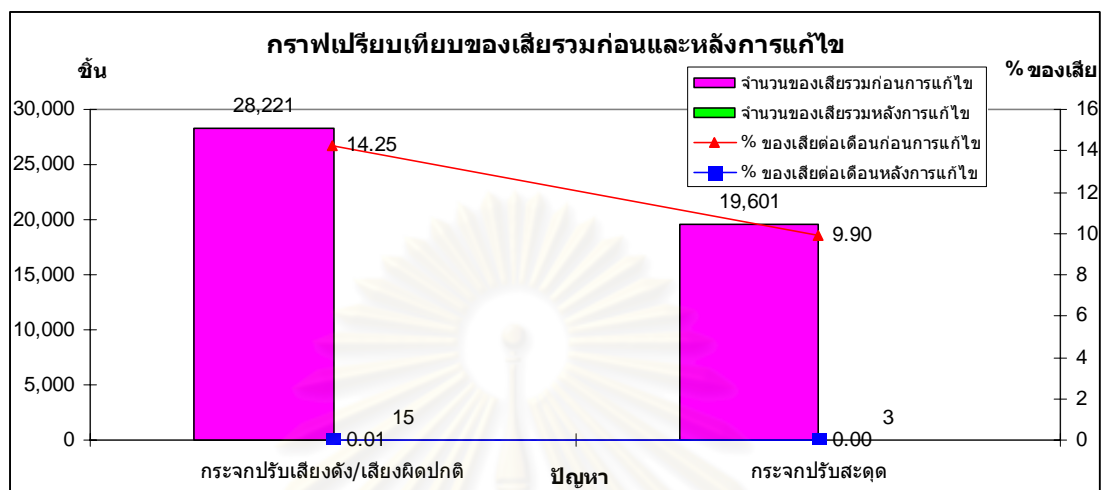
ดังรูปที่ 5.4 กราฟเปอร์เซ็นต์ของเสียของปัญหากระจกปรับสละดู ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ปี 2552 ถึงเดือนเมษายน ปี 2553

### 5.1 ผลหลังการแก้ไขและป้องกันปัญหา

ตารางที่ 5.1 จำนวนของเสียรวมของกระจกมองข้างรถยนต์ที่เกิดจากกระบวนการภายใน (Inhouse Defect) และลูกค้าปฏิเสธสินค้า (Customer Claim) ของปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ และปัญหากระจกปรับสละดูก่อนและหลังการแก้ไข

ปัญหา	จำนวนของเสียรวม (ชิ้น)		% ของเสียต่อเดือน	
	ก่อนการแก้ไข	หลังการแก้ไข	ก่อนการแก้ไข	หลังการแก้ไข
กระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ	28,221	15	14.25	0.010
กระจกปรับสละดู	19,601	3	9.90	0.002

## 5.2 ผลเปรียบเทียบก่อนและหลังการแก้ไข



รูปที่ 5.5 จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของเสียรวมของปัญหากระจกมองข้างรถยนต์ก่อนและหลังการแก้ไขปัญหา

## 5.3 สรุปผลการวิจัย

ปัญหาใหญ่ที่ทำให้บริษัทกรณีศึกษามีจำนวนของเสียสูงสุดได้แก่ ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติและปัญหากระจกปรับสวด ซึ่งจากการเก็บข้อมูลก่อนทำการแก้ไขเป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม – เดือนธันวาคม ปี 2551 โดยปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติมีจำนวนของเสีย 4,500 ชิ้น และปัญหากระจกปรับสวดมีจำนวนของเสีย 2,870 ชิ้น

ผู้วิจัยได้นำกระจกมองข้างรถยนต์ที่เสียเหล่านั้น มาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุดำเนินการทดลองต่าง ๆ จนกระทั่งทราบสาเหตุที่แท้จริงในการเกิดปัญหา รวมถึงวิธีการแก้ไขและปรับปรุงตลอดจนแนวทางในการควบคุมกระบวนการ เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง โดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) และทฤษฎีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

จากการทำวิจัยนี้พบว่าค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) นี้มีความสัมพันธ์กับความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) แบบตรงข้ามกัน กล่าวคือ เมื่อความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) มีค่าเพิ่มมากขึ้น ค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) จะมีค่าลดต่ำลง ดังแสดงเป็นสมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรง  $y = -0.00799X + 2.206$  สำหรับปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ และ  $y = -0.0067X + 1.919$  สำหรับปัญหากระจกปรับสวด โดย y เป็นแกนตั้งแทนความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) และ X เป็นแกนนอนแทนความดันในการฉีด (Injection

Pressure, P) ซึ่งทำให้พนักงานสามารถปรับค่าความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ให้ได้  
 ชิ้นส่วนที่มีคุณภาพได้อย่างเหมาะสม โดยจากการทดลองจะได้ค่าควบคุมความดันในการฉีด  
 (Injection Pressure, P) เท่ากับ 200 – 260 หรือ  $230 \pm 30 \text{ kg/cm}^2$  ทั้ง 2 ปัญหา

จากผลการวิเคราะห์ทั้งหมดข้างต้นสามารถสรุปโครงการ และเอกสารในการพัฒนาระบบ  
 การตรวจสอบของเสียที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหา โดยการกำหนดวิธีการตรวจสอบและค่า  
 ควบคุมของกระบวนการในการผลิต ดังต่อไปนี้

### 5.3.1 ปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ

- 1) ซื้เครื่องฉีดใหม่
- 2) ทำแม่พิมพ์ใหม่
- 3) จัดทำเอกสารการตรวจสอบและการบำรุงรักษาเครื่องจักร (เครื่องฉีดและ  
แม่พิมพ์) (ใช้ได้ทั้ง 2 ปัญหา)
- 4) จัดทำเอกสาร Master Injection Condition Control เพื่อใช้ในการเซ็ตเครื่อง  
ฉีดก่อนเริ่มปฏิบัติงาน โดยมีการกำหนดค่าควบคุมปัจจัยในการฉีด (Injection  
Factor) ที่เหมาะสมสำหรับการฉีด (ใช้ได้ทั้ง 2 ปัญหา)
- 5) จัดทำเอกสาร Injection Condition Check Sheet สำหรับสุ่มตรวจสอบค่า  
ของปัจจัยในการฉีด (Injection Factor) ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ โดย  
กำหนดให้มีการสุ่ม 1 ครั้ง/ชั่วโมง (ใช้ได้ทั้ง 2 ปัญหา)
- 6) การจัดทำเอกสารควบคุมคุณภาพ
  - Xbar - R Chart น้ำหนักชิ้นส่วน Worm
  - Xbar - R Chart ระดับเสียงของกระจกมองข้าง
  - Sample Data Sheet (SDS) สำหรับการวัดระยะมิติ สภาพพื้นผิวและความ  
ขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ของชิ้นส่วน Worm

### 5.3.2 ปัญหากระจกปรับสะดุด

- 1) การซื้เครื่องฉีด
- 2) การทำแม่พิมพ์ใหม่
- 3) การจัดทำเอกสารควบคุมคุณภาพ
  - Xbar - R Chart น้ำหนักชิ้นส่วน Nut Adjust
  - Sample Data Sheet (SDS) สำหรับการวัดระยะมิติต่าง สภาพพื้นผิวและ  
ความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ของชิ้นส่วน Nut Adjust



หลังจากดำเนินการแก้ไขตามโครงการดังกล่าวแล้ว พบว่าสามารถควบคุมสภาวะการฉีด (Injection Condition) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีสภาพพื้นผิวของแม่พิมพ์ (Insert Mold) ที่เรียบ มีค่าความขรุขระเฉลี่ย (Ra)  $0.184 \mu\text{m}$  สำหรับชิ้นส่วน Worm Cavity 2 และ  $0.217 \mu\text{m}$  สำหรับชิ้นส่วน Nut Adjust Cavity 2 ซึ่งอยู่ในมาตรฐานทั้งหมด หลังจากทำการฉีดชิ้นส่วนทั้งสองและตรวจสอบสภาพพื้นผิว ซึ่งผลหลังการแก้ไขชิ้นส่วน Worm และ Nut Adjust มีสภาพพื้นผิวที่เรียบ ที่ความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) ตามค่าควบคุม ซึ่งได้ค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) อยู่ในค่าควบคุมที่ไม่เกิน  $0.6 \mu\text{m}$  รวมถึงมีระยะมิติ (Dimension) อยู่ในค่ามาตรฐานทั้งหมดเช่นเดียวกัน

ส่วนจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการและจากลูกค้าปฏิเสธสินค้าหลังการแก้ไขเป็นเวลา 6 เดือน คือตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2552 – เมษายน 2553 พบว่าปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติ มีจำนวนของเสีย 15 ชิ้น (คิดเป็นของเสียเฉลี่ย 2.5 ชิ้น/เดือน) และปัญหากระจกปรับสะดุดมีจำนวนของเสีย 3 ชิ้น (คิดเป็นของเสียเฉลี่ย 0.5 ชิ้น/เดือน) ซึ่งปัญหากระจกปรับเสียงดัง/เสียงผิดปกติสามารถลดจำนวนของเสียลงได้ประมาณ 4,485 ชิ้น และปัญหากระจกปรับสะดุดสามารถลดจำนวนของเสียลงได้ประมาณ 2,867 ชิ้น โดยจำนวนของเสียลดลงรวม 7,352 ชิ้น หรือคิดเป็น 99.76%

#### 5.4 วิจัยและข้อเสนอแนะ

- 1) การศึกษาเพื่อลดของเสียและลดต้นทุนในการซ่อมแซมชิ้นงานในช่วงระยะเวลาที่ผู้วิจัยศึกษานี้ไม่สามารถลดของเสียลงทั้งหมดได้ ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากสาเหตุอื่น ๆ ซึ่งต้องใช้เวลาในการศึกษา วิเคราะห์และปรับปรุงเพิ่มเติม
- 2) ผลหลังการแก้ไขทั้งทางด้านจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น และต้นทุนในการซ่อมแซมเฉลี่ย ซึ่งเป็นการเก็บผลจริงภายในระยะเวลา 6 เดือนเท่านั้น
- 3) การใส่ใจและให้ความสำคัญในเรื่องการควบคุมและติดตามผลอย่างจริงจังและเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เพื่อรักษาสภาพการแก้ไขและป้องกันปัญหาให้ได้ประสิทธิผลอย่างต่อเนื่อง
- 4) การคำนวณหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความดันในการฉีด (Injection Pressure, P) และความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยนี้ อาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เนื่องจากข้อมูลที่น่ามาคำนวณนั้นได้มาจากค่าเฉลี่ยของความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ของแต่ละสภาวะการฉีด อีกทั้งกำหนดให้ค่าความเร็วในการฉีด (Injection Speed, S) และอุณหภูมิ Heater (Temperature, T) มีค่าคงที่อีกด้วย ซึ่งในงานวิจัยนี้มีเวลาไม่เพียงพอต่อการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าของปัจจัยที่เหลือดังกล่าว

5) เนื่องจาก 2 ปัญหาที่ได้วิจัยนี้ เป็นชิ้นส่วนที่มีลักษณะแตกต่างกัน และมีค่าความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ของแม่พิมพ์ (Insert Mold) ต่างกัน ดังนั้นสมการความสัมพันธ์ระหว่างความดันในการฉีด (Injection Speed, S) และความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ที่ได้จึงต่างกัน

6) การกำหนดค่าควบคุมของความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) นั้นอาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง เนื่องจากระดับเสียงของกระจกมองข้างรถยนต์ที่สู่มานั้นเกิดจากชิ้นส่วนภายในชิ้นงาน Actuator ที่ขบกันอยู่ ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบจากชิ้นส่วนเหล่านั้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กมลพงศ์ แจ่มกมล พิชัย จันทน์มณี และดลธรรม เอฟกานนท์ . ผลกระทบพารามิเตอร์ในการใช้ ดีเอ็มวีสดูแม่พิมพ์ AISI P20 ด้วยทองแดงอิเล็กทรอนิกส์. ใน การประชุมวิชาการรณบุรีวิจัย ครั้งที่ 2, หน้า 1-6. 17 ตุลาคม 2552 จังหวัดกรุงเทพฯ, 2552.

กันยรัตน์ คมวัชระ. การนำ Six Sigma มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพการศึกษา.

[ออนไลน์]. 2547. แหล่งที่มา: [http://www.cu-](http://www.cu-qa.chula.ac.th/Learn_ShareSix%20Sigmasix_sigma_KKU.pdf)

[qa.chula.ac.th/Learn\\_ShareSix%20Sigmasix\\_sigma\\_KKU.pdf](http://www.cu-qa.chula.ac.th/Learn_ShareSix%20Sigmasix_sigma_KKU.pdf) [2547, มกราคม 1]

ทงศักดิ์ วงศ์เจริญ. การปรับปรุงการดำเนินงานในหน่วยงานผลิตชิ้นส่วนสายออกซิเจนเซ็นเซอร์ สำหรับรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ธนา รัตนเวทวงศ์. การประยุกต์ระบบควบคุมคุณภาพสำหรับโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์จากโลหะแผ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ธีรพร เสนพพรหม. การลดแม่แบบแก้วเสียในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติก โดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ไพรัช ตั้งพรประเสริฐ ชัญญาพันธ์ วิรุฬห์ศรี และศุภวัฒน์ เจียมลักษณะไพศาล. การปรับปรุงความหนาผิวด้วยขนาดผงขัดและเส้นทางการขัดที่เหมาะสม. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23, หน้า 1-7. 4-7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่, 2552.

ยีน ภู่วรรณ. การสร้างกราฟเส้นตรงโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ย. [ออนไลน์]. 2548. แหล่งที่มา: [http://www.web.ku.ac.th/schoolnet/snet2/knowledge\\_math/mean\\_met.htm](http://www.web.ku.ac.th/schoolnet/snet2/knowledge_math/mean_met.htm) [2548, พฤษภาคม 2]

สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ. เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด. [ออนไลน์]. 2007. แหล่งที่มา: [http://www.youth.ftpi.or.th/index.php?option=com\\_content&task=view&id=35&Itemid=42](http://www.youth.ftpi.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=35&Itemid=42) [2007, May 21]

สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย. ข้อบกพร่องของชิ้นงานฉีดพลาสติกและวิธีแก้ไข. [ออนไลน์].  
2008. แหล่งที่มา: <http://www.tpia.orgfaqanswer.aspno=91> [2008, กันยายน 23]



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONFIDENTIAL DO NOT REPRODUCE

## TOYOTA ENGINEERING STANDARD

TSC3901G

## 4.1.13 Operation Noise Test

Conform to (1) and (2).

## (1) Sensual test

- (a) Attach mirrors to jigs in the same condition as for installation on vehicle.
- (b) Operate the mirror control mechanism and sensually evaluate the operation noise.

## (2) Quantitative test

- (a) Attach a mirror via cushion to the base as shown in Fig. 21.
- (b) Install a microphone at a point 300 mm backward from the mirror in parallel to the vehicle center line.
- (c) Operate the mirror control mechanism and measure operation noise.
- (d) In this measurement, the ambient noise shall have been set to 10 dB(A) or more smaller than the measured value and be free from the effect of echo.
- (e) The sound level meter shall be given the following frequency correction and dynamic characteristics.
  - (i) The frequency correction shall be determined by the reference response shown in Table 2.
  - (ii) The maximum indication with sinusoidal input at 1000 Hz of frequency for the period of 0.2 s shall be within  $-1_{-1.0}^{+0.5}$  dB from the indication with steady-state sinusoidal input at the same frequency and amplitude.

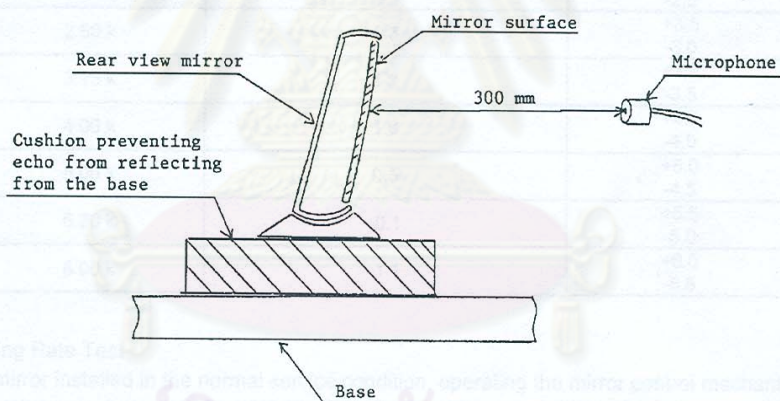


Fig. 21 Operation Noise Determination

NOTES: The recipient of this standard shall undertake the following confidentiality obligations upon the receipt of this standard.  
 · The recipient shall discard by shredding or fire, or return to Toyota Motor Corporation if appropriate, the documents contained in this standard when they are no longer necessary due to the termination of the work concerned or the revision of current version of this standard.  
 · This standard and the technical information related thereto are owned by and under sole control of Toyota Motor Corporation. They shall not be disclosed in whole nor in part to any third party without prior written consent of Toyota Motor Corporation.

Rev. 12

Jan. 2010

CONFIDENTIAL DO NOT REPRODUCE

## TOYOTA ENGINEERING STANDARD

TSC3901G-1

Table 3 (Continued)

Evaluation item		Evaluation criterion		
(11) Looseness	Foldable axis stiffness	Foldable axis stiffness ( $N \cdot m/^\circ$ ) = $5.88/(a+b)$ (inclination of a straight line which goes through points A and B)		
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Curved surface mirror</th> <th>Flat mirror</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10 <math>N \cdot m/^\circ</math> min.</td> <td>15 <math>N \cdot m/^\circ</math> min.</td> </tr> </tbody> </table>	Curved surface mirror	Flat mirror
Curved surface mirror	Flat mirror			
10 $N \cdot m/^\circ$ min.	15 $N \cdot m/^\circ$ min.			
(12) Remote control lever maneuverability		Maneuverability: 29.4 N max. Play shall be 8 mm max.		
(13) Operation noise, abnormal sound		Shall be free from abnormal sound. Electrical remote control type: Operation noise shall be 55 dB max. for Grade 1; 60 dB max. for Grade 2; and 65 dB max. for Grade 3.		
(14) Moving rate		Electrical remote control type $3 \pm 1$ $^\circ/s$ or as specified in the drawing.		
(15) Operating current		Electrical remote control type: 200 mA max. or as specified in the drawing		
(16) Min. operating voltage		Electrical remote control type: 8 V max.		
(17) Start-up torque		Electrical remote control type: 0.13 $N \cdot m$ min.		
(18) Insulation resistance		Electrical remote control type: 1 $M\Omega$ min.		
(19) Locking current		Electrical remote control type: 1 A max.		
(20) Mirror surface chattering		Max. chattering angle shall be within the range defined in the following figure. 		
NOTES: The recipient of this standard shall undertake the following confidentiality obligations upon the receipt of this standard. · The recipient shall discard by shredding or fire, or return to Toyota Motor Corporation if appropriate, the documents contained in this standard when they are no longer necessary (due to the termination of the work concerned or the revision of current version of this standard). · This standard and the technical information related thereto are owned by and under sole control of Toyota Motor Corporation. They shall not be disclosed in whole nor in part to any third party without prior written consent of Toyota Motor Corporation.		Rev. 8 Jan. 2010		





機種 FK-130RD-09490

TKS-71-K185C

5. 機械的特性

5-1	外観	図番 K3-11270 による。 著しいキズ、ヒズミ等無きこと。 目視にて判断する。
5-2	構造	図番 E-002569-00 による。
5-3	シャフトエンドプレー	0.05 ~ 0.6 mm
5-4	振動	10 $\mu$ m 以下 (片振幅、ピーク値測定、周波数帯域は、100Hz~400Hz) 厚さ 10cm のネオスポンジ上に置いたモータの側面中央部にて測定。 (定格電圧、無負荷) ピックアップ質量: 3.3g
5-5	機械ノイズ	50 dB 以下 (RMS) JIS-A 特性 定格電圧、無負荷 出力軸水平方向 暗騒音: 30 dB 以下  

6. 寿命

6-1	寿命	8 000 サイクル 以上 電源電圧: 13.5 V DC CONSTANT 負荷: 0.736 mN·m プーリ負荷 環境温度: +25°C $\pm$ 5°C, 65%RH $\pm$ 20%RH テストサイクル: 下記サイクル条件にて 
6-2	判定基準	寿命試験前・後に、定格負荷特性を測定し、次に示す条件のいずれかを満足しなくなった時を寿命とする。 (1) 定格負荷回転数が、初期値に対して $\pm$ 30%を越えた時。 (2) 定格負荷電流が、初期値に対して+60%を越えた時。 (3) 使用上、特に異常と認められた時。

7. 不良の対象

7-1	不良の対象	上記の項目に外れたもの及び製造上の欠陥と認められるもの。
-----	-------	------------------------------

รูปที่ ก.3 มาตรฐานระดับเสียงของมอเตอร์

# MASTER CONDITION

MACHINE NO.	PRODUCT NO.	MATERIAL	ISSUED DATE
MACHINE TYPE	PRODUCT NAME		
CUSTOMER NAME			

**SET TEMP.**

[ ±10°C ]

**M.T. CHARGE**

SCREW POSITION	CHARGE END	SACK BACK
mm	mm	mm
mm	mm	mm
mm	mm	mm
mm	mm	mm

**SET CLAMP 100 T.**

POSITION (mm)			
SPEED			
PRESS			

**EJECTOR**

POSITION	[ ±5mm ]
SPEED	[ ±20mm/s ]
START TIME	[ ±1sec ]
STOP TIME	[ ±1sec ]
COUNT	[ ±3time ]

**OPTION**

NOZZLE BACK	ON / OFF
NOZZLE LENGTH	STANDARD / LONG
AIR MACHINE	USE / NO USE
RUNNER PICK UP	ROBOT / DROP
PRODUCT	ROBOT / SHOOTER
PICK UP	CONVEYOR

**INJECTION CONDITION**

SPEED ( )	[ ±20mm/s ] [ ±10% ]
POSITION ( )	[ ±5mm ]
PRESSURE ( )	[ ±200kg/cm <sup>2</sup> ] [ ±10% ]
TIMER	[ ±5.0sec ]
PRESSURE CHANGE POSITION	[ ±5mm ]

**VERTICAL MACHINE**

CYCLE TIME A+B CORE	
INJ. PRES. TIME	
CUSHION	
CHARGE TIME	
TEAM PRESSURE	
PRODUCT WEIGHT	
1 PCS.	
PRODUCT WEIGHT	
A CORE	
B CORE	
1 SHOT	
WEIGHT	
A CORE	
B CORE	
MOLD TEMP. (FIX)	
MOLD TEMP. (MOVE)	
MATERIAL TEMP.	

**INSTRUCTION**

APPROVED BY	CHECKED BY	ISSUED BY


PLASS HI-TECH CO., LTD. (INJECTION Dept)

FM-INJ-PTD-004-03


รูปที่ ก.4 ค่าควบคุมมาตรฐานของสภาวะการฉีด (Injection Condition) ก่อนการแก้ไข

รูปที่ ก.5 ค่าควบคุมมาตรฐานของสภาวะการฉีด (Injection Condition) หลังการแก้ไข

MASTER INJECTION CONDITION CONTROL						
MACHINE NO.		PART NO.		ISSUE DATE		
MACHINE TYPE		PART NAME				
INJECTION CONDITION		SET UP VALUE	ACTUAL (HOUR NO.)			
			1	2	3	4
INJECTION PRESSURE (kg/cm <sup>2</sup> )		230 ± 30				
INJECTION SPEED (mm/s)		20 ± 10%				
HEATER IN BARREL (°C)	H1	200 ± 20 °C				
	H2					
	H3					
	H4					
			APPROVED	CHECKED	ISSUED	

SAMPLE DATA SHEET		Material	POM			
Part No.	XXXXXX	Production Date				
Part Name	Worm	Inspection Date				
						
No.	Inspection Item	Standard	Cavity	Inspection Result		
				1	2	3
1	Dimension	6.0+0.05	1			
			2			
2	Diameter	4.8+0.1	1			
			2			
3	Diameter	6.2-0.1	1			
			2			
4	Dimension	Pitch 1.25	A			
			B			
			C			
			D			
			E			
			F			
			G			
			H			
			I			
			J			
4	Average Surface Roughness (Ra)	≤0.6 μm	1			
			2			
5	Appearance	No laminar defects are allowed	1			
			2			
6	Weight (g)	1±0.3	1			
			2			
Item	Revision Detail	Prepared by	Approved by	Judgement	Approve	Inspector

รูปที่ ก.6 Sample Data Sheet (SDS) สำหรับการวัดระยะมิติ สภาพพื้นผิวและความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ของชิ้นส่วน Worm

SAMPLE DATA SHEET			Material	POM		
Part No.	XXXXXX	Production Date				
Part Name	Nut Adjust	Inspection Date				
						
No.	Inspection Item	Standard	Cavity	Inspection Result		
				1	2	3
1	Diameter	6.0 +0.05	1			
			2			
2	Diameter	4.8 +0.1	1			
			2			
3	Appearance	No laminar defects are allowed	1			
			2			
4	Average Surface Roughness (Ra)	≤ 0.6 μm	1			
			2			
5	Weight (g)	1 +0.3	1			
			2			
Item	Revision Detail	Prepared by	Approved by	Judgement	Approve	Inspector

รูปที่ ก.7 Sample Data Sheet (SDS) สำหรับการวัดระยะมิติ สภาพพื้นผิวและความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ย (Ra) ของชิ้นส่วน Worm



ภาคผนวก ข, ค และ ง  
แนบเป็นรูปแบบ CD

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจิรายุ ประภาอนันตชัย เกิดเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ.2526 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี เมื่อปีการศึกษา 2548 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2550 ปัจจุบันทำงานอยู่ที่บริษัทมูราคามิ แอมพาส (ประเทศไทย) จำกัด



ศูนย์วิทยพัชการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย