การลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในการผลิตชิ้นงานพลาสติก

นายมานะพงศ์ โชติวิรัตน์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A DEFECTS REDUCTION IN PLASTIC PART PROCESS

Mr.Manapong Chotivirat

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**การลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในการผลิตชิ้นงานพลาสติก**
โดย	นายมานะพงศ์ โชติวิรัตน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มานะพงศ์ โชติวิรัตน์: การลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในการผลิตชิ้นงานพลาสติก
(A DEFECTS REDUCTION IN PLASTIC PART PROCESS)
อาจารย์ที่ปรึกษา: รศ.จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์: 132 หน้า

วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีวัตถุประสงค์ ในการลดปริมาณของของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตในงานฉีดงานพลาสติกแบบ Injection Molding โดยใช้หลักการทางสถิติมาช่วยทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และใช้หลักการทางทฤษฎีด้านพอลิเมอร์เข้ามาอธิบายถึงปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อที่จะทำการปรับปรุงสภาพปัญหาของโรงงานก่อนดำเนินการแก้ไขมีของเสียประเภทขนาดไม่ได้มาตรฐาน(มีขนาดโตกว่ากำหนด) ซึ่งส่งผลกระทบต่อโรงงานอย่างมากในด้านค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้น

การวิจัยจึงเริ่มดำเนินการจากการศึกษากระบวนการผลิตและค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่อง (FMEA) เพื่อนำปัจจัยที่มีลำดับความสำคัญมากที่สุดมาทำการพิจารณา จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบพบว่าปัจจัยที่มีระดับความสำคัญมากอยู่ในส่วนของวิธีการได้แก่ คือ อุณหภูมิ Mold, Cycle Time, Holding Pressure จากนั้นทำการออกแบบการทดลองโดยใช้แบบ 2^k Factorial Design เพื่อที่ทำให้ทราบว่า ปัจจัย อุณหภูมิ Mold, Cycle Time, Holding Pressure มีผลหรือไม่ อย่างไร โดยจากการวิเคราะห์ผลการ ทดลองผ่านโปรแกรม Minitab จะพบว่าปัจจัยทั้ง 3 มีผลต่อขนาดของชิ้นงาน ผลการทดลองสรุปได้ว่า ที่ Mold Temp เท่ากับ75°C, Cycle Time เท่ากับ 22 วินาที และ Holding Pressure เท่ากับ 10 MPa และสามารถลดของเสียได้จากปริมาณของเสียได้จากเดิมร้อยละ 11.39 เหลือเพียง ร้อยละ 1.98

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ.....ลายมือชื่อนิสิต.....มานะพงศ์ โชติวิรัตน์.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2550.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4770656021: MAJOR INDUSTRIL ENGINEERING

KEY WORD: PLASTIC PART/ DESIGN OF EXPERIMENT/ NON-STANDARD SIZE

MANAPONG CHOTIVIRAT: A DEFECTS REDUCTION IN PLASTIC PART PROCESS. THESIS ADVISOR: ASSOCIATE PROF. JEIRAPAT NGAOPRASERTWONG: 132 PAGES.

The objectives of this thesis are to reduce defective parts in Plastic Part Process. Statistical principles are applied to analyze causal factors that affect product's quality. In addition, Polymeric theories are also used to refer factors affecting product's quality and how to improve them. Before beginning the research, the problems about large, non-standard shape defects which affected production costs are the main problem for the factory.

The research is started from studying the process. Then, Failure Mode and Effect Analysis(FMEA) to determine the most 3 critical factors for further analysis. They are Holding Pressure, Mold Temperature, and Cycle Time. Those factors are used in designing the experiment with 2^k Factorial Design to test them if affecting the problem significantly. Finally, the factors considered by Minitab . The result from the research reveals that those factors affect to the problem by both main effect and interaction among the factors. After adjusting the factors, Mold temperature is 75 degree Celsius, Cycle time is 22 second and holding pressure is 10 MPa. The amount of defects has reduced from 11.39 percent to 1.98 percent.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department.....Industrial Engineering.....Student's signature.....

Field of study..... Industrial Engineering..... Advisor's signature.....

Academic year.....2007..... Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รอง ศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และประธานการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมาและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน และอาจารย์ ดร. สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ ที่กรุณาให้คำแนะนำและแนวคิดในการแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงานอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงการตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆ ที่ได้รับการชี้แนะจาก ที่ได้ช่วยขัดเกลาให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ทางผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูง ไว้ ณ ที่นี้ด้วย ส่วนหนึ่งของความสำเร็จนี้ได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากทางบริษัทซึ่งได้รับความร่วมมือจากบุคคลที่อยู่ในโรงงานทั้งในเรื่องข้อมูลและในเรื่องการปฏิบัติงาน อีกทั้งยังให้ความรู้และข้อแนะนำบางอย่างที่เป็นความรู้ทางเทคนิค ซึ่งทางผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญรูป..... ฏ
บทที่
1. บทนำ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 5
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 5
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย..... 5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ทฤษฎีคุณสมบัติทั่วไปเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์พลาสติก..... 6
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลาสติก..... 6
2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการฉีดพลาสติก 7
2.4 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องฉีดพลาสติก..... 8
2.5 ขั้นตอนการฉีดพลาสติก..... 10
2.6 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของชิ้นงานฉีดพลาสติก..... 13
2.7 พารามิเตอร์สำคัญในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติก..... 16
2.8 การบริหารงานคุณภาพ..... 26
2.9 ไตรศาสตร์ด้านคุณภาพ (The Quality Trilogy)..... 28
2.10 เครื่องมือสำหรับการควบคุมคุณภาพ..... 30
2.11 งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 52

บทที่ หน้า

3 การศึกษาการดำเนินงานและสภาพปัจจุบันของโรงงาน..... 58
3.1 ข้อมูลประวัติความเป็นมา..... 58
3.2 Business Overview 59
3.3 Customer Segment 59
3.4 Management Review 60
3.5 Vision & Missions..... 61
3.6 องค์กรของบริษัท..... 62
3.7 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิต..... 63
3.8 ระเบียบวิธีวิจัย..... 64

4 ผลการดำเนินงานลดของเสีย..... 68
4.1 การศึกษาและวิเคราะห์เพื่อระบุปัญหา..... 69
4.2 การบ่งชี้สภาพที่เกิดปัญหาของเสียแบบขนาดไม่ได้มาตรฐาน..... 74
4.3 การศึกษาและวิเคราะห์เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาที่ต้องการศึกษา..... 75
4.4 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ(FMEA)..... 79
4.5 ดำเนินการและวิเคราะห์ผลและออกแบบการทดลอง..... 85
4.6 ผลการดำเนินการแก้ไข..... 95

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 99
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง..... 99
5.2 สรุปผลการดำเนินงาน..... 101
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 102

รายการอ้างอิง..... 109

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก หน้า

ภาคผนวก ก วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต..... 113

ภาคผนวก ข เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต..... 115

ภาคผนวก ค ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์..... 117

ภาคผนวก ง รูปกราฟที่ใช้ในการหาค่าsample size 121

ภาคผนวก จ ตารางบันทึกข้อมูลหลังปรับปรุง..... 123

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 132

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1	เกณฑ์การประเมินความรุนแรง (S) สำหรับPFMEA (ISO-16949).....	41
2.2	เกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิด (0) สำหรับ PFMEA.....	43
2.3	เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (D)สำหรับ PFMEA	44
2.4	ปริมาณของเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในปี 2549.....	69
4.2	ตารางจำนวนการผลิตและของเสียที่พบโดยเฉลี่ยต่อเดือน.....	71
4.3	ตารางปัญหาของของเสีย0704-0862 โดยเฉลี่ยต่อเดือน.....	72
4.4	ตารางการวัดขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบสามบริษัท.....	75
4.5	ตารางการวัดขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเครื่องจักรทั้งสามตัว.....	77
4.6	ตาราง FMEA อันเนื่องมาจากปัญหาขนาดไม่ได้มาตรฐาน	80
4.7	ค่าพารามิเตอร์เดิมของโรงงาน.....	85
4.8	ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการทดลองปรับ.....	85
4.9	ผลการทดลองจากการออกแบบผลการทดลอง.....	87
4.10	ผลการทดลองที่ทำการจัดเรียงแล้ว.....	94
4.11	ผลการทดลองเทียบกับผลจากสมการ Regression.....	94
4.12	แสดงรายละเอียดผลจากการผลิตเมื่อนำค่าปัจจัยใหม่ไปใช้เทียบกับของเดิม.....	95
5.1	ตารางการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ.....	104

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1.1	กราฟเส้นแสดงข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิต	3
1.2	กราฟเส้นแสดงข้อมูลของเสียที่เกิดจากผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด	3
1.3	กราฟพาเรโตแสดงการจัดลำดับของปัญหา	4
1.4	รูปตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่เกิดปัญหาขนาดไม่ได้มาตรฐาน	4
2.1	โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องฉีดพลาสติก	8
2.2	ส่วนประกอบของชุดฉีด	9
2.3	ส่วนประกอบของชุดเปิดปิดแม่พิมพ์	9
2.4	ขั้นตอนการเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ เพื่อปิดแม่พิมพ์	10
2.5	ขั้นตอนการเลื่อนของชุดฉีด	10
2.6	ขั้นตอนการย้ำเพื่อรักษาความดันให้กับพลาสติกในแม่พิมพ์	11
2.7	ตำแหน่งของชุดฉีดขณะที่หล่อเย็น	11
2.8	การถอยหลังกลับของชุดฉีด	12
2.9	การเปิดออกของแม่พิมพ์	12
2.10	คุณสมบัติของพอลิเมอร์แบบอสัณฐาน (PS) และแบบกึ่งผลึก (PE)	14
2.11	ผลของอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวที่มีต่อความหนืดของพลาสติก	16
2.12	ตำแหน่งของสกรูในแต่ละจังหวะการฉีด	19
2.13	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการฉีดย้ำและความหนาชิ้นงาน	23
2.14	เงื่อนไขที่จำเป็นในการสร้างความพอใจ	27
2.15	เงื่อนไขที่เพียงพอในการสร้างความพอใจ	27
2.16	ไตรศาสตร์ด้านคุณภาพของจูรา	28
2.17	แผ่นตรวจสอบ	30
2.18	แผนภาพก้างปลา	32
2.19	แผนภาพพาเรโต	33
2.20	แผนภาพฮีสโตแกรม	34

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.21	แผนภูมิควบคุม……..	36
4.1	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ย.....	70
4.2	แผนภาพพาเรโตของสาเหตุปัญหาของเสีย.....	73
4.3	รูปโครงร่างของผลิตภัณฑ์.....	74
4.4	กราฟการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของทั้งสามบริษัท.....	76
4.5	กราฟการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของเครื่องจักรทั้งสาม.....	78
4.6	แผนภาพพาเรโตของการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง...	84
4.7	รูปกราฟเปรียบเทียบตารางก่อนและหลังปรับปรุง.....	98
5.1	ลักษณะของวัสดุพลาสติกที่เป็น Semi-Crystalline……..	99
5.2	แสดงแผนภาพ PVT diagram……	100

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ในการทำธุรกิจในปัจจุบันนี้มีของเสียเกิดจากการผลิตเยอะทำ ให้กำหนดการส่งมอบสินค้าแก่ลูกค้านั้นล่าช้า ทำให้เกิดความไม่พอใจของลูกค้า ทางบริษัทจึงต้องหาวิธีมอบความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า ทั้งในแง่ตอบสนองต่อความต้องการ และความคาดหมายของลูกค้า ซึ่งบริษัทจำเป็นต้องใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ เพื่อความอยู่รอดของบริษัท โดยการลดต้นทุนที่ไม่สร้างคุณภาพต่อสินค้าออกจากกระบวนการผลิต

บริษัทจึงจำเป็นที่จะต้องผลิตสินค้าเพื่อให้ตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ฉีดมีความสำคัญและเป็นส่วนที่มีความสำคัญยิ่งต่อคุณภาพ โดยหากขนาดไม่ได้มาตรฐานจะส่งผลให้ลูกค้าไม่รับสินค้าและเกิดความไม่พึงพอใจ

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการยังอยู่ในขั้นที่ทางโรงงานไม่พึงพอใจนัก ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการยังมีพอสมควรเนื่องจากปรับปรับตัวแปรที่ใช้ฉีดแบบทดลองสุ่มทำให้เกิดของเสียเยอะพอสมควร ถึงแม้ว่าจะไม่ถึง7 เปอร์เซ็นต์แต่จะมีผลกระทบต่อภาพพจน์ของบริษัท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

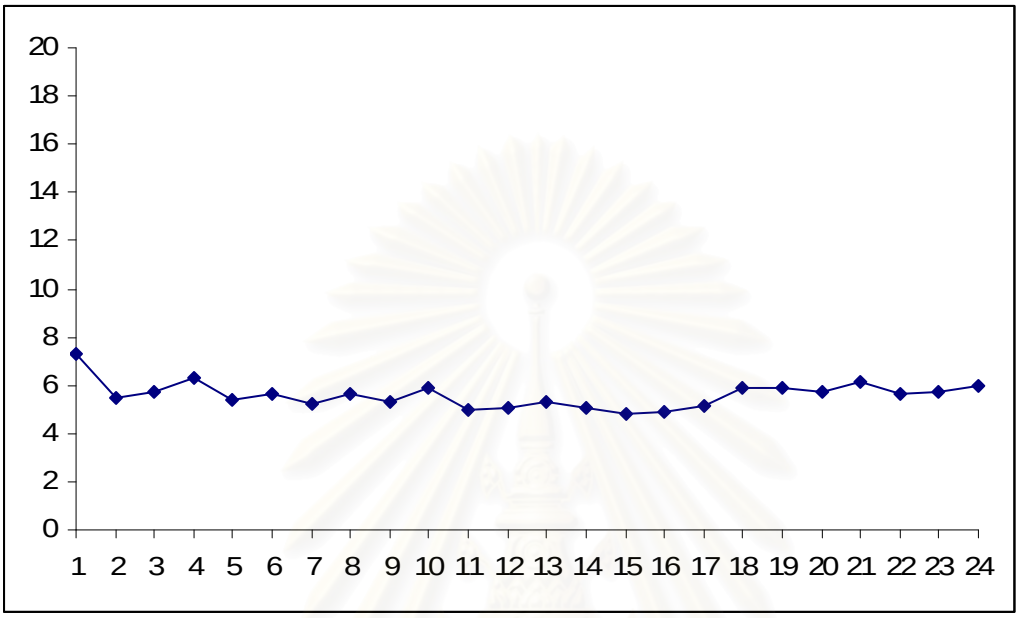
ปัจจุบันในงานผลิตโดยกระบวนการฉีดพลาสติก(Injection Molding) กระบวนการเริ่มจากที่เม็ดพลาสติกหรือผงพลาสติกถูกให้ ความร้อน หลอมเหลว และถูกฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์จนเต็ม จากนั้นจึงปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ได้ ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์ คุณภาพของชิ้นงานที่ได้จะดีหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบแม่พิมพ์ที่ เหมาะสมและการปรับตั้งพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดพลาสติก ได้แก่ อุณหภูมิแม่พิมพ์, อุณหภูมิพลาสติกเหลว, อุณหภูมิขณะปลดชิ้นงาน, อุณหภูมิกระบอกฉีด, ระยะชักสกรู, ความเร็วรอบสกรู, ความดันฉีด, ความดันฉีดย้ำ, เวลาฉีดย้ำ,ระยะสำรอง เวลาที่พลาสติกเหลวแช่อยู่ในกระบอกฉีด, ความเร็วฉีด, ความดันต้านการถอยกลับของสกรู, ระยะเปลี่ยนความดันฉีดเป็นฉีดย้ำ, แรงปิดแม่พิมพ์ และเวลาในการหล่อเย็น

ในการผลิตนั้นเมื่อมีการออกแบบแม่พิมพ์ที่ดีแล้วยังต้องตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่กล่าวมานี้ต้องปรับตั้งให้ถูกต้องด้วย เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพโดยผู้ที่ทำการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติกจะต้องมีความเชี่ยวชาญในงานด้านนี้เป็นอย่างดี แต่ในโรงงานปัจจุบันพบว่าผู้ที่ทำการปรับตั้งมีประสบการณ์ไม่มากนักซึ่งทำให้เกิดปัญหาว่า ผู้ทำการปรับตั้งจะทราบได้อย่างไรว่าควรปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติกด้วยพารามิเตอร์เท่าไรนอกจากนี้ปัญหาที่เกิดกับโรงงานทั่วๆไป คือเมื่อลูกค้าต้องการให้ผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างแตกต่างจากที่เคยผลิต ผู้ปรับตั้งค่าจะต้องทำการทดลองแบบลองผิดลองถูกเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการฉีดพลาสติกเพื่อจะให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพดีและตรงตามที่ลูกค้าต้องการและเพื่อจะลดมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเพื่อที่จะได้ เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของบริษัทและส่งผลให้ความสามารถในการแข่งขันเพิ่มขึ้น และมีกำไรเพิ่มขึ้น จึงควรมีการวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้หลักการทางสถิติและเทคนิคต่างๆมาช่วย ในการหาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สภาวะปัญหาปัจจุบัน

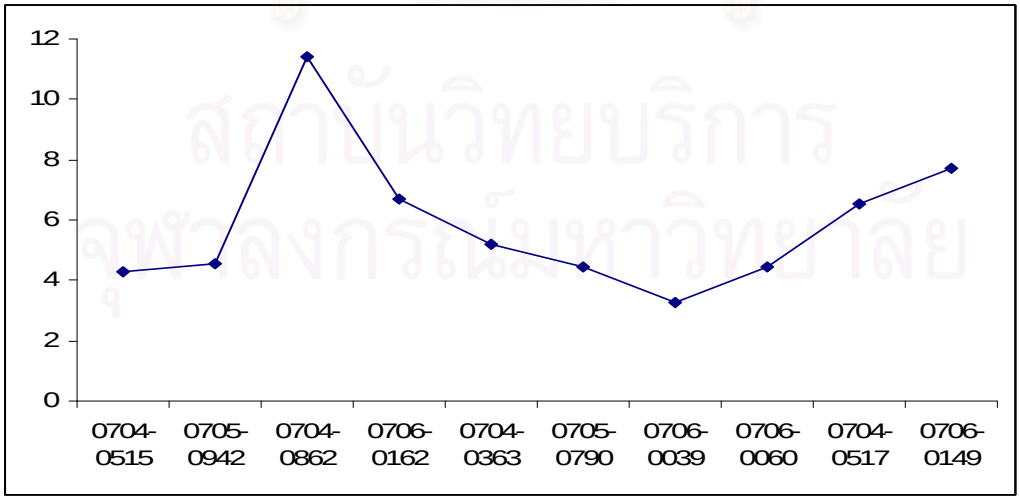
ในการฉีดชิ้นงานในแต่ละล็อทนั้นพบว่ามีปัญหาของเสียที่เกิดในระหว่างกระบวนการผลิตในแต่ละล็อทพบว่ามีเปอร์เซ็นของเสียค่อนค้างที่จะคงที่ ดังกราฟ



รูปที่1.1 **กราฟเส้นแสดงข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิต**

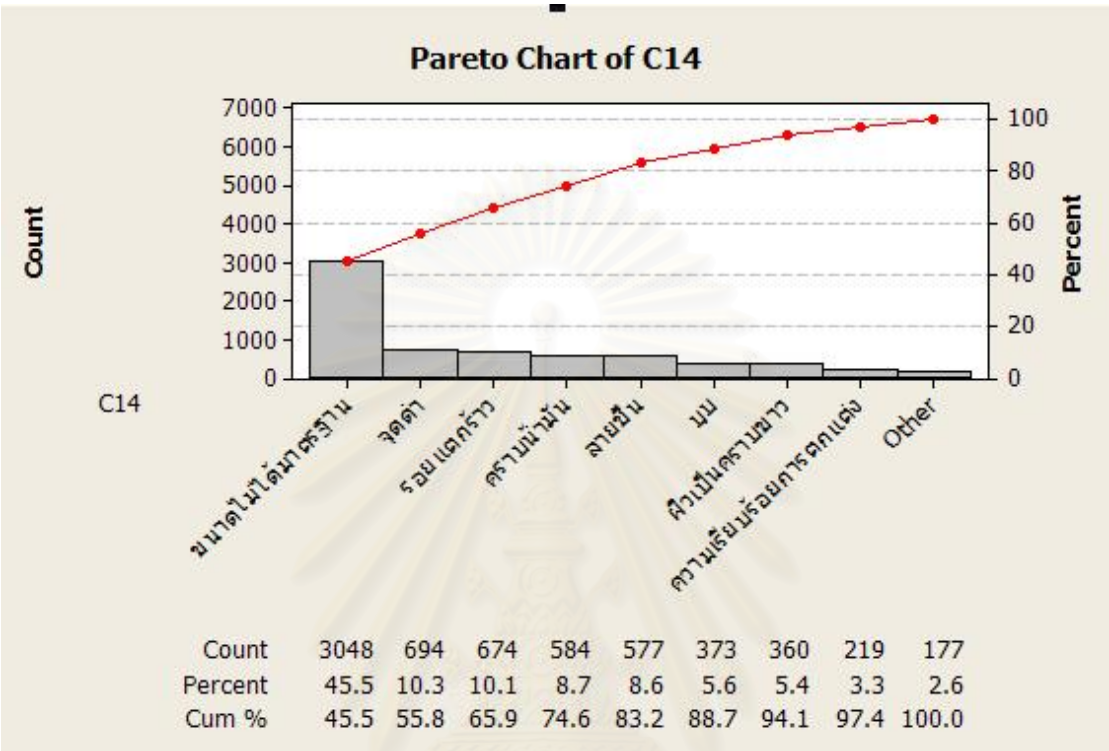
ตั้งแต่เดือน มกราคม-ธันวาคม 2549

เมื่อนำข้อมูลของเสียมาวิเคราะห์จะพบว่าของเสียที่เกิดขึ้นนั้นผลิตภัณฑ์ที่พบว่ามีของเสียเยอะสุดคือผลิตภัณฑ์ถ้วยพลาสติกรุ่น 0704-0862 โดยมีปริมาณของเสียสูงถึง11.39 %



รูปที่1.2 **กราฟเส้นแสดงข้อมูลของเสียที่เกิดจากผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด**

เมื่อนำข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ถ้วยพลาสติกรุ่น 0704-0862มาจัดลำดับความสำคัญของปัญหาโดยการใช้กราฟพาเรโต ซึ่งจากกราฟพาเรโตแสดงให้เห็นปัญหาเรื่องของขนาดไม่ได้มาตรฐาน เป็นปัญหาที่รุนแรงที่สุด



รูปที่1.3 กราฟพาเรโตแสดงการจัดลำดับของปัญหา

ของเสียที่เราจะนำมาทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เราจะพิจารณาในความถี่ที่เกิดขึ้นโดยดูจากกราฟพาเรโต ซึ่ง เราจะเลือกปัญหาขนาดไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความรุนแรงมากที่สุด

ซึ่งทางผู้วิจัยได้มีการจัดตั้งทีมงานประกอบไปด้วย ฝ่ายผลิต, ฝ่ายควบคุมคุณภาพและฝ่ายวิศวกรรม

รูปที่1.4 รูปตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่เกิดปัญหาขนาดไม่ได้มาตรฐาน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต
2) เพื่อหาสาเหตุของปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในขบวนการฉีดพลาสติก
3) เพื่อศึกษาและหาแนวทางในการลดจำนวนของเสีย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษางานฉีดพลาสติกของผลิตภัณฑ์และทำการศึกษาและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องและทำการศึกษาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยนำข้อมูลที่ได้มาทำการ วิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นและทำการแก้ไขด้วยหลักการทางด้านสถิติและพอลิเมอร์

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาขั้นตอนการฉีดพลาสติก และพารามิเตอร์ที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องฉีด
2) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลในด้านต่างๆ
3) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
4) ปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น
5) สรุปผลการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษามีดังนี้

1) สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากงานฉีดพลาสติก
2) สามารถลดของเสียที่เกิดขึ้นในการผลิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีคุณสมบัติทั่วไปเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์พลาสติก

ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เราพบอยู่ทั่วไปนั้น โดยทั่วไปจะมีกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันออกไป เช่น กรรมวิธีการอัดรีด (Extrusion)ซึ่งใช้ในการผลิตชิ้นงานต่างๆได้แก่ ท่อสายยาง, กรอบประตูหน้าต่าง เป็นต้น กรรมวิธีการเป่าถุงและแผ่นฟิล์ม(Blow Film) กรรมวิธีการเป่าภาชนะต่างๆ ที่มีลักษณะเป็นรูปทรงกลวง (Blow Molding) กรรมวิธีขึ้นรูปจากแผ่นฟิลม์พลาสติก (Thermoforming) กรรมวิธีการรีด (Calendaring) และกรรมวิธีการฉีดพลาสติก (Injection Molding) ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากสามารถผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างได้หลากหลาย สามารถ ฉีดชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ดี ราคาเครื่องจักรไม่แพงมาก ใช้พื้นที่ในการผลิตไม่มาก และยังสามารถทำงานได้ทั้งแบบพลาสติกที่เป็นผงและเม็ด ทั้งพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกและเทอร์โมเซต

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลาสติก

วัตถุดิบสำหรบงานฉีดพลาสติก โดยทั่วไปจะนิยมแบ่งออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ กลุ่มเทอร์โมพลาสติก กลุ่มเทอร์โมเซต และกลุ่มอีลาสโตเมอร์ หรือยางสังเคราะห์ ซึ่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ต่อไปนี้

2.2.1 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)

เทอร์โมพลาสติก คือ พลาสติกที่เมื่อนำไปหลอมเหลวแล้วปล่อยให้เย็นจนแข็งตัว ก็ยังสามารถนำ กลับมาใช้ได้ใหม่อีกพลาสติกประเภทนี้ยังแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1) พลาสติกประเภทอสัณฐาน (Amorphous Thermoplastic)
   เป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างที่ไม่เป็นผลึก เช่น พอลีสไตรีน (Polystyrene) พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate) พอลีอะครีลิค (Polyacrylic) เป็นต้น
2) พลาสติกแบบกึ่งผลึก (Partial Crystalline Thermoplastic) เป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างบางส่วนเป็น ผลึก เช่น พอลิเอททีลีน (Polyethylene), พอลีเอไมด์ (Polyamide) และพอลีอะซีตัล (Polyacetal) เป็นต้น

2.2.2 **เทอร์โมเซต** (Thermoset)

พลาสติกเทอร์โมเซตคือพลาสติกที่เมื่อนำไปหลอมเหลวแล้วปล่อยให้เย็นจนแข็งตัวจะเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดโครงร้างที่เป็นร่างแห(Molecule Cross-linking) ภายใต้อิทธิพลความร้อนที่เพิ่มขึ้นและทำให้ไม่สามารถนำกลับมาใหม่ได้อีกเช่น อีพอกซี่(Epoxy), ฟีนอลิก (Phynolic) ซิลิโคน (Silicone) และยูรีเทน (Urethane) เป็นต้น

2.2.3 **อีลาสโตเมอร์** (Elastomer)

อีลาสโตเมอร์พลาสติกหรือยางสังเคราะห์คือพลาสติกที่เมื่อนำไปหลอมเหลวแล้วปล่อยให้เย็นจนแข็งตัวด้วยกรรมวิธีวัลคาไนเซชั่น(Vulcanization) จะทำให้เกิดโครงสร้างแบบร่างแห (Molecule Cross-linking) ภายใต้อิทธิพลของความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ไม่สามารถนำกลับมาหลอมเหลวได้อีก เช่น ยาง SBR ยาง NBR ยาง NR และยาง CR เป็นต้น

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการฉีดพลาสติก

การฉีดพลาสติกถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกโดยเฉพาะแต่ก็สามารถใช้ฉีดประเภทเทอร์โมเซตได้เช่นกันการฉีดพลาสติกจะเป็นวิธีที่สามารถผลิตได้ทีละปริมาณมากๆ และรวดเร็ว โดยการฉีดพลาสติกสามารถแบ่งออกเป็น 5 กรรมวิธี ได้แก่

2.3.1 **การฉีดแบบ** Injection Molding

เป็นการฉีดพลาสติกแบบธรรมดาที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางโดยจะใช้สกรูเป็นตัวขับเคลื่อนเพื่อดันพลาสติกเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์

2.3.2 **การฉีดแบบ** Injection Blow Molding

เป็นการฉีดพลาสติกที่ดัดแปลงมาจากการผลิตแบบเป่าโดยกรรมวิธีนี้จะใช้สำหรับผลิตขวดที่มีขนาดเล็กเท่านั้นและความหนาของงานจะต้องมีลักษณะใกล้เคียงกันทั่วทั้งชิ้น

2.3.3 **การฉีดแบบ** Inject Stretch Blow Molding

เป็นการฉีดพลาสติกที่คล้ายกับการเป่าทั่วๆไปแต่แตกต่างกันตรงที่จะต้องทำการยืดพลาสติกก่อนที่จะทำการเป่า

2.3.4 การฉีดแบบ Reactive Injection Molding (RIM)

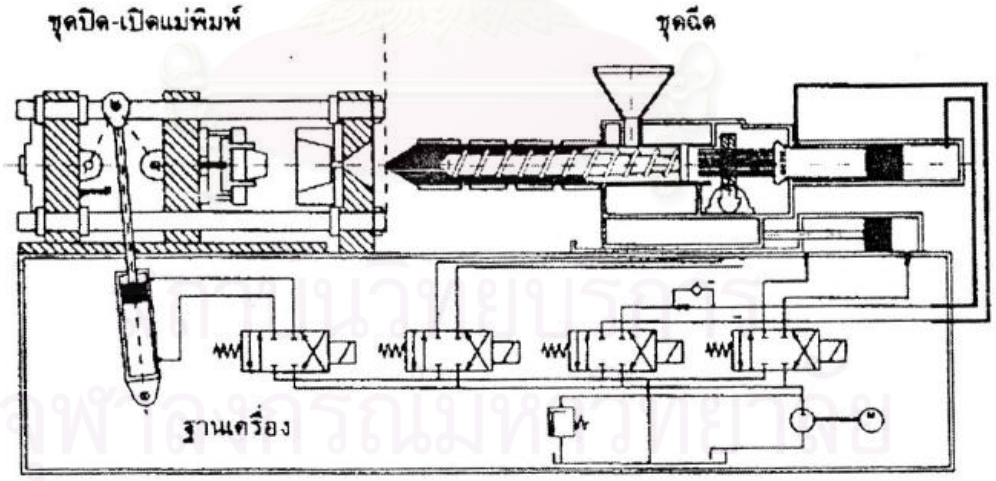
เป็นกรรมวิธีที่ใช้ฉีดพลาสติกโมโนเมอร์เข้าไปในแม่พิมพ์แทนการฉีดพลาสติกเหลวที่ร้อนแต่เป็นกรรมวิธีที่ยังไม่สามารถใช้ได้กับพลาสติกทั่วๆไปได้ที่ใช้ได้ผลก็คือโพลียูรีเทน (Polyurethane) เรซิ่น (Resin) และไนลอน (Nylon) เป็นต้น

2.3.5 การฉีดแบบ Injection Stamping

เป็นกรรมวิธีการผลิตแบบพิเศษสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดสูงคือแม่พิมพ์สามารถปรับขนาดได้เพื่อป้องกันการหดตัวหรอการบิดงอของชิ้นงานซึ่งยังไม่เป็นที่นิยมใช้กันส่วนมากนิยมใช้ผลิตเกี่ยวกับเลนซ์ (Lenses)

2.4 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องฉีดพลาสติก

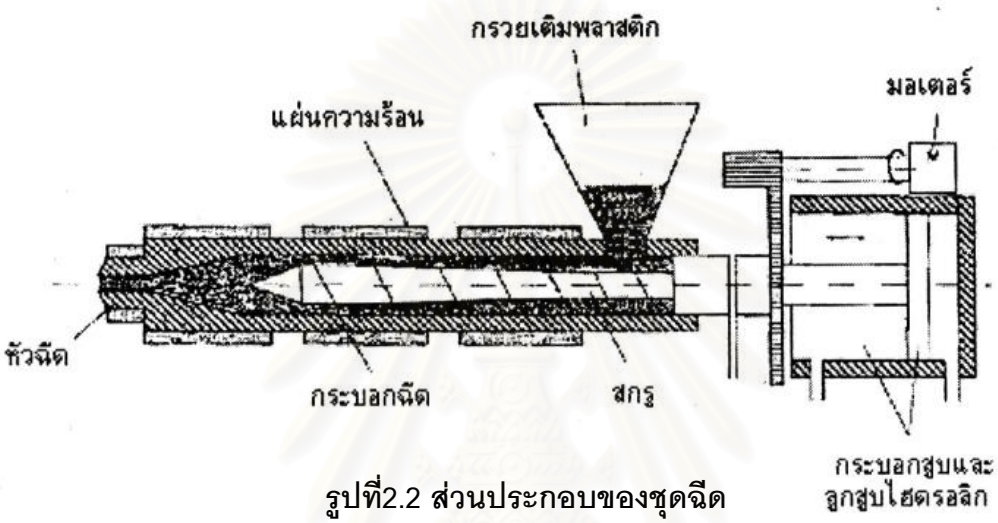
โดยทั่วไปแล้วเครื่องฉีดพลาสติกจะมีโครงสร้างส่วนประกอบสำคัญซึ่งสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วน คือ สวนชุดฉีด (Injection Unit) สวนชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ (Clamping Unit) และส่วนสุดท้ายคือ ส่วนฐานของเครื่องฉีด (Base) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องฉีดพลาสติก

2.4.1 ส่วนชุดฉีด

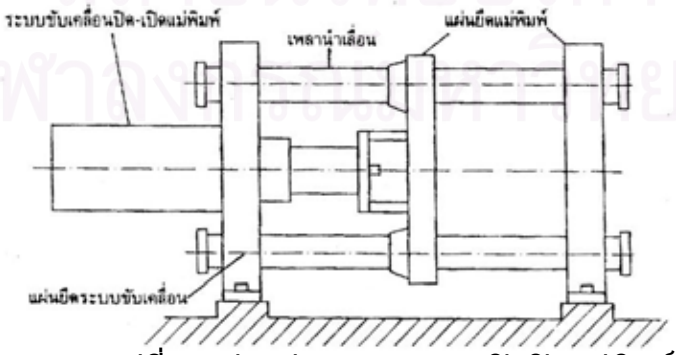
จะทำหน้าที่ดึงพลาสติกเข้าสู่กระบอกฉีดหลอมเหลวและส่งพลาสติกเหลวไปที่หัวฉีด และทำหน้าที่ในการฉีดและรักษาความดันย้ำซึ่งจะมีส่วนประกอบพื้นฐานดังต่อไปนี้ คือหัวฉีด(Nozzle) สกรู (Screw), กระบอกฉีด (Barrel), แผ่นความร้อน (Heater), กรวยเติมพลาสติก(Hopper), กระบอกสูบ, ลูกสูบไฮดรอลิก(Hydraulic Cylinder and Pistol)และมอเตอร์ขับเคลื่อนสกรู (Drive motor) ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่2.2 ส่วนประกอบของชุดฉีด

2.4.2 ส่วนชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์

ทำหน้าที่ในการยึดแม่พิมพ์ทั้งสองส่วนเลื่อนปิดเปิดแม่พิมพ์ ให้แรงในการปิดล็อคแม่พิมพ์หล่อเย็น ชิ้นงานฉีดพลาสติก และปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ประกอบไปด้วย แผ่นยึดแม่พิมพ์ซึ่งมีส่วนที่เคลื่อนที่ และอยู่กับที่เพลานำเลื่อนระบบขับเคลื่อนปิด-เปิดแม่พิมพ์ และแผ่นยึดระบบขับเคลื่อน ดัง แสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของชุดเปิดปิดแม่พิมพ์

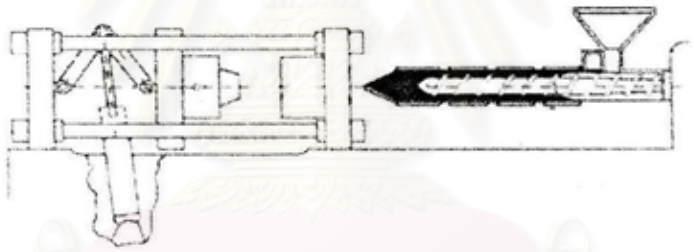
2.4.3 ส่วนฐานของเครื่องฉีด

ทำหน้าที่คอยรับน้ำหนักของชุดฉีด และชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ยึดติดอุปกรณ์ ไฮดรอลิกทั้งหมดในเครื่อง และยังทำหน้าที่เป็นถังน้ำมันไฮดรอลิก โดยส่วนใหญ่แล้วตัวฐานเครื่องจะมีทำด้วยเหล็กเหนียวที่เชื่อมประกอบเข้าเป็นฐานเครื่อง เพื่อความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนัก มากๆได้

2.5 ขั้นตอนการฉีดพลาสติก

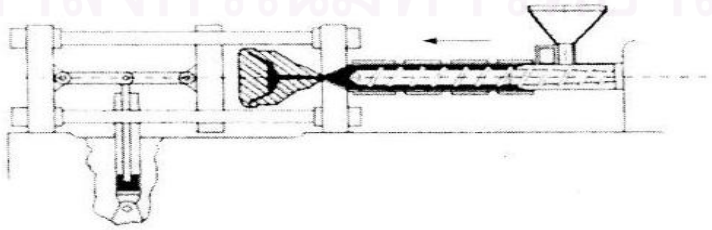
ในการฉีดพลาสติกเครื่องฉีดซึ่งประกอบด้วยสกรูจะสามารถเคลื่อนที่ไปตามแนวแกนให้เหมาะสมกับ ชิ้นงานที่มีขนาดเล็กไปจนถึงชิ้นงานขนาดใหญ่ เนื่องจากสามารถผลิตชิ้นงานได้หลายลักษณะงาน จึง ทำให้มีความนิยมในการฉีดพลาสติกแบบนี้มาก ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนของการฉีดพลาสติกได้ 9 จังหวะ ดังต่อไปนี้

1) แม่พิมพ์เคลื่อนที่เข้าปิดและล็อคแน่นเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ด้วยแรงต้านภายในแม่พิมพ์ดังแสดงในรูปที่ 2.4



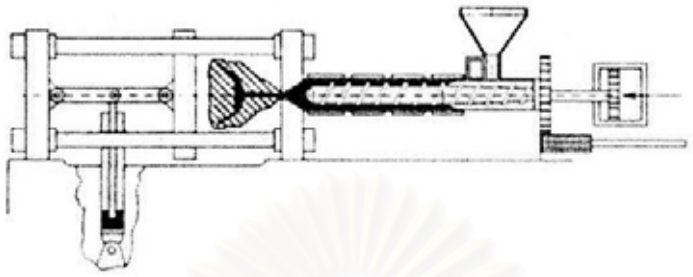
รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ เพื่อปิดแม่พิมพ์

2) ชุดฉีดเลื่อนเข้าหาแม่พิมพ์จนกระทั่งชนกับแม่พิมพ์และค้างไว้ด้วยแรงที่พอเหมาะเพื่อป้องกันชุด ฉีด ถอยหลังกลับในขณะที่ทำการฉีดดังแสดงในรูปที่ 2.5



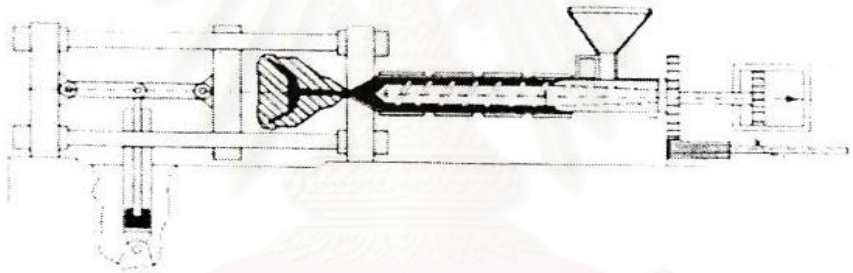
รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการเลื่อนของชุดฉีด

3) ฉีดพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ โดยสกรูจะเคลื่อนที่ตามแนวแกน
4) ย้ำรักษาความดันให้กับพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้ชิ้นงานเนื้อแน่นและไม่เกิดรอยยุบตัวที่ ผิวของชิ้นงานดังรูปที่2.6



รูปที่2.6 ขั้นตอนการย้ำเพื่อรักษาความดันให้กับพลาสติกในแม่พิมพ์

5) หล่อเย็นชิ้นงานฉีดในแม่พิมพ์ โดยที่จังหวะนี้จะมีอิทธิพลมากต่อเวลาการทำงาน

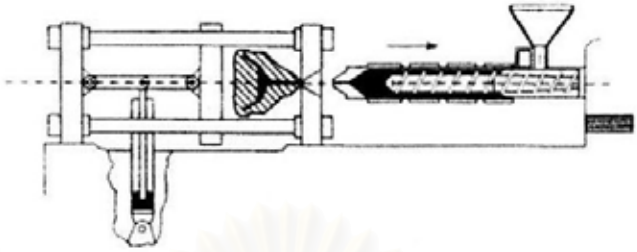


รูปที่ 2.7 ตำแหน่งของชุดฉีดขณะที่หล่อเย็น

6) การหลอมและป้อนพลาสติกไปหน้าปลายสกรู เมื่อได้ปริมาณพลาสติกเหลวตามที่ต้องการแล้วเกลียวหนอนจะหยุดหมุน

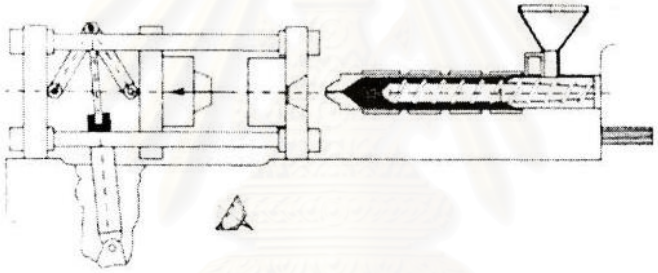
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7) ชุดฉีดจะถอยหลังกลับเพื่อป้องกันอุณหภูมิของหัวฉีดลดต่ำลงเกินไป เพราะจะทำให้พลาสติกบริเวณหัวฉีดหนืดเกินไปและไหลไม่ได้



รูปที่ 2.8 **การถอยหลังกลับของชุดฉีด**

8) แม่พิมพ์จะเปิดออกหลังจากสิ้นสุดเวลาในการหล่อเย็น



รูปที่ 2.9 **การเปิดออกของแม่พิมพ์**

9) ทำการปลดชิ้นงานเมื่อแม่พิมพ์เปิดออกสุดแล้ว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของชิ้นงานฉีดพลาสติก

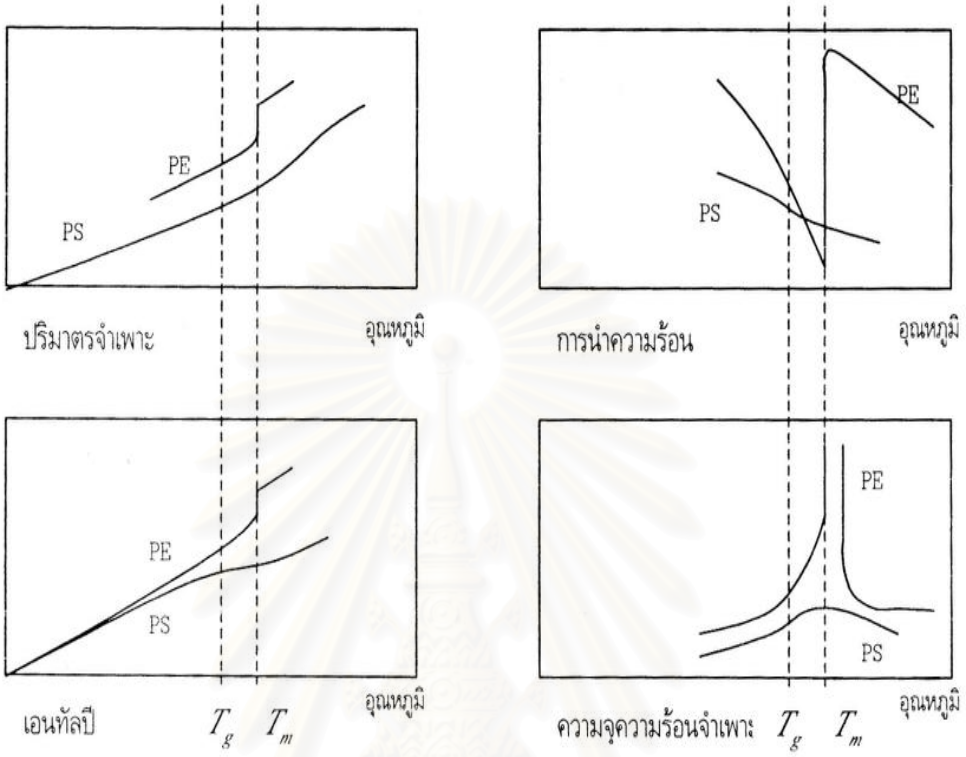
คุณภาพของชิ้นงานฉีดพลาสติกนั้นขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัวด้วยกันสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ อิทธิพลของพลาสติก, อิทธิพลของการออกแบบระบบทางเข้าของน้ำพลาสติกที่จะเข้าไปในแบบและอิทธิพลของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติก ตัวแปรแต่ละประเภทก็จะมีอิทธิพล ต่อคุณภาพของชิ้นงานที่แตกต่างกันออกไป ไม่ว่าจะมีอิทธิพลโดยทางตรงหรือโดยทาง อ้อมซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) อิทธิพลของชนิดพลาสติก

ในงานฉีดพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติกนั้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเทอร์โมพลาสติกแบบอสัณฐานกับเทอร์โมพลาสติกแบบกึ่งผลึก พบว่าเมื่อพลาสติกได้รับความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นคือในเทอร์โมพลาสติกแบบกึ่งผลึกเมื่อพิจารณาค่าปริมาตรจำเพาะและค่าพลังงานจำเพาะ ที่ผลึกเริ่มหลอมเหลว ค่าปริมาตรจำเพาะและค่าพลังงานจำเพาะจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้แล้วค่าการนำความร้อนของเทอร์โมพลาสติกแบบกึ่งผลึกจะค่อยๆ ลดลงเมื่อเข้าใกล้จุดหลอมเหลวของผลึกแต่เมื่ออุณหภูมิถึงจุดหลอมเหลวของผลึกแล้วค่าการนำความร้อนจะเพิ่มขึ้นทันที ส่วนค่าความจุความร้อนจำเพาะจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าใกล้จุดผลึกหลอมเหลวและจะเพิ่มอย่างรวดเร็ว เมื่อสิ้นสุดช่วงผลึกหลอมเหลว ค่านี้จะลดลงอย่างรวดเร็ว หมายความว่าเทอร์โมพลาสติกแบบกึ่งผลึก ต้องการความร้อนส่วนหนึ่งเพื่อช่วยในการหลอมเหลวผลึกนั่นเองโดยการเปรียบเทียบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณสมบัติเทอร์โมพลาสติกแบบอสัณฐานและเทอร์โมพลาสติกแบบกึ่งผลึกแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 คุณสมบัติของพอลิเมอร์แบบอสัณฐาน (PS) และแบบกึ่งผลึก (PE)

สำหรับมวลโมเลกุลที่แตกต่างกันของพลาสติกแม้ว่าจะเป็นพอลิเมอร์ชนิดเดียวกันพอลิเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำกว่าจะมีอณหภูมิในการอ่อนตัวต่ำและความหนืดในสารละลายก็จะต่ำด้วย ความสัมพันธ์ ของมวลโมเลกุลกับดัชนีการหลอมเหลว (Melt Index) กับความหนืด คือถ้าหากดัชนีการหลอมเหลวสูงความหนืดก็จะน้อยแสดงว่ามีการไหลได้ดีเมื่อมีการหลอมละลายนั่นหมายความว่าพลาสติกที่มีมวลโมเลกุลต่ำก็จะมีค่าดัชนีการหลอมเหลวสูงนั่นเอง

2) อิทธิพลของการออกแบบระบบทางเข้าของน้ำพลาสติกที่จะเข้าในแบบเนื่องจากการออกแบบ ชิ้นงานจำเป็นจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติโดยรวมของชิ้นงานที่ต้องการซึ่งได้แก่ คุณสมบติทางกายภาพ คุณสมบัติการแปรรูปค่าการไหลของพลาสติก (Flow ability) รวมไปถึงข้อจำกัดในการออกแบบแม่พิมพ์และการฉีดดังนั้นไม่ว่าจะเป็นการออกแบบแม่พิมพ์ การออกแบบระบบทางเข้า (Gate) ระบบทางไหลของพลาสติก (Runner) หรือแม้แต่กระทั่งระบบหล่อเย็น (Cooling) ล้วนแล้วแต่ มีความสำคัญกับคุณภาพของชิ้นงานทั้งสิ้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบได้แก่ การหดตัว(Shrinkage) ความหนาของชิ้นงาน (Thickness) ความเรียวของชิ้นงาน (Taper) รัศมีระหว่างผิวต่อ (Fillet) ครีบ(Rib) ส่วนนูนของชิ้นงาน (Boss) ส่วนที่เป็นคอคอดของชิ้นงาน (Undercut) รอยต่อ (Weld Line หรือ Knit Line) ระบบทางไหลของพลาสติก (Runner) ระบบทางเข้าพลาสติก (Gate) ความแข็งแรงของชิ้นงาน (Strength) และช่องระบายอากาศในชิ้นงาน (Air Ventilation) เป็นต้น

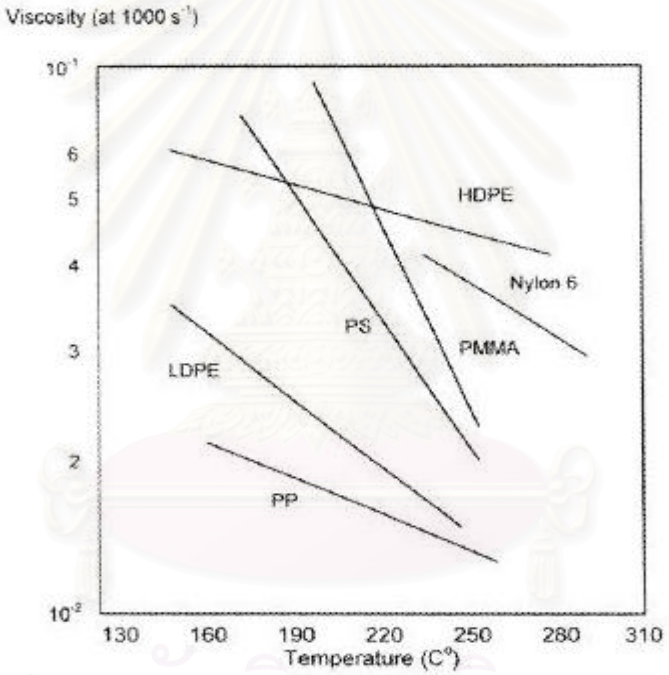
3) อิทธิพลของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติก มีบทบาทเป็นส่วนสำคัญอย่างมากต่อคุณภาพ ชิ้นงานหากแม่พิมพ์ถูกออกแบบได้ถกต้องและเหมาะสมแล้วตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพชิ้นงานก็มีเพียงการปรับตั้งพารามิเตอร์เท่านั้นซึ่งพารามิเตอรก็มีหลายค่าด้วยกัน แต่ค่าที่สำคัญได้แก่ ความเร็วในการฉีด ระยะเปลี่ยนความดันฉีดเป็นฉีดย้ำ เวลาในการรักษาความดันฉีดย้ำ เวลาในการหล่อเย็น เวลาในการหลอมเหลวและป้อนพลาสติกเหลว อุณหภูมิพลาสติกเหลว อุณหภูมิแม่พิมพ์ และความดันไฮดรอลิก เป็นต้น การปรับตั้งค่าเหลานี้สวนใหญ่จะเกิดจากการทดลองฉีดไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ ชิ้นงานที่มีคุณภาพตามต้องการ ซึงทำให้มีการสูญเสียเวลาและต้นทุนในการฉีดเป็นอย่างมาก หากผู้ปรับตั้งมีความรู้และความเข้าใจมากขึ้น ก็จะช่วยให้ฉีดได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพและยังประหยัดเวลาและ ต้นทุนในการทดลองอีกด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7 พารามิเตอร์สำคัญในการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติก

2.7.1 อุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลว (Melting Temperature)

อุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลว คือ อุณหภูมิที่ปลายหัวฉีด การเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับชิ้นแต่ ละชนิดนั้น มีตัวแปรที่สำคัญคือ ชนิดของพลาสติก เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวเกิดการเปลี่ยนแปลง ก็จะทำให้คุณสมบัติต่างๆของพลาสติกเปลี่ยนแปลงไปด้วย เช่น ค่าความหนืด (Viscosity) เอนทาลปี (Enthalpy) ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume) เป็นต้น โดยค่าอุณหภูมิจะถูก กำหนดสมบัติของวัสดุชนิดนั้น ๆ ซึ่งจะกำหนดให้เป็นช่วงกว้าง ๆ ดังนั้นการฉีดพลาสติกที่มีรูปร่าง แตกต่างกันจะมีวิธการเลือกอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวอย่างไร โดยทั่วไปมักจะนิยมใช้ค่าเฉลี่ยของ ช่วงค่าอุณหภูมิที่บริษัทผู้ผลิตเป็นผู้กำหนด เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของความหนืดและอุณหภูมิ พลาสติกเหลวแล้วพบว่ามีความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.11 ผลของอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวที่มีต่อความหนืดของพลาสติก

2.7.2 อุณหภูมิกระบอกฉีด (Barrel Temperature)

โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิกระบอกฉีดจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหน้า (Front) ส่วนกลาง(Center) และส่วนหลัง (Rear) ซึ่งจะเป็นแผ่นความร้อน (Heater) ที่ติดอยู่กับกระบอกฉีด การตั้งอุณหภูมิ กระบอกฉีดจำเป็นจะต้องปรับให้เหมาะสมกับการทำงาน ซึ่งทั่วไปจะมีการตั้งอุณหภูมิกระบอกฉีดอยู่ 3 แบบ คือ

1) แบบอุณหภูมิลดลง(จากหัวฉีดไปยังกรวยเติมพลาสติก) โดยการตั้งอุณหภูมิแบบนี้จะใช้เมื่อระยะชักสกรูมีค่าระหว่าง 1 ถึง 1.5 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสกรู
2) แบบอุณหภูมิคงที่โดยที่การตั้งอุณหภูมิกระบอกฉีดแบบนี้จะใช้เมื่อระยะชักของสกรูอยู่ระหว่าง 1.5 ถึง 2 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสกรู
3) แบบอุณหภูมิเพิ่มขึ้น (จากหัวฉีดไปยังกรวยเติมพลาสติก) โดยการตั้งอุณหภูมิแบบนี้ จะใช้เมื่อระยะชักสกรูมีค่าระหว่าง 2 ถึง 3 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางสกรู

2.7.3 อุณหภูมิแม่พิมพ์ (Mold Temperature)

อุณหภูมิแม่พิมพ์เป็นตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน การเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิ แม่พิมพ์มีอิทธิพลต่อความดันในแม่พิมพ์เช่นเดียวกับอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลว คือ ระหว่างจังหวะ การฉีด ความหนืดของพลาสติกเหลวจะเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิแม่พิมพ์จะมีอิทธิพลไม่มากต่อชิ้นงานที่ มีความหนามาก แต่จะมีอิทธิพลอย่างมากต่อชิ้นงานบางและมีระยะทางการไหลที่ยาว ดังนั้นจึงจำเป็น ที่จะต้องเลือกใช้อุณหภูมิแม่พิมพ์ให้เหมาะสม โดยที่ทางบริษัทผู้ผลิตเม็ดพลาสติกจะเป็นผู้กำหนดค่าของอุณหภูมิแม่พิมพ์ ให้เหมาะสมกับพลาสติกแต่ละชนิดโดยจะกำหนดเป็นช่วงกว้างๆ มาให้ หลักการการเลือกก็จะเหมือนกับการเลือกอุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลวคือเลือกอุณหภูมิเฉลี่ยของแม่พิมพ์ตามที่บริษัทผู้ผลิตเม็ดพลาสติกกำหนดให้

2.7.4 อุณหภูมิขณะปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ (De molding Temperature)

อุณหภูมิปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์สามารถตรวจสอบได้จากตัวควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ (Mold Temperature Control) หรือจากการวัดอุณหภูมิชิ้นงานหลังจากปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยค่านี้ มีผลต่อชิ้นงานคือหากการปลดชิ้นงานเกิดขึ้นเมื่อชิ้นงานมีอุณหภูมิสูงมากจะทำให้ชิ้นงานที่เย็นตัว นอกแม่พิมพ์เกิดการหดตัว ไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการ และยังทำให้ชิ้นงานมีรอยการกระทุ้งที่ผิวของ ชิ้นงานอีกด้วย แต่หากปลดชิ้นงานที่อุณหภูมิชิ้นงานต่ำมากเกินไปจะทำให้เสียเวลามาก ซึ่งทำให้อัตราการผลิตลดลงโดยไม่จำเป็น ดังนั้นค่าอุณหภูมิปลดชิ้นงานซึ่งถูกกำหนดจากโรงงานผู้ผลิตเม็ด พลาสติก โดยจะเลือกใช้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ พลาสติกไม่เกิดการบิดเบี้ยวหลังและเกิดการหดตัว เมื่อทำการปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ (Heat Distribution Temperature : HDT)

2.7.5 **ระยะชักสกรู** (Metering Stroke)

ระยะชักสกรู คือ ระยะพลาสติกเหลวหน้าสกรู โดยจะแสดงถึงปริมาตรพลาสติกเหลวที่ต้องการฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ โดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 1-3 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสกรู หากค่านี้ ไม่ถูกคำนวณให้ถูกต้องก็จะทำให้พลาสติกเหลวที่เข้าสู่ชิ้นงานไม่พอดีกับปริมาตรที่ต้องการ ซึ่ง สามารถคำนวณได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$L = \frac{V \times 1000 \times 4}{\pi \times D^2} + \text{Cushion}$$

เมื่อ L = ระยะชักสกรู (mm)

V = ปริมาตรพลาสติกเหลว (mm)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสกรู (mm)

(Cushion แสดงคำอธิบายในหัวข้อ 2.7.7)

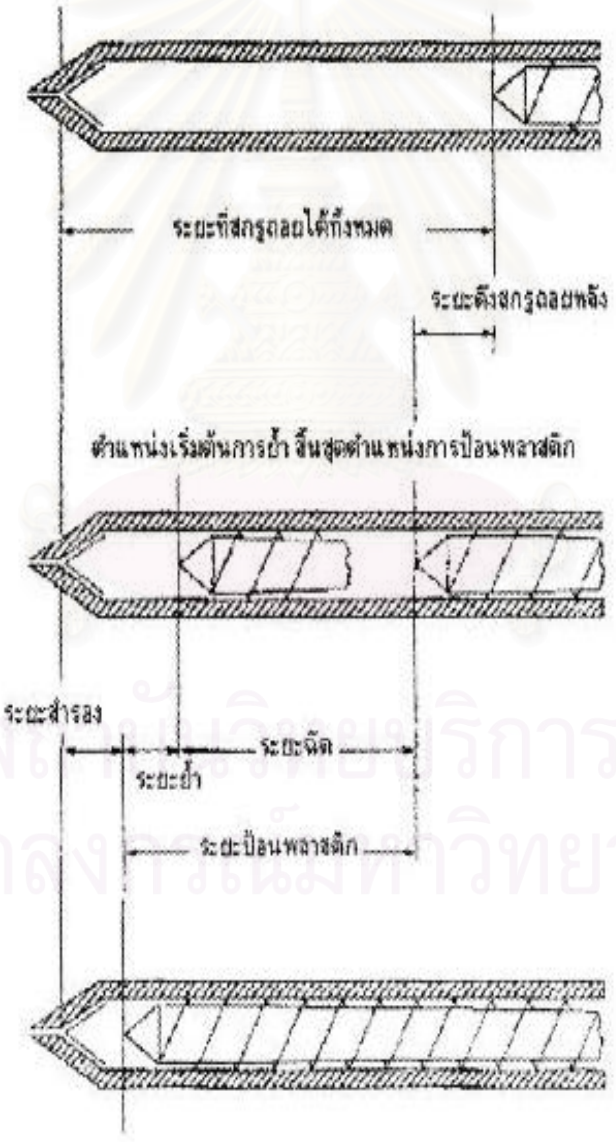
2.7.6 **เวลาที่พลาสติกเหลวแช่อยู่ในกระบอกฉีด** (Resident Time)

เวลาที่พลาสติกเหลวแช่ในกระบอกฉีดนั้นเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่พลาสติกหลอมเหลว ซึ่งตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อเวลานี้คือ ความเร็วรอบสกรู ขนาดของชิ้นงาน และขนาดสกรู ซึ่งสามารถประมาณเวลาได้จากปริมาณของพลาสติกที่ฉีดผ่านหัวฉีด ถ้าหาก พลาสติกเหลวแช่อยู่ใน กระบอกฉีดเป็นเวลานานเกินไป จะส่งผลให้พลาสติกเสื่อมสภาพได้ แต่หากเวลาที่พลาสติกเหลวแช่ ในกระบอกฉีดน้อยเกินไปก็จะทำให้พลาสติกไม่หลอมเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน หากใช้เครื่องฉีดพลาสติกมีขนาดใหญ่ฉีดชิ้นงานขนาดเล็ก จะทำให้ระยะเวลาที่พลาสติกแช่ในกระบอกฉีดจะนานมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกขนาดสกรูให้เหมาะสมกับชิ้นงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7.7 **ระยะสำรอง** (Cushion)

ระยะสำรองคือระยะที่ช่วยป้องกันการเกิดการกระแทกของหัวฉีดกับแม่พิมพ์โดยจะต้องตั้งค่านี้ไว้ ภายในกระบอกฉีด และยังป้องกันไม่ให้พลาสติกเกิดการเปลี่ยนแปลงและการไหลย้อนกลับ เนื่องจากปริมาณพลาสติกเหลวที่อยู่ในระยะสำรองที่เหมาะสมจะสามารถชดเชยการหดตัวของพลาสติกที่ถูก ฉีดเข้าสู่แม่พิมพ์ในจังหวะของการฉีดย้ำด้วย เมื่อเวลาฉีดย้ำสิ้นสุดลงแล้วจำเป็น ต้องมีพลาสติกเหลว อยู่ในระยะสำรองเหลืออยู่ การตั้งค่าระยะนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของสกรู คือหากเครื่องฉีดที่ใช้สกรูขนาดใหญ่ก็จะเลือกใช้ระยะสำรองที่มากกว่าเครื่องฉีดที่ใช้สกรูขนาดเล็ก ซึ่งค่าที่แนะนำให้ใช้คือ ขนาดสกรู 18 - 100 มิลลิเมตร จะแนะนำให้ใช้ระยะสำรอง 1 - 5 มิลลิเมตร โดยที่ตำแหน่งของสกรูของระยะสำรองและขั้นตอนการฉีดอื่น ๆ แสดงดังรูป



รูปที่ 2.12 **ตำแหน่งของสกรูในแต่ละจังหวะการฉีด**

2.7.8 **ความเร็วรอบสกรู** (Screw Speed)

ความเร็วรอบสกรู มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิพลาสติกเหลวและระยะเวลาในการหลอมเหลวและป้อนพลาสติก หากความเร็วรอบสกรูสูง ก็จะทำให้อุณหภูมิพลาสติกเหลวสูงขึ้น แต่จะทำให้ระยะเวลาใน การหลอมเหลวและป้อนพลาสติกเหลวก็จะสั้นลง โดยทั่วไปจะแนะนำให้ใช้ความเร็วรอบสกรูสง เนื่องจากจะทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ส่งผลให้เนื้อพลาสติกหลอมเข้า เป็นเนื้อเดียวกันได้ดียิ่งขึ้น สำหรับคำนวณความเร็วรอบสกรูสามารถคำนวณได้จากสูตรแสดงดังต่อไปนี้

พลาสติกทั่วไป $$n = \frac{0.2 \times 1000 \times 60}{\pi \times D}$$

พลาสติกที่ไวต่อความร้อน $$n = \frac{0.05 \times 1000 \times 60}{\pi \times D}$$

เมื่อ n = ความเร็วรอบสกรู (rpm)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสกรู (mm)

2.7.9 **ความดันต้านการถอยกลับสกรู** (Back Pressure)

ความดันต้านการถอยกลับสกรู เป็นความดันที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งด้านท้ายของสกรู โดยทั่วไปแล้ว พลาสติกที่เข้าสู่กระบอกฉีดได้สม่ำเสมอหรือไม่นั้น จำเป็นต้องอาศัยความดันต้านการถอยกลับของสกรูเพื่อควบคุมระยะเวลาในการหมุนตัวถอยกลับของสกรูเพื่อควบคุมระยะเวลาในการหมุนตัวถอยหลังของสกรูเพื่อทำการป้อนพลาสติกเข้าสู่กระบอกฉีด ซึ่งหากเพิ่มความดันต้านการถอยกลับของสกรูให้มากขึ้นจะทำให้ระยะเวลาของการป้อน พลาสติกเข้าสู่กระบอกฉีดนานขึ้นด้วย โดยค่าความดันนี้ จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาการป้อน พลาสติกเหลวเข้าสู่กระบอกฉีดที่ต้องการตัวพลาสติกเหลวก็เป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อความดันต้านการถอยกลับของสกรู โดยที่พลาสติกที่ใหม่ไม่ผ่านการใช้มาก่อน และไม่มีการผสมสี จะแนะนำให้ใช้ความต่ำกว่า คือประมาณ 5 บาร์ (ความดันไฮดรอลิก) ส่วนพลาสติก ที่ผ่านการใช้มาแล้วและนำกลับมาใช้ใหม่ กับพลาสติกที่มีการผสมสี แนะนำให้ใช้ความดันประมาณ 10 บาร์ (ความดันไฮดรอลิก) เพื่อช่วยให้เกิดการคลุกเคล้าของสีกับเม็ดพลาสติกหรอพลาสติกที่ถูก นำมาใช้ใหม่ ให้เนื้อพลาสติกมีความสม่ำเสมอ

2.7.10 **ระยะเปลี่ยนจากจังหวะฉีดเติมเป็นฉีดย้ำ** (Switch Over)

การเปลี่ยนจากจังหวะการฉีดเติมเป็นการฉีดย้ำนั้น หากต้องการที่จะปรับเปลี่ยนความดันไฮดรอลิก ขณะที่ออกคำสั่งให้เปลี่ยนจากจังหวะการฉีดเติมเป็นการฉีดย้ำนั้นจะพบว่าจะเกิดขึ้นช้ากว่าเวลาที่กำหนดเนื่องจากเกิดการหน่วงของการทำงานของชุดควบคุมไฮดรอลิกการกำหนดตำแหน่งนี้จำเป็น จะต้องกำหนดระยะที่เกิดขึ้นก่อนตำแหน่งที่ต้องการจริง แต่เป็นสิ่งที่ยากเนื่องจากมีตัวแปรหลายตัวที่ มีผลต่อเวลาที่ตอบสนองการทำงานของไฮดรอลิก เช่น ปริมาตรน้ำมันไฮดรอลิก ความดัน อุณหภูมิ น้ำมันไฮดรอลิกในระบบ เป็นต้น ดังนั้นการหาตำแหน่งที่แท้จริงของการเปลี่ยนจังหวะการฉีดเติม เป็นการฉีดย้ำ ได้มาจากการสังเกตการเคลื่อนที่ของสกรู การสังเกตจะสามารถช่วยให้หาระยะที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องได้ผลของการปรับค่าระยะเปลี่ยนจังหวะการฉีดเติมเป็นฉีดย้ำช้า เกินไป จะทำให้เวลาที่ใช้นานขึ้นความดันไฮดรอลิกก็ต้องสูงขึ้น ความดันใน แม่พิมพ์สูงขึ้น จะทำให้ ชิ้นงานเกิดครีบ น้ำหนักของชิ้นงานมากเกินไปและ เกิดความเค้นตกค้างในชิ้นงานทำให้ชิ้นงานเปราะ แตกหักได้ง่ายหากเปลี่ยนเร็วเกินไปจะทำให้ความดันในแม่พิมพ์ต่ำเกินไปจนพลาสติกถูกฉีดไม่เต็ม แม่พิมพ์ ชิ้นงานมีน้ำหนักเบาเกินไป เกิดรอยยุบผิวชิ้นงานเป็นรอยและเกิดความเครียดในชิ้นงานทำให้ชิ้นงานเปราะแตกง่าย

2.7.11 **ความเร็วฉีด** (Injection Speed)

ความเร็วในการฉีด คือ ความเร็วของสกรูที่เคลื่อนที่เพื่อทำหน้าที่ดันพลาสติกเหลวให้ไปอยู่ที่หัวฉีดและเข้าสู่แม่พิมพ์ โดยมีไฮดรอลิกเป็นตัวขับ ความเร็วฉีดและความดันฉีดจะเป็นสิ่งที่เกิดคู่กัน โดยถ้าใช้ความเร็วฉีดสูงก็จะทำให้ความดันฉีดสูงขึ้นด้วย และถาหากใช้ความเร็วฉีดต่ำแล้ว ความดันฉีดก็จะต่ำลงด้วย ซึงความเร็วในการฉีดนี้จะมีผลต่อการไหลของพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ คือ เมื่อพลาสติกเหลวไหลเข้าสู่แม่พิมพ์แล้ว ความร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับผนังแม่พิมพ์ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้พลาสติกเกิดการแข็งตัวและเกาะอยู่ที่ผนังแม่พิมพ์ ซึงเป็นผลให้ทางไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์แคบลงเคลื่อนที่ไปได้ช้าและต้องใช้ความดันฉีดสูงโดยทั่วไปแนะนำให้ใช้ความเร็วฉีดสูงสุดเท่าที่จะทำได้ เนื่องจากแรงเฉือน (Shear Stress) จะทำให้พลาสติกเหลวเกิดความร้อนและคงสภาพความเป็นของเหลว และยังเป็นการประกันความเชื่อมั่นว่าสกรูจะมีการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ

2.7.12 **ความดันฉีด** (Injection Pressure)

ความดันฉีด คือ ความดันที่ทำให้พลาสติกเหลวที่อยู่หน้าสกรูถูกฉีดเข้าสู่แม่พิมพ์ ซึ่งสามารถปรับได้ จากความดันไฮดรอลิก พลาสติกเหลวจะสามารถไหลเข้าสู่แม่พิมพ์เต็มหรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับ ความดันฉีด เช่นกัน ความดันฉีดขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นงาน ความสามารถในการไหลของพลาสติกเหลว และระยะทางการไหลที่ยาวที่สุด เนื่องจากมีสูตรคำนวณที่ต้องอาศัยข้อมูลที่ยุ่งยากโดยต้องอาศัย ค่าความสามารถในการไหลของพลาสติก ความหนาของชิ้นงานและระยะทางการไหลที่ยาวที่สุด และยังต้องมีการเผื่อความดันที่ตกคร่อมหัวฉีดอีก 200 บาร์ สามารถสรุปเป็นสูตรการคำนวณความดันฉีดแสดงดังต่อไปนี้

$$IP = (K_F \times K_S \times f_w) + 200$$

เมื่อ IP = ความดันฉีด (bar)

KF = Flow ability (bar/mm)

KS = Thickness Factor

FW = ระยะทางการไหลที่ยาวที่สุด (mm)

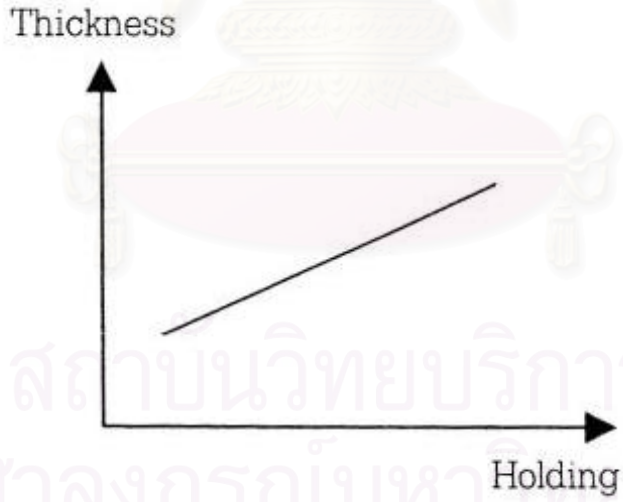
2.7.13 **ความดันฉีดย้ำ**(Holding Pressure)

การฉีดย้ำเป็นขั้นตอนในการฉีดเมื่อพลาสติกถูกฉีดเข้าสู่แม่พิมพ์ไปแล้วประมาณ 90-95 % ความสำคัญของการฉีดย้ำคือเพื่อป้องกันไม่ให้พลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ไหลย้อนกลับ เนื่องจากในโพรงแม่พิมพ์มีความดันสูงกว่า ซึ่งเป็นสาเหตุของการยุบตัวของชิ้นงานเนื่องจากการหดตัวของพลาสติกเหลวที่เย็นตัวและความไม่เที่ยงตรงของชิ้นงานกระบวนการฉีดย้ำจะทำจนกระทั่งพลาสติกเหลวทางเข้าพลาสติกเกิดการแข็งตัวจนปิดสนิทการฉีดย้ำจะใช้ความดันประมาณ 40 - 60 %ของความดันระบบ โดยทำการย้ำพลาสติกเหลวที่เหลืออีกประมาณ 5 - 10 % เข้าสู่แม่พิมพ์จนเต็มสำหรับค่าความดันฉีดย้ำที่ทำการปรับตั้งนั้นแนะนำให้ใช้ค่า 50 % ของความดันฉีด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7.14 **เวลาในการฉีดย้ำ** (Holding Time)

เวลาในการฉีดย้ำมีผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน โดยเฉพาะความเที่ยงตรงของชิ้นงาน ถ้าหากเวลาในการ ฉีดย้ำน้อยเกินไป จะทำให้ความดันในแม่พิมพ์ไม่เพียงพอที่จะทำให้พลาสติกเหลวแน่นเต็มแม่พิมพ์ ได้ ความดันในโพรงแม่พิมพ์จะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการไหลย้อนกลับของพลาสติกเหลว ทำให้ชิ้นงานไม่ได้ขนาดและน้ำหนักตามต้องการ แต่หากใช้เวลาในการฉีดย้ำนานเกินไปแล้ว จะทำให้ความดันในแม่พิมพ์คงสภาพนานเกินไป ทำให้พลาสติกถูกอัดแน่นเป็นเวลานานจนอาจทำให้ชิ้นงาน เกิดความเสียหายได้ เวลาในการฉีดย้ำที่เหมาะสมนั้นโดยทั่วไปจะมีวิธีการทดสอบโดยการทดลองฉีดด้วยเวลาฉีดย้ำที่แตกต่างกัน และชั่งน้ำหนักของชิ้นงาน ซึ่งปัญหาก็คือการควบคุมพารามิเตอร์อื่น ๆ ให้คงที่ตลอดเวลา โดยแนะนำให้ใช้เวลาในการฉีดย้ำประมาณ 1 - 3 วินาที หากใช้เวลานานกว่านี้จะ ทำให้ชิ้นงานเกิดความเครียดตกค้างขึ้นในชิ้นงานได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความหนา ของชิ้นงานกับเวลาในการฉีดย้ำ และความสัมพันธ์ ระหว่างน้ำหนักของชิ้นงานกับเวลาในการฉีดย้ำพบว่าเวลาที่ใช้ในการฉีดย้ำมีความสัมพันธ์กับเชิงเส้นตรงกับความหนาของชิ้นงาน คือเมื่อชิ้นงานหนามากเวลาฉีดย้ำก็ต้องมากขึ้น ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.13 **กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการฉีดย้ำและความหนาชิ้นงาน**

2.7.15 **แรงปิดแม่พิมพ์** (Clamping Force)

การปิดแม่พิมพ์เพื่อป้องกันไม่ให้แม่พิมพ์เผยอออกขณะทำการฉีดดังนั้นแรงที่ใช้ทำการปิดแม่พิมพ์จำเป็นจะต้องเพียงพอไม่ให้พลาสติกเหลวล้นออกมาซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดครีบในชิ้นงาน ตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อแรงปิดแม่พิมพ์ ได้แก่ ความหนืดของพลาสติกเหลว อัตราส่วนระหว่างระยะทางการไหลกับความหนาของชิ้นงาน อุณหภูมิพลาสติกเหลว อุณหภูมิแม่พิมพ์ พื้นที่ภาพฉายของชิ้นงาน ความแข็งแรงของแม่พิมพ์ และช่องระบายอากาศของแม่พิมพ์ตัวแปรเหล่านี้มีผลต่อความดันที่เกิดขึ้นในแม่พิมพ์ ดังนั้นการคำนวณค่าแรงปิดแม่พิมพ์จะคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$F = \frac{P_{cavity} x A}{1000}$$

เมื่อ F = แรงปิดแม่พิมพ์ (ton)

P Cavity = ความดันเฉลี่ยในแม่พิมพ์ (kg/cm^2)

A = พื้นที่ภาพฉายของแม่พิมพ์ (mm^2)

สำหรับการคำนวณหาค่าความดันที่เกิดขึ้นในแม่พิมพ์สามารถทำได้โดยการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ที่ติดไว้กับผนังด้านในของแม่พิมพ์ที่สัมผัสกับพลาสติกเหลวถ้าหากไม่มีเครื่องมือสำหรับวัดความดันในแม่พิมพ์ก็สามารถประมาณค่าความดันที่เกิดขึ้นในแม่พิมพ์คือ ประมาณ 60 - 70 %ของความดันฉีดที่เกิดขึ้นจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7.16 **เวลาในการหล่อเย็น** (Cooling Time)

การหล่อเย็นเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการฉีดพลาสติกโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเภทเทอร์โมพลาสติก เพื่อให้พลาสติกเย็นตัวก่อนที่จะทำการปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์การควบคุมแม่พิมพ์ให้มีอุณหภูมิคงที่นั้นสามารถทำได้โดยการผ่านน้ำหรือน้ำมันไปที่แม่พิมพ์สามารถปรับตั้งได้จากเครื่องฉีดโดยตรง ซึ่งก็คือการควบคุมอุณหภูมิน้ำหรือน้ำมันให้คงที่ และนอกจากนี้แล้วการไหลของน้ำหรือน้ำมันจะต้องมีการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) เพื่อให้การระบายความร้อนมีประสิทธิภาพสูงสุดหากน้ำมีการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) ซึ่งจะไปขวางการถ่ายเทความร้อนทำให้การหล่อเย็น ที่เกิดขึ้นก็จะไม่เกิดประสิทธิผล ดังนั้นการไหลของน้ำจะต้องมีอัตราการไหลไม่น้อยกว่า 10 - 15 ลิตรต่อนาที การดูง่าย ๆ ก็คือ ควรเปิดน้ำให้น้ำที่ออกจากท่อนั้นเต็มท่ออยู่เสมอนอกจากอัตราการไหล ของน้ำแล้ว เวลาในการหล่อเย็นควรจะเพียงพอสำหรับการทำให้แม่พิมพ์มีอุณหภูมิที่ต้องการ นอกจากนี้ เวลาในการหล่อเย็นยังมีผลต่อเวลาในการฉีด หากเวลาในการหล่อเย็นนานเกินไปก็จะทำ ให้อัตราการผลิตต่ำหากเวลาในการหล่อเย็นเร็วเกินไปก็อาจจะทำให้ชิ้นงานเกิดการหดตัวและบิด เบี้ยวหลังจากที่ปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยส่วนใหญ่แล้วผู้ทำการปรับตั้งเครื่องมักจะใช้วิธการ เปิดน้ำและทดลองฉีดจนกว่าจะได้เวลาในการหล่อเย็นที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้เสียเวลาและวัตถุดิบใน การทดลองเป็นอย่างมาก การนำเอาสูตรเข้ามาช่วยคำนวณเวลาในการหล่อเย็นจะสามารถช่วยลดเวลา ในการทดลองได้ โดยสูตรคำนวณแสดงดังต่อไปนี้

$$CT = \frac{d^2}{\pi^2 \times a_{eff}} \left[\frac{4}{\pi} \left(\frac{T_{Melt} - T_{Mold}}{T_{Demold} - T_{Mold}} \right) \right]$$

เมื่อ CT = เวลาหล่อเย็น(s)

d = ความหนาของชิ้นงาน (mm)

a_{eff} = Effective Thermal Conductivity (mm^2/s)

T_{Melt} = อุณหภูมิพลาสติกหลอมเหลว (°C)

T_{Mold} = อุณหภูมิแม่พิมพ์(°C)

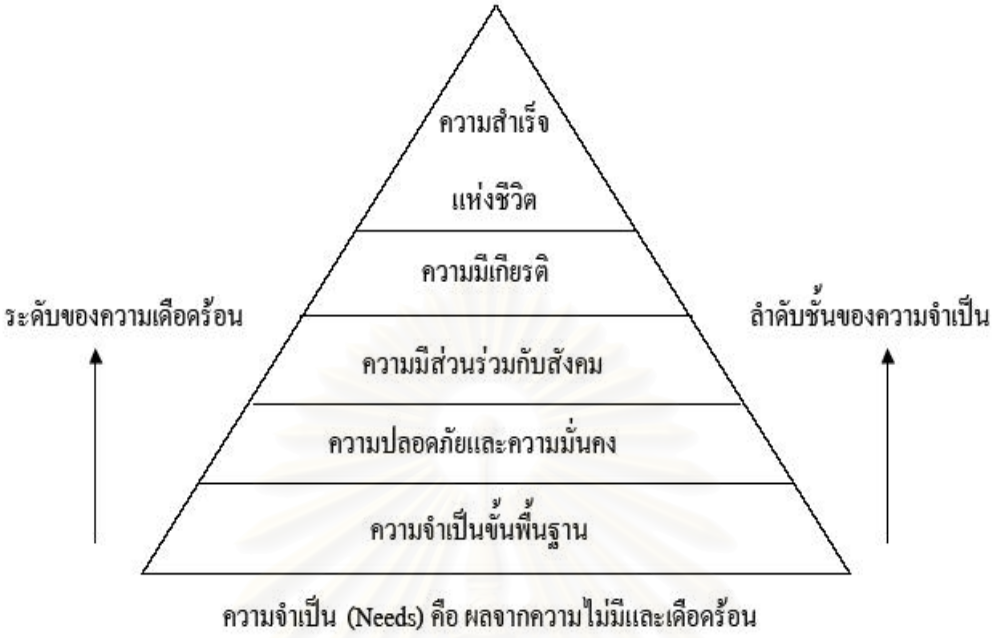
T_{Demold} = อุณหภูมิปลดชิ้นงาน (°C)

2.8 การบริหารงานคุณภาพ

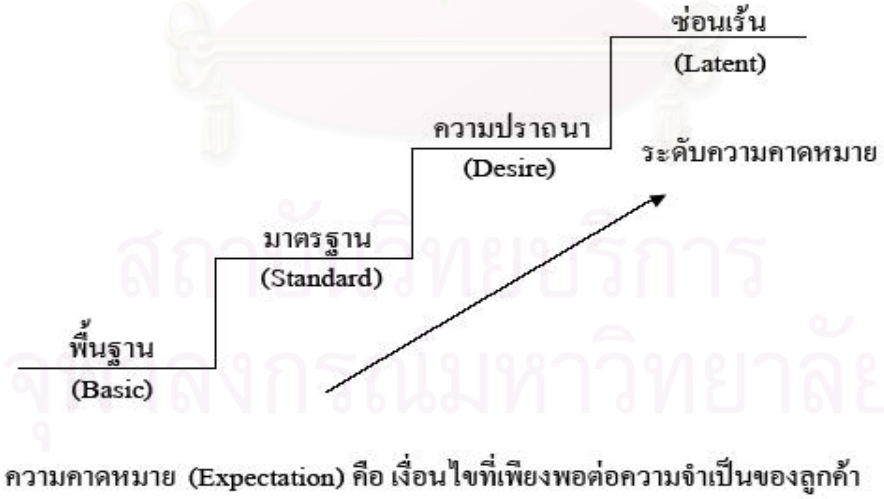
เนื่องการแข่งขันทางธุรกิจได้มีการทวีความรุนแรงมากขึ้นตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันทำให้มีการผลักดันทางธุรกิจทำให้เกิดการพัฒนาในด้านของผลิตภัณฑ์การผลิตและการบริการเพื่อซึ่งความเป็นผู้นำของตลาดดังนั้นแนวความคิดทางด้านคุณภาพก็ได้เปลี่ยนแปลงไปด้วยโดยเปลี่ยนจากแนวความคิดทางด้านผลิตภัณฑ์เป็นแนวความคิดด้านการตลาดคือเปลี่ยแนวความคิดจากผลิตอะไรก็ขายได้ (Product Out Concept) เป็นแนวความคิดแบบผลิตเอาใจตลาด (Market - In concept) และจากการวิวัฒนาการนี้เองทำให้กล่าวได้ว่า "คุณภาพเป็นกลยุทธ์ในการบริหารธุรกิจ" กล่าวคือ เป็นการบริหารที่มุ่งสร้างกำไรอย่างเป็นธรรมแก่องค์กรด้วยการสร้างความพึงพอใจแบบเบ็ดเสร็จ ต่อลูกค้าและจะสามารถนิยามคุณภาพในยุคนี้ได้ว่าเป็น"การสร้างความพอใจต่อลูกค้าแบบเบ็ดเสร็จ" (Total Customer Satisfaction: TCS) จากนิยามของคุณภาพนั้นจะเห็นได้ว่าคุณภาพคือ การสร้างความพอใจต่อลูกค้า ดังนั้นประเด็นที่มี ความสำคัญมากในการบริหารคุณภาพคือทำอย่างไรจึงจะทำให้ผู้ผลิตได้ทราบว่าลูกค้ามีความพึงพอใจหรือไม่ซึ่งจะพบว่า “ความพึงพอใจเป็นผลจากการตอบสนองต่อความต้องการ (Want หรือ Requirement) อันเป็นเงื่อนไขที่จำเป็นและเพียงพอ (Necessary and Sufficient Condition) ของความพึงพอใจ” ซึ่งเงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการตอบสนองต่อความต้องการคือ"ความจำเป็น(Needs)" ของลูกค้าโดยความจำเป็นของลูกค้านี้ได้รับการกำหนดเป็นลำดับชั้น (Hierarchy of Needs)ดังทฤษฎีลำดับชั้นแห่งความจำเป็นของมาสโลว์ (Maslow) และเงื่อนไขที่เพียงพอสำหรับการตอบสนองต่อความต้องการคือ "ความคาดหมาย (Expectation)" ซึ่งความคาดหมายนี้จะแบ่งเป็นระดับคือ

1) ความคาดหมายขั้นพื้นฐาน (Basic)
2) ความคาดหมายขั้นมาตรฐาน (Standard)
3) ความคาดหมายขั้นปรารถนา (Desire)
4) ความคาดหมายซ่อนเร้น (Latent)

จะเห็นได้ว่าจากการที่ลูกค้ามีความจำเป็นตามลำดับชั้นและภายใต้แต่ละความจำเป็นลูกค้ามีความคาดหมายระดับทำให้ลูกค้ามีความต้องการไม่สิ้นสุดจึงทำให้คุณภาพมีความหมายเพียงจินตภาพที่ จำเป็นต้องมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ตรงต่อความต้องการของลูกค้าเสมอ



รูปที่ 2.14 เงื่อนไขที่จำเป็นในการสร้างความพอใจ



รูปที่ 2.15 เงื่อนไขที่เพียงพอในการสร้างความพอใจ

2.9 **ไตรศาสตร์ด้านคุณภาพ** (The Quality Trilogy)

การแข่งขันที่สูงขึ้นในธุรกิจทำให้เกิดวิกฤตการณ์ในการบริหารธรกิจมีผลทำให้แต่ละองค์กรต้องการ "ความมีระบบ" ของการบริหารคุณภาพโดยแนวทางในการบริหารคุณภาพนี้จะต้องเป็นการกำหนด แนวความคิดด้านคุณภาพ (Way of Thinking about Quality) ที่จะทำให้บุคลากรในทุกสายงาน (Function) ในทุกระดับขององค์กร (Hierarchy) ตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงสุด (CEO) จนถึงพนักงานทั้ง ในสำนักงานและโรงงานมีส่วนร่วมในการบริหารงานคุณภาพซึ่ง J.M. Juran ได้คิดค้นการบริหารคุณภาพตามแนวทางดังกล่าวโดยจูรานได้เรียกศาสตร์ในการบริหารคุณภาพนี้ว่า "ไตรศาสตร์ด้านคุณภาพ(The Quality Trilogy)" หรือ "ไตรศาสตร์ของจูราน (The Juran Trilogy) "

Juran ได้นิยามการบริหารคุณภาพไว้ว่า “ การบริหารคุณภาพ (Quality Management: QM) หมายถึง กระบวนการในการชี้บ่งและบริหารกิจกรรมต่างๆ ที่มีความจำเป็นต่อการดำเนินการให้บรรลุจุดประสงค์ด้านคุณภาพขององค์กร (The process of identifying and administering the activities needed to achieve the quality objectives of an organization) ซึ่งกระบวนการในการชี้บ่ง และการบริหารกิจกรรมประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก ๆ คือ การวางแผนคุณภาพ (QP) การควบคุมคุณภาพ(QC) และการปรับปรุงคุณภาพ (QI) โดยจุดประสงค์ด้านการบริหารคุณภาพขององค์กร คือ การประกันคุณภาพ (QA) ที่หมายถึงการสร้างความเชื่อมั่นให้เกิดแก่ลูกค้า โดยใช้รูปไตรศาสตร์ด้านคุณภาพของจูราน

รูปที่ 2.16 **ไตรศาสตร์ด้านคุณภาพของจูราน**

2.9.1 **การวางแผนคุณภาพ** (Quality Planning: QP)

การวางแผนคุณภาพ หมายถึง การกำหนดไว้ซึ่งเป้าหมายที่จะบรรลุสู่ความคาดหมายของลูกค้าที่กำหนดแล้วทำการจัดสรรทรัพยากรที่มีจำกัดต่อวิธีการที่จะทำให้เกิดความมั่นใจว่าผลจากวิธีการดังกล่าวทำให้ลูกค้ามีความพึงพอใจ

2.9.2 **การควบคุมคณภาพ** (Quality Control: QC)

การควบคุมคุณภาพหมายถึง การเฝ้าพินิจผลจากกระบวนการเพื่อเปรียบเทียบกับความคาดหมายของลูกค้าถ้าหากพบว่าผลการดำเนินการตามกระบวนการมิได้เป็นไปตามความคาดหมายที่ส่งผลให้ลกค้าเกิดความไม่พอใจแล้วจะต้องค้นหาสาเหตุของความไม่พอใจดังกล่าวเพื่อจะแก้ไขให้ถูกต้อง

2.9.3 **การปรับปรุงคุณภาพ** (Quality Improvement: QI)

การปรับปรุงคุณภาพหมายถึงการคาดการณ์ความคาดหมายใหม่ของลูกค้าสำหรับผลิตภัณฑ์เดิมหรือการค้นหาความจำเป็นของลูกค้าสำหรับการพิจารณาผลิตภัณฑ์ใหม่แล้วทำการวางแผนใหม่ตลอดจน การควบคุมใหม่เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายใหม่

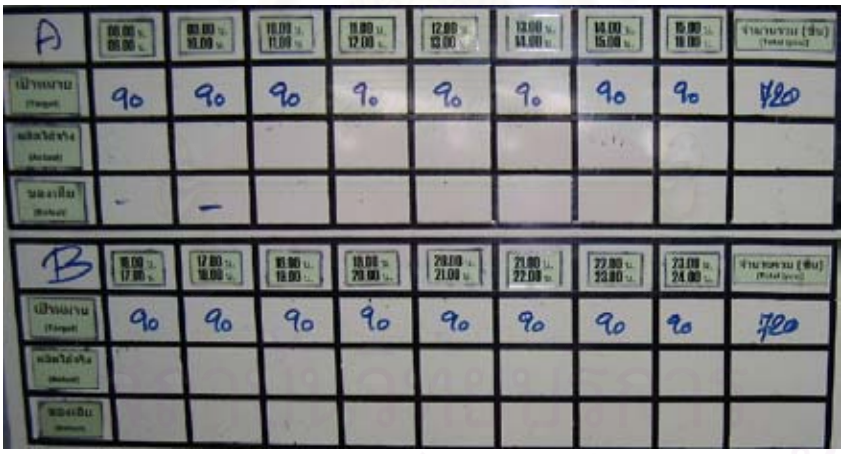
2.9.4 **การประกันคุณภาพ** (Quality Assurance: QA)

การประกันคุณภาพหมายถึงการดำเนินการใดๆเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นต่อลูกค้าภายใต้แนวความคิดของไตรศาสตร์ด้านคุณภาพนี้กระบวนการบริหารคุณภาพจะเริ่มต้นจากการวางแผนคุณภาพโดยจะคาดหมายว่าคุณภาพควรจะอยู่ที่ระดับหนึ่งภายใต้การออกแบบระบบคุณภาพและจะเรียกสาเหตุของปัญหาจากระบบที่ออกแบบนี้ว่า"สาเหตุของปัญหาเรื้อรัง (Chronic Waste)" ซึ่งจะมีคุณสมบัติคือสามารถคาดการณ์ได้ภายหลังจากการวางแผนคุณภาพสิ้นสุดลงจะต้องดำเนินการภายใต้การควบคุมคุณภาพเป็นลำดับต่อมากล่าวคือจะเป็นการดำเนินการที่พยายามให้คุณภาพเป็นไปตาม เป้าหมายคุณภาพที่วางแผนไว้และเรียกสภาวะของกระบวนการแบบนี้ว่า "สภาวะเสถียร" โดยจะทำ การกำจัด "ปัญหาแบบครั้งคราว (Sporadic Spike)" ซึ่งคุณสมบัติของปัญหาแบบนี้คือไม่สามารถคาดการณ์ได้ ภายใต้สภาวะเสถียรจะทำให้สามารถคาดการณ์สมรรถนะของกระบวรการที่ควรจะเป็นได้การปรับปรุงคุณภาพจึงถูกนำมาใช้เพื่อดำเนินการแก้ไขและยกระดับของคุณภาพขึ้นจากเดิมซึ่งลักษณะการดำเนินการแบบนี้จะมีการนำบทเรียนที่ได้รบมาใช้เป็นแนวทางในการวางแผนคุณภาพต่อไป

2.10 เครื่องมือสำหรับการควบคุมคุณภาพ

2.10.1 แผ่นตรวจสอบ (Check Sheets)

แผ่นตรวจสอบเป็นเอกสารที่อยู่ในรูปของตารางแบบฟอร์มหรือแผนภาพใดๆที่ออกแบบให้มี ลักษณะง่ายต่อการจดบันทึกข้อมูลการจำแนกข้อมูลและการวิเคราะห์ผลหรืออาจจะมีลักษณะเป็นตารางแสดงรายละเอียดต่างๆที่ต้องการตรวจสอบไว้พร้อมแล้วและสามารถนำไปใช้งานโดยไม่ต้องกรอกรายละเอียดใหม่เพียงกาเครื่องหมายลงในช่องที่ตรงกับรายละเอียดที่จัดไว้เท่านั้น เป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้เพื่อบันทึกเก็บรวบรวมข้อมูลว่าตรวจสอบพบจุดบกพร่อง เป็นเท่าไรอย่างไรหรือเพื่อใช้ตรวจสอบตามหัวข้อที่กำหนดไว้ให้ตรวจสอบล่วงหน้าแล้วตรวจสอบตามลำดับหัวข้อนั้นๆดังนั้นจึงควรออกแบบแผ่นตรวจสอบให้สอบคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเก็บรวบรวมข้อมูลและลักษณะของข้อมูลให้ชัดเจนควรลำดับหัวข้อการตรวจสอบให้สอดคล้องกับลำดับการทำงานโดยสามารถตรวจสอบได้ทันทีและทุกครั้งที่กรอกข้อมูลลงในแผ่นตรวจสอบนอกจากนี้ควรระบุที่มาหรือภูมิหลังของข้อมูลในแผ่นตรวจสอบ เช่น ชื่อผลิตภัณฑ์ ชื่อขั้นตอนการผลิต วันเวลา และ ชื่อผู้ตรวจสอบ เป็นต้น

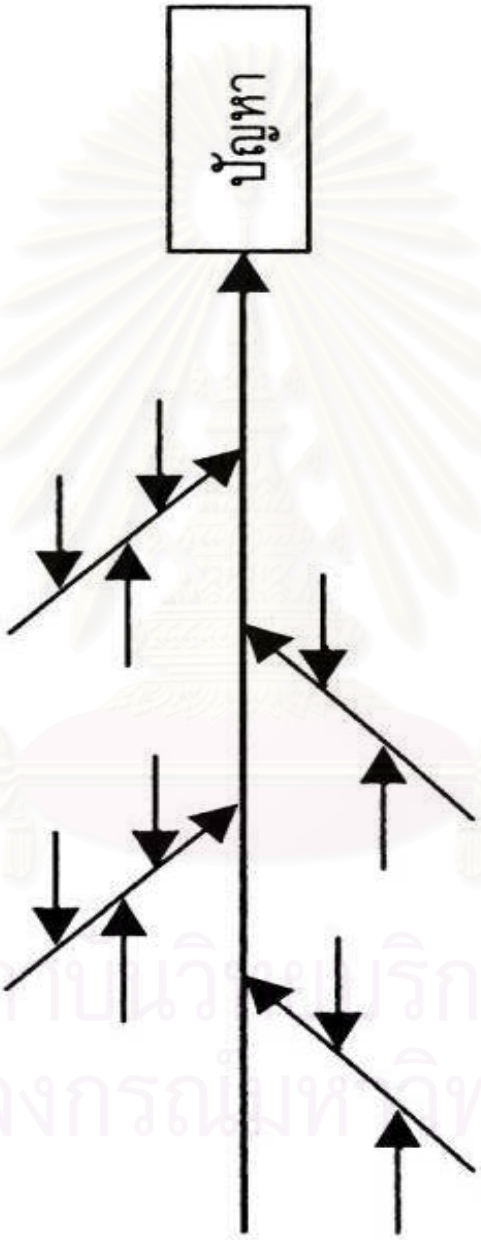


รูปที่ 2.17 แผ่นตรวจสอบ

2.10.2 **แผนภาพก้างปลา** (Fish Bone Diagram)

แผนภาพก้างปลาเป็นแผนภาพที่มีประโยชน์สำหรับนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลสำหรับประเด็นปัญหาที่พิจารณาโดยแผนภาพนี้ได้รบการพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยศาสตราจารย์คาโอรุอิชกาว่าแห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว ค.ศ.1943โดยครั้งแรกนั้น ดร.อาชากาว่าได้ใช้แผนภาพนี้ในการ อธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพในการผลิตวิศวกรจาก บริษัท คาวาซากิสตีล เวิร์ค จำกัด สำหรับมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งญี่ปุ่น (JIS) ได้นิยามความหมายของแผนภาพก้างปลาไว้ว่าเป็น แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์อย่างมีระบบระหว่างผลที่แน่นอนประการหนึ่งกับสาเหตุต่างๆที่ เกี่ยวข้องในการสร้างแผนภาพก้างปลามีลำดับขั้นตอนคือ

1) ทำการนิยามปัญหาให้ชัดเจน หมาย ถึงการนิยามปัญหาให้อยู่ในรูปปริมาณไม่ใช่อยู่ในรูปเชิงคุณภาพโดยควรมีการอภิปรายในกลุ่มให้เข้าใจก่อนการระดมสมองจะเริ่มขึ้น
2) ให้ทำการระดมสมองจากทีมโดยผ่านวิธการใช้การ์ด ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนว่าสมาชิกแต่ละคนจะต้องออกความคิดเห็นกี่ข้อแล้วให้เขียนความคิดเห็นลงในการ์ดที่เตรียมไว้แผ่นละหนึ่งข้อ
3) เมื่อได้ระดมความคิดเห็นได้ครบถ้วนแล้ว จะต้องทำการกำหนดแนวความคิดของการจำแนกสาเหตุ เช่นอาจเป็นแนวความคิดตามแหล่งกำเนิดของสาเหตุ หรือ 4M (คน เครื่องจักร วัตถุดิบ และวิธีการ)
4) ให้นำกระดาษที่ผ่านการระดมสมองมาแล้วมาจัดกลุ่มแนวความคิดตามสาเหตุที่ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้ในช่วงแรกอาจทำบนแผ่นกระดานดำก็ได้ โดยการจัดกลุ่มความคิดในช่วงนี้ยังไม่ควรเขียนลงไป เพราะว่ายังไม่ทราบสาเหตุทั้งหมดว่ามีอะไรบ้าง
5) เมื่อนำแผ่นกระดาษที่ผานการระดมสมองมาจัดทำแผนภาพก้างปลาเรียบร้อยแล้วจำเป็น ต้องมีการตรวจสอบอีกครั้งว่าความเป็นสาเหตุและผลซึ่งกันและกันมีความถูกต้องหรือไม่และการจัดกลุ่มสาเหตุถูกต้องหรือไม่ ทั้งนี้เพราะว่าการจัดกลุ่มต้องจัดตามสาเหตุรากเหง้ามิใช่จัดตามสาเหตุเบื้องต้น เช่น แม้ว่าจะระบุว่าสามารถเกิดจากพนักงานประกอบผิดพลาดก็ไม่จำเป็นต้องอยู่ในกลุ่มสาเหตุของคน ถ้าหากปรากฏว่าสาเหตุรากเหง้าคือการขาดมาตรฐานของวิธีการทำงาน เป็นต้น
6) ดำเนินการทบทวนข้อความของสาเหตุรากเหง้าหรือสาเหตุเบื้องต้นที่ระบุในแผนภาพก้างปลาดวยการพิจารณาจำแนกสาเหตุต่างๆในแผนภาพก้างปลาให้เห็นสาเหตุที่ควบคุมได้และสาเหตุที่ควบคุมไม่ได้

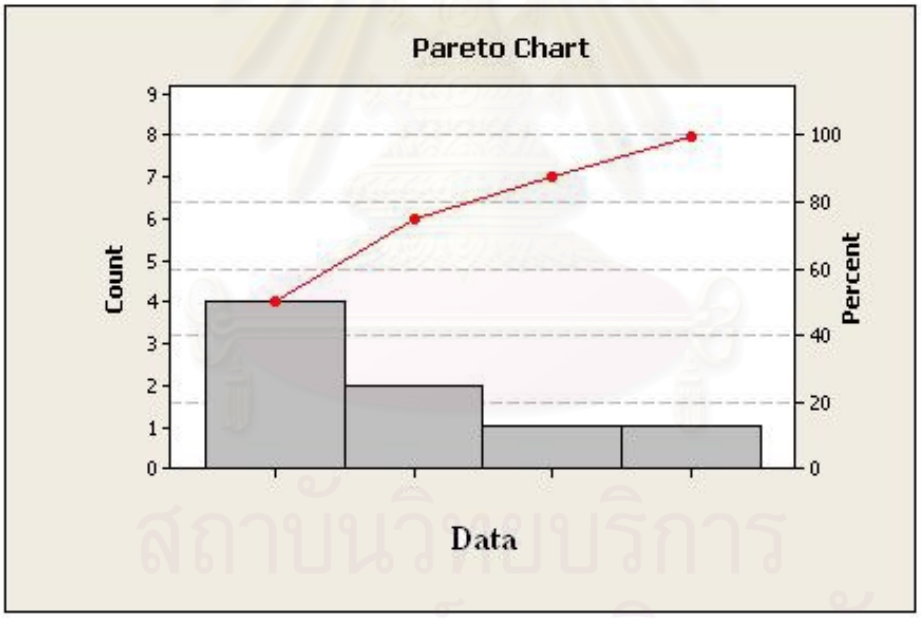


รูปที่ 2.18 แผนภาพก้างปลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.10.3 **แผนภาพพาเรโต** (Pareto Diagram)

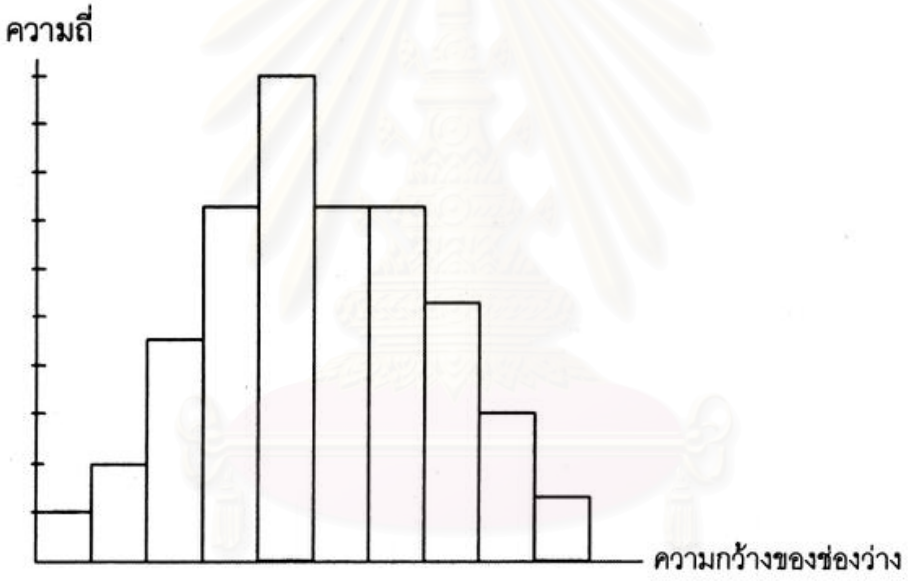
แผนภาพพาเรโตเป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนก ประเภท ซึ่งอาศัยหลักการพาเรโต ดร.โจเซฟ จูรัน ได้สังเกตพฤติกรรมของข้อมูลและได้ทำการวิจัยพบว่า ถามข้อมูลอยู่ในสภาวะเสถียรภาพแล้ว “ข้อมูลที่มีความสำคัญจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital Few) ในขณะที่ข้อมูลที่เหลืออยู่อีกมากมายจะมีความสำคัญเพียงเล็กน้อย (Trivial Many)” โดยดร.โจเซฟ จูรัน ได้เรียกหลักการนี้ว่าหลักการพาเรโต Pareto Principles) แผนภาพพาเรโตจะใช้ในการตีความหมายความมีเสถียรภาพหรือไม่มีของข้อมูลที่พิจารณาโดยมีข้อกำหนดคือถ้าตัวแบบของข้อมูลเป็นไปตามหลักการพาเรโตแล้ว แสดงว่าข้อมูลนั้นอยู่ในสภาวะเสถียรภาพและสามารถคาดการณ์ได้ แต่ถ้าตัวแบบของข้อมูลไม่ได้เป็นไปตามหลักการพาเรโตแล้วแสดงว่าข้อมูลไร้เสถียรภาพอันเนื่องจาก ข้อมูลที่เก็บมาอยู่ในสภาวะการปรับตัว (Transient State) เข้าสู่สภาวะเสถียรภาพ จึงควรมีความจำเป็น ต้องแก้ไขด้วยการทำให้กระบวนการมีมาตรฐาน



รูปที่ 2.19 **แผนภาพพาเรโต**

2.10.4 **ฮีสโตแกรม** (Histrogram)

หลักการของฮีสโตแกรมเป็นการนำเสมอข้อมูลที่ต้องการสื่อความหมายให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น เนื่องจาก ในการทำงานมักมีการรวบรวมข้อมูลหลายประเภทจำนวนมากและนำไปใช้งานแตกต่างกัน ฮีสโตแกรมเป็นเครื่องมือที่แสดงด้วยกราฟแท่ง โดยการแบ่งช่วงสเกลขนาดของข้อมูลให้มีช่วงที่เท่าๆกันและมีจำนวนช่องชั้นที่เหมาะสมแล้วทำการเขียนกราฟแท่งลงในแต่ละช่วงข้อมูลโดยความสูงของแท่งกราฟจะเป็นจำนวนจุดข้อมูลที่มีอยู่ในแต่ละช่วงชั้นของข้อมูลชุดนั้นๆ ลักษณะและชนิดของฮีสโตแกรมจะมีอยู่หลายแบบด้วยกัน เช่น ชนิดรูปทรงปกติ หรือระฆังคว่ำ ชนิดรูปฟันหัก ชนิด เบ้ขวาเบ้ซาย ชนิดที่ราบสูง ชนิดเขาสองยอด หรือหลายยอด เป็นต้น



รูปที่ 2.20 **แผนภาพฮีสโตแกรม**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.10.5 **แผนภูมิควบคุม** (Control Chart)

แผนภูมิควบคุมเป็นแผนภูมิที่มีโครงสร้างประกอบด้วยเส้นควบคุม3เส้นได้แก่เส้นค่ากลาง คือเส้นที่ แสดงจำนวนหรือขนาดของข้อกำหนดหรือเป้าหมายในการผลิตและเส้นขอบเขตการควบคุมอีก 2 เส้น คือเส้นขอบเขตควบคุมค่าสูงและค่าต่ำที่ยอมให้เกิดขึ้นถ้าผลผลิตที่ได้มีค่าที่กำหนดอยู่ภายใน ขอบเขตการควบคุมระหว่างสองเส้นนี้ แสดงว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ ถ้าหากค่าดังกล่าวอยู่นอกเขตการควบคุม ถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับไม่ได้และต้องมีการวิเคราะห์หาสาเหตุและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวต่อไปโดยทั่วไปแผนควบคุมจะถูกกำหนดตามคุณลักษณะของตัวแปรที่ต้องการควบคุม แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1) แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลที่มีค่าแบบต่อเนื่อง หรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดเรียกว่า Variable Control Chart โดยแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

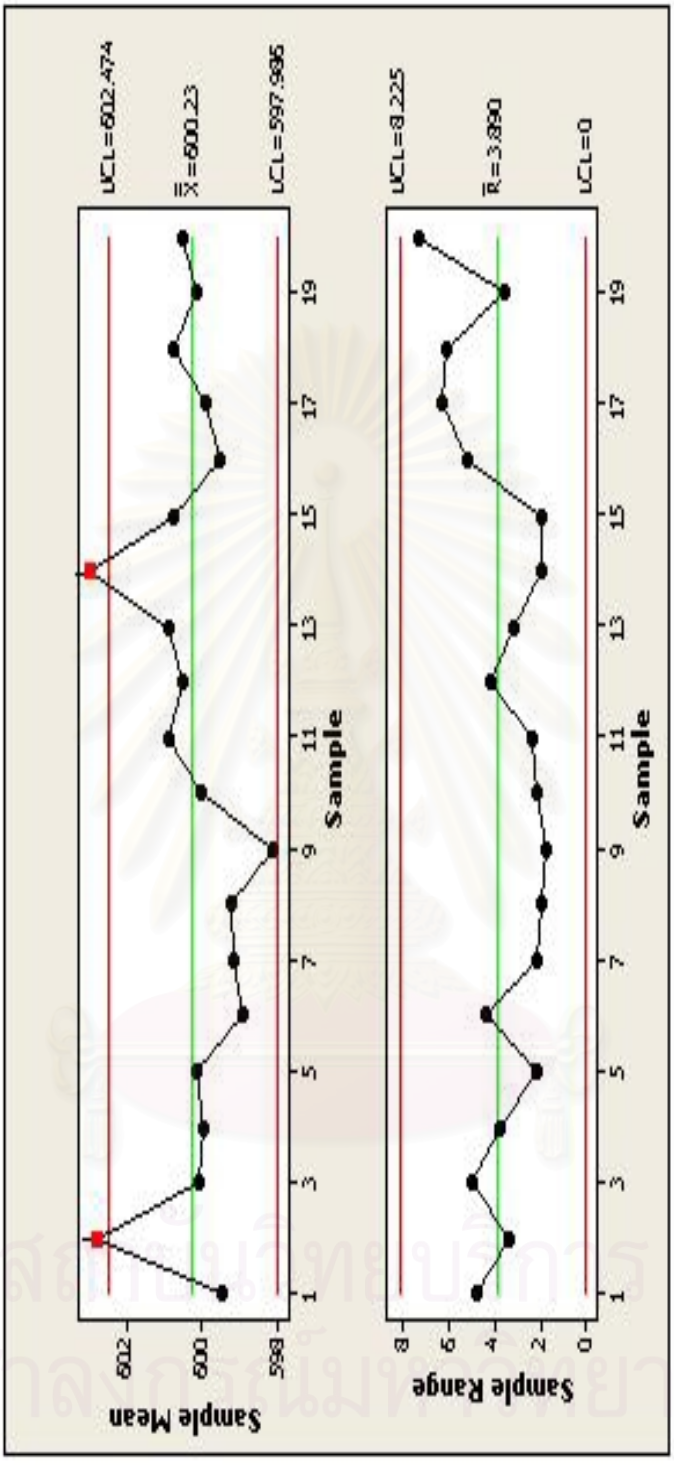
   - แผนภูมิ X เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมตรวจสอบและบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (Mean) ของผลิตภัณฑ์ว่าอยู่ในสภาพปกติหรือไม่

   - แผนภูมิ R (R-Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมตรวจสอบและบอกถึงการเปลี่ยนแปลงค่าพิสัย (Range) ของผลิตภัณฑ์ว่าอยู่ในสภาพปกติหรือไม่โดยทั่วไปแผนภูมิ X และ R จะใช้ร่วมกันเรียกว่า แผนภูมิ X-R เพื่อแสดงให้เห็นการกระจายของค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยได้พร้อมๆ กัน

2) แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลที่มีค่าแบบช่วงหรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจนับเรียกว่า Attribute Control Chart โดยแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดหลักๆ คือ

   - แผนภูมิจำนวนตำหนิเป็นแผนภูมิที่ใช้ตรวจสอบโดยการนับจำนวนข้อตำหนิที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์นั้นมีความซับซ้อนหรือมีข้อกำหนดมากมายการที่จะระบุว่าเป็นของดีหรือเสียทำได้ยากหรอมี ค่าใช้จ่ายสูงสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงแผนภูมิจำนวนตำหนินี้ ได้แก่ แผนภูมิ c-chart , u-chart

   - แผนภูมิ P และ Pn (P and Pn Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ตรวจสอบโดยการสุ่มตัวอย่างแล้วระบุจำนวนของดีหรือของเสียในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในสภาพปกติดีหรอไม่แผนภูมิ P ใช้กับขนาดของกลุ่มตัวอย่างไม่คงที่ ส่วนแผนภูมิ Pn ใช้กับขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดคงที่



รูปที่ 2.21 แผนภูมิควบคุม

2.10.6 **การวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องจากข้อบกพร่อง** (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA)

เทคนิคหรือกระบวนการที่เป็นระบบที่สร้างขึ้น เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมในด้านการออกแบบหรือกระบวนการผลิต โดยการชี้บ่งถึงปัญหา หรือข้อบกพร่องใด ๆ ที่มีโอกาสเกิดขึ้นในกิจกรรมนั้น โดยพิจารณาถึง คุณลักษณะพิเศษระดับความรุนแรง ผลกระทบที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งระบุถึงวิธีการป้องกันปัญหาดังกล่าวและตรวจสอบประสิทธิผลของการป้องกัน FMEA แบ่งเป็น2ประเภทใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ

1) Design FMEA

กิจกรรมที่สร้างขึ้นในขั้นตอนการออกแบบเพื่อพิจารณาคุณสมบัติของสินค้าตรงตามข้อกำหนดของลูกค้าและสามารถผลิตได้ตามเป้าหมาย,ค่าใช้จ่ายและบรรลุผลิตภาพตามที่ต้องการ ดังนั้น Design FMEA จึงมีความสัมพันธ์กับข้อกำหนดของลูกค้า โดยพิจารณาถึง

- เมื่อใดที่สินค้าจะเกิดการผิดพลาดไม่ตรงตามข้อกำหนดของลูกค้า
- ผลกระทบของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

2) Process FMEA

กิจกรรมที่สร้างขึ้นเพื่อพิจารณากระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนตลอดจรการควบคุมกระบวนการเพื่อสร้างความมั่นใจว่าสินค้าที่ผลิตอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของสินค้าดังนั้น Process FMEA จึงมีความสัมพันธ์กันระหว่าง ขั้นตอนในแต่ละกระบวนการและปัจจัยนำออกที่เราไม่ยอมรับของกระบวนการนั้น ๆ โดยพิจารณาถึงสาเหตุของการไม่ยอมรับและการดำเนินการควบคุมหรือป้องกันสิ่งที่เกิดขึ้นดังกล่าว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุดมุ่งหมายของกิจกรรม FMEA

- หยิบยกและพิจารณาปัญหา ที่เกิดขึ้นรวมทั้งสาเหตุที่เกี่ยวข้องในการผลิตสินค้า
- หาแนวทางในการขจัดหรือลดค่าความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดปัญหาให้น้อยลง
- เป็นการบันทึกเอกสารในระบบการผลิตซึ่งเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต

กิจกรรม FMEA เป็นกิจกรรมแบบกลุ่ม ซึ่งควรประกอบด้วยผู้ที่มีความรู้ความสารถในด้านต่าง ๆ เข้ามาประกอบกันเพื่อหาแนวทางป้องกันข้อบกพร่องอันเกิดขึ้นได้ในอนาคตกลุ่มกิจกรรม FMEA อาจประกอบด้วย Design Engineer, Process Engineer, Test Engineer, Production, Mintenance, Quality Assurance และ/หรือ Operators ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหาที่หยิบยกมาดำเนินกิจกรรม การดำเนินกิจกรรม FMEA ให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการดำเนินกิจกรรม ซึ่งเป็นเทคนิคของการป้อกันหรือ สัญญาณเตอนภัยล่วงหน้าอย่างไรก็ตามแม้ว่าปัญหาบางอย่างจะเกิดขึ้นและใน Process ก็ควรที่จะได้รับการพิจารณา และบันทึกลงในแบบฟอร์ม FMEA ด้วยเพื่อเป็นการเตือนความทรงจำและเก็บบันทึกประวัติการดำเนินแก้ไขปัญหาที่ผ่านมา ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต การดำเนินกิจกรรม FMEA ควรมีการทบทวนและปรับปรุงเอกสาร ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการผลิต ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการนำเครื่องจักรใหม่ ๆ เข้ามาใช้การเปลี่ยนแปลงสภาพการทำงาน หรือขั้นตอนการทำงานเป็นต้น เพื่อให้เป็นเอกสารอ้างอิงและมีการเผยแพร่ให้ผู้เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานต่อไป

ค่าความเสี่ยง (Risk priority Number)

ดัชนีที่บ่งชี้ถึงความเสี่ยง ถึงถ้ามีค่าสูงแสดงว่ายิ่งมีระดับความรุนแรงมากเราควรให้ความสำคัญในการแก้ไขสิ่งนั้นเป็นอย่างแรก ๆ แต่ในบางกรณีถึงแม้ว่าค่า RPN มีค่าต่ำแต่ระดับความรุนแรงของปัญหานั้นค่อนข้างมาก โอกาสเกิดสูงหรือการตรวจจับทำได้ยากในกรณีนี้เราก็ควรให้ความสำคัญ เช่นกัน โดยค่า RPN ได้ จากการนำค่าความรุนแรงคูณด้วยความถี่ในการเกิดคูณด้วยการตรวจพบ (Severity X Occurance X Detection) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มีค่าตั้งแต่ 1 - 1000

การประยุกต์ใช้ FMEA

- Process ใช้วิเคราะห์กระบวนการผลิตและประกอบ
- Design วิเคราะห์สินค้าก่อนการผลิต
- Equipment วิเคราะห์การออกแบบเครื่องจักร, อุปกรณ์ก่อนทำการจัดซื้อ
- Service วิเคราะห์กระบวนการให้บริการ ก่อนที่มีผลกระทบต่อลูกค้า

ขั้นตอนการทำ FMEA

1. กำหนดลำดับขั้นตอนของการวิเคราะห์
2. ศึกษาลำดับขั้นตอนของกระบวนการหรือการออกแบบ
3. อธิบายลักษณะของงานหรือหน้าที่ของแต่ละขั้นตอน
4. ทบทวนหน้าที่หลักของแต่ละขั้นตอน
5. ระบุข้อผิดพลาดที่มีโอกาสเกิดขึ้นทั้งหมด
6. ระบุผลกระทบจากแต่ละข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น
7. ระบุสาเหตุของแต่ละข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นทั้งหมด
8. ระบุการควบคุมในปัจจุบัน
9. ให้คะแนนระดับความรุนแรง, ความถี่ในการเกิด และความสามารถในการตรวจจับ
10. คำนวนค่า RPN พร้อมทั้งกำหนดค่า RPN ที่ต้องแก้ไข
11. ระบุวิธีการแก้ไขปรับปรุง โดยระบุผู้รับผิดชอบพร้อมทั้งวันกำหนดเสร็จ
12. ทบทวนค่า RPN เมื่อเสร็จสิ้นการดำเนินการแล้ว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประโยชน์ของ FMEA อาจกล่าวได้ดังนี้

- เป็นการประกันว่าได้มีการพิจารณาปัญหาและข้อผิดพลาดต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นการดำเนินงาน
- เป็นการแยกแยะและลำดับความสำคัญของข้อผิดพลาดรวมทั้งผลกระทบที่เกี่ยวข้อง
- เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์หาแนวทางในการแก้ไขล่วงหน้าเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาขึ้น
- เป็นการเก็บหลักฐานเชิงประวัติศาสตร์ สำหรับอ้างอิงในอนาคตเมื่อมีความต้องการที่จะปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตหรือผลิตภัณฑ์
- สร้างความมั่นใจให้ทีมงานที่มีส่วนร่วมในการหาวิธี ป้องกันปัญหาและของเสียต่าง ๆ
- เป็นระบบป้องกันที่สร้างขึ้นเพื่อการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า
- เป็นการเสนอผลงานที่มีระบบระเบียบและขั้นตอนที่ดีให้ฝ่ายบริหารไดรับทราบและพิจารณาแนวทางในการดำเนินการต่อไป
- นำปัญหาข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องหรือเกิดขึ้นในอดีตมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตหรือออกแบบ
- ใช้แสดงสาเหตุหรือกลไกของปัญหา, ข้อบกพร่อง, ที่มีโอกาสเกิดขึ้น
- พัฒนาคุณภาพ, ความปลอดภัย, กระบวนการ
- ลดเวลาในการพัฒนาสินค้า, ค่าใช้จ่าย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 **เกณฑ์การประเมินความรุนแรง** (S) **สำหรับ** PFMEA (ISO-16949)

ผลกระทบ	เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบ การจัดระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้า หรือในการผลิต/ประกอบของลูกค้า กรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อลูกค้า)	เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบ การจัดระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้า หรือในการผลิต / ประกอบของลูกค้า กรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อการผลิต / ประกอบ)	ระดับ
อันตรายร้ายแรงโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัย, การทำงานและ/หรือไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐโดยไม่มีการเตือน	หรือ อาจส่งผลอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (เครื่องจักร, การประกอบการ) โดยไม่มีการเตือน	10
อันตรายร้ายแรงแต่มีการเตือนล่วงหน้า	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการทำงาน และ / หรือไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐโดยมีการเตือน	หรือ อาจส่งผลอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (เครื่องจักร, การประกอบการ) โดยมีการเตือน	9
สูงมาก	ความบกพร่องซึ่งทำให้ชิ้นส่วน / ประกอบไม่สามารถใช้งานได้ (สูญเสียความสามารถในการทำงาน)	หรือ ผลิตภัณฑ์ต้องถูกจำกัดทิ้ง (100%) หรือ ชิ้นส่วน / ส่วนประกอบ ต้องถูกซ่อมในหน่วยงานซ่อมด้วยระยะเวลาเกิน 1 ชั่วโมง	8
สูง	ความบกพร่องซึ่งทำให้ชิ้นส่วน / ส่วนประกอบมีคุณภาพที่ลดลง แต่ยังใช้งานได้ ทำให้ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก	หรือ อาจต้องมีการคัดแยกผลิตภัณฑ์ และบางส่วนต้องถูกกำจัดทิ้ง (น้อยกว่า 100%) หรือ ชิ้นส่วน / ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมในหน่วยงานซ่อม ด้วยระยะเวลาระหว่างครึ่งถึง 1 ชั่วโมง	7
ปานกลาง	ความบกพร่องซึ่งทำให้ชิ้นส่วน / ส่วนประกอบทำงานได้ แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับความสะดวกสบายไม่สามารถใช้งานได้ ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	หรือ ส่วนหนึ่งของปลิตภัณฑ์ (น้อยกว่า 100%) อาจต้องถูกกำจัดทิ้ง โดยไม่ต้องคัดแยก หรือ ชิ้นส่วน / ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมในหน่วยงานซ่อมด้วยระยะเวลาไม่เกินครึ่งชั่วโมง	6

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การประเมิณความรุนแรง (S) สำหรับ PFMEA (ต่อ) (ISO-16949)

ผลกระทบ	เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบ การจัดระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้า หรือในการผลิต/ประกอบของลูกค้า กรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อลูกค้า)	เกณฑ์ : ความรุนแรงของผลกระทบ การจัดระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้า หรือในการผลิต / ประกอบของลูกค้า กรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อการผลิต / ประกอบ)	ระดับ
ต่ำ	ความบกพร่องซึ่งชิ้นส่วน / ส่วนประกอบทำงานได้ แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับความสะดวกสบายมีสมรรนะการทำงานที่ลดลง แต่ใช้งานได้	หรือ ผลิตภัณฑ์ (100%) อาจถูกแก้ไข, หรือ ชิ้นส่วน / ส่วนประกอบถูกซ่อมนอกสายการผลิตโดยไม่ต้องส่งไปยังหน่วยงานซ่อม	5
ต่ำมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี, การตกแต่ง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สังเกตได้	หรื อ ผลิตภัณฑ์อาจถูกตัดแยก และบางส่วน (น้อยกว่า 100%) ถูกแก้ไขได้โดยไม่ต้องกำจัดทิ้ง	4
เล็กน้อย	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี, การตกแต่ง, เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนหนึ่ง (มากกว่า 50%) สังเกตได้	หรือ ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%)ถูกแก้ไขโดยไม่มีการกำจัดทิ้ง, โดยการแก้ไขกระทำในสายการผลิตแต่นอกหน่วยผลิต	3
เล็กน้อยมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี, การตกแต่ง, เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนน้อย (น้อยกว่า 25%) สังเกตได้	หรือ ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) ถูกแก้ไขโดยไม่มีการกำจัดทิ้ง, โดยการแก้ไขกระทำในสายการผลิตและในหน่วยผลิต	2
ไม่มีเลย	ไม่มีผลใด ๆ	หรือ เกิดความไม่สะดวกต่อกระบวนการ, ผู้ปฏิบัติงาน หรือไม่มีผลกระทบ	1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิด (0) สำหรับ PFMEA

ความน่าจะเป็นในการเกิดความล้มเหลว	อัตราความล้มเหลวที่น่าจะเกิดขึ้น	ระดับ
สูงมาก : เกิดความล้มเหลวบ่อยมาก	≥100,000 (หรือ 10%)	10
	50,000 (หรือ 5%)	9
สูง : เกิดความล้มเหลวถี่	20,000 (หรือ 2%)	8
	10,000 (หรือ 1%)	7
ปานกลาง : เกิดความล้มเหลวเป็นครั้งคราว	5,000 (หรือ 0.5%)	6
	2,000 (หรือ 0.2%)	5
	1,000 (หรือ 0.1%)	4
ต่ำ : เกิดความล้มเหลวน้อยครั้ง	500	3
	100	2
แทบไม่เกิด : ความล้มเหลวไม่น่าจะเกิดขึ้นได้	≤10	1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (D) สำหรับ PFMEA

การตรวจพบ	เกณฑ์	ประเภทของการตรวจสอบ			การควบคุมที่ใช้เพื่อให้ตรวจพบ	ระดับ
		A	B	C		
แทบเป็นไปไม่ได้	ไม่สามารถตรวจพบได้			X	ไม่สามารถตรวจพบหรือไม่มีการตรวจ	10
เป็นไปได้ยากมาก	เป็นไปได้ยากมากที่การควบคุมจะตรวจพบ			X	การควบคุมมีเพียงการตรวจสอบทางอ้อม หรือการสุ่มตรวจสอบเท่านั้น	9
เป็นไปได้ยาก	เป็นไปได้ยากที่การควบคุมจะตรวจพบ			X	การควบคุมมีเพียงการตรวยสอบด้วยสายตาเท่านั้น	8
ต่ำมาก	เป็นไปได้ยากที่การควบคุมจะตรวจพบ			X	การควบคุมมีการตรวจสอบด้วยสายตา 2 ครั้งเท่านั้น	7
ต่ำ	การควบคุมอาจตรวจพบได้		X	X	การควบคุมมีการใช้ผังควบคุม เช่น SPC (การควบคุมกระบวนการด้วยกลวิธีทางสถิติ)	6
ปานกลาง	การควบคุมอาจตรวจพบได้		X		มีการใช้เกจต่าง ๆ ตรวจสอบหลังจากชิ้นงานออกจากหน่วยผลิต หรือมีการใช้ Go/No Go เกจตรวจสอบ 100% สำหรับ ชิ้นงานที่ออกจากหน่วยผลิต	5
ปานกลางถึงค่อนข้างสูง	การควบคุมมีโอกาสสูงที่จะตรวจพบ	X	X		ตรวจพบข้อบกพร่องในกระบวนการย่อยต่าง ๆ ได้ หรือใช้เกจตรวจสอบการตั้งเครื่องและชิ้นงานแรก (สำหรับการตั้งเครื่องเท่านั้น)	4
สูง	การควบคุมมีโอกาสสูงที่จะตรวจพบ	X	X		ตรวจพบข้อบกพร่องในจุดปฏิบัติงานหรือตรวจพบในกระบวนการย่อยต่าง ๆ ได้โดยมีการกรองเพื่อยอมรับในหลาย ๆ ระดับ : การจัดหา, คัดเลือก,ติดตั้ง ทวนสอบ โดยไม่มีการยอมรับชิ้นงานบกพร่อง	3
สูงมาก	การควบคุมมีโอกาสค่อนข้างแน่นอนที่จะตรวจพบ	X	X		ตรวจพบข้อบกพร่องในจุดปฏิบัติ (มีการใช้เกจอัตโนมัติร่วมกับการหยุดอัตโนมัติ) ไม่สามารพที่จะส่งต่อชิ้นงานเสียได้	2
สูงมาก	การควบคุมแน่นอนที่จะตรวจพบ	X			ไม่สามารถเกิดชิ้นงานที่บกพร่องได้ เนื่องจากมีการป้องกันความผิดพลาดโดยกระบวนการและการออกแบบผลิตภัณฑ์	1

ชนิดของการตรวจสอบ (A = ตัวป้องกันความผิดพลาด, B = ใช้เครื่องมือตรวจสอบ,
C = การตรวจสอบโดยผู้ปฏิบัติงาน)

2.10.7 **การวิเคราะห์ความแปรปรวน** (Analysis of Variance : ANOVA)

R. A. Fisher นักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้คิดค้นวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรมากกว่า 2 กลุ่ม เรียกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดยหลักการคือแยกความแปรปรวนออกตามสาเหตุ เป็นความแปรปรวนระหว่างกลุ่มประชากร และความแปรปรวนภายในกลุ่มประชากรแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน ดังนั้นสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนคือ F-test ถ้าค่าสถิติทดสอบ F มากกว่าค่าสถิติที่ได้จากการเปิดตาราง ณ ระดับนัยสำคัญที่กำหนดจะปฏิเสธ H_0 แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 กลุ่ม ที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนจะดำเนินการได้อย่างเหมาะสม ต้องมีข้อสมมติเบื้องต้นคือ

ข้อมูลตัวอย่างทั้ง r กลุ่ม จะต้องเกิดขึ้นอย่างสุ่ม มาจากประชากรที่มีแจกแจงปกติ และมีความแปรปรวนเท่ากัน

1. หน่วยทดลอง (Experimental Unit) หมายถึง สิ่งที่ได้รับทรีทเมนต์ใด ๆ เช่นในการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่ระดับต่างๆ ที่มีต่อการฉีดพลาสติก ถ้าใช้อุณหภมิที่ระดับหนึ่งในการฉีดพลาสติกหนึ่งล็อต เราจะถือว่าถือเป็น 1 หน่วยทดลอง
2. ปัจจัย (factor) หมายถึงตัวแปรที่ใช้ในศึกษา เป็นตัวแปรอิสระ เช่น อุณหภูมิ
3. ทรีทเมนต์ (treatment) หมายถึงการกระทำใด ๆ กับหน่วยทดลองเพื่อวัดผลที่เกิดขึ้นและเปรียบเทียบกับการกระทำอื่น ๆ ซึ่งก็คือระดับต่าง ๆ ของปัจจัยที่ต้องการเปรียบเทียบนั่นเอง
4. ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (Experimental Error) หมายถึง ค่าความแตกต่างของค่าสังเกตที่ได้จากหน่วยทดลองต่าง ๆ ที่ได้รับทรีทเมนต์เดียวกัน ความคลาดเคลื่อนนี้มาจากสาเหตุสำคัญคือ ความแตกต่างในหน่วยทดลองที่มีมาก่อน เช่น นักเรียนแต่ละคนมีระดับสติปัญญาแตกต่างกัน หรือความแปรปรวนอันเกิดจากการทดลอง
5. การทำซ้ำ (Replication) หมายถึง การที่ทรีทเมนต์เกิดขึ้นหรือการกระทำในการทดลองแก่หน่วยทดลอง ตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไป ซึ่งการทำซ้ำจะช่วยในการประมาณความคลาดเคลื่อนของการทดลอง และควบคุมความคลาดเคลื่อนให้ลดลง
6. การสุ่ม (Randomization) หมายถึงการจัดหรือแบ่งหน่วยทดลอง ให้แต่ละหน่วยมีโอกาสเท่าๆกันในการได้รับทรีทเมนต์ ทำได้โดยการจับฉลากหรือใช้เลขสุ่ม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว จะมีเพียงปัจจัยเดียวเท่านั้น โดยปัจจัยมีหลายทรีทเมนต์และศึกษาว่าแต่ละทรีทเมนต์นั้นแตกต่างกันหรือไม่ ข้อมูลที่ได้ก่อนนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน จะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ทรีทเมนต์ทำการทดลองกับหน่วยทดลองที่มีความสม่ำเสมอ(พันธุ์เดียวกัน ดินชนิดเดียวกัน ความสามารถใกล้เคียงกัน) เพื่อที่จะเปรียบเทียบ r ทรีทเมนต์ จะต้องสุ่มทรีทเมนต์ ให้กับหน่วยทดลองหรือสุ่มหน่วยทดลองให้กับทรีทเมนต์ ในแต่ละทรีทเมนต์จะมีจำนวนหน่วยทดลอง(จำนวนซ้ำ)เท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ และเรียกการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียวว่าการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD)

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

1. ตั้งสมมติฐาน โดยกำหนด

   $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = ... = \mu_r$

   H_1 : มีค่าเฉลี่ยของประชากรอย่างน้อย 1 กลุ่มแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ

   (มีค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์อย่างน้อย 1 ทรีทเมนต์แตกต่างจากทรีทเมนต์อื่นๆ)
2. กำหนดระดับนัยสำคัญ
3. คำนวณค่าทดสอบ F จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน หรือที่นิยมเรียกกันว่าตาราง ANOVA

ANOVA

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F
Between Group (Treatments)	r-1	SSTr	$MSTr = \frac{SSTr}{r-1}$	$F = \frac{MSTr}{MSE}$
Within Group (Error)	N-r	SSE	$MSE = \frac{SSE}{N-r}$	
Total	N-1	SST		

โดย SST= $\sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - C.T.$; C.T.= $\frac{T_{..}^2}{N}$, $N = n_1 + ... + n_r$

SSTr = $\sum_{i=1}^{r} \frac{T_{i.}^2}{n_i} - C.T.$

SSE = SST-SSTr

4. อาณาเขตวิกฤต $F > F_{\alpha,r-1,N-r}$

5. เปรียบเทียบค่า F ที่ได้จากการคำนวณ กับ F ที่ได้จากการเปิดตาราง ที่ $F_{\alpha,r-1,N-r}$ จะปฏิเสธ H_0 อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ถ้า F ที่ได้จากการคำนวณ มากกว่า F ที่ได้จากการเปิดตารางที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และจะปฏิเสธ H_0 อย่างมีนัยสำคัญถ้า F ที่ได้จากการคำนวณ มากกว่า F ที่ได้จากการเปิดตารางที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ถ้าผลการทดสอบยอมรับ H_0 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าผลการทดสอบปฏิเสธ H_0 แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์อย่างน้อย 1 ทรีทเมนต์ แตกต่างไปจากทรีทเมนต์อื่นๆ หากต้องการทราบว่ามีค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ใดบ้างที่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์อื่นๆ สามารถทดสอบได้หลายวิธีเช่น Least Significant Difference (LSD), Duncan's New Multiple Range Test, Sheffe' ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ LSD เท่านั้น และมีขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งสมมติฐาน โดยกำหนด

   $H_0 : \mu_i = \mu_{i'}$

   $H_0 : \mu_i \neq \mu_{i'}$ เมื่อ $i \neq i'$

2. กำหนดระดับนัยสำคัญ

3. ค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

   $LSD_\alpha = t_{\frac{\alpha}{2},\nu}\sqrt{\frac{2MSE}{n}}$ กรณีซ้ำเท่ากัน

   $LSD_\alpha = t_{\frac{\alpha}{2},\nu}\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_{i'}}\right)}$ กรณีซ้ำไม่เท่ากัน

4. คำนวณผลต่างค่าเฉลี่ย

เปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยกับ LSD โดยจะปฏิเสธ H_0 ถ้า $|\bar{x}_i - \bar{x}_{i'}| > LSD_\alpha$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยคู่นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทาง

ในการทดลองที่หน่วยทดลองไม่มีความสม่ำเสมอ เราไม่สามารถใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียวได้เช่นในการทดลองสูตรอาหารแต่ละสูตร(treatment) กับสุกรปรากฏว่า สุกรที่ใช้ในการทดลอง(หน่วยทดลอง) มีลักษณะต่างกัน กล่าวคือ อายุต่างกัน หรือ คนละพันธุ์ ซึ่งอาจมีผลต่อข้อมูลที่ที่ได้รับจากการทดลอง ดังนั้นจึงต้องมีการจัดกลุ่มหรือ แบ่งบล็อก (Block) เพื่อขจัดอิทธิพลของปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่ treatment โดยหน่วยทดลองในบล็อกเดียวกันจะต้องมีลักษณะใกล้เคียงกันและหน่วยทดลองที่ต่างบล็อกกันจะมีลักษณะต่างกันมาก ในการทดลองจะจัด ทรีตเมนต์ให้แก่หน่วยทดลองที่อยู่ในแต่ละบล็อก และแต่ละบล็อกจะมีจำนวนหน่วยทดลองเท่ากับจำนวนทรีตเมนต์ ทำให้แต่ละบล็อกได้รับทรีตเมนต์ครบทุกทรีตเมนต์ และเรียกการทดลองแบบนี้ว่า การทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD)

ขั้นตอนในการวิเคราะห์

1. กำหนด H_0 และ H_1 สำหรับทรีตเมนต์ และบล็อก โดย

   สำหรับทรีตเมนต์

   $H_0 : \mu_{1.} = \mu_{2.} = ... = \mu_{r.}$

   H_1: มีค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์อย่างน้อย 1 ทรีตเมนต์ แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์อื่นๆ

   สำหรับบล็อก

   $H_0 : \mu_{.1} = \mu_{.2} = ... = \mu_{.k}$

   H_1: มีค่าเฉลี่ยของบล็อกอย่างน้อย 1 บล็อกแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของบล็อกอื่นๆ
2. กำหนดระดับนัยสำคัญ
3. คำนวณค่าค่าทดสอบ F จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANOVA

SOV	DF	SS	MS	F
Treatments	r-1	SSTr	$MSTr = \frac{SSTr}{r-1}$	$F = \frac{MSTr}{MSE}$
Blocks	k-1	SSB	$MSE = \frac{SSB}{k-1}$	$F = \frac{MSB}{MSE}$
Error	(r-1)(k-1)	SSE	$MSE = \frac{SSE}{(r-1)(k-1)}$	
Total	N-1	SST		

โดย $SST = \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - C.T.$; $C.T. = \frac{T_{..}^2}{N}$

$SSTr = \sum_{i=1}^{r} \frac{T_{i.}^2}{k} - C.T.$

$SSB = \sum_{j=1}^{k} \frac{T_{.j}^2}{r} - C.T.$

$SSE = SST - SSTr - SSB$

4. อาณาเขตวิกฤต

สำหรับทรีตเมนต์ $F > F_{\alpha,r-1,(r-1)(k-1)}$

สำหรับบล็อก $F > F_{\alpha,k-1,(r-1)(k-1)}$

5. สรุปผล แยกบล็อกและทรีตเมนต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.10.8 **การออกแบบการทดลอง** (Design of Experiment : DOE)

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติชั้นสูงที่ใช้ในการปรับตั้งค่าสภาวะของกระบวนการให้เป็นไปตามสภาพที่เราต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง คือ วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นแบบการลองผิดลองถูกหรือใช้การทดลองปรับตั้งค่าของกระบวนทีละค่า (One-Factor-At-A-Time) ไปทีละตัวเรื่อยๆ โดยวิธีการแบบลองผิดลองถูกนี้ กระบวนการจะเข้าสู่จุดหมายที่เราต้องการได้ช้าและเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์และเก็บข้อมูลสูงมากอีกทั้งยังไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับกระบวนการที่มีผลของความสัมพันธ์ร่วม (Interaction Effect) ระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง

ข้อดีของเทคนิคการออกแบบการทดลอง คือให้ผลของความแม่นยำและความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างสูง โดยสามารถระบุออกมาเป็นค่าตัวเลขทางสถิติที่แสดงถึงค่าระดับความสำคัญของตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการ นอกจากนี้ยังมีความรวดเร็วในการดำเนินการตรวจสอบสาเหตุของปัญหา โดยทั่วไปแล้วถ้าหากเรามีปัจจัยในการทดสอบอยู่ประมาณ 10 ปัจจัย ซึ่งในดำเนินการทดสอบดูว่าปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลจริง ๆ ต่อกระบวนการด้วยวิธีการแบบลองผิดลองถูก (One-Factor-At-A-Time) จะใช้เวลานานถึง 1 ปีในการตรวจสอบได้ครบทุกปัจจัยแต่ด้วยวิธีการออกแบบการทดลองจะใช้เวลาเพียงแค่ 1-3 อาทิตย์เท่านั้นในการตรวจสอบปัจจัยดังกล่าว

การทดลอง หมายถึง การทดสอบหรือชุดของการทดสอบที่มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรป้อนเข้า (Input Variables) ของกระบวนการหรือระบบเพื่อสังเกตผลและชี้บ่งสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงใน ผลลัพธ์ (Output Response) ที่ได้ ส่วนการทดลองเชิงสถิติ (Statistical Design of Experiment) หมายถึง กระบวนการในการวางแผนการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมสามารถนำไปใช้ ในการวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติและสามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุผลได้โดยวัตถุประสงค์ของการ ทดลองอาจจะเกี่ยวข้องกับประเด็นต่างๆ ดังนี้

1) การหาตัวแปรที่มีผลมากที่สุดต่อค่าตัวแปรตอบสนอง (Response)
2) การหาวิธีการตั้งค่าของปัจจัยนำเข้า(Input) ที่มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนองเพื่อทำให้ได้ตัวแปรตอบสนองที่มีค่าตามที่ต้องการ
3) การหาวิธีการตั้งค่าของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนองเพื่อทำให้ความผันแปรของค่าตัว แปรตอบสนองมีค่าน้อยที่สุด
4) การหาวิธีการตั้งค่าของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนองเพื่อให้ผลของ ปัจจัยที่ไม่สามารถ ควบคุมได้มีค่าน้อยที่สุด

การทดลองส่วนมากในทางปฏิบัติจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาถึงผลของปัจจัย (Factor) ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้น ไปในกรณีเช่นนี้การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^K จะเป็นวิธีการที่มีประสทธิภาพ ซึงเป็นการ ออกแบบกรณีที่มีปัจจัย K ปัจจัยซึงแต่ละปัจจัยประกอบด้วย2ระดับ(สูงและต่ำซึ่งจะแทนระดับทั้ง สองด้วยเครื่องหมาย + และ - ตามลำดับ) ระดับเหล่านั้นอาจเกิดจากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น หรือเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพก็ได้ เช่น เครื่องจักร คนงานเป็นต้น และใน 2 ระดับนี้ จะแทนค่า สูง หรือ ต่ำของปัจจัยหนึ่งๆ และใน 1 เรพลิเคตสำหรับการออกแบบจะประกอบด้วย ข้อมูลทั้งสิ้น 2^K และจะต้องอยูภายใต้ข้อกำหนด คือ ปัจจัยทั้งหมดมีค่าตายตัว การออกแบบเป็นแบบ เชิงสุ่ม (Completely Randomized) และสมมุติฐานเกี่ยวกับความเป็นปกติที่ยอมรับได้ ผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่ง หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบสนอง (Response) ที่เกิดจากการ เปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยนั้นๆซึ่งเรียกว่าผลหลัก (Main Effect) เนื่องจากมีผลเกี่ยวข้องกับปัจจัย เบื้องต้นของการทดลอง ในการทดลองบางอย่างเราอาจจะพบว่าความแตกต่างของผลตอบสนองที่ เกิดขึ้นบนระดับต่างๆของปัจจัยหนึ่งมีค่าไม่เท่ากันที่ระดับอื่นๆทั้งหมดของ ปัจจัยอื่นซึ่งหมายถึงว่า ผลตอบสนองของปัจจัยหนึ่งจะขึ้นกับระดับของ ปัจจัยอื่นๆ และเราเรียกเหตุการณ์นี้ว่า การมีอันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.11 งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1) มนัสวี ตันเจริญ ได้ทำการศึกษาสาเหตุ และปรับปรุงกระบวนการผลิตหัวอ่านฮาร์ดดิสก์รุ่นซีไดร์ฟเพื่อลดการเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องเนื่องจากการคายประจุของไฟฟ้าสถิตในกระบวนการผลิต และได้ใช้หลักการทางสถิติในการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ขอมูล โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผลและแบบสอบถามสาเหตุและผล การวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่องและ การยืนยันสาเหตุของปัญหาได้ใช้การออกแบบการทดลองแบบ 2^k Factorial Design หลงจากนั้น จึงทำการออกแบบการทดลองแบบ 2^k Factorial With Center Point เพื่อทดสอบความเป็นเชิงเส้น บริเวณที่ทำการศึกษาก่อนที่จะดำเนินการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อทำการปรับปรุงซึ่งผลของการ ปรับปรุงกระบวนการผลิตสามารถลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องเนื่องจากการคายประจุของไฟฟ้าสถิตในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์รุ่นซีไดร์ฟสายการผลิต ลงได้เป็น 3,565PPMของการเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่อง

2) Wenjea,J.T.และคณะ ได้ทำการออกแบบการทดลองแบบ Factorial เพื่อทำการเปรียบเทียบถึง อิทธิพลของพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อขนาดและรูปรางในกระบวนการผลิต Injection mold ceramics โดยจากผลการทดลองที่ได้แสดงว่าค่า Holding pressure และอุณหภูมิของแม่พิมพ์มี ความสัมพันธ์กับขนาดและรูปร่างของชิ้นงานโดย Holding pressure ที่มากชิ้นทำให้ขนาดชิ้นงานเพิ่มตามไปด้วยและอุณหภูมิแม่พิมพ์ที่เพิ่มขึ้นทำให้ขนาดชิ้นงานมีขนาดลดลง

3) ปราโมทย์ เลิศโกวิทย์ ได้ศึกษาถึงวิธีการลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการหล่อขึ้น รูปของมิเตอร์น้ำ GMK 15 จึงดำเนินการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้วิธีการทางสถิติ ใน ลำดับแรกนั้นมุ่งพิจารณาในส่วนของเครื่องจักรที่มีผลกระทบกับการเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องโดยตรงทำให้ทราบถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีผลกระทบกับการเกิดปัญหาชิ้นงานหล่อขึ้นรูปไม่เต็ม จากนั้นทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยด้วยการใช้การทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียลที่มีจุดเซ็นเตอร์ พบว่าควรปรับตั้งค่าของปริมาณReturn Scrap เท่ากับ 70%, อณหภูมิเทน้ำโลหะเท่ากับ1250 ^{o}C, ปริมาณคิวโปฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.6% เกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องประเภท ชิ้นงานหล่อขึ้นรูปไม่เต็มน้อยที่สุด และจากการปรับตั้งพารามิเตอร์ทั้งสามในสภาวะดังกล่าว พบว่ากระบวนการผลิตเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องเท่ากับ 2.36% ซึ่งน้อยกว่าค่าที่ตั้งเป้าไว้ คือ 8% หลังจากนั้นจึงจัดทำเป็นมาตรฐานการทำงานต่อไป

4) วชิราภรณ์ เศรษฐนันท์, หัวข้อ การลดชิ้นส่วนของเสียในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542กล่าวถึงการศึกษาและรวบรวมข้อมูลการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตตลอดนจนวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการพร้อมทั้งหาสาเหตุของการสูญเสียและหาแนวทางหรือวิธีการในการก้ไขสาเหตุของการสูญเสีย โดยการ Training, 5 ส , PM, Supplier Control, WI, Quality Control Process ในการพัฒนาการประสานงานในองค์กรให้มีประสิทธิภาพเพราะการสื่อสารและการประสานงานเป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การจัดการต่าง ๆ

5) ธนะศักดิ์ ทุเรียน, หัวข้อ การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพกรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543 งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพโดยใช้โรงงานผลิตชิ้นส่วนยางเป็นกรณีศึกษา โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาระบบการควบคุมคุณภาพ เพื่อนำไปสู่การประกันว่าชิ้นานหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ผ่านการผลิตในแต่ละขั้นตอนจนถึงลูกค้า ว่าจะมีคุณภาพที่ดีขึ้น งานวิจัยนี้มีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังนี้

1. การจัดตั้งระบบควบคุมคุณภาพ
2. วิเคราะห์ผล
3. การดำเนินการแก้ไข และป้องกันด้วยเครื่องมือทางด้าน QC ได้แก่ QC 7 TOOLS, การวิเคราะห์ความล้มเหลว (FAILURE MODE AND EFFEC ANALYSIS ; FMEA)
4. การประเมินผลหลังการแก้ไข / ปรับปรุง
5. การจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน

ผลการวิจัยพบว่าสามารถลดเปอร์เซ็นต์ของเสียในระหว่างกระบวนการผลิตและคำร้องเรียนจากลูกค้าที่เกิดเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดซึ่งสูงมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) อรรถพล ฤทธิภักดี, หัวข้อ การปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544ได้ทำการศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์ให้เหมาะสม ซึ่งผลจากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้เปอร์เซนต์ของเสียในกระบวนการผลิตลดลง ข้อร้องเรียนจากลูกค้าลดลง พร้อมกับมีวิธีการและมาตรฐานในการทำงานเพื่อห้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ โดยใช้เทคนิคแผนผังกางปลา (Cause and Effect Diagram) เพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดและเทคนิค Seven new QC tools บางเครื่องมือ เช่น แผนภาพความสัมพันธ์ (Relation Diagram) มาทำการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการค้นหาความสัมพันธ์ของปัญหา และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคณภาพสำหรับกระบวนการผลิต(PFMEA)เพื่อแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิต

7) เฉลิมพล ลีลาผาติกุล, หัวข้อ การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบทางคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดและควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของยางรถยนต์โดยใช้การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) มาใช้วิเคราะห์และควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตยางรถยนต์ โดยเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิตและค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องทุกขั้นตอนการผลิต โดยอาศัยแผนภาพแสดงเหตุและผล แผนภาพความสัมพันธ์และแผนภาพต้นไม้ เป็นเครื่องมือช่วยในการค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องเหล่านั้น จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญการผลิตนั้นมาวิเคราะห์เพื่อประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง การเกิดข้อบกพร่อง และการควบคุมกระบวนการ เพื่อคำนวณหาค่าด้ชนี (Risk Priority Number หรือ RPN) ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความเสี่ยงที่เกิดข้อบกพร่อง โดยค่า RPN ยิ่งมากจะหมายถึงมีความเสี่ยงที่เกิดข้อบกพร่องสูง โดยภายหลังจากการดำเนินงาน ทำให้จำนวนของยางเสียลดลง

8) วรวุฒิ สิทธิพล, หัวข้อ การเสนอแนวทางการลดของเสียที่เกิดขึ้นจากขบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษา : ห้างหุ้นส่วนจำกัด เทียนรุ่งเรือง ซัพพลาย, วิทยานิพนธ์ปริญญาบัญฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้น จากกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้ใบตรวจสอบเป็นเครื่องมือ ที่ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้นำมาสร้างเป็นแผนภาพพาเรโตไดอะแกรม หลังจากนั้นจึงได้นำปัญหาดังกล่าวมาวิเคราะห์หาสาเหตุและผลโดยใช้แผนภาพก้างปลา จากการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้ทราบถึงสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ นั้นมีสาเหตุมาจาก เครื่องจักร พนักงาน วิธีการทำงาน และวัตถุดิบที่ใช้ จากนั้นจึงได้นำมาทำการคิดค้น และนำเสนอแนวทางที่ใช้แก้ไขปัญหา ซึ่งปรากฏว่าแนวทางการลดของเสียที่เกิดขึ้นจากขบวนการฉีดพลาสติกที่ได้ทำการศึกษานั้น เมื่อนำไปใช้ควบคุม และปฏิบัติตาม มีผลทำให้อัตราการเกิดของเสียหลังเสนอแนวทางลดลง

9) นิมิตร นาควิจิตร, หัวข้อ การลดของเสีย : กรณีศึกษา บริษัทสำรวยเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด, วิทยานิพนธ์ปริญญาบัญฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547.งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเอาหลักวิชาการไปประยุกต์เพื่อลดของเสียจากการผลิตในสายงานกรรมวิธี การฉีดพลาสติกสำหรับโครงสร้างแอร์ ซึ่งข้อมูลที่ได้นี้เป็นข้อมูลจากโรงงานตัวอย่างเพียงโรงงานเดียว โดยการศึกษาจะมุ่งเน้นเฉพาะกรรมวิธีการฉีดพลาสติก และการเตรียมความพร้อมของเครื่องฉีดพลาสติก ปัญหาที่พบได้แก่ การเปิดฉีด ซึ่งเป็นการเริ่มต้นการทำงานของเครื่องฉีด ในการปฏิบัติงานนั้นพนักงานที่ปฏิบัติงาน ไม่มีการเก็บข้อมูล และพนักงานขาดความรู้ความสามารถ การลองผิดลองถูกจากผู้ที่มีประสบการณ์จึงทำให้มีปริมาณของเสียที่สูง จากการที่ได้เข้าไปศึกษาและเก็บข้อมูลได้นำหลักวิธีการควบคุมคุณภาพ การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องฉีด การคำนวณความสามารถของแม่พิมพ์ ซึ่งได้แก่ การหาปริมาณการฉีดที่ต้องการ ปริมาณการละลายพลาสติก แรงเปิดแม่พิมพ์ การควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ มาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขเพื่อลดจำนวนปริมาณสของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีด

10) ยุทธนา โฆษิตสกุล , หัวข้อ ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานโพลีโพรพิลีนที่ขึ้นรูปโดยกระบวนการฉีดพลาสติกโดยการใช้แก๊สช่วย, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ , บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2547.งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงกระบวนการฉีดพลาสติกขึ้นรูปเข้าแม่พิมพ์โดยใช้แก๊สช่วยซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิผลสูงในการผลิตชิ้นงานพลาสติกซึ่งภายในกลวง โดยเทคนิคนี้ยังสามารถผลิตชิ้นงานที่มีสมบัติดีเยี่ยมและต้นทุนการผลิตต่ำ ในขณะเดียวกันเนื่องด้วยข้อดีหลายประการของเทคนิคนี้จึงได้รับความสนใจและได้มีการนำไปใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด โดยบริษัทหลายแห่งทั่วโลกที่ผ่านมางานวิจัยจำนวนมากมักให้ความสนใจกับชิ้นงาน ที่มีโครงค้ำเสริมแรงรูปแท่งในขณะที่งานวิจัยของชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นมือจับในรถยนต์กลับไม่ได้รับการให้ความสนใจแต่อย่างใดทั้งๆ ที่เป็นชิ้นงานที่มีการใช้ในอย่างแพร่หลายทั้งในอุตสาหกรรมยานยนต์ และในอุตสาหกรรมเครื่องใช้ในครัวเรือนเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาชิ้นงานที่มีลักษณะดังกล่าว โดยไม่เพียงแต่เสนอวิธีการที่จะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสูงอีกทั้งยัง แสดงให้เห็นถึงผลการออกแบบชิ้นงานที่ไม่ดีมีผลต่อสมบัติด้านต่างๆของชิ้นงานอย่างไร ตัวแปรสำคัญ 7 ประการที่เลือกเพื่อใช้ในกาวิจัยประกอบด้วย ปริมาณของพลาสติกที่ฉีดเข้าแม่พิมพ์, เวลาหน่วงก่อนการฉีดแก๊ส, เวลาในการฉีดแก๊ส, เวลาที่ใช้ในการพักแก๊สด้วยความดัน, ความดันในการฉีดแก๊ส, อุณหภูมิของพลาสติกหลอมและ อุณหภูมิของแม่พิมพ์ แต่ละปัจจัยส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานแตกต่างกันโดยคุณภาพของชิ้นงานที่ทำการศึกษามี 4 ประเภทคือ ปริมาตรแก๊สภายในชิ้นงาน, ความหนาตกค้างของผนังชิ้นงานหลังการฉีดแก๊ส, ความลึกซึ่งเกิดจากการยุบตัวของชิ้นงานและความแข็งแรงของชิ้นงานโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาตรแก๊สภายในชิ้นงานและความลึกซึ่งเกิดจากการยุบตัวของชิ้นงานเป็นสมบัติของชิ้นงานที่ไม่เคยมีการศึกษามาก่อน นอกจากนั้นในงานวิจัยนี้การวิเคราะห์หาปริมาตรแก๊สภายในชิ้นงาน, ความหนาตกค้างของผนังชิ้นงานหลังการฉีดแก๊ส และความลึกซึ่งเกิดจากการยุบตัวของชิ้นงานได้มีการ u3651 ใช้เครื่องมือในการวัดปริมาตรแก๊สและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องสูงขึ้นและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น พร้อมทั้งได้มีการนำสมบัติการไหลของโพลีโพรพิลีนมาอธิบายความหนาตกค้างของผนังชิ้นงานโดยผ่านกลไกการเกิดโฟมบนผนังภายในชิ้นงาน ยิ่งไปกว่านั้นการอธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของชิ้นงานได้นำความหนาตกค้างของผนังชิ้นงานหลังการฉีดแก๊สแบบมีและไม่มีโฟมมาช่วยในการอธิบายผลการทดลองโดยสรุป สมบัติของชิ้นงานที่ต้องการจากการขึ้นรูปนี้ควรประกอบด้วย แก๊สภายในชิ้นงานมีปริมาตรสูงเพื่อลดปริมาณ พลาสติกที่ใช้, ผนังชิ้นงานที่ตกค้างหลังการฉีดแก๊สควรมีความหนาสูงเพื่อรักษาความแข็งแรงของชิ้นงาน, ความลึกซึ่งเกิดจากการยุบตัวของชิ้นงานควรมีค่าน้อยเพื่อผิวชิ้นงานที่มีความสวยงาม และชิ้นงานมีความแข็งแรงสูงเพื่อสามารถทนต่อการรับแรงได้มากก่อนเกิดการเสียรูป

11) นายปิติ กันตถาวร, หัวข้อ การหาแนวทางในการลดความสูญเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษา บริษัท ยูเนี่ยนพลาสติก จำกัด(มหาชน), วิทยานิพนธ์ปริญญาบัญฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, 2546.งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก บริษัท ยูเนี่ยนพลาสติก จำกัด (มหาชน) โดยทำการศึกษาเฉพาะในกระบวนการผลิตตัวล็อคฝาปิ่นโต โดยการนำความรู้จากการศึกษาวิชาทางวิศวกรรมอุตสาหการมาประยุกต์ใช้ เพื่อที่จะหาแนวทางในการแก้ปัญหาและลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นที่ตัวล็อคฝาปิ่นโตพบว่าลักษณะปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นคือ เกิดเป็นรอยฉีดบนตัวชิ้นงาน จากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจาก คนและวิธีการ ซึ่งเกิดจากคน เนื่องจากการขาดความรู้และความเข้าใจในปัญหา และเกิดจากวิธีการเนื่องจากการปรับตั้งค่าความเร็วในการฉีดไม่เหมาะสมจากการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสามารถดำเนินการลดของเสียที่เกิดขึ้น และสามารถทำการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตตัวล็อคฝาปิ่นโตได้

12) ปัทมา เครือนพคุณ, หัวข้อ การประหยัดพลังงานในงานฉีดพลาสติก, วิทยานิพนธ์ปริญญาบัญฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2539.งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะการทำงานในกระบวนการฉีดพลาสติก ลักษณะของเครื่องฉีดพลาสติก และวิธีการใช้เครื่องฉีดพลาสติก ที่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน ข้อมูลที่นำเสนอได้จากการศึกษาการทำงานในงานฉีดพลาสติก เพื่อหาข้อพบพร่อง พร้อมทั้งนำเสนอแนว ทางการแก้ไขข้อบกพร่องเหล่านั้น และจากการทดลองปรับค่าตัวแปรทำให้ทราบค่าตัวแปรที่เหมาะสมเพื่อประหยัดพลังงาน ในงานฉีดพลาสติก และสามารถใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกเครื่องฉีดพลาสติก รวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ ใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้พลังงานอย่าง มีประสิทธิภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การศึกษาดำเนินงานและสภาพปัจจุบันของโรงงาน

3.1 ข้อมูลประวัติความเป็นมา

โรงงานตัวอย่างที่ใช้ศึกษาปัจจุบันตั้งอยู่ที่ ถนนสุขสวัสดิ์ แขวงบางปะกอก เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพฯ 10140 ผลิตสินค้าที่ใช้ในบ้าน เช่น กระป๋อง กล่อง ตะกร้า ขันน้ำ ฯลฯ

ในปี พ.ศ. 2536 ทางบริษัทได้มีการขยายกิจการทำให้ผลิตภัณฑ์ของบริษัท สามารถจำแนกได้ 2 กลุ่มใหญ่เมลามีน(Melamine Plant) ผลิตและจำหน่ายสินค้าเมลามีนประเภทเครื่องใช้ในครัวเรือนและภาชนะบนโต๊ะอาหาร ซึ่งในปัจจุบันย้ายไปผลิตที่สาขาอื่นแล้วส่วนกลุ่มของพลาสติก (Plastic Plant) ยังคงมีการผลิตและจำหน่ายสินค้าพลาสติกประเภทเครื่องใช้ในครัวเรือนและสินค้าอุตสาหกรรมต่างๆ ที่โรงงานตัวอย่างอยู่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 Business Overview

ซึ่งผลิตภัณฑ์ของบริษัท สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ

1. เมลามีน (Melamine Plant) ผลิตและจำหน่ายสินค้าเมลามีนประเภทเครื่องใช้ในครัวเรือนและภาชนะบนโต๊ะอาหาร อาทิ

- ถ้วยชาม
- ภาชนะสำหรับบริการผู้โดยสารบนเครื่องบิน
- ภาชนะสำหรับภัตตาคารและโรงแรม

2. พลาสติก (Plastic Plant) ผลิตและจำหน่ายสินค้าพลาสติกประเภทเครื่องใช้ในครัวเรือนสินค้าอุตสาหกรรมต่างๆอาทิ

- เครื่องใช้ในครัวเรือน
- ชิ้นส่วนอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ไมโครเวฟ ตู้เย็น พัดลม รถจักรยานยนต์ รถยนต์
- บรรจุภัณฑ์ต่างๆ คือ ลังบรรจุน้ำอัดลม ลังเปล่า
- Pallet

3.3 Customer Segment

บริษัท ได้จัดแบ่งกลุ่มลูกค้าออกตามประเภทของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

- ลูกค้ากลุ่มรถยนต์ ได้แก่ เช่น บริษัท Toyota Motor ประเทศไทย จำกัด, ฮอนด้า ออโตโม บิล (ประเทศไทย) จำกัด ,บริษัท General Motor ประเทศไทย จำกัด, บริษัท Denso ประเทศไทย จำกัด , บริษัท Delphi Automotive Systems ประเทศไทยจำกัด, บริษัท Thai Koito จำกัด, บริษัท Thai Automotive Seating and Interia จำกัด เป็นต้น
- ลูกค้ากลุ่มจักรยานยนต์ เช่น บริษัท Thai Honda Manufacturing จำกัด, บริษัท ไทย ซูซกิ มอเตอร์ จำกัด, บริษัท คาวาซากิ มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด เป็นต้น
- ลูกค้ากลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น บริษัท Thai Sumsung Electronic จำกัด, บริษัท ฮิตาชิคอนซูเมอร์โปรดัก ประเทศไทย จำกัด, บริษัท ชารป แอพพลายแอนซ์, บริษัท พานาโซนิค อีโคโลจี ซีสเต็มส์ ประเทศไทย จำกัด, บริษัท ซันโย ยูนิเวอร์แซล อิเลคทริค จำกัด เป็นต้น
- ลูกค้ากลุ่มอื่นๆ เช่น บริษัท ยูเนี่ยนโซจิริช จำกัด, บรษัท สยามโอคามูระ สตีล จำกัด เป็นต้น

3.4 Management Review

ในปีที่ผ่านมา บริษัท ฯ ได้นำแนวทางการบริหารการจัดการสมัยใหม่ ตามเกณฑ์รางวัลคุณภาพ แห่งชาติ หรือ Thailand Quality Award (TQA) มาใช้พัฒนาขีดความสามารถในการบริหารจัดการที่ เป็นเลิศ บนพื้นฐานของความโปร่งใส ซื่อสัตย์ และมีจริยธรรม นอกจากนี้บริษัทฯ ยังได้จัดตั้งโครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าโดยอาศัยความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญภายนอกรวมทั้งมีการอบรมและพัฒนาเทคโนโลยีการ ผลิต โดยทางบริษัทฯ ได้จัดหาเครื่องจักรสมัยใหม่ที่มีประสทธิภาพสูงมาใช้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางด้านการผลิตและพัฒนากลยุทธ์คุณภาพการบริหารสู่ความสามารถในการแข่งขันระดับโลก

3.5 Vision & Missions

ซึ่งตรงตามวิสัยทัศน์ของบริษัทที่มุ่งมั่นในการปรับปรุงและพัฒนาเพื่อก้าวไปสู่การเป็นบริษัทที่มีศักยภาพในการแข่งขันในระดับโลก โดยมีภารกิจ 6 ข้อ คือ

ภารกิจข้อที่ 1

มุ่งเน้นในเรื่องของการเป็นหนึ่งในด้านผลิตภัณฑ์ที่มีคณภาพและการส่งมอบ โดย บริษัทได้ให้ความสำคัญเป็นอันดับ 1 ในด้านระบบคุณภาพ เป็นบริษัทแรกของอุตสาหกรรมพลาสติก ที่ได้รับการรับรองมาตรฐานระบบคุณภาพ ISO9002 และกำลังยื่นเรื่องขอ ISO9001เวอร์ชั่น2000 ด้วย โดยมีนโยบายคุณภาพ คือ “มุ่งมั่นสร้างผลิตภัณฑ์ และบริการเพื่อทำให้ลูกค้าของเราพอใจ” และเพื่อเป็นการตอบสนองนโยบายทางด้านคุณภาพของกล่มอุตสาหกรรมยานยนต์ ปัจจุบันทางบริษัท ได้กำลังพัฒนาระบบคุณภาพจาก ระบบคุณภาพ QS9000 เข้าสู่ระบบคุณภาพ ISO/TS16949

ภารกิจข้อที่ 2

มุ่งเน้นในเรื่องของราคาที่สามารถแข่งขันในตลาดได้ โดยการควบคุมกระบวนการภายในเพื่อควบคุมค่าใช้จ่ายภายในที่มีผลกระทบต่อต้นทุน เช่น การอนุรักษ์พลังงาน, การควบคุมค่าใช้จ่ายทางด้านบริหารจัดการ

ภารกิจข้อที่ 3

ข้อมูลข่าวสารสามารถเข้าถึงได้ในทุกระดับและทุกช่องทางการสื่อสาร ทั้งในแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ ทางบริษัทได้ให้ความสำคัญทั้งการสื่อสารภายในองค์กรโดยการจัดประชุมประจำเดือนเพื่อสื่อสารด้านนโยบายและผลการประกอบการของบริษัทในแต่ละเดือน รวมทั้งกิจกรรมภายในต่างๆ เพื่อเปิดโอกาสให้พนักงานทุกระดับได้รบทราบข่าวสารความเป็นไป และซักถามข้อสงสยต่างๆกับทางผู้บริหารรวมทั้งการประชุม กลุ่มคีย์สต๊าฟ ผซึ่งเป็นกำลงสำคัญในการ ผลักดันให้นโยบายต่างๆ ของบริษัทลงสู่พนักงานระดับลางได้อย่างรวดเร็วในส่วนของการสื่อสารไปสู่ภายนอกองค์กรบริษัทได้จัดทำ Web Site เพื่อเป็น การแนะนำบริษัท และให้ลูกค้าหรือหน่วยงานภายนอกได้เข้ามาเยี่ยมชม เพื่อสามารถติดต่อทางด้านธุรกรรมต่างๆกับทางบริษัทได้โดยสะดวกและเนื่องจากบริษัทมีฐานะเป็นบริษัทมหาชนจึงเปิดโอกาสให้นักลงทุนหรือผู้ถือหุ้นสามารถค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับบริษัทได้อีกทางจาก Web Site ของ ตลาดหลักทรัพย์ฯ

ภารกิจข้อที่ 4

มุ่งเน้นด้านบริการที่เป็นเลิศ ด้วยการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับลูกค้าตามแบบฉบับของ One Stop Service ที่ได้กล่าวมาข้างต้น

ภารกิจข้อที่ 5

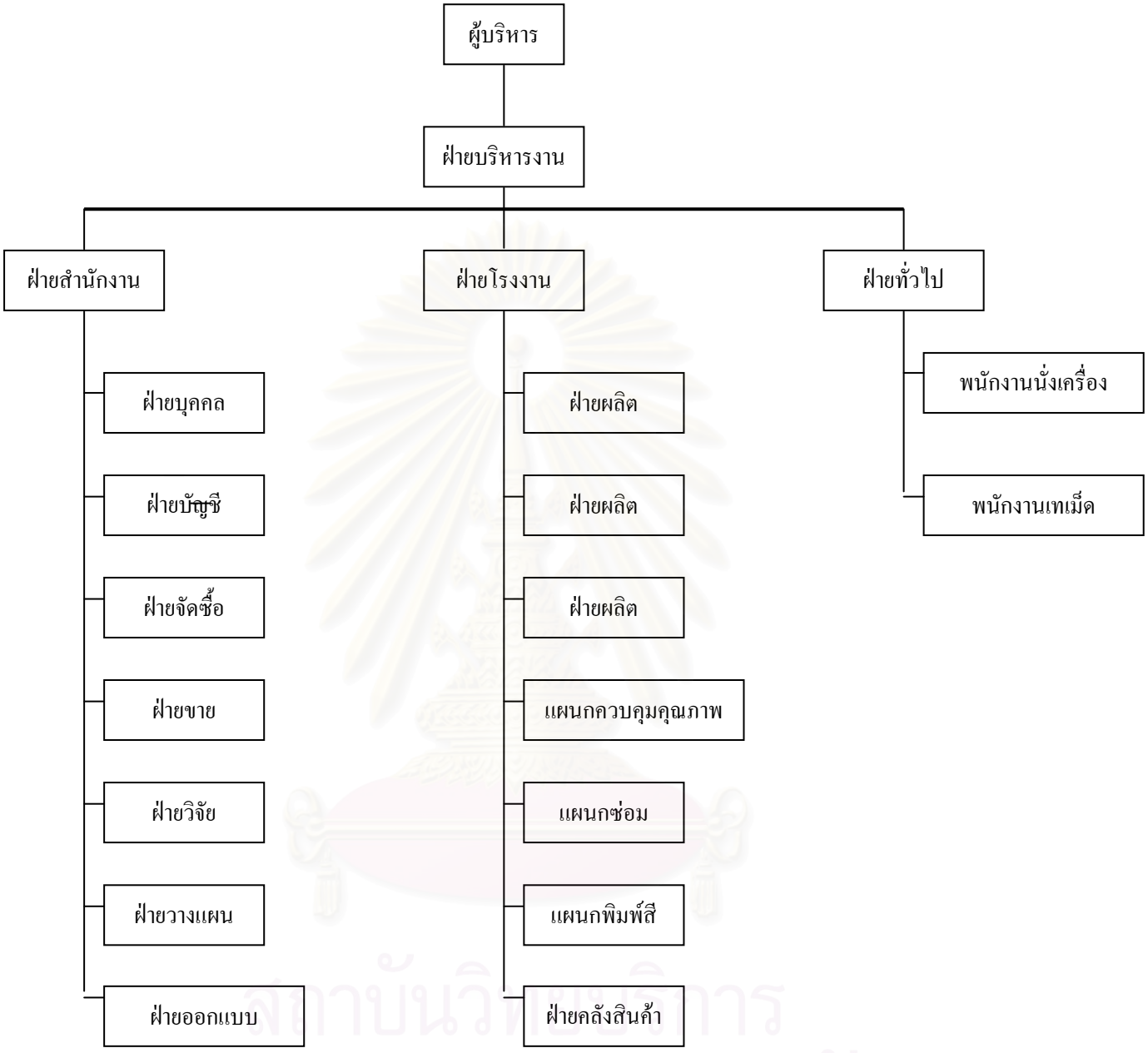
การสร้างความแตกต่าง ในการประยุกต์ใช้ประสบการณ์และความชำนาญเพื่อเสริมสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับลูกค้า บริษัทได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาบุคลากรภายในซึ่งถือเป็นทรัพยากรที่มีค่า โดยการมุ่งพัฒนาให้บุคลากรเหล่านั้นก้าวไปสู่ระดับของการเป็นผู้ชำนาญการเฉพาะด้านโดยผ่านการรับรองมาตรฐานการวัดระดับความสามารถจากทางสถาบันยานยนต์ และส่งเสริมให้นำความรู้ความสามารถดังกล่าวมาจัดทำหลกสูตรเพื่อพัฒนาพนักงานระดับลางให้ปฏิบัติตามมาตรฐานเดียวกันต่อไป นอกจากนี้บริษัทได้มีการริเร่มจัดทำระบบการบริหารองค์ความรู้ (Knowledge Management) ทั้งนี้เพื่อสามารถให้คำแนะนำกับลูกค้าในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพดีและง่ายต่อการผลิต

ภารกิจข้อที่ 6

มุ่งเน้นการเป็นบริษัทที่มีระบบการกำกับดูแลกิจการที่ดี บนพื้นฐานของหลักธรรมาภิบาล โดยคำนึงถึงสิทธิและความต้องการของลูกค้า พนักงาน ผู้ถือหุ้น รวมทั้งผู้มีส่วนได้เสียกลุ่มอื่นๆ บริษัทมีการทบทวนผลการดำเนินงาน อย่างสม่ำเสมอ โดยการนำระบบการวัดผลการดำเนินงานด้วย Balanced Scorecard มาใช้ นอกจากนี้บริษัทยังให้ความสำคัญกับสังคมและชุมชนรอบข้างภายใต้ ระบบการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ISO14001 ใน ส่วนของกิจกรรมเพื่อสังคมบริษัทได้จัดให้มี การร่วมกิจกรรมวันเด็ก, การบริจาคเพื่อสาธารณะประโยชน์, การสนับสนุนทางด้านการให้ความรู้กับ ทางสถาบันต่างๆ ที่เข้ามาเยี่ยมชมการดำเนินงานของบริษัท จากภารกิจหลักทั้ง 6 ข้อ ทำให้บริษัท มุ่งมั่นที่จะปรับปรุงและพัฒนา อย่างต่อเนื่อง ที่จะสร้างความเชื่อมั่นและความพึงพอใจให้กับลูกค้า และผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียทุกฝ่าย เพื่อให้บริษัท สามารถก้าวไปสู่การเป็นบริษัทที่มีศักยภาพในการแข่งขันระดับโลก ตามวิสัยทัศน์ที่ กำหนดไว้ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6 องค์กรของบริษัท



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

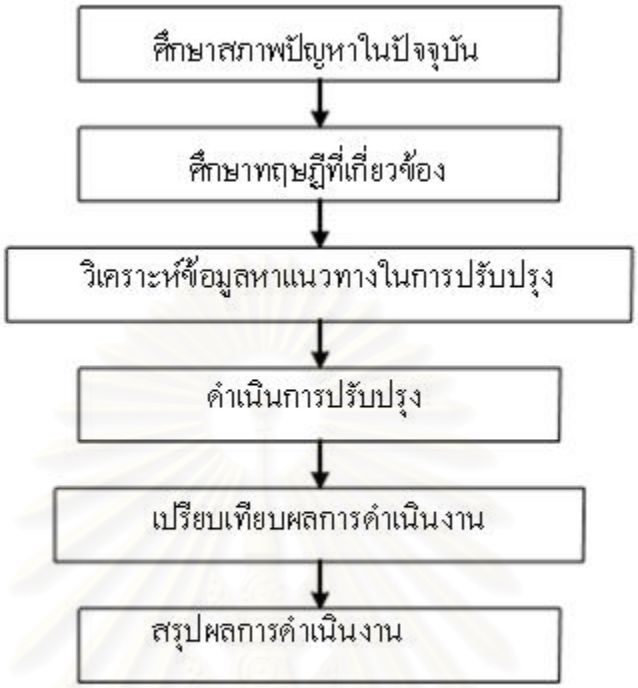
3.7 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิต

3.7.1 Plastic Products

3.7.2 ผลิตภัณฑ์เมลามีน

สถาบันวิทยบริการ

3.8 ระเบียบวิธีวิจัย



- **ศึกษาสภาพในการทำงานปัจจุบัน**

เป็นการเข้าไปสำรวจและเก็บข้อมูลสภาพปัญหาและการทำงาน ณ ปัจจุบัน เพื่อค้นหาและเก็บข้อมูลในเรื่องปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตซึ่งในงานฉีดพลาสติกนี้จะใช้เครื่องฉีดพลาสติกในการผลิตชิ้นงานโดยในการฉีดแต่ละครั้งจะได้ผลิตภัณฑ์ออกมาทันทีแต่ต้องนำมาทำการตรวจสอบใน ขั้นตอนต่อๆไป

- **ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**

เป็นการค้นคว้าหาทฤษฎีที่สามารถจะนำมาประยุกต์ใช้กับงานซึ่งหลักการและทฤษฎีที่มีความเกี่ยว ข้องและสามารถจะนำมาประยุกต์ใช้ได้คือ หลักการทางด้านสถิติและพอลิเมอร์ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการหาสาเหตุต่างที่สงผลกระทบต่อผลตภัณฑ์และอธิบายถึงสาเหตุต่างๆที่เกี่ยวข้องตลอดจนการพัฒนาปรับปรุงให้ดีขึ้นและจัดตั้งเป็นมาตรฐานในการทำงานได้

- **วิเคราะห์ข้อมูลหาแนวทางในการปรับปรุง**

หลังจากที่ได้เก็บข้อมูลการผลิตในปัจจุบันของปัญหาที่จะเข้าไปศึกษาและได้ศึกษาหลักการและ ทฤษฎีที่สามารถจะนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่เข้าไปทำการศึกษาวิจัยขั้นต่อมาจะนำข้อมูลเบื่องต้นที่ได้มาวิเคราะห์หาสาเหตุที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาทำการปรับปรุงแก้ไข

- **ดำเนินการปรับปรุง**

หลังจากที่วิเคราะห์แล้วว่าสาเหตุของปัญหาเป็นอย่างไรและมีปัจจัยใดที่เกี่ยวของและมีความสอดคล้องกับหลักการทางทฤษฎีและสามารถนำเอาหลักการและทฤษฎีนั้นๆมาใช้ในการลดของเสีย ในงานฉีดพลาสติก ได้ ก็จะใช้หลักการและทฤษฎีนั้นในการกำหนดวิธีหรือแนวทางในการปรับปรุงการผลิตของงานที่เข้าไปทำการศึกษาวิจัย เพื่อลดของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตในงานฉีดพลาสติก

- **เปรียบเทียบผลการดำเนินงาน**

เมื่อดำเนินการปรับปรุงตามหลักการและทฤษฎีแล้วนั้นก็จะเก็บผลที่ได้หลักการปรับปรุงเพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบกับผลก่อนดำเนินการปรับปรุงว่าได้ผลแตกต่างกันอย่างไร ดีขึ้นหรือแย่ลงกว่าเดิมมากน้อยเพียงใดถ้าไม่ดีขึ้นก็จะต้องกลับไปวิเคราะห์ว่าหลักการหรือทฤษฎีที่นำไปประยุกต์ใช้นั้นถูกดำเนินการถูกต้องตามหลักการแล้วหรือไม่ถ้าไม่ก็จะแก้ไขทำให้ตรงตามหลักการที่กำหนดหรือถ้าปฏิบัติตามหลักการแล้วยังไม่ดีขึ้นก็อาจต้องหาหลักการอื่นเข้ามาประยุกต์ใช้แทน

- **สรุปผลการดำเนินงาน**

เมื่อดำเนินงานปรับปรุงและเก็บผลแล้วก็จะสรุปผลว่าการปรับปรุงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรกับงานที่เข้าไปทำการศึกษาวิจัยและดีขึ้นหรือแย่ลงกว่าเก่าเท่าใดเป็นเพราะเหตุใดเป็นไปตามหลักการหรือไม่อย่างไรและสรุปออกมาเป็นการสิ้นสุดงานวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานลดของเสีย

ในบทนี้จะทำการระบุถึงปัญหาของผลิตภัณฑ์ลักษณะอาการข้อบกพร่องของปัญหาที่ปรากฏของ ผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลกระทบต่ออาการของปัญหา และวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จรงที่ทำให้ เกิดลักษณะอาการนั้น เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพต่อไป เนื่องจากอุตสาหกรรมงานฉีดพลาสติก (Injection Molding) ปัจจุบันมีปัญหาเรื่องของไม่สามารถส่งของให้กับลูกค้าได้ทันเวลา เนื่องจากมีของเสียใน กระบวนการผลิตเป็นอย่างมากและบริษัทมีความต้องการลดจำนวนของของเสียลงเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

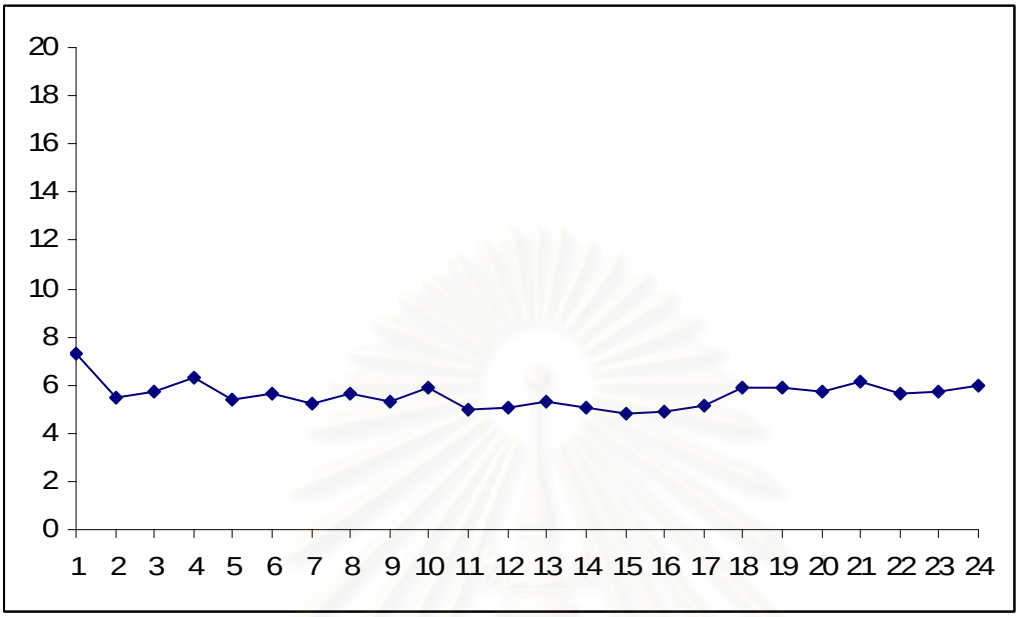
4.1 การศึกษาและวิเคราะห์เพื่อระบุปัญหา

ทางผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นว่าคงที่หรือไม่โดยการเก็บข้อมูลสองอาทิตย์ต่อครั้งเป็นเวลาหนึ่งปีจะได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณของเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในปี 2549

จำนวนครั้ง	จำนวนผลิต	ของเสียที่เกิดขึ้น	% ของเสียที่เกิดขึ้น
1	201,850	14,785	7.324746
2	205,480	11,200	5.450652
3	212,860	12,145	5.705628
4	205,860	12,963	6.296998
5	289,985	15,605	5.381313
6	315,600	17,892	5.669202
7	305,186	16,007	5.244998
8	315,275	17,826	5.654111
9	299,006	15,983	5.345378
10	311,005	18,246	5.866787
11	289,014	14,279	4.940591
12	305,225	15,391	5.04251
13	300,015	15,820	5.27307
14	325,670	16,594	5.095342
15	325,170	15,539	4.778731
16	338,165	16,572	4.900566
17	332,752	17,251	5.184341
18	333,100	19,697	5.913239
19	355,190	20,824	5.862778
20	345,168	19,735	5.717506
21	340,500	20,850	6.123348
22	355,860	19,978	5.614006
23	350,145	20,035	5.721915
24	343,751	20,407	5.936565

เมื่อทำการนำไปสร้างกราฟจะพบว่าเปอร์เซ็นต์ของเสียนั้นมีค่าค่อนข้างคงที่แสดงให้เห็นว่าของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตนั้นเป็นของเสียที่เกิดขึ้นค่อนข้างคงที่



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ย

จากการศึกษาข้อมูลของปัญหาของโรงงานโดยพบว่ามีของเสียของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดของบริษัทในปี พ.ศ. 2549 แสดงข้อมูลดังตารางที่ 4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ตารางจำนวนการผลิตและของเสียที่พบโดยเฉลี่ยต่อเดือน

ผลิตภัณฑ์	จำนวนผลิตภัณฑ์ดี	จำนวนผลิตภัณฑ์เสีย	จำนวนผลิตรวม	ราคาต่อชิ้น	สูญเสีย	%ของเสีย
0704-0515	76259	3415	79674	4.89	16699.35	4.29
0705-0942	72160	3420	75580	5.12	17510.40	4.53
0704-0862	52169	6706	58875	9.85	66054.10	11.39
0706-0162	30104	2156	32260	6.07	13086.92	6.68
0704-0363	63752	3482	67234	5.87	20439.34	5.18
0705-0790	52526	2443	54969	8.62	21058.66	4.44
0706-0039	64002	2165	66167	5.15	11149.75	3.27
0706-0060	78800	3650	82450	2.77	10110.50	4.43
0704-0517	52984	3696	56680	4.50	16632.00	6.52
0706-0149	31928	2669	34597	5.20	13878.80	7.71
รวม	574,684	33,802	608,486		206,620	5.56

จะพบว่าของเสีย 0704-0862 เปอร์เซ็นต์ของเสียมากที่สุดถึง11.39% เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียจำนวนมากจะได้ตังตารางที่ 4.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

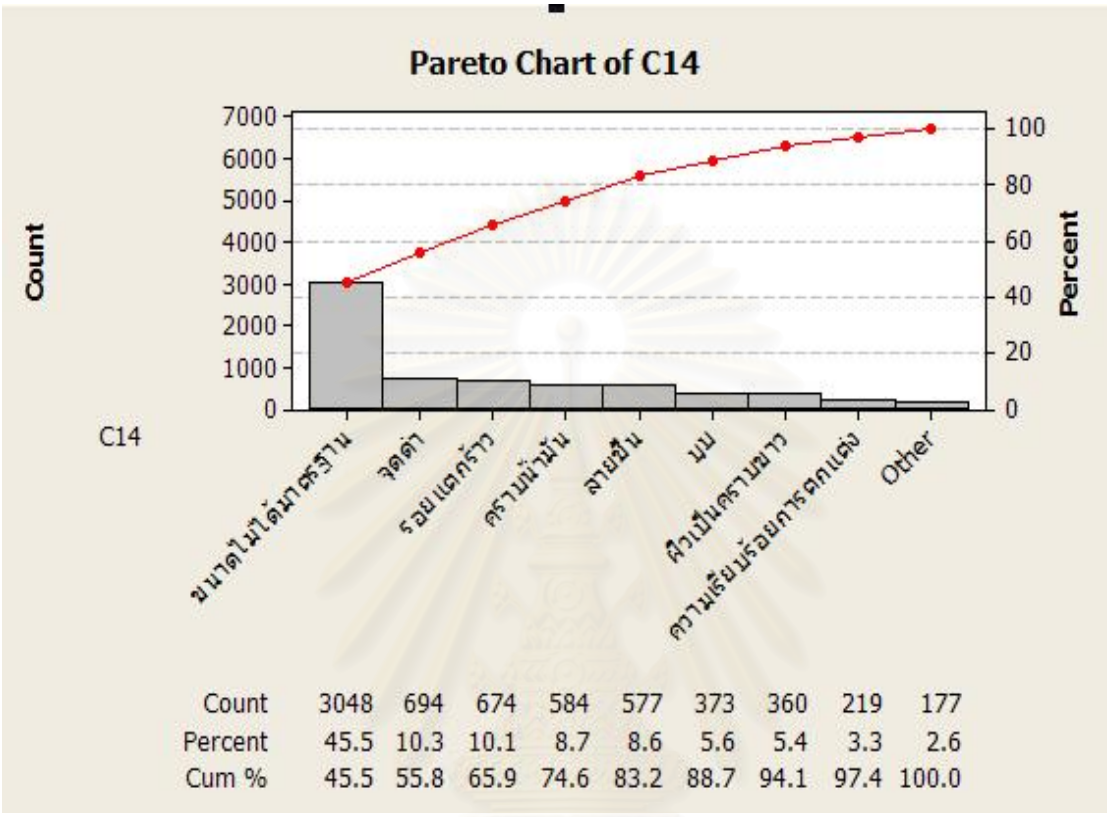
ตารางที่ 4.3 ตารางปัญหาของของเสีย0704-0862 โดยเฉลี่ยต่อเดือน

ลำดับ	ปัญหาที่พบ	จำนวน (ชิ้น)
1	รอยไหม้	73
2	บุบ	373
3	ความเรียบร้อยในการตัดเกท	62
4	สีลาย	42
5	รอยแตกร้าว	674
6	จุดดำ	694
7	คราบน้ำมัน	584
8	ความเรียบร้อยการตกแต่ง	219
9	ผิวเป็นคราบขาว	360
10	ลายขึ้น	577
11	ขนาดไม่ได้มาตรฐาน	3048

จากตารางที่ 4.3 พบว่าปัญหาที่พบมากที่สุดเกิดจากขนาดไม่ได้มาตรฐานและจากการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นพบว่าของเสียนั้นจะมีขนาดโตกว่าที่กำหนดทุกชิ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลังจากทราบปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วเพื่อที่จะทราบว่าปัญหาใดเป็นปัญหาหลักที่ควรจะนำมาทำการ แก้ไขก่อนโดยทำการวิเคราะห์โดยอาศัยหลักการของพาเรโตดังรูปที่ 4.2

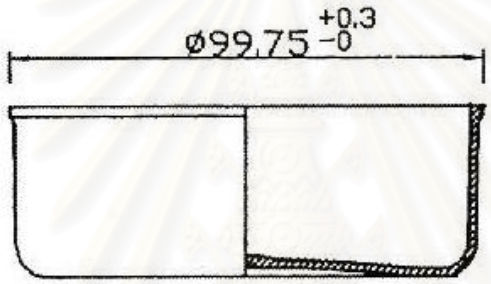


รูปที่ 4.2 แผนภาพพาเรโตของสาเหตุปัญหาของเสีย

จากพาเรโตข้างบนแสดงให้เห็นว่าข้อมูลอยู่ในสภาวะเสถียรภาพและสามารถใช้คาดการณ์ได้เนื่องจากแผนภาพพาเรโตแสดงถึงตัวแบบที่สอดคล้องกับหลักการของพาเรโต คือ สิ่งที่มีความสำคัญมีจำนวนเพียงเล็กน้อย (Vital Few) ในขณะที่สิ่งที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยมีจำนวนค่อนข้างมาก (Trivial Many) ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าปัญหาขนาดไม่ได้มาตรฐานเป็นปัญหาหลัก ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงได้ทำการเลือกปัญหาเรื่องขนาดไม่ได้มาตรฐานมาทำการแก้ไขเป็นปัญหาแรก

4.2 การบ่งชี้สภาพที่เกิดปัญหาของเสียแบบขนาดไม่ได้มาตรฐาน

เพื่อทำการบ่งชี้ว่าของเสียประเภทขนาดไม่ได้มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ 0704-0862 เกิดขึ้นบริเวณใดบนชิ้นงานผู้วิจัยจึงทำการถ่ายรูปชิ้นงาน โดยแสดงตัวอย่างของรูปร่าง ชิ้นงานดังรูป ส่วนฝาปิดของชิ้นงานที่นำมาประกอบนั้นอยู่ที่แผนกฉีดที่ 3 ซึ่งจะนำชิ้นงานไปส่งประกอบที่นั่น และชิ้นงานที่เราจะส่งไปประกอบจะต้องมีขนาดที่ตรงมาตรฐานเพื่อที่จะนำไปประกอบได้พอดี และจะต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 99.75 - 100.05 มิลลิเมตร และชิ้นงานที่ขนาดไม่ได้มาตรฐานจะมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางออกนอกช่วงนี้แต่ปัญหาที่พบจะเป็นแบบขนาดเกินมาตรฐานหรือขนาดโตกว่ามาตรฐานทั้งหมด



รูปที่4.3 รูปโครงร่างของผลิตภัณฑ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การศึกษาและวิเคราะห์เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาที่ต้องการศึกษา

4.3.1 ปัญหาเรื่องของวัตถุดิบ

ปัญหาที่พบคือเมื่อมีการสั่งซื้อวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์0704-0862 นอกจากบริษัทที่สั่งวัตถุดิบเข้ามาประจำจะมีผลต่อการผลิตชิ้นงานหรือไม่

ดังนั้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ 0704-0862 จะทำการผลิตจากเม็ดพลาสติกPPซึ่งโดยมากจะทำการสั่งจากบริษัทTPI แต่ในกรณีที่วัตถุดิบขาดตลาดหรือมีราคาสูงในบางช่วงก็จะสั่งจากบริษัทTPE และ SMC ซึ่งเมื่อนำมาทดสอบในการผลิตจริงโดยทำการทดลองฉีดที่สภาวะเดียวกันจากทั้ง3บริษัท โดยเลือก PP เกรด 9105 MP จากทั้ง3บริษัทมาทดลองฉีดชิ้นตัวอย่างที่พารามิเตอร์แบบเดียวกันจากการหาจำนวนsample size ของชิ้นงาน พบว่าช่วงที่เริ่มเหมาะสมคือ 14 ชิ้นขึ้นไปหลังจากนั้นทำการทดลองฉีดโดยวัดจากขนาดของชิ้นงานได้ดังตารางโดยที่ขนาดมาตรฐานจะต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 99.75-100.05มิลลิเมตร

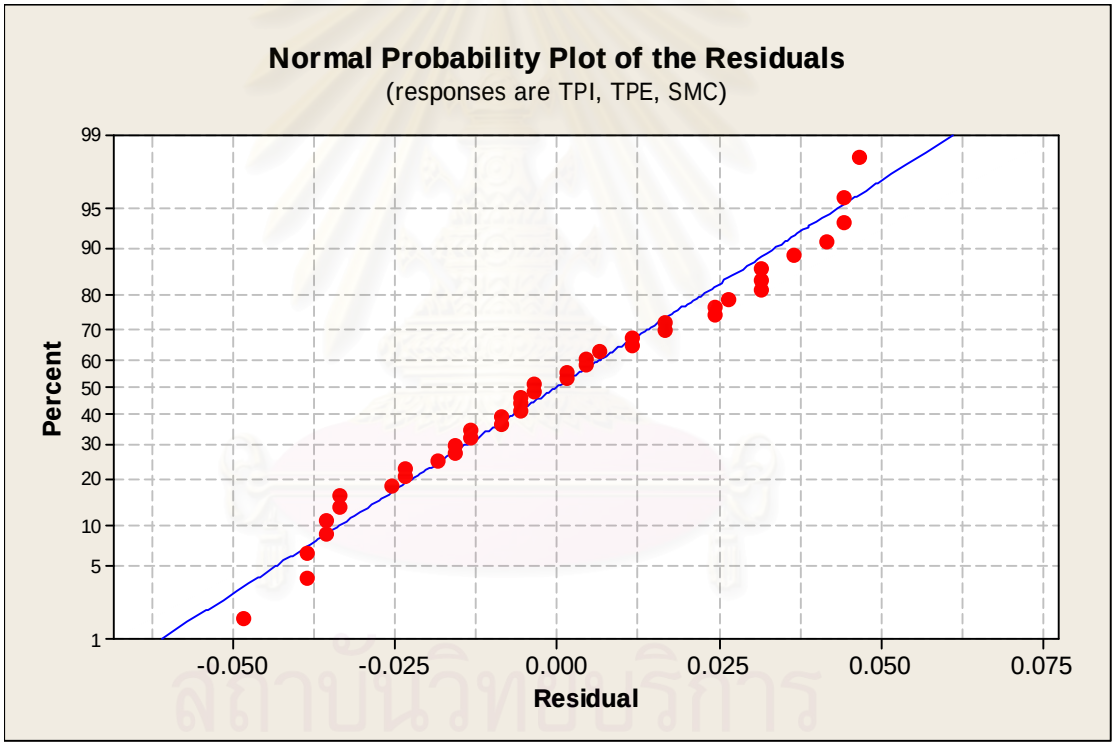
ตารางที่ 4.4 ตารางการวัดขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบสามบริษัท

ชิ้นที่	TPI	TPE	SMC
1	100.00	99.97	100.01
2	99.98	99.99	100.00
3	99.98	99.97	100.04
4	100.01	100.00	100.02
5	100.05	100.01	100.03
6	100.05	100.00	100.01
7	100.05	99.99	99.98
8	100.02	100.05	99.98
9	100.03	100.05	99.99
10	100.06	100.03	100.00
11	100.03	100.03	99.99
12	100.01	100.01	100.03
13	100.02	99.98	100.06
14	99.97	100.00	100.05

เมื่อนำไปทำANOVA จะได้ตารางดังนี้

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	0.001176	0.000588	0.81	0.451
Error	39	0.028236	0.000724		
Total	41	0.029412			

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.451 ซึ่งมีค่ามากกว่า0.05ซึ่งเรากำหนดไว้ดังนั้นวัตถุดิบชนิดเดียวกันแต่คนละบริษัทนั้นไม่มีผลต่อการผลิต



รูป 4.4 กราฟการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของทั้งสามบริษัท

4.3.2 ปัญหาด้านเครื่องจักร

ปัญหาที่พบคือเมื่อมีการสั่งผลิตผลิตภัณฑ์0704-0862 เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตทั้งสามเครื่องนั้นมีประสิทธิภาพในการผลิตใกล้เคียงกันหรือไม่

ในการผลิตผลิตภัณฑ์ 0704-0862 จะมีการนำแม่พิมพ์มาใช้กับเครื่องจักรทั้งหมดสามเครื่องซึ่งจะมีการย้ายแม่พิมพ์สับเปลี่ยนไปเรื่อยๆขึ้นกับตารางงานการผลิตดังนั้น สาเหตุของเสียที่เกิดขึ้นเยอะอาจเกิดจากเครื่องจักรมีความสามารถในการผลิตต่างกันจึงได้มีการนำวัตถุดิบจากบริษัทTPI มาทดลองฉีดชิ้นตัวอย่างที่พารามิเตอร์แบบเดียวกันจากการหาจำนวนsample size ของชิ้นงาน พบว่าช่วงที่เริ่มเหมาะสมคือ 14 ชิ้นขึ้นไปหลังจากนั้นทำการทดลองฉีดโดยวัดจากขนาดของชิ้นงานได้ดังตารางโดยที่ขนาดมาตรฐานจะต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 99.75-100.05 มิลลิเมตร

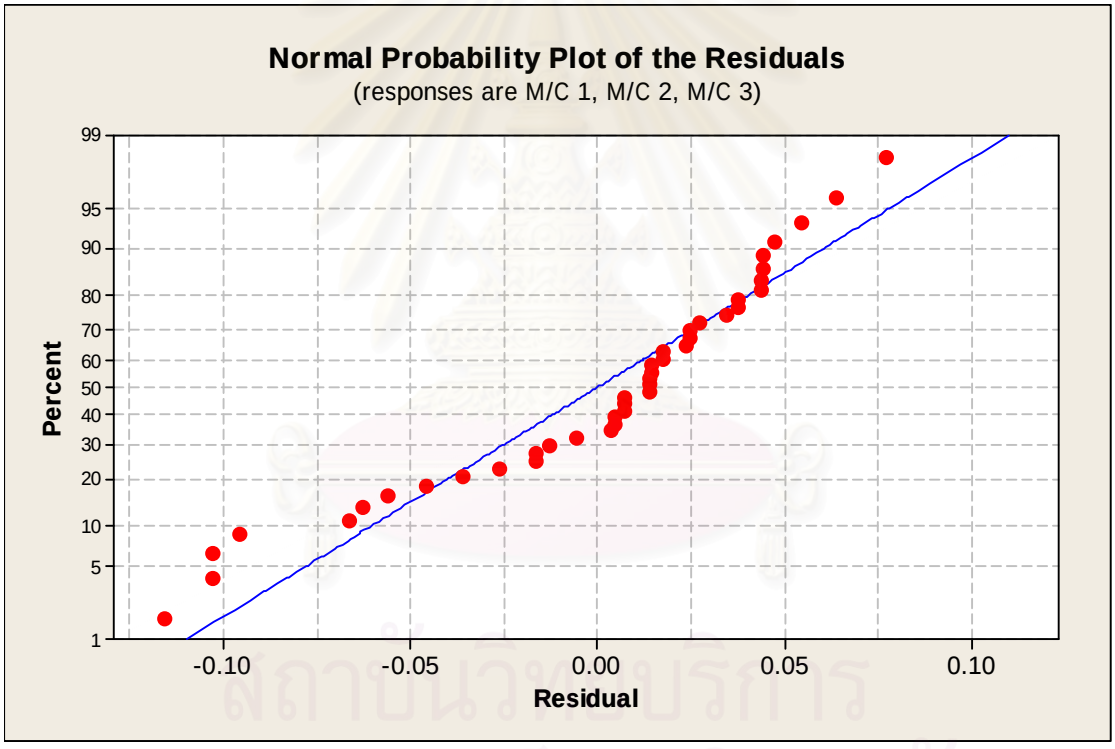
ตารางที่ 4.5 ตารางการวัดขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเครื่องจักรทั้งสามตัว

ชิ้นที่	เครื่องที่1	เครื่องที่2	เครื่องที่3
1	100.05	99.95	99.92
2	99.97	100.02	100.02
3	99.98	100.03	100.01
4	100.02	100.06	100.07
5	100.05	100.05	100.05
6	100.00	100.05	100.03
7	100.06	100.00	99.90
8	100.08	100.02	100.03
9	100.10	100.04	100.06
10	100.01	100.09	100.04
11	100.04	99.91	99.97
12	100.02	100.02	100.06
13	100.05	100.03	100.04
14	100.08	99.91	100.02

เมื่อนำไปทำANOVA จะได้ตารางดังนี้

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	0.00463	0.00232	0.99	0.380
Error	39	0.09115	0.00234		
Total	41	0.09578			

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.380 ซึ่งมีค่ามากกว่า0.05ซึ่งเรากำหนดไว้ดังนั้นวัตถุดิบชนิดเดียวกันแต่คนละบริษัทนั้นไม่มีผลต่อการผลิต



รูปที่ 4.5 กราฟการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของเครื่องจักรทั้งสาม

4.4 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (FMEA)

หลังจากที่เราได้ทำการศึกษาถึงกระบวนการผลิตทั้งหมดแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis; FMEA) ซึ่งเป็นกลวิธีที่ใช้ในการเขาถึงปัญหาอย่างเป็นระบบ เพื่อใช้ในการศึกษาปัญหาอย่างเป็นระบบและใช้ในการศึกษาปัญหาที่เป็นไปได้เพื่อป้องกันปัญหาที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดปรากฏขึ้นมาซึ่งกลวิธีดังกล่าวนี้ถือว่าเป็นการเสริมทักษะในการแก้ปัญหาให้กับวิศวกรให้มีลำดับทางความคิดที่เป็นระบบมีขั้นตอน และมีการจัดลำดับก่อนหลังของการแก้ปัญหาโดยเน้นไปที่การป้องกันปัญหาที่มีโอกาสการเกิด (Most Likely Failure) โดยในที่นี้ถือว่าเป็นการวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต (Process FMEA) ซึ่งจากข้อมูลในอดีตที่ผ่านมาได้ทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อหาทางลดผลิตภัณฑ์บกพร่องโดยรวมจะต้องทำการแยกแยะว่าปัจจัยที่สงผลต่อปัญหาใดที่สามารถดำเนินการแก้ไขได้โดยที่จะนำเอาความถี่ในการเกิดปัญหา(Occurrence : O), ความรุนแรงของปัญหา (Severity : S) และโอกาสในการตรวจจับ (Detection :D) มาเป็นตัวตัดสินใจเพื่อที่จะเริ่มดำเนินการแก้ไขปัจจัยของปัญหาที่มีความสำคัญมากที่สุดก่อนซึ่งในการดำเนินงานได้มีการจัดทำร่วมกันกับทีมงานวิศวกรที่มีประสบการณ์การทำงานและผ่านการอบรมจากบริษัท UCR โดยนอกจากจะทำการประชุมและจัดทำแบบสอบถามแก่พนักงานหน้าเครื่องและนำมาวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ผังกระบวนการและผลกระทบ (FMEA) อันเนื่องมาจากปัญหาผลิตภัณฑ์ไม่ได้มาตรฐาน

Process Function Requirement	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	Potential Cause(s) Mechanism(s) Of Failure	Occur	Current Process Controls		Detec	RPN
						Prevention	Detection		
1.ตรวจรับวัตถุดิบเข้าคลังวัตถุดิบ	ตรวจรับผิดเกรด	ไม่สามารถผลิตได้	8	พนักงานตรวจสอบไม่ละเอียดตามใบinvoice	2	ตรวจสอบวัตถุดิบให้ตรงแล้วทำการยืนยัน	สายตา	8	128
	ลงวัตถุดิบผิดเกรด	ไม่สามารถผลิตได้	8	วัตถุดิบบนรถวางไว้ในpalletเดียวกันและเกรดใกล้เคียงกัน	1	ตรวจสอบทุกpalletตามinvoice	สายตา	8	64
2.จัดเก็บ	เก็บวัตถุดิบปนกันในpalletเดียวกัน	จำนวนไม่ตรงตามใบเบิกจ่ายทำให้ผลิตไม่พอ	4	จำนวนที่เก็บจริง ไม่ถึง1000 kg	3	แยกชนิดให้ชัดเจน	สายตา / ป้ายชี้บ่ง	8	96
3.จ่ายวัตถุดิบ	จ่ายวัตถุดิบผิดเกรด	ไม่สามารถผลิตได้	8	พนักงานทำการตรวจสอบไม่ละเอียดตามใบสั่ง	2	อบรมพนักงานซ้ำ	สายตา / ใบโอนวัตถุดิบ	8	128
4.เตรียมการผลิต									
4.1 แผนการผลิต	วางแผนการผลิตผิด	ไม่สามารถส่งลูกค้าได้	8	พนักงานทำการตรวจสอบไม่ละเอียดตามใบ Sale order	2	อบรมและประเมินผล	ใบสั่งผลิต / ใบสั่งซื้อ	8	128
4.2 เครื่องจักร	เครื่องจักรเสีย	ไม่สามารถผลิตได้	8	พนักงานขาดการตรวจสอบ	2	ทำป้ายชี้บ่ง	สายตา / ป้ายชี้บ่ง	8	128
4.3 เตรียมแม่พิมพ์-เบิกจ่ายแม่พิมพ์	ส่งแม่พิมพ์รหัสผิด	ไม่สามารถผลิตได้	8	การชี้บ่งรหัสไม่ชัดเจน	2	เขียนรหัสบนแม่พิมพ์	สายตา / ป้ายชี้บ่ง	8	128

4.4 วัสดุอุปกรณ์-Packing	Packingส่งไม่ทันตามกำหนด	ไม่สามารถผลิตได้	8	กำหนดการส่งมอบไม่ชัดเจน	2	ตรวจสอบรับ-เวลาส่งมอบ	ใบ Invoice / ใบสั่งซื้อ	8	128
5.Production Start up									
5.1 การติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องฉีด	ขึ้นแม่พิพม์ผิด	ไม่สามารถผลิตได้	8	พนักงานขาดการตรวจสอบ	2	อบรมพนักงานซ้ำ	ใบสั่งผลิต	8	128
5.2 การทำความสะอาด									
-หัวNozzle	หัวฉีดตัน	ไม่สามารถผลิตได้	8	พนักงานขาดการตรวจสอบ	2	อบรมพนักงานซ้ำ	ใบสั่งผลิต	8	128
-กระบอกฉีด	Heater กระบอกฉีดขาด	ไม่สามารถผลิตได้	8	พนักงานขาดการตรวจสอบ	2	อบรมพนักงานซ้ำ	ใบสั่งผลิต	8	128
-หน้าแม่พิมพ์	หน้าแม่พิมพ์สกปรก	ไม่สามารถผลิตได้	8	พนักงานขาดการตรวจสอบ	2	อบรมพนักงานซ้ำ	ใบสั่งผลิต	8	128
5.3 ทดลองฉีดชิ้นงาน	ชิ้นงานขนาดเกิน	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Mold temp ต่ำ/ Cycle time สูง/ Holding Pressure สูง	6	ปรับcondition	สายตา	6	288
	เป็นจุดดำ	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Holding Pressure สูง/Speed สูง / Mold temp ต่ำ	4	ปรับcondition	สายตา	5	160
	ชิ้นงานแตกร้าว	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Pressure สูง / Speed สูง / Mold temp ต่ำ	4	ปรับcondition	สายตา	5	160
	คราบน้ำมัน	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Pressure ต่ำ/ Speed ต่ำ / Holding Pressure ต่ำ	4	ปรับcondition	สายตา	5	160

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

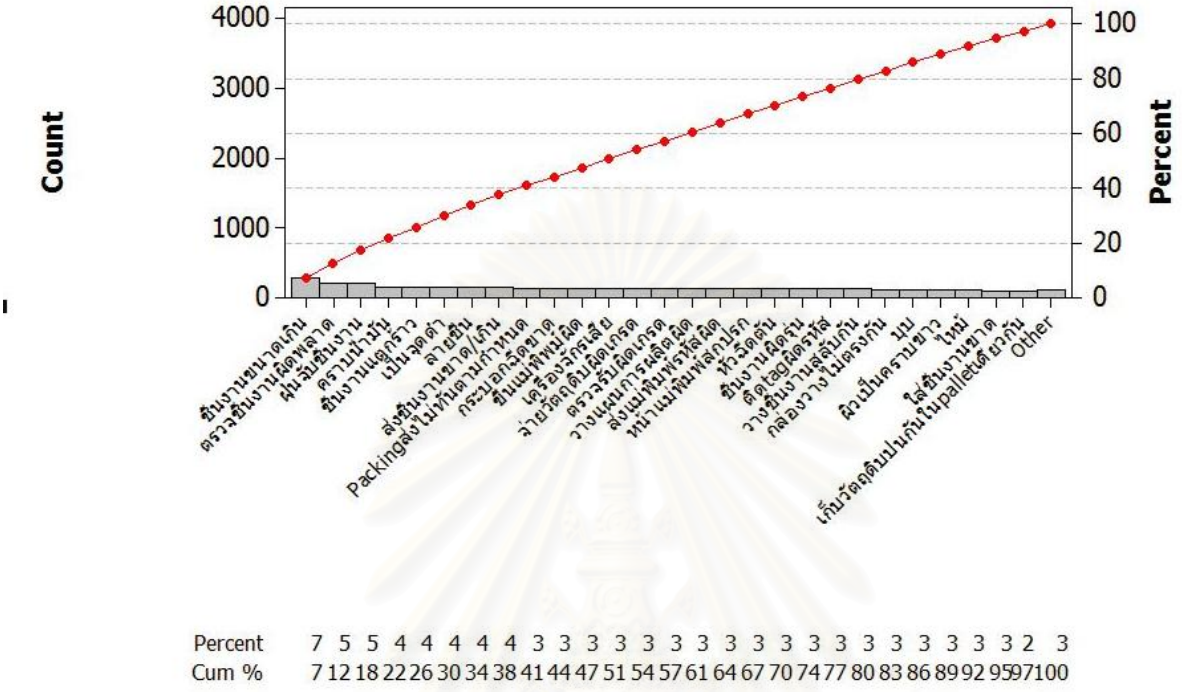
	ผิวเป็นคราบขาว	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Speed สูง/ Mold temp ต่ำ / Holding Pressure ต่ำ	3	ปรับcondition	สายตา	5	120
	ลายชิ้น	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Pressure ต่ำ / Speed สูง/ เม็ดพลาสติกชื้น	4	ปรับcondition	สายตา	5	160
	บุบ	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Holding Pressure ต่ำ / Mold temp สูง/ Cycle time ต่ำ	3	ปรับcondition	สายตา	5	120
	ไหม้	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Pressure สูง / Speed สูง / จุดระบายอากาศไม่ดี	3	ปรับcondition	สายตา	5	120
5.4 ตรวจสอบก่อนอนุมัติการผลิต	ตรวจชิ้นงานผิดพลาด	ไม่สามารถส่งลูกค้าได้	8	พนักงานทำการตรวจสอบไม่ละเอียดตาม QC STD.	5	อบรมพนักงานก่อนตรวจสอบ	ตัวอย่างชิ้นงาน Approve.QC.STD.	5	200
6.ผลิตและตรวจสอบคุณภาพ									
6.1 ฉีดชิ้นงาน	ชิ้นงานขนาดเกิน	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Mold temp ต่ำ/ Cycle time สูง/ Holding Pressure สูง	6	ปรับcondition	สายตา	6	288
	เป็นจุดดำ	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Holding Pressure สูง/Speed สูง / Mold temp ต่ำ	4	ปรับcondition	สายตา	5	160
	ชิ้นงานแตกร้าว	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Pressure สูง / Speed สูง / Mold temp ต่ำ	4	ปรับcondition	สายตา	5	160
	คราบน้ำมัน	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Pressure ต่ำ/ Speed ต่ำ/	4	ปรับcondition	สายตา	5	160

	ผิวเป็นคราบขาว	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Holding Pressure ต่ำ Speed สูง/ Mold temp ต่ำ / Holding Pressure ต่ำ	3	ปรับcondition	สายตา	5	120
	ลายชื้น	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Pressure ต่ำ / Speed สูง / เม็ดพลาสติกชื้น	4	ปรับcondition	สายตา	5	160
	บุบ	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Holding Pressure ต่ำ / Mold temp สูง/ Cycle time ต่ำ	3	ปรับcondition	สายตา	5	120
	ไหม้	ไม่สามารถใช้งานได้	8	Pressure สูง / Speed สูง / จุดระบายอากาศไม่ดี	3	ปรับcondition	สายตา	5	120
6.2 ตรวจสอบระหว่างกระบวนการผลิต	ตรวจชิ้นงานผิดพลาด	ไม่สามารถส่งลูกค้าได้	8	พนักงานทำการตรวจสอบไม่ละเอียดตาม QC STD.	5	อบรมพนักงานก่อนตรวจสอบ	ตัวอย่างชิ้นงาน Approve.QC.STD.	5	200
7.การบรรจุชิ้นงาน	ใส่ผิดกล่อง	จำนวนไม่ลงตัว	4	กล่องสั่งซื้อไม่พัน	4	ห้ามใช้temporary packing	ตรวจสอบให้ตรง packing Standard	3	48
	ใส่ชิ้นงานขาด	ต้องทำการแก้ไข	5	พนักงานนับจำนวนผิดพลาด เรียงไม่ตรงตามที่กำหนด	5	ออกแบบช่องตามจำนวนใส่ชิ้นงาน	สายตา	4	100
	ติดtagผิดรหัส	ต้องแก้ไขทั้งหมด	5	พนักงานติดtag ผิดด้าน การตรวจสอบQCผิดพลาด	5	ตรวจนับ100%	สายตา	5	125
8. การเคลื่อนย้าย	กล่องวางไม่ตรงกัน	กล่องเสียรูปชิ้นงานอาจจะเสียหายได้	4	การกระแทกขณะเคลื่อนย้าย	6	ใช้ลังพลาสติกที่มีหูล็อค	สายตา	5	120
9. การจัดเก็บสินค้า	วางชิ้นงานสลับกัน	ส่งชิ้นงานผิดให้ลูกค้า	5	รวมจำนวน pallet ที่เหลือน้อย	5	ตรวจสอบ100%	สายตา	5	125

	ฝุ่นจับชิ้นงาน	ไม่สามารถใช้งานได้	8	ฝุ่นจากรถ folk lift	5	ตรวจสอบ100%	สายตา	5	200
10.ตรวจสอบก่อนการจัดส่งมอบ	ตรวจชิ้นงานผิดพลาด	ไม่สามารถส่งลูกค้าได้	8	พนักงานทำการตรวจสอบไม่ละเอียดตาม QC STD.	5	อบรมพนักงานก่อนตรวจสอบ	ตัวอย่างชิ้นงาน Approve.QC.STD.	5	200
11.การส่งมอบ	ชิ้นงานผิดรุ่น	ต้องทำการแก้ไข	5	Label ไม่ชัดเจน	5	ตรวจสอบ100%	สายตา	5	125
	ส่งชิ้นงานขาด / เกิน	ต้องทำการแก้ไข	5	ลืมแก้ไขตัวเลขที่ Label	6	ตรวจสอบ100%	สายตา	5	150

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางการวิเคราะห์ FMEA แล้วทำการยืนยันการให้คะแนนผ่านแผนภาพพาเรโตดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แผนภาพพาเรโตของการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง

เมื่อพิจารณาจากแผนภาพพาเรโตจะพบว่าปัญหาที่มีค่า RPN สูงที่สุดคือปัญหาชิ้นงานที่มีขนาดเกินซึ่งมีปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำให้เกิดขนาดเกินคือ Mold temp ต่ำ / Cycle time สูง/ Holding Pressure สูง

4.5 ดำเนินการและวิเคราะห์ผลและออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองใช้แบบ 2^K Factorial Design โดยผลจากการวิเคราะห์การทดลองจะทำให้ ทราบว่าปัจจัยป้อนเข้าที่ได้จากการดำเนินงานการวิเคราะห์นั้นมีความสัมพันธ์กับของเสียประเภทขนาดไม่ได้มาตรฐานหรือไม่

โดยในที่นี้ปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์คือ Holding Pressure, Cycle Time , อุณหภูมิ Mold Temp โดยค่าพารามิเตอร์ที่ทางโรงงานใช้ของเดิมนั้นได้มาจากการกำหนดของฝ่ายวิศวกรรมของทางโรงงานโดยแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าพารามิเตอร์เดิมของโรงงาน

Mold Temp (^{o}C)	Cycle Time (Sec)	Holding Pressure (MPa)
50	33	60

แต่เนื่องจากปัญหาขนาดไม่ได้มาตรฐานเป็นแบบขนาดโต จากการทำการศึกษาและสอบถามผู้ที่มีความรู้ความชำนาญและจากข้อแนะนำในหนังสือได้ความว่าควรจะใช้ค่า Mold Temp ที่สูงขึ้น ค่า Cycle Time ควรต่ำลง และค่า Holding Pressure ที่น้อยลงแต่ไม่ทราบว่าค่า เท่าไรจึงเหมาะสมจึงทำ การแปรผันค่าต่างๆที่พอจะเป็นไปได้และทำการวิเคราะห์เพื่อดูว่าปัจจัยทั้ง 3 อย่างนั้นมีผลอย่างไร และเพื่อที่จะเป็นแนวทางในการปรับตั้งค่าต่อไปโดยค่าที่ทำการแปรผันใหม่แสดงดงตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการทดลองปรับ

KPIVs	Low (-1)	High (1)
Mold Temp (^{o}C)	65	75
Cycle Time (Sec)	22	27
Holding Pressure (MPa)	10	20

เหตุผลในการเลือกใช้ใช้ค่า Mold Temp เท่ากับ 65 และ75°C เนื่องจากในคำแนะนำของวัสดุชนิด Polypropylene(PP) (จากมาตรฐาน Material Data for Injection Moulders) ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในการผลิตนั้นแนะนำว่าปกติค่า

Mold Temp (°C)	10-80	เมื่อขนาดโตเลือกค่าสูง
Cycle Time (Sec)	> 22	ถ้าใช้เวลาน้อยกว่านี้จะทำให้ชิ้นงานไม่แข็งตัวจะเกิดรอยบุบ
Holding Pressure (MPa)	10-99	ควรใช้ค่าที่น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

เนื่องจากมีปัจจัย 3 ปัจจัยและจากการหาขนาดของสิ่งตัวอย่าง (Sample Size) จะได้เท่ากับ 6 ชิ้นโดยมีค่า Power เท่ากับ 0.93734 จึงทำการทดลองทั้งหมด 48 การทดลองโดยข้อมูลผลการทดลองแสดงในตาราง 4.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองจากการออกแบบผลการทดลอง

RunOrder	Mold Temp	Cycle Time	Holding Pressure	length(mm)
1	-1	-1	-1	100.12
2	-1	-1	1	100.15
3	1	1	-1	100.27
4	1	-1	-1	99.95
5	-1	-1	-1	100.13
6	1	1	-1	100.26
7	-1	1	-1	100.25
8	1	1	1	100.36
9	1	-1	1	100.18
10	-1	-1	1	100.23
11	-1	1	1	100.19
12	1	-1	-1	99.90
13	1	1	-1	100.15
14	1	1	1	100.35
15	1	-1	1	100.20
16	1	1	-1	100.32
17	1	1	-1	100.40
18	1	-1	-1	99.80
19	1	-1	1	100.15
20	1	-1	-1	99.88
21	-1	1	-1	100.23
22	-1	1	-1	100.38
23	0	0	0	100.05
24	-1	-1	-1	100.15
25	-1	1	1	100.13
26	-1	1	-1	100.21

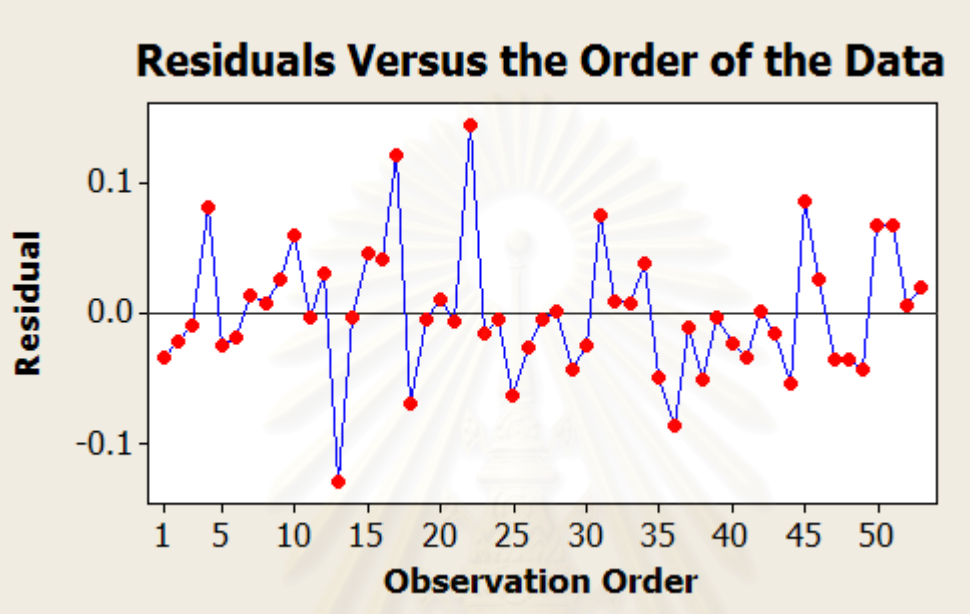
27	0	0	0	100.06
28	1	1	-1	100.28
29	-1	1	1	100.15
30	-1	-1	-1	100.13
31	0	0	0	100.14
32	-1	-1	1	100.18
33	-1	1	1	100.20
34	-1	1	1	100.23
35	1	-1	-1	99.82
36	-1	1	-1	100.15
37	-1	-1	1	100.16
38	-1	-1	1	100.12
39	1	1	1	100.35
40	1	1	1	100.33
41	1	-1	1	100.12
42	1	-1	-1	99.87
43	0	0	0	100.05
44	1	-1	1	100.10
45	-1	-1	-1	100.24
46	1	-1	1	100.18
47	0	0	0	100.03
48	-1	1	-1	100.20
49	1	1	1	100.31
50	-1	1	1	100.26
51	1	1	1	100.42
52	-1	-1	-1	100.16
53	-1	-1	1	100.19

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.1 ตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูล

1. การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูลนั้นพิจารณาได้โดยวิเคราะห์ผ่านแผนภูมิควบคุม

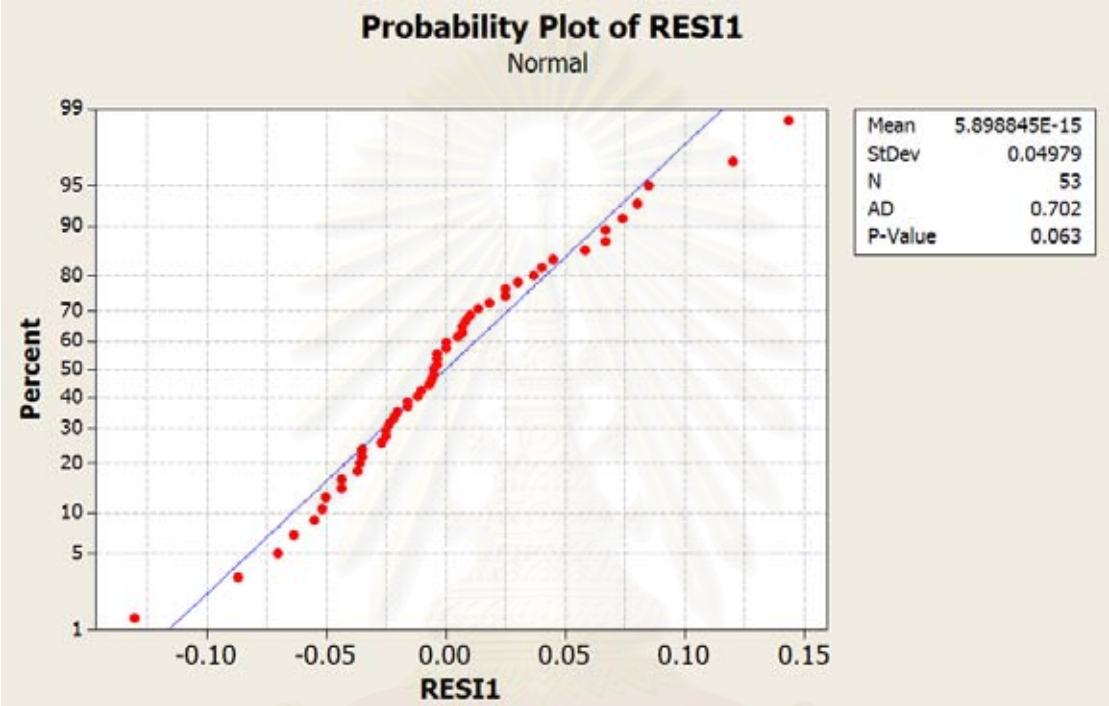


โดยแกน X คือลำดับการทดลอง และแกน Y คือค่าเศษเหลือซึ่งกราฟนี้จะแสดงพฤติกรรมของค่าเศษเหลือตลอดช่วงการทดลองพิจารณาแผนภูมิควบคุมพบว่าข้อมูลมีลักษณะสุ่มนั่นคือข้อมูลแต่ละตัวเป็นอิสระต่อกันโดยไม่มีความลำเอียง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล

การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลนั้นเป็นการตรวจสอบว่าค่าเศษเหลือมีลักษณะการกระจายรอบ ค่าหนึ่งอย่างสมมาตรหรือไม่ ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นตรง แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

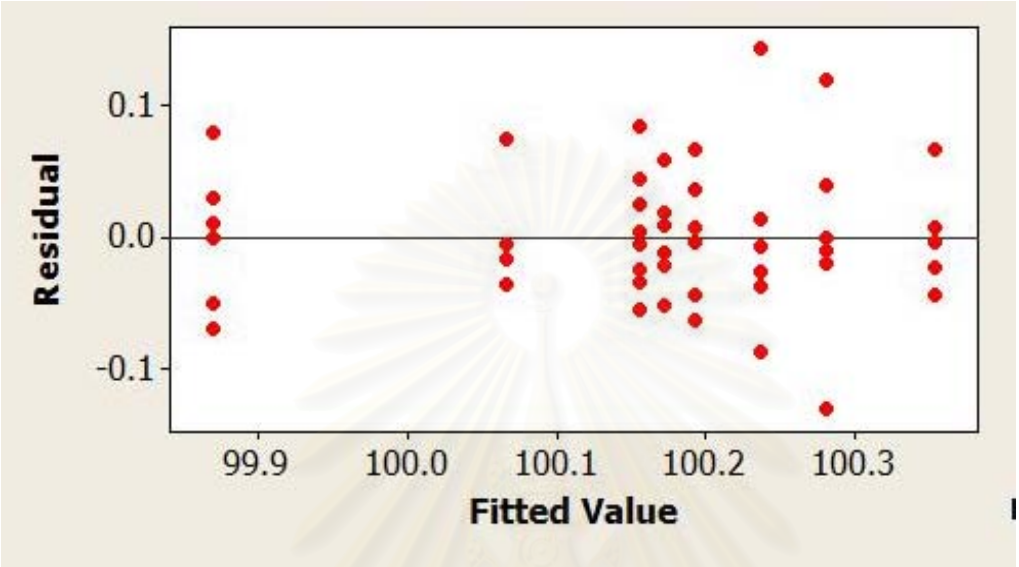


โดยจากรูปแสดงค่า P-value เท่ากับ 0.063 ซึ่งมากกว่า 0.05 ที่เรากำหนดไว้แสดงว่าข้อมูลนี้สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้

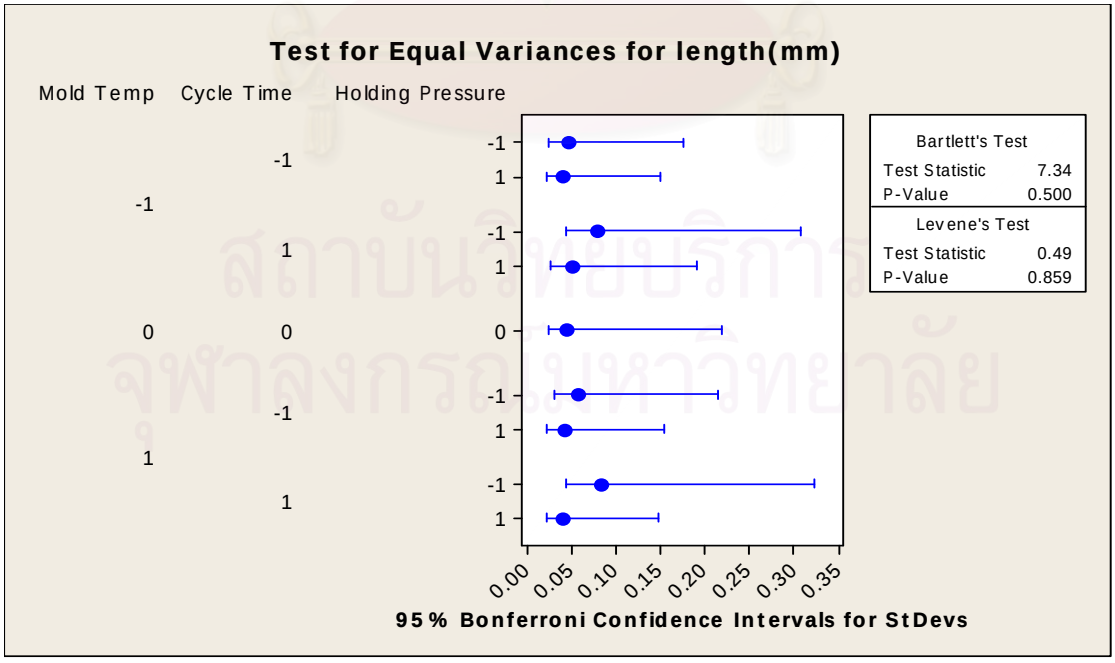
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวน

การทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนนั้นเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่เก็บมามีการสุ่มรอบค่าศูนย์หรือไม่ ซึ่งวิเคราะห์ผ่านแผนภาพทดสอบความมีเสถียรภาพ (Residual vs. Fits)



จากรูปแสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวรอบค่าศูนย์แต่ไม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าเสถียรจริงหรือไม่จึง นำข้อมูลไปทำการ Test for Equal Variances: length(mm) versus Mold Temp, Cycle Time, Holding Pres จะได้ดังรูป



จากกราฟจะเห็นว่าค่าP-value เกิน 0.05 แสดงว่าข้อมูลที่ได้มีความเสถียร

จากการประเมินคุณสมบัติทั้ง 3 ประการของข้อมูลทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมี คุณสมบัติครบทั้ง 3 ประการ ได้แก่ ความสุ่ม,ความเป็นปกติและความผันแปรของข้อมูลมีเสถียรภาพ ซึ่งสามารถนำมาทำการวิเคราะห์ในขั้นต่อไปได้

4.5.2 การวิเคราะห์ผลจากโปรแกรม Minitab

2^K Factorial Design

Factors	3 Base Design	3; 8
Runs	48 Replicates	6
Blocks	5 Center pts (total)	0

Factorial Fit: Responds versus Temp, Time, HP

Estimated Effects and Coefficients for Responds (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		100.177	0.007812	12822.79	0.000
Temp	-0.009	-0.012	0.007812	-1.57	0.123
Time	0.197	0.089	0.007812	11.39	0.000
HP	0.083	0.041	0.007812	5.31	0.000
Temp*Time	0.142	0.063	0.007812	8.08	0.000
Temp*HP	0.082	0.048	0.007812	6.16	0.000
Time*HP	-0.069	-0.034	0.007812	-4.35	0.000
Temp*Time*HP	-0.042	-0.019	0.007812	-2.34	0.019
Ct Pt		-0.111	0.025435	-4.36	0.000

S = 0.0541260

R-Sq = 87.48%

R-Sq(adj) = 85.20%

จากการพิจารณาค่า R^2 = 87.48% แสดงว่าการทดลองได้รับการออกแบบมาดีแล้วเพราะถ้าหากความผันแปรทั้งหมด มีค่า 100 หน่วย แล้วสามารถอธิบายความผันแปรจากทรีตเมนต์ได้ถึง 87.48 หน่วย ส่วนที่เหลือไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสาเหตุทางด้านรีพีททะบิลตี้ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าจะได้ R^2 Adjust = 85.20%ใกล้เคียงกับ R^2 = 87.48% แสดงว่าจำนวนข้อมูลที่เก็บมาจากการทดลองมีจำนวนเพียงพอแล้ว

จากนั้นดูที่ค่า P-value ของแต่ละปัจจัย ซึ่งแสดงค่า P-value ที่ต่ำ (เทียบกับค่า0.05) แสดงว่า ปัจจัย นั้นมีนัยสำคัญหรือมีผล แต่ค่า P-value ของ Temp มีค่ามากแสดงว่าไม่ Significant หรือไม่มีผลแต่เมื่อนำปัจจัย Temp ไป Interactionกับปัจจัยอื่นแล้วปรากฏว่าค่า P-value ต่ำแสดงว่ามีผลทำให้ไม่สามารถตัดค่า Temp ออกได้ จากนั้นพิจารณาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่ต้องการศึกษา ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ผ่านสมการ ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

Response = 118.201 - 0.287567 Temp - 0.668167 Time - 0.609967 HP +
0.0107(Temp*Time) + 0.0098(Temp*HP) + 0.0205667(Time*HP) -
0.000333333(Temp*Time*HP)

และจากการที่ใช้ Center point ในการทดลองด้วยและได้ค่า P-value น้อยกว่า0.05 แสดงให้เห็นว่าสมการที่ได้เป็นกราฟเส้นตรง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลซึ่งได้จากการทดลองโดยนำมาข้อมูลมาจัดเรียงให้เป็นหมวดหมู่แสดงข้อมูลในตารางที่ 4.10 โดยลำดับขั้นที่ทำการทดลองที่ในแต่ละค่าสามารถดูได้ในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองที่ทำการจัดเรียงแล้ว

Mold Temp (oC)	Cycle Time (Sec)	Holding Pressure (MPa)	1	2	3	4	5	6	ค่าเฉลี่ย (mm)
65	22	10	100.12	100.13	100.15	100.13	100.24	100.16	100.155
65	22	20	100.15	100.23	100.18	100.16	100.19	100.12	100.172
65	27	10	100.25	100.23	100.38	100.21	100.15	100.20	100.237
65	27	20	100.19	100.13	100.15	100.23	100.20	100.26	100.193
75	22	10	99.82	99.95	99.90	99.80	99.88	99.87	99.870
75	22	20	100.18	100.20	100.15	100.12	100.10	100.18	100.155
75	27	10	100.27	100.26	100.15	100.32	100.40	100.28	100.280
75	27	20	100.36	100.35	100.35	100.33	100.31	100.42	100.353

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่ Mold Temp เท่ากับ 75 °C, Cycle Time เท่ากับ 22 วินาที และ Holding Pressure เท่ากับ 10 MPa ทำให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ 99.75 - 100.05 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองเทียบกับผลจากสมการ Regression

	Temp (°C)	Time (Sec)	HP (MPa)	1	2	3	4	5	6	ค่าเฉลี่ย (mm)
การทดลอง	75	22	10	99.82	99.95	99.90	99.80	99.88	99.87	99.87
จากสมการ	75	22	10	99.79	99.93	99.85	99.72	99.81	99.77	99.82

4.6 ตารางการปรับปรุง

ตารางที่ 4.12 แสดงขั้นตอนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

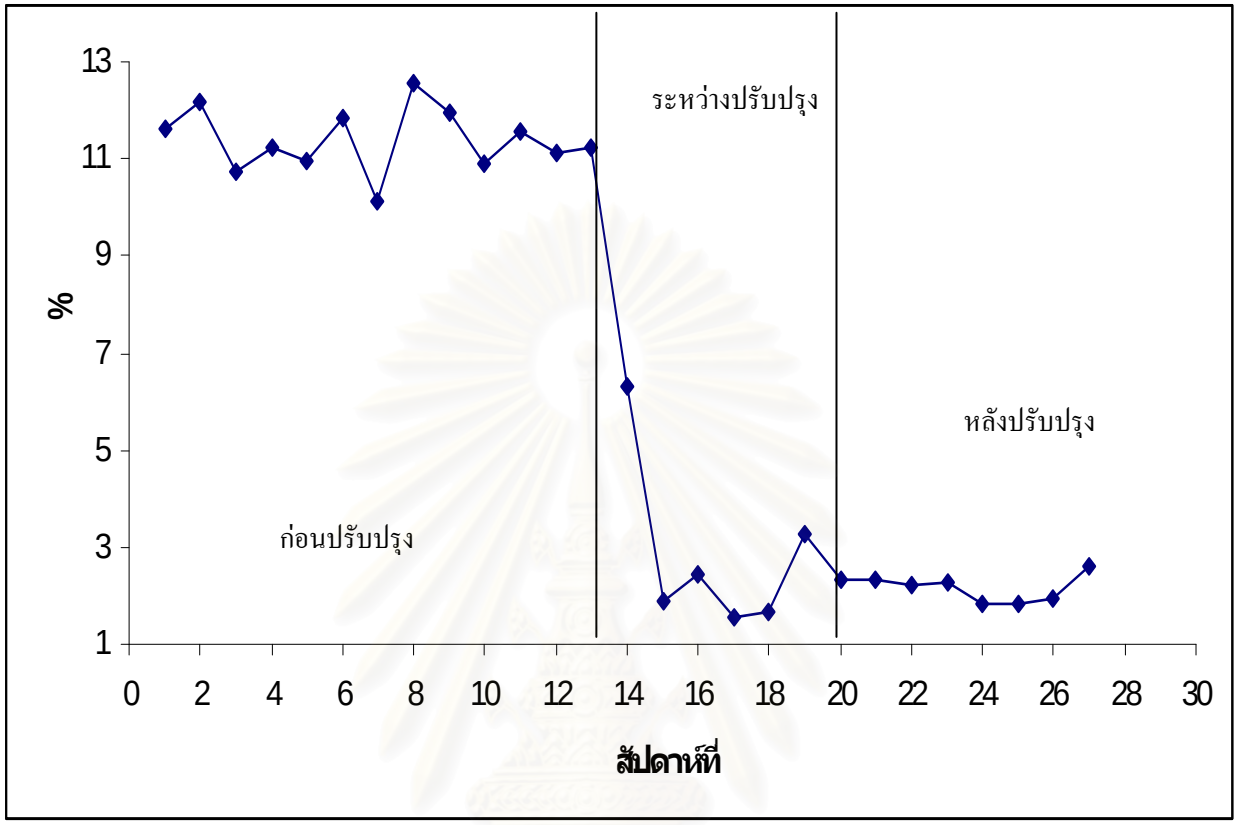
ก่อนปรับปรุง	ระหว่างปรับปรุง	หลังปรับปรุง
• ทำการเก็บข้อมูลของเสียที่เกิดจากปัญหาขนาดเกินโดยทำการวัดขนาดชิ้นงานที่ผลิตโดยใช้เวอร์เนียซึ่งทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 เดือนพบว่ามีของเสียประมาณ 11.39 %	• นำค่าพารามิเตอร์ใหม่ที่ได้จากมาตรฐาน Material Data for Injection Molders ไปทำการทดลองฉีดเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิค DOE โดยใช้เวลาทำการฉีดเพื่อแก้ปัญหาขนาดเกินเป็นเวลา 1 สัปดาห์เพื่อหาค่าที่เหมาะสม • นำค่าพารามิเตอร์ใหม่ไปใช้ในการฉีดจริงโดยแจ้งแก่พนักงานหน้าเครื่อง • ในสัปดาห์แรกที่ทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ใหม่ของเสียมีการลดลงเหลือ 6.3 %เนื่องจากพนักงานหน้าเครื่องที่มีประสบการณ์นั้นไม่ยอมปรับตามค่าที่ให้ไปเนื่องจากไม่เชื่อมั่นในค่าที่ให้	• ในส่วนของการควบคุมเริ่มตั้งแต่สัปดาห์ที่ 8 จนถึงสัปดาห์ที่14 พบว่าจำนวนของเสียมีค่าอยู่ในช่วง 1.82-2.63 % ดังนั้นการแก้ปัญหาด้วยการปรับตั้งพารามิเตอร์ที่ใช้ในการฉีดนั้นเหมาะสมและสามารถทำให้ของเสียลดลงได้จริง

	• สัปดาห์ที่สองทำการติดต่อให้วิศวกรฝ่ายควบคุมการผลิตซึ่งมีประสบการณ์สูงเป็นผู้เขียนค่าพารามิเตอร์ลงในใบสั่งผลิตพร้อมเซ็นลายเซ็นต์กำกับลงในเอกสารทำให้ของเสียลดลงเหลือเพียง 1.9 % • สัปดาห์ที่หกมีจำนวนของเสียเพิ่มขึ้นมาเป็น 3.3% เนื่องจากพนักงานได้ย้ายไปทำงานที่โรงงานสาขาอื่นและมีการรับพนักงานเข้ามาใหม่ทำให้พนักงานใหม่บางคนปรับตั้งค่าเครื่องฉีดผิดและทำการตรวจสอบชิ้นงานผิดพลาดโดยเอกสารที่ใช้ในการอบรมประกอบด้วย Process Control Checklist for Injection Process และ Defect Inspection Log Book • สัปดาห์ที่เจ็ดได้มีการจัดอบรมพนักงานใหม่และมีการติดตามดูขั้นตอนการปฏิบัติงานแบบสุ่มโดยตัววิศวกรฝ่ายควบคุมการผลิตเองทำให้ปัญหาของเสียลดลงเหลือ 2.3 %	

	• เมื่อพบว่าของเสียเริ่มคงที่จึงทำการควบคุมกระบวนการผลิตโดยมีการ Process Audit จากวิศวกรฝ่ายผลิต, วิศวกรฝ่าย QAและวิศวกรควบคุมกระบวนการแผนกอื่นๆ ในทุกๆ สัปดาห์เป้นเวลาหนึ่งเดือนและจากการดำเนินการในช่วงแรกไม่พบปัญหาแต่อย่างใดจึงเปลี่ยนมาทำ Process Audit เดือนละครั้งแทน	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลในตารางเราสามารถสร้างเป็นกราฟเปรียบเทียบตารางก่อนและหลังปรับปรุง



รูปที่ 4.7 รูปกราฟเปรียบเทียบตารางก่อนและหลังปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

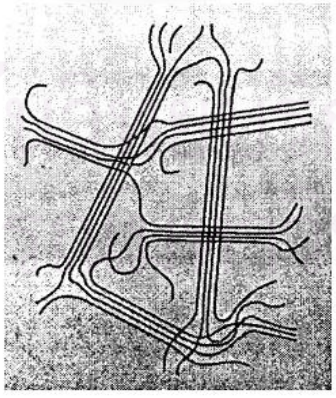
บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

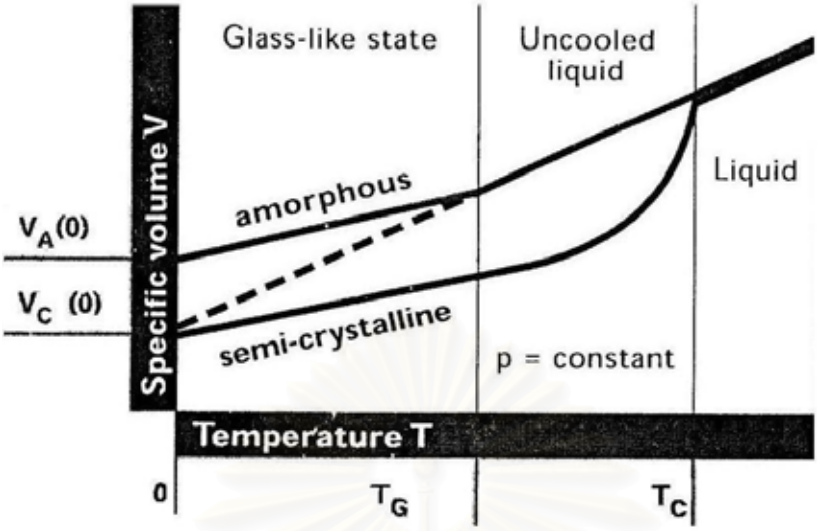
ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปของการดำเนินงานครั้งนี้ตลอดจนข้อเสนอแนะและแนวทางในการแก้ปัญหาสำหรับการนำข้อมูลทั้งหมดไปประยุกต์ใช้เพื่อการดำเนินงานต่อในอนาคตซึ่งหัวข้อที่ กล่าวในบทนี้มีดังต่อไปนี้

5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิMoldที่สูงขึ้นแล้วทำให้ขนาดของชิ้นงานเล็กลงสามารถอธิบายได้จากปรากฏการณ์ของวัสดุพลาสติกที่เป็นSemi-Crystallineโดยอธิบายผ่านแผนภาพ PVT ในรูปที่ 4.9 โดยวัสดุพลาสติกที่เป็น Semi-Crystalline จะมีช่วงของการเกิดโครงสร้างผลึก (Crystal) ในช่วงของ Tc หรือ Uncooled liquid โดยโครงสร้างผลึกคือโครงสร้างที่มีการจัดตัวกันส่วนใหญ่ไม่เป็นระเบียบแต่มีบางส่วนจัดเรียงตัวกันในลักษณะ Crystal ดังรูปที่ 4.8 เมื่อได้รบ ความร้อนพันธะจะถูกทำลายได้แต่เมื่อเกิดการเย็นตัวจะกลับมาเกาะตัวกันเป็นผลึกได้อีก โดยผลึกจะ เกิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วในการเย็นตัวถ้าค่อยๆเย็นตัวอย่างช้าๆการเกาะตัวเป็นผลึกก็จะมากขึ้นซึ่งการจัดเรียงตัวแบบผลึกนี้เป็นการจัดเรียงตัวที่เป็นระเบียบทำให้โมเลกุลอยู่ใกล้ชิดกันมาก จึงส่งผลให้ขนาดเล็กลง ถ้าเกิดผลึกมากขนาดก็จะเล็กลงมากนั่นเอง ซึ่งจากอุณหภูมิของ Mold ที่สูงทำให้การเย็นตัวของชิ้นงานทำได้ช้าเพราะความร้อนไม่สามารถถ่ายเทได้เร็วจึงทำให้เกิดผลึกมากและส่งผลให้ชิ้นงานมีขนาดเล็กลง



รูปที่ 5.1 ลักษณะของวัสดุพลาสติกที่เป็น Semi-Crystalline



รูปที่ 5.2 **แสดงแผนภาพ** PVT diagram

ในส่วนของเวลานั้นสามารถอธิบายได้ว่าเนื่องจากพลาสติกทุกชนิดมีคุณสมบติในการหดตัวอยู่แล้ว เมื่อเราทำการฉีดพลาสติกเหลวเข้าไปในแบบพลาสติกจะเริ่มมีการหดตัวเพื่อถ่ายเทความร้อนแต่เมื่อระยะเวลาในการเย็นตัวใน Mold นานจะทำให้พลาสติกไม่สามารถหดตัวได้อย่างอิสระจึงทำให้ขนาดไม่สามารถลดลงได้ แต่ถ้าระยะเวลาในการเย็นตัวใน Mold น้อยเวลาที่นำชิ้นงานออกมาจาก Mold ชิ้นงานจะสามารถถ่ายเทความร้อนสู่อากาศและเกิดการหดตัวได้อย่างอิสระ จึงทำให้ขนาดลดลงในส่วนของ Holding Pressure นั้นเหมือนเป็นการเพิ่มเนื้อเข้าไปให้กับชิ้นงานถ้าเพิ่มเนื้อเข้าไปมากจะทำให้มีมวลมากและส่งผลให้ขนาดใหญ่ขึ้นตามไปด้วยจึงต้องใช้ค่า Holding Pressure ที่ต่ำลงเพื่อลดมวลของชิ้นงานลงและส่งผลให้ขนาดเล็กลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน

หัวข้อการดำเนินการวิจัย คือ การลดของเสียในโรงงานอุตสาหกรรมฉีดพลาสติกโดยใช้แนวทางและหลักการทางสถิติเข้ามาช่วย ในการดำเนินการวิจัยเพื่อ แก้ไขปัญหาซึ่งเป็นแนวทางการบริหารคุณภาพ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้คือขั้นตอนการระบุปัญหาและการสำรวจสภาพปัจจุบัน, ขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เป็นต้น

การดำเนินงานในการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมฉีดพลาสติกเป็นการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพในการผลิตให้กับโรงงานโดยจะเน้นถึงการดำเนินงานด้านคุณภาพให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นการลดต้นทุน ลดค่าใช้จ่ายในการ ดำเนินการผลิตและเพื่อคุณภาพของตัวผลิตภัณฑ์ สำหรับรายละเอียดในการดำเนินงานนั้นเริ่มจากการระบุปัญหาโดยจะพิจารณาถึงปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อโรงงานและเมื่อนำจำนวนของเสียของปัญหาในแต่ละประเภทมาแยกเป็นชนิดต่างๆโดยใช้แผนภาพพาเรโตในการวิเคราะห์พบว่าปัญหาชนิดขนาดไม่ได้มาตรฐานเป็นปัญหาที่มีจำนวนมากที่สุดโดยในที่นี้ปัญหาขนาดไม่ได้มาตรฐานเป็นแบบขนาดโตเกินกว่าช่วงที่ยอมรับจากนั้นทำการวิเคราะห์ว่าปัญหาขนาดไม่ได้มาตรฐานนั้นเกิดที่ผลตภัณฑ์ใดบ้างโดยทำการศึกษาข้อมูลในปี พ.ศ.2548 พบว่าผลิตภัณฑ์ มีสัดส่วนของเสียและความสูญเสียเป็นจำนวนเงินสูงที่สุดซึ่งจะสร้างความเสียหาย และส่งผลต่อคุณภาพและความน่าเชื่อถือของบริษัท ทำให้ผลิตผลลดลงและต้นทุนเพิ่มขึ้นดังนั้นงานวิจัยนี้จะเน้นศึกษาถึงการลดปริมาณของเสียของผลิตภัณฑ์ จากนั้นได้ทำการคัดเลือกหาปัจจัยป้อนเข้าที่น่าจะส่งผลกระทบต่อการเกิดของเสียแบบขนาดโตของ ผลิตภัณฑ์ ภายใต้การวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่อง (FMEA)โดยทำการวิเคราะห์ผ่านพาเรโตพบ ว่าปัจจัยที่มีความสำคัญที่สงผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษาคืออุณหภูมิ Mold, Cycle Time, Holding Pressure

จากนั้นทำการออกแบบการทดลองโดยใช้แบบ 2_k Factorial Design เพื่อที่ทำให้ทราบว่าปัจจัย อุณหภูมิ Mold, Cycle Time, Holding Pressure มีผลหรือไม่อย่างไร โดยจากการวิเคราะห์ผลการ ทดลองผ่านโปรแกรม Minitab พบว่าปัจจัยทั้ง 3 มีผลต่อขนาดของชิ้นงานผลการทดลองสรุปได้ว่าที่ Mold Temp เท่ากับ 75 $^{\circ}$C ,Cycle Time เท่ากับ 22 วินาที และ Holding Pressure เท่ากับ 10 MPa ทำให้ได้ขนาดของชิ้นงานอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือ 99.75 - 100.05 มิลลิเมตร

5.3 ข้อเสนอแนะ

หลังจากที่ได้ลงมือทำการปรับปรุงพบปัญหาในขณะที่ดำเนินงานมีดังนี้

1. ในขณะที่ได้ดำเนินการลดของเสียนั้นตัวชิ้นงานที่ผลิตนั้นเป็นชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบแบบ100% ซึ่งทำให้บริษัทต้องรับภาระงานมากขึ้น ดังนั้นเมื่อเราทำการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์จากตารางที่ทำการทดลองแล้วนั้นของเสียลดลงอย่างมาก ทางบริษัทควรพิจารณาปรับลดการตรวจสอบลงเพื่อประหยัดเวลาในการผลิตลง

2. ในขณะที่ดำเนินการผลิตตามพารามิเตอรีที่ตั้งค่าไว้ชิ้นงานทุกชิ้นควรจะใช้ได้หมดแต่จากการตรวจสอบแบบ100%พบปัญหาที่ว่าทำไมถึงยังมีของเสียอยู่ดังนั้นเมื่อเราทำการวัดอุณหภูมิของแม่พิมพ์ขณะที่ฉีดโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิพบว่าบางครั้งมีค่าที่ไม่คงที่ตามที่ตั้งค่าซึ่งสาเหตุเกิดจากเครื่องจักรมีการให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์ไม่ได้ตามที่กำหนดไว้ดังนั้นควรมีการทบทวนและขยายผลเพิ่มเติมในการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ใช้ในการปฏิบัติงานเพราะในระหว่างที่ทำการผลิตถึงแม้อุณหภูมิของแม่พิมพ์จะคลาดเคลื่อนเล็กน้อยก็อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงานที่ต้องการอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่คงที่

3. ในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์นั้นค่าพารามิเตอร์อื่นๆนอกจากMold Temp, Holding Pressureและ Cycle Timeแล้วค่าพารามิเตอร์อื่นๆไม่ว่าจะเป็นความเร็วฉีด ระยะชักสูกร อุณหภูมิกระบอกฉีดนั้นเราไม่ได้ทำการทดลองปรับตั้งค่าเนื่องจากจะทำให้ต้องทำการทดลองที่เยอะขึ้นซึ่งจะเสียเวลาในการทำเพิ่มขึ้นจึงอาจจะเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ของเสียยังคงเกิดขึ้นบ้าง

4. ในการออกแบบการทดลองที่ใช้ในการฉีดชิ้นงานนั้นเราใช้การวัดขนาดชิ้นงานเพราะดูจากเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานจึงทำให้สามารถใช้วิธีการวัดขนาดมาทำการทดลองได้แต่ถ้าตัวชิ้นงานที่ทำการฉีดมีความซับซ้อนสูงในการออกแบบการทดลองจะต้องทำการพิจารณาว่าเป็นชิ้นงานที่ดีกับเสียแทนซึ่งจะทำให้เสียเวลามากขึ้นดังนั้นจึงควรใช้เทคนิคFMEAในการแก้ปัญหาแทนวิธีDOE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ในการกำหนดการแก้ไขเพื่อลดของเสียนั้นเราพบว่าค่า RPN ที่ได้จากการทำตาราง FMEA นั้นมีค่าสูงมาก ดังนั้นในการพิจารณาค่า RPN ที่มีค่าสูงสุดไปดำเนินการแก้ไขหรือปรับปรุงนั้นอาจไม่เพียงพอในการลดของเสียที่เกิดขึ้นมากนัก อย่างเช่นในการที่พนักงานตรวจสอบชิ้นงานผิดพลาดเนื่องจากพนักงานที่ทำงานส่วนมากทำงานแบบเข้ากะและมีการรับพนักงานใหม่เข้ามาเรื่อยๆดังนั้นทางโรงงานจึงควรมีการปรับปรุงในด้านการรับพนักงานใหม่ ควรจะมีการพิจารณาคุณสมบัติของพนักงานในตำแหน่งดังกล่าวให้มีความเหมาะสมกับงานที่ได้รับมอบหมายตลอดจนระบบการเพิ่มเติมความรู้ความชำนาญให้กับพนักงาน เช่น การฝึกอบรมหน้างาน (OJT) ควรพิจารณาถึงวิธีการในการประเมินผลที่สามารถวัดผลการทำงานของพนักงานได้ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของงานที่พนักงานปฏิบัติ

6. ในการแก้ปัญหาจากการทดลองซึ่งสามารถนำหลักการทางด้านเทคนิคไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหากรณีที่เกิดจากเรื่องของขนาดไม่ได้มาตรฐานแบบขนาดโตในส่วนของผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆได้ โดยทำการนำเอาปัจจัยต่างๆซึ่งได้แก่ อุณหภูมิของแม่พิมพ์ซึ่งถ้ามีปัญหาเรื่องขนาดโตก็ควรที่จะทำการปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดโครงสร้างผลึกและในส่วนของเรื่องเวลาก็ควรจะทำการลดเวลาลงเพื่อที่จะให้ชิ้นงานสามารถหดตัวภายนอกแม่พิมพ์ได้ และสุดท้ายในส่วนของ Holding Pressure ควรจะปรับให้มีค่าน้อยๆเพื่อให้มวลของชิ้นงานมีขนาดลดลง แต่ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นจากสาเหตุอื่นยังอยู่ ดังนั้นทางโรงงานจึงควรทำการทดลองที่ละเอียดในแต่ละปัญหาของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นนั้นจึงได้นำตารางการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆซึ่งเกิดจากการทดลองฉีดเมื่อเกิดของเสียขึ้นเพื่อให้นำไปใช้งานได้ง่ายขึ้นในการแก้ปัญหาข้างต้นแต่ตารางที่ได้เป็นตารางอย่างคร่าวๆซึ่งได้มาจากงานวิจัยและเมื่อทำการทดลองฉีดตามที่กำหนดก็พบว่าส่งผลตามตารางจริงแต่ทางโรงงานควรทำการทดลองเพื่อกำหนดค่าให้ละเอียดยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงผลกระทบของตัวแปรที่มีต่อข้อบกพร่องของชิ้นงาน

ข้อบกพร่อง	อุณหภูมิพลาสติกเหลว	อุณหภูมิกระบอกฉีด	อุณหภูมิแม่พิมพ์	ความกว้างของช่องหัวฉีด	ทางเข้าของพลาสติกเหลว	อัตราการป้อนพลาสติก	เวลาในการอบพลาสติก	ความเร็วรอบสกรู	ความดันต้านการถอยกลับสกรู	ความเร็วฉีด	ความดันฉีด	ความดันฉีดย้ำ	เวลาในการฉีดย้ำ	แรงปิดแม่พิมพ์	เวลาในการหล่อเย็น
เกิดรอยยุบในชิ้นงาน			ลด	เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม			ลด	ลด		เพิ่ม	เพิ่ม		
พลาสติกไหม้	ลด			เพิ่ม	เพิ่ม					ลด					
มีจุดบนผิวชิ้นงาน	เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม				เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม	ลด					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อบกพร่อง	อุณหภูมิพลาสติกเหลว	อุณหภูมิกระบอกฉีด	อุณหภูมิแม่พิมพ์	ความกว้างของช่องหัวฉีด	ทางเข้าของพลาสติกเหลว	อัตราการป้อนพลาสติก	เวลาในการอบพลาสติก	ความเร็วรอบสกรู	ความดันต้านการถอยกลับสกรู	ความเร็วฉีด	ความดันฉีด	ความดันฉีดย้ำ	เวลาในการฉีดย้ำ	แรงปิดแม่พิมพ์	เวลาในการหล่อเย็น
เนื้อพลาสติกเกิน	ลด		ลด	เพิ่ม	เพิ่ม		เพิ่ม			ลด	ลด	ลด	ลด	เพิ่ม	
วชิ้นงานด้าน	เพิ่ม		เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม		เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม	ลด					
พลาสติกแบ่งเป็นชั้น	ลด	เพิ่ม	เพิ่ม					เพิ่ม	เพิ่ม	ลด					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อบกพร่อง	อุณหภูมิพลาสติกเหลว	อุณหภูมิกระบอกฉีด	อุณหภูมิแม่พิมพ์	ความกว้างของช่องหัวฉีด	ทางเข้าของพลาสติกเหลว	อัตราการป้อนพลาสติก	เวลาในการอบพลาสติก	ความเร็วรอบสกรู	ความดันต้านการถอยกลับสกรู	ความเร็วฉีด	ความดันฉีด	ความดันฉีดย้ำ	เวลาในการฉีดย้ำ	แรงปิดแม่พิมพ์	เวลาในการหล่อเย็น
ชิ้นงานติดอยู่ในแม่พิมพ์	ลด		ลด									ลด	ลด		
ชิ้นงานบิดเบี้ยว	เพิ่ม								เพิ่ม	ลด	ลด	ลด	ลด		เพิ่ม
สีของชิ้นงานเปลี่ยน	ลด		เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม			เพิ่ม		ลด					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อบกพร่อง	อุณหภูมิพลาสติกเหลว	อุณหภูมิกระบอกฉีด	อุณหภูมิแม่พิมพ์	ความกว้างของช่องหัวฉีด	ทางเข้าของพลาสติกเหลว	อัตราการป้อนพลาสติก	เวลาในการอบพลาสติก	ความเร็วรอบสกรู	ความดันต้านการถอยกลับสกรู	ความเร็วฉีด	ความดันฉีด	ความดันฉีดย้ำ	เวลาในการฉีดย้ำ	แรงปิดแม่พิมพ์	เวลาในการหล่อเย็น
มีรอยการไหลของพลาสติก	เพิ่ม		เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม		เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม				
ชิ้นงานเปราะแตกง่าย	เพิ่ม		เพิ่ม		เพิ่ม		เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม	ลด		ลด	ลด		
ผิวชิ้นงานเป็นคลื่น	เพิ่ม		ลด		เพิ่ม	เพิ่ม				เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม		เพิ่ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อบกพร่อง	อุณหภูมิพลาสติกเหลว	อุณหภูมิกระบอกฉีด	อุณหภูมิแม่พิมพ์	ความกว้างของช่องหัวฉีด	ทางเข้าของพลาสติกเหลว	อัตราการป้อนพลาสติก	เวลาในการอบพลาสติก	ความเร็วรอบสกรู	ความดันต้านการถอยกลับสกรู	ความเร็วฉีด	ความดันฉีด	ความดันฉีดย้ำ	เวลาในการฉีดย้ำ	แรงปิดแม่พิมพ์	เวลาในการหล่อเย็น
รอยหยักเป็นทางยาวบนชิ้นงาน	เพิ่ม	เพิ่ม		เพิ่ม	เพิ่ม		เพิ่ม	เพิ่ม	เพิ่ม	ลด					
มีรอยเป็นทางในชิ้นงาน	เพิ่ม			ลด			เพิ่ม	ลด	เพิ่ม	ลด					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

108

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

.

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ FMEA. ส.เอเชียเพรส , 2547.

กิติศักดิ์ พลอยพาณิชเจริญ, ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างาน คิวซีเซอร์เคิล. บริษัท เทคนิคอล แอพโพรช เคาน์เซลลิ่งแอนด์ เทรนนิ่ง จำกัด, หน้า 54-57, 2543.

คะทซึยะ โฮโซตานิ, การแก้ปัญหาแบบคิวซี, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น),2538

โฆษิต สุขก้องวารี. อิทธิพลของอุณหภูมิต่อโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัตในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541

เฉลิมพล ลีลาผาติกุล. การวิเคราะห์และควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบทางคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540

ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย.การควบคุมคุณภาพ สำหรับนักบริหารและกรณีศึกษา. QC for Executive And cases study. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ เอ็ม แอนด์ อี, 2540.

ธนรัตน์ แต้วัฒนา. กรรมวิธีการผลิต. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2546.

ธนะศักดิ์ ทุเรียน. การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพกรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

นิพนธ์ ชวนะปราณี. การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และ FTA ในงานการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543

นิมิตร นาควิจิตร.การลดของเสีย:กรณีศึกษา บริษัทสำรวยเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด . วิทยานิพนธ์ปริญญาบัญฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547

ปราโมทย์ เลิศโกวิทย์. วิธีการลดปริมาณบกพร่องในกระบวนการหล่อขึ้นรูปของมิเตอร์น้ำ GMK 15, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมระบบการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2547

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ปิติ กันตถาวร. การหาแนวทางในการลดความสูญเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัญฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2546

พิชิต สุขเจริญพงษ์. การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น ,2535.

มนัสวี ตันเจริญ.การเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องเนื่องจากการคายประจุของไฟฟ้าสถิตในกระบวนการผลิตหัวอ่านฮาร์ดดิสก์รุ่นซีไดรฟ์, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2546

ยุทธนา โฆษิตสกุล. ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานโพลีโพรพิลีนที่ขึ้นรูปโดยกระบวนการฉีดพลาสติกโดยการใช้แก๊สช่วย.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัญฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2547

วชิราภรณ์ เศรษฐนันท์. การลดชิ้นส่วนของเสียในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัญฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542

วรวุฒิ สิทธิพล. การเสนอแนวทางการลดของเสียที่เกิดขึ้นจากขบวนการฉีดพลาสติก . วิทยานิพนธ์ปริญญาบัญฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548

วันชัย ริจิรวนิช. การเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรม เทคนิคและกรณีศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

สุชาติ ชีวสาธน์. ผลกระทบของปัจจัยการควบคุมที่มีต่อสมบัติของอะลูมิเนียมในกระบวนการฉีดแบบไดแคสติง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัญฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539

เสรี ยูนิพันธ์, จรูญ มหิทธาฟองกุล และดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย. เทคนิคการควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

อรรถพล ฤทธิภักดี.การปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

ภาษาอังกฤษ

.

Bank J. , Principles of Quality Control. New York : John Wiley& Sons, Inc.,1989.

Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company,General Motors Corporation. Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Reference Manual.Third Edition, July, 2001.

Garcia Rejon Modeling of industrial polymer processes: injection molding and blow molding, Advanced Performance Materials, 1998.

Richard A. Harpster, How to Get More Out of Your FMEA. Quality Digest, June,1999.

Wenjea, J.T., Statistical Analysis of Process Parameters Influencing Dimensional Control in Ceramic Injection Molding. Polymer Engineering and Science,1997

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

(คุณสมบัติวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โพลิโพรพีลิน PP (Polypropylene)

พลาสติกชนิดนี้ได้ถูกนำมาใช้ในปี ค.ศ. 1975 จะมีคุณสมบัติทั่วไปคล้ายกับโพลีเอทีลีนแต่โพลิโพรพิลิน จะมีความถ่วงจำเพาะ 0.90 ซึ่งจะน้อยกว่าและไม่ละลายในตัวทำละลายที่อุณหภูมิห้องแต่ถ้าอุณหภูมิเกิน80°C จะบะบายในสารประกอบอะโรเมติกและคลอรินเนตไอโดรคาร์บอนมีเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำต่ำ มีความต้านทานความร้อนสูง เหนียว ทนต่อการขัดสี คงรูปได้ดีมีความต้านทานไฟฟ้าได้ดี นิยมใช้ทำ ถุงพลาสติก เชือกพลาสติก กล่องพลาสติก ภาชนะเครื่องใช้ในครัวต่างๆซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆดังนี้

- ค่าหดตัวตามแนวยาว 1.3-2.0%
- ค่าหดตัวตามแนวขวาง 0.8-1.8%
- ความหนาแน่น 0.91 g/cm^3
- ทนแรงดึง 4500 ปอนด์/ ตารางนิ้ว
- ทนแรงอัด 7000 ปอนด์/ ตารางนิ้ว
- อุณหภูมิแม่พิมพ์ 10-80°C
- อุณหภูมิหลอมเหลว 220-260 °C

ภาคผนวก ข.

(เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานตัวอย่างในปัจจุบันนี้จะเป็นการศึกษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตหลักๆทุกประเภทซึ่งในโรงงานทั้งหมดมีเครื่องฉีด 106 เครื่อง แต่ในการฉีดผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเราใช้เครื่องฉีด 3 เครื่องซึ่งเป็นเครื่องจักรรุ่นใหม่ทั้ง3เครื่อง โดยเครื่องจักรมีขนาด 60 ตันและในตัวเครื่องจักรมีโปรแกรมที่สามารถจัดเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เคยฉีดในเครื่องมาแล้วได้อีกด้วยดังนั้นจึงทำให้สามารถผลิตได้เร็วขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

(ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์)

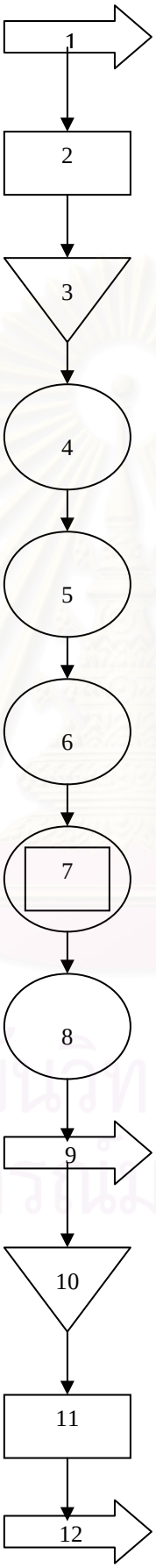
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในระบบการผลิตผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่างในปัจจุบันเป็นการเริ่มตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบไปจนถึงการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปซึ่งขั้นตอนในการผลิตมีดังต่อไปนี้

1) นำส่งวัตถุดิบ (Delivery of Material)
2) การตรวจรับวัตถุดิบ (Incoming Inspection of Material)
3) จัดเก็บ (Storage)
4) เตรียมวัตถุดิบ (Prepare Material)
5) เตรียมการผลิต (Prepare for Production)
6) เริ่มกระบวนการผลิตและอนุมัติการผลิต (Production Start up & Approval for Mass)
7) ผลิตและตรวจสอบคุณภาพ (Production & Inprocess Inspection)
8) การบรรจุ (Packing)
9) การเคลื่อนย้ายเข้าคลังสินค้า (Move to Warehouse)
10) การจัดเก็บสินค้า (Keep in Warehouse)
11) การตรวจสอบก่อนส่งมอบ (Outgoing Inspection)
12) การส่งมอบ (Delivery to Customer)

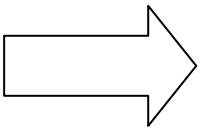
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิแสดงขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์



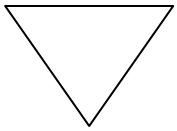
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์แผนผังการวิเคราะห์การผลิต

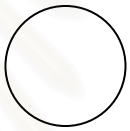


การเคลื่อนย้าย (Movement)

การตรวจสอบคุณภาพและจำนวน
(Quality & Quantity Inspection)



การจัดเก็บ (Controlled Storage)



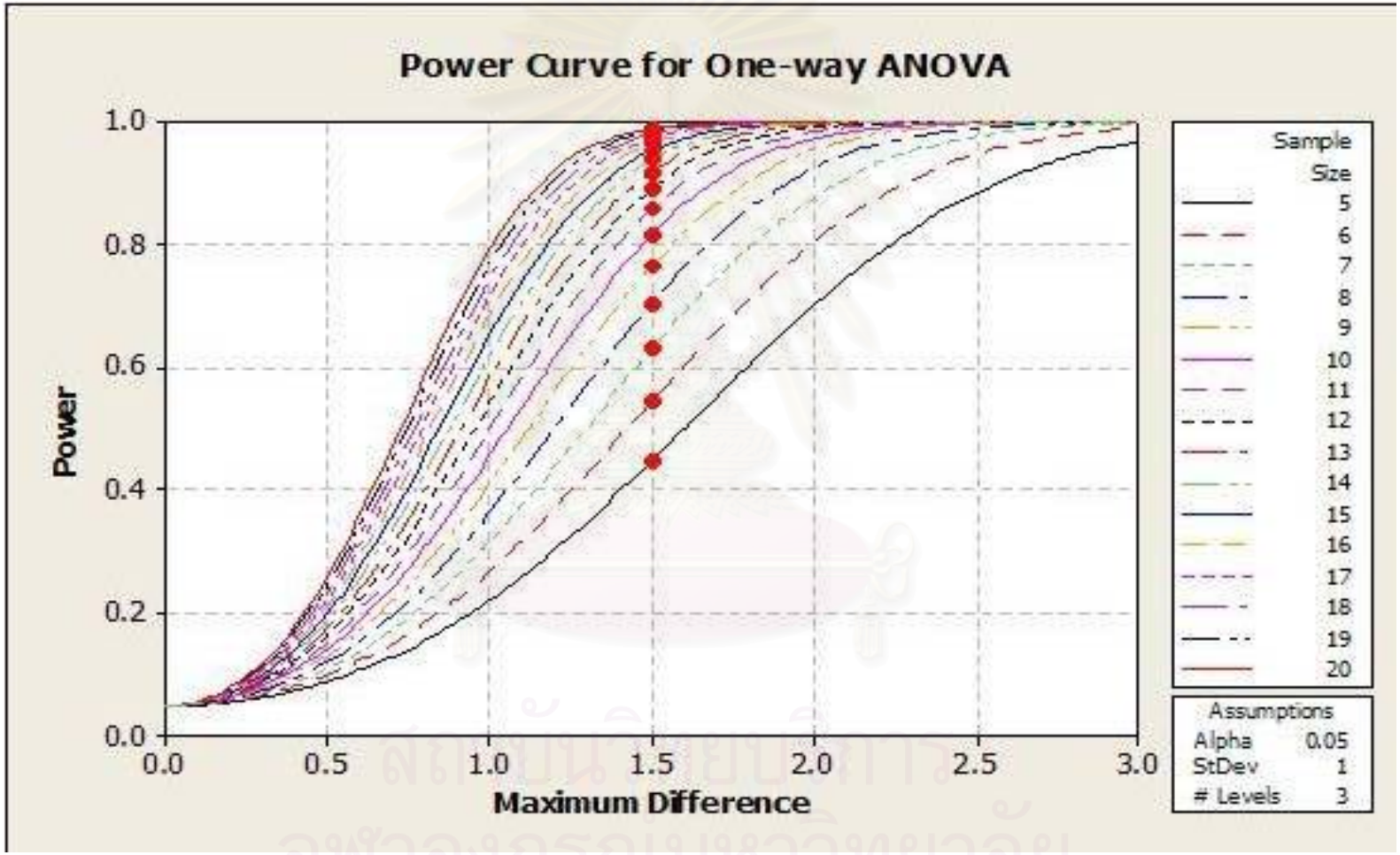
การปฏิบัติงาน (Operation)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

(รูปกราฟที่ใช้ในการหาค่า sample size)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

122

ภาคผนวก จ.

(ตารางบันทึกข้อมูลหลังปรับปรุง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เดือนมกราคม

วันที่	มาตรฐานการผลิต	ของดี	ของเสีย
1	1800	1768	32
2	1800	1763	37
3	1800	1765	35
4	1800	1768	32
5	1800	1769	31
6	1800	1767	33
7	1900	1853	47
8	1900	1850	50
9	1900	1849	51
10	1900	1860	40
11	1900	1851	49
12	1900	1853	47
13	1900	1860	40
14	1900	1855	45
15	1900	1855	45
16	1950	1917	33
17	1950	1914	36
18	1955	1920	35
19	1955	1925	30
20	1955	1930	25
21	1955	1935	20
22	1955	1918	37
23	1955	1924	31
24	1955	1919	36
25	1955	1919	36
26	1955	1925	30
27	1955	1922	33
28	1954	1926	28
รวม	53304	52280	1024

เดือนกุมภาพันธ์

วันที่	มาตรฐานการผลิต	ของดี	ของเสีย
1	1840	1782	58
2	1840	1780	60
3	1840	1778	62
4	1840	1783	57
5	1840	1781	59
6	1840	1776	64
7	1840	1775	65
8	2020	1970	50
9	2020	1971	49
10	2020	1972	48
11	2020	1971	49
12	2020	1973	47
13	2020	1975	45
14	2030	1985	45
15	2030	1982	48
16	2030	1985	45
17	2030	1989	41
18	2030	1982	48
19	2030	1982	48
20	2030	1989	41
21	2030	1985	45
22	2030	1984	46
23	2030	1984	46
24	2030	1979	51
25	2030	1985	45
26	2030	1985	45
27	2030	1982	48
28	2035	1996	39
รวม	55455	54061	1394

เดือนมีนาคม

วันที่	มาตรฐานการผลิต	ของดี	ของเสีย
1	2040	2001	39
2	2040	2003	37
3	2040	2005	35
4	2040	2003	37
5	2040	2004	36
6	2040	2002	38
7	2040	2001	39
8	2040	2001	39
9	2040	2002	38
10	2040	2001	39
11	2040	2006	34
12	2040	2004	36
13	2040	2002	38
14	2040	2001	39
15	2040	2004	36
16	2040	2005	35
17	2040	2004	36
18	2040	2003	37
19	2050	2005	45
20	2050	2004	46
21	2050	2007	43
22	2060	2008	52
23	2060	2004	56
24	2060	2005	55
25	2060	2004	56
26	2060	2005	55
27	2060	2007	53
28	2060	2007	53
รวม	57290	56108	1182

เดือนเมษายน

วันที่	มาตรฐานการผลิต	ของดี	ของเสีย
1	2136	2105	31
2	2136	2103	33
3	2136	2104	32
4	2136	2102	34
5	2136	2101	35
6	2136	2101	35
7	2136	2102	34
8	2136	2101	35
9	2136	2106	30
10	2160	2104	56
11	2160	2102	58
12	2160	2101	59
13	2160	2104	56
14	2160	2105	55
15	2160	2104	56
16	2160	2103	57
17	2160	2105	55
18	2208	2175	33
19	2208	2167	41
20	2208	2178	30
21	2208	2164	44
22	2209	2175	34
23	2209	2168	41
24	2209	2172	37
25	2209	2170	39
26	2209	2167	42
รวม	56381	55289	1092

เดือนพฤษภาคม

วันที่	มาตรฐานการผลิต	ของดี	ของเสีย
1	1850	1818	32
2	1850	1813	37
3	1850	1816	34
4	1990	1951	39
5	1990	1955	35
6	1990	1951	39
7	1990	1952	38
8	1990	1951	39
9	1990	1951	39
10	1990	1953	37
11	1990	1951	39
12	1990	1951	39
13	1990	1952	38
14	1990	1952	38
15	1990	1950	40
16	1990	1957	33
17	1990	1954	36
18	1990	1953	37
19	1990	1955	35
20	1990	1953	37
21	2010	1965	45
22	2010	1961	49
23	2010	1964	46
24	2010	1962	48
25	2010	1962	48
26	2010	1961	49
27	2010	1962	48
28	2010	1962	48
29	2010	1964	46
30	2010	1961	49
31	2010	1962	48
รวม	61490	60225	1265

เดือนมิถุนายน

วันที่	มาตรฐานการผลิต	ของดี	ของเสีย
1	2082	2047	35
2	2082	2045	37
3	2082	2046	36
4	2082	2045	37
5	2100	2067	33
6	2100	2067	33
7	2100	2051	49
8	2100	2069	31
9	2100	2070	30
10	2100	2065	35
11	2100	2063	37
12	2100	2062	38
13	2100	2068	32
14	2130	2095	35
15	2130	2100	30
16	2130	2099	31
17	2130	2098	32
18	2130	2095	35
19	2130	2099	31
20	2130	2096	34
21	2130	2098	32
22	2130	2099	31
23	2130	2098	32
24	2200	2125	75
25	2200	2124	76
26	2200	2123	77
27	2200	2125	75
28	2210	2128	82
29	2210	2129	81
รวม	61748	60496	1252

เดือนกรกฎาคม

วันที่	มาตรฐานการผลิต	ของดี	ของเสีย
1	2000	1960	40
2	2000	1963	37
3	2000	1959	41
4	2000	1958	42
5	2000	1961	39
6	2000	1960	40
7	2000	1963	37
8	2000	1963	37
9	2000	1961	39
10	2000	1962	38
11	2100	2062	38
12	2100	2069	31
13	2100	2062	38
14	2100	2067	33
15	2100	2067	33
16	2100	2061	39
17	2100	2069	31
18	2100	2070	30
19	2100	2065	35
20	2100	2063	37
21	2100	2065	35
22	2100	2061	39
23	2200	2158	42
24	2200	2160	40
25	2200	2157	43
26	2200	2166	34
27	2200	2165	35
28	2200	2167	33
29	2200	2168	32
30	2240	2205	35
31	2250	2213	37
รวม	65090	63950	1140

เดือนสิงหาคม

วันที่	มาตรฐานการผลิต	ของดี	ของเสีย
1	2200	2157	43
2	2200	2159	41
3	2200	2159	41
4	2200	2151	49
5	2200	2158	42
6	2200	2157	43
7	2200	2157	43
8	2200	2156	44
9	2200	2158	42
10	2200	2157	43
11	2200	2158	42
12	2200	2157	43
13	2200	2158	42
14	2200	2156	44
15	2300	2255	45
16	2300	2253	47
17	2300	2253	47
18	2300	2254	46
19	2300	2251	49
20	2300	2258	42
21	2300	2251	49
22	2300	2260	40
23	2300	2260	40
24	2300	2259	41
25	2300	2264	36
26	2300	2263	37
27	2300	2261	39
28	2333	2296	37
29	2333	2289	44
รวม	65366	64125	1241

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายมานะพงศ์ โชติวิรัตน์ เกิดวันที่16 กรกฎาคม 2525 จบการศึกษาปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีได้เข้ารับการศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิตที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พศ. 2547

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย