การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงต้นทุนในการลดจุดดำในอุตสาหกรรมการฉีดพลาสติก

นายศุภโชค เส็งหนองแบน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

COST EFFICIENCY ANALYSIS FOR BLACK DOT DEFECT REDUCTION IN PLASTIC INJECTION PROCESS

Mr. Suphachok Sengnongban

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงต้นทุนในการลดจุดดำในอุตสาหกรรมการฉีดพลาสติก
โดย	นายศุภโชค เส็งหนองแบน
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ศุภโชค เส็งหนองแบน : การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงต้นทุนในการลดจุดดำในอุตสาหกรรมการฉีดพลาสติก (COST EFFICIENCY ANALYSIS FOR BLACK DOT DEFECT REDUCTION IN PLASTIC INJECTION PROCESS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์, หน้า.

ปัญหาในกระบวนการฉีดพลาสติกที่ส่งผลกับคุณภาพของงานมากที่สุดคือจุดดำ (Black dot) วิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาจุดดำนั้นมีด้วยกันหลายวิธีด้วยกันโดยงานวิจัยนี้จะเน้นที่การเลือกวิธีการลดปัญหาจุดดำต่างเงื่อนไขกันทั้งในส่วนของราคาต่อหน่วย ปริมาณการผลิตต่อครั้ง เพื่อเลือกวิธีการและค่าใช้จ่ายให้เหมาะสมกับงานแต่ละประเภทสำหรับโรงงานกรณีศึกษานี้ ก่อนการปรับปรุงด้วยวิธีการถอดสกรูขัดทำความสะอาดมีค่าใช้จ่ายเป็นเงิน 72,500 บาทต่อเดือน (ค่าเครื่องจักร, ค่าล่วงเวลา, ค่าขนส่ง, ค่าอุปกรณ์ เป็นต้น)

งานวิจัยนี้จะนำทฤษฎีซิกซ์ ซิกม่า(Six Sigma)ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน Define, Measure, Analyze, Improveและ Control (DMAIC)มาใช้ และใช้Cause and Effect Diagram, Cause and Effect Matrix และ FMEAในการคัดเลือกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดจุดดำและใช้ 2^k Factorial Designในการหาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญกับจุดดำ ผลที่ได้จากวิธีแรกคือการถอดสกรูขัดทำความสะอาดนั้นสามารถลดจุดดำจากเดิมลงได้ 50% ซึ่งวิธีนี้เหมาะสำหรับการผลิตชิ้นงานที่มีราคาต่อหน่วยค่อนข้างสูง หรือชิ้นงานที่มีการผลิตจำนวนมากวิธีที่สองคือ การใช้เม็ดพลาสติกชนิดพิเศษสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะโดยวิธีนี้จะให้ผลการลดจุดดำได้ ประมาณ 25% ซึ่งวิธีนี้เหมาะกับการชิ้นงานที่มีราคาต่อหน่วยไม่สูงมากและการผลิตปริมาณน้อยต่อครั้งโดยหลังจากที่นำวิธีการลดจุดดำและคำนวณค่าใช้จ่ายที่ใช้ไปสำหรับวิธีที่ได้เลือกให้เหมาะสมกับชนิดและประเภทของงานนั้นสามารถลดค่าใช้จ่ายที่คิดเป็นมูลค่าเพิ่มได้ถึง 144,000 บาทต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

5770974821 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS:

SUPHACHOK SENGNONGBAN: COST EFFICIENCY ANALYSIS FOR BLACK DOT DEFECT REDUCTION IN PLASTIC INJECTION PROCESS. ADVISOR: ASSOC. PROF. JEIRAPAT NGAOPRASERTWONG, pp.

Black dot is the one of major quality problem in plastic injection process. The methods used to solve this problem are several different ways. This research aim to determine appropriate reduction black dot method in different conditions including price per unit and production volume per session. This finding could provide properly process and cost for each plant type. In this study, expenses before improve process to decrease black dot by removing and polishing screw is 72,500 baht per month (include machine costs, overtime, shipping costs, equipment costs, etc.)

Six Sigma approach; Define, Measure, Analyze, Improve and Control (DMAIC) was used to improve method. Cause and Effect Diagram, Cause and Effect Matrix and FMEA were used to select factors which affect to black dot defect. 2^k Factorial Design was applied for determination significant factor impacting black dot. The result showed removing and polishing screw can reduce black dot by 50%. This process is appropriate for high unit price and mass production. Second method is purging, adding chemical for screw-barrel cleaning process, can reduce black dot by 25%. It’s suitable for low unit price and low production volume. After applying the black dot reduction method and calculating the cost effectiveness to appropriate plant type, the total cost of reduction valued 144,000 baht per year.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Industrial Engineering Student's Signature .....
Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้ความรู้ คำแนะนำ และชี้แนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร และรองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ความเห็น และตรวจสอบข้อพกพร่องของวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณประธานกรรมการโรงงานกรณีศึกษาที่ให้โอกาสผู้วิจัยทำการศึกษาวิจัยและพนักงานทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทดลองตลอดการทำวิทยานิพนธ์ สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวผู้เห็นประโยชน์ของการศึกษาที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูปภาพ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา 2
1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 6
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 10
1.4 ขอบเขตการศึกษาของงานวิจัย 10
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 10
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 10
1.7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 11
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13
2.1 ทฤษฎีและความเป็นมาเกี่ยวกับซิกซ์ซิกม่า 13
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการฉีดพลาสติก 22
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32
บทที่ 3 ระยะนิยามปัญหา (Define Phase) 38
3.1 ศึกษาข้อมูลของกระบวรการฉีดพลาสติกของโรงงานกรณีศึกษา (Define) 38
3.2 การกำหนดปัญหา 42
3.3 การกำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด 45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3.4 การจัดตั้งคณะทำงาน 45
3.5 บทสรุป 46
บทที่ 4 ระยะตรวจวัดปัญหา (Measure Phase) 47
4.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gage R&R: Repeatability and Reproducibility) 47
4.2 แผนที่กระบวนการผลิต (Process Map) 52
4.3 ระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า (Brain Storming) 53
4.4 การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) 53
4.5 วิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) 65
4.6 สรุปผล 74
บทที่ 5 ระยะวิเคราะห์ปัญหา (Analysis Phase) 75
5.1 แนวทางการวิเคราะห์ปัญหา 75
5.2 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis: 2 Proportions Z-Test) 75
5.3 สรุปผลในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา 87
บทที่ 6 ระยะปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase) 88
6.1 พิจารณาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ 88
6.2 ตัวแปรตอบสนอง 89
6.3 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง 90
6.4 ผลการทดลอง 90
6.5 สรุปผลการทดลอง 94
6.6 ทำการยืนยันผลจากการทดลอง 97
6.7 สรุปผลและพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม 98
บทที่ 7 ระยะควบคุมกระบวนการ (Control Phase) 107

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

7.1 วิธีการดำเนินการควบคุม 107
7.2 สรุปผล 119
บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 120
8.1 ระยะนิยามปัญหา (Define Phase) 120
8.2 ระยะตรวจวัดปัญหา (Measure Phase) 120
8.3 ระยะวิเคราะห์สาเหตุปัญหา (Analysis Phase) 120
8.4 ระยะปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) 120
8.5 ระยะควบคุมกระบวนการ (Control Phase) 121
8.6 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย 121
8.7 ข้อเสนอแนะ 121
..... 124
รายการอ้างอิง 124
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 127

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 กระบวนการในการฉีดพลาสติกของโรงงานกรณีศึกษา 5
ตารางที่ 1.2 วันและเวลาทำการของโรงงานกรณีศึกษา.....6
ตารางที่ 1.3 อัตราการเกิดของเสียประเภทจุดดำ.....6
ตารางที่ 2.1 เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการแก้ปัญหา.....19
ตารางที่ 2.2 ชื่อเรียกและหน้าที่การทำงานของแม่พิมพ์ 2 Plates 29
ตารางที่ 2.3 ชื่อเรียกและหน้าที่การทำงานของแม่พิมพ์ 3 Plates 30
ตารางที่ 3.1 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบไล่ความชื้นก่อนการฉีดพลาสติก 39
ตารางที่ 3.2 ทีมงานที่จัดตั้งขึ้นเพื่อสนับสนุนงานวิจัย 46
ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจวัด Gage R&R.....49
ตารางที่ 4.2 เกณฑ์การให้คะแนนของตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล.....56
ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของปัจจัยที่ส่งผลกับการเกิดจุดดำ.....57
ตารางที่ 4.4 ปัจจัยที่ส่งผลกับการเกิดจุดดำจากตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล.....59
ตารางที่ 4.5 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความถี่ของการเกิดปัญหา 65
ตารางที่ 4.6 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความรุนแรงของผลกระทบ 66
ตารางที่ 4.7 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหา 67
ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA).....68
ตารางที่ 4.9 สาเหตุของแต่ละปัญหาเรียงลำดับตามค่า RPN.....73
ตารางที่ 4.10 ปัจจัยที่คัดเลือกจากการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ 74
ตารางที่ 5.1 จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นเพื่อยืนยันเครื่องฉีดพลาสติก 77
ตารางที่ 5.2 จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นเพื่อยืนยันการถอดสกรูขัด.....79
ตารางที่ 5.3 จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นเพื่อยืนยันวิธีล้างสกรู 81
ตารางที่ 5.4 จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นเพื่อยืนยันเครื่องบดพลาสติก.....84

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.5 จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นเพื่อยืนยันเครื่องอบพลาสติก.....86

ตารางที่ 6.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่ทำการทดลอง 89

ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองจากการรออกแบบการทดลองหาอัตราการเกิดจุดดำ.....90

ตารางที่ 6.3 ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้า 97

ตารางที่ 6.4 จำนวนจุดดำหลังการปรับปรุง 98

ตารางที่ 6.5 ค่าใช้จ่ายสำหรับชุดอุปกรณ์อัตโนมัติ 106

ตารางที่ 6.6 ประมาณการจุดคุ้มทุนของการใช้ระบบอัตโนมัติและขยายผลเพื่อลดพนักงาน.. 106

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างชิ้นส่วนภายในของรถยนต์ 3
รูปที่ 1.2 ตัวอย่างชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 3
รูปที่ 1.3 โครงสร้างองค์กรโรงงานกรณีศึกษา 4
รูปที่ 1.4 เปอร์เซ็นต์ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา 7
รูปที่ 1.5 กราฟพาเรโตที่แสดงการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา 7
รูปที่ 1.6 ตัวอย่างใบบันทึกข้อมูลของเสียแต่ละประเภทในแต่ละวัน 8
รูปที่ 1.7 ตัวอย่างชิ้นงานประเภทจุดดำ ในงานฉีดพลาสติก 9
รูปที่ 2.1 เครื่องฉีดพลาสติกแนวนอน (Horizontal Injection Molding Machine) 23
รูปที่ 2.2 เครื่องฉีดพลาสติกแนวตั้ง (Vertical Injection Molding Machine) 23
รูปที่ 2.3 ชิ้นส่วนหลักในหน่วยการฉีดของเครื่องฉีดพลาสติก 24
รูปที่ 2.4 ชุด Barrel (กระบอกฉีด), Band Heater (ปลอกหรือแถบทำความร้อน) และ Nozzle 25
รูปที่ 2.5 Thermo Couple ชนิด J และ K 25
รูปที่ 2.6 สกรูในแต่ละส่วน 27
รูปที่ 2.7 ตัวอย่าง Direct Clamp และ Toggle Clamp 28
รูปที่ 2.8 ตัวอย่าง Control unit ของเครื่องฉีดพลาสติก 28
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างโครงสร้างของแม่พิมพ์ 2 Plates 29
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างโครงสร้างของแม่พิมพ์ 3 Plates 30
รูปที่ 2.11 ระยะการเปิด-ปิดของแม่พิมพ์ 3 Plates 32
รูปที่ 2.12 ผลการทดลองการถอดขัดทำความสะอาด Screw เทียบกับไม่ถอดขัด 33
รูปที่ 2.13 ผลการทดลองวิธีการทำความสะอาด Screw ด้วยการขัดและ Purging 33
รูปที่ 2.14 ผลการทดลองอุณหภูมิในการอบไล่ความชื้น 34
รูปที่ 2.15 ผลการทดลองอุณหภูมิในการฉีด 35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 2.16 ผลการทดลองการทำความสะอาดของเครื่องบด Runner 35
รูปที่ 2.17 ผลการทดลองการทำความสะอาดของเครื่องบด Runner 36
รูปที่ 2.18 ผลการทดลองการใช้เม็ด PP และ สาร Compound ในการ purging 36
รูปที่ 2.19 ผลการทดลองการร่อนและไม่ร่อน Runner หลังการบด 37
รูปที่ 2.20 ผลการทดลองการใช้และไม่ใช้แม่เหล็กใส่ใน Hopper 37
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการฉีดพลาสติกของโรงงานกรณีศึกษา 42
รูปที่ 3.2 %จุดดำที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา 43
รูปที่ 3.3 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุงจุดดำ 44
รูปที่ 3.4 %Machine Utilization ของโรงงานกรณีศึกษา 44
รูปที่ 3.5 เวลาที่ใช้ในการจอดรอสกรูในหัวข้อ Machine down time 45
รูปที่ 4.1 สรุปผลการตรวจวัด Gage R&R 50
รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Within Appraisers) 51
รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Each Appraisers vs Standard) 51
รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Between Appraisers) 51
รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (All Appraisers vs Standard) 52
รูปที่ 4.6 กราฟผลการวัดจากการวิเคราะห์ทางสถิติ 52
รูปที่ 4.7 กระบวนการฉีดพลาสติกที่มีโอกาสเกิดจุดดำ 53
รูปที่ 4.8 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียประเภทจุดดำ 55
รูปที่ 4.9 แผนภูมิพาเรโตเรียงตามคะแนนความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล 58
รูปที่ 4.10 ตัวอย่างสกรูสกปรกที่ไม่ได้ขัดทำความสะอาด 60
รูปที่ 4.11 เครื่องบดพลาสติก 60
รูปที่ 4.12 เศษของเม็ดพลาสติกที่เกิดขึ้นหลังการบด 61
รูปที่ 4.13 ตัวอย่างเครื่องอบเม็ดพลาสติกและเศษพลาสติกที่คงค้าง 62
รูปที่ 4.14 ถังผสมเม็ดพลาสติกและตัวอย่างเศษเม็ดพลาสติกที่คงค้าง 63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4.15 ตัวอย่างเม็ดพลาสติก (บางส่วน) ที่ใช้ในโรงงานกรณีศึกษา..... 64
รูปที่ 4.16 กราฟพาเรโตเรียงตามระดับความสำคัญ RPN 73
รูปที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์การการจุดดำระหว่างเครื่องหมายเลข A-08 และ A-09..... 77
รูปที่ 5.2 ตัวอย่างสกรูที่ถอดออกมาก่อนขัดทำความสะอาด..... 78
รูปที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์การการจุดดำระหว่างการถอดสกรูขัดและไม่ถอดขัดทำความสะอาด 79
รูปที่ 5.4 เม็ดพลาสติกชนิดพิเศษสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะ..... 80
รูปที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์การการจุดดำระหว่างการถอดสกรูขัดและไม่ถอดขัดทำความสะอาด 81
รูปที่ 5.6 ตัวอย่างเครื่องบดพลาสติก..... 83
รูปที่ 5.7 ผลการวิเคราะห์การการจุดดำระหว่างพลาสติกที่ผ่านการบดจากการใช้เครื่องบด ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นกับพลาสติกที่บดจากเครื่องบดที่ไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่น..... 84
รูปที่ 5.8 ตัวอย่างเครื่องบดพลาสติก..... 86
รูปที่ 5.9 ผลการวิเคราะห์การการจุดดำระหว่างการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ผ่านการใช้ ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นและการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ไม่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติก ชนิดอื่น..... 87
รูปที่ 6.1 กราฟ Normal Probability plot..... 92
รูปที่ 6.2 กราฟ Versus Fitted Value..... 93
รูปที่ 6.3 กราฟ Versus the run order..... 93
รูปที่ 6.4 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยา 94
รูปที่ 6.5 แผนภูมิพาเรโต แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยา 94
รูปที่ 6.6 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (Main Effect)..... 95
รูปที่ 6.7 ผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (Interaction) 95
รูปที่ 6.8 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง..... 96
รูปที่ 6.9 ตัวอย่างค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นแต่ละวิธีและการเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับงานต่างชนิด 99
รูปที่ 6.10 ตัวอย่างเศษพลาสติกที่อาจมีการปนเปื้อนในกระบวนการถัดไป..... 100
รูปที่ 6.11 กระบวนการบดพลาสติกโดยใช้พนักงาน..... 101

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 6.12 กระบวนผสมเม็ดพลาสติกโดยใช้พนักงาน 101
รูปที่ 6.13 กระบวนผสมอบเม็ดพลาสติกโดยใช้พนักงาน 101
รูปที่ 6.14 ระบบการฉีดพลาสติกและการจัดการกับก้านพลาสติกแบบเดิม 102
รูปที่ 6.15 กระบวนการทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ 103
รูปที่ 6.16 กระบวนการทำงานด้วยระบบอัตโนมัติโรงงานกรณีศึกษา 104
รูปที่ 6.17 จำนวนจุดดำที่ลดลงหลังการปรับปรุง 105
รูปที่ 6.18 ค่าใช้จ่ายที่ลดลงหลังจากการเลือกใช้วิธีที่เหมาะสม 105
รูปที่ 7.1 คู่มือขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด 108
รูปที่ 7.2 คู่มือขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด (ต่อ) 109
รูปที่ 7.3 คู่มือขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด (ต่อ) 110
รูปที่ 7.4 คู่มือขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด (ต่อ) 111
รูปที่ 7.5 คู่มือขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด (ต่อ) 112
รูปที่ 7.6 คู่มือขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging 113
รูปที่ 7.7 คู่มือขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging (ต่อ) 114
รูปที่ 7.8 คู่มือขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging (ต่อ) 115
รูปที่ 7.9 คู่มือขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging (ต่อ) 116
รูปที่ 7.10 คู่มือขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging (ต่อ) 117
รูปที่ 7.11 คู่มือขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging (ต่อ) 118
รูปที่ 8.1 การจัดเก็บอุปกรณ์ด้วยฟิล์มพลาสติกเพื่อป้องกันฝุ่น 122
รูปที่ 8.2 การควบคุมฝุ่นจากภายนอก 122

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

หากจะพูดถึงอุตสาหกรรมในปัจจุบันสิ่งที่มีมากในอุตสาหกรรมแทบทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นส่วนประกอบหรือส่วนช่วยในการผลิตคงจะหนีไม่พ้นอุตสาหกรรมพลาสติกซึ่งเราจะเห็นว่าชิ้นส่วนที่ทำมาจากพลาสติกนั้นอยู่รอบตัวเรามากมายหลากหลายอุตสาหกรรมเช่น ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์, อุตสาหกรรมก่อสร้าง, อุตสาหกรรมยานยนต์, อุตสาหกรรมอิเลคทรอนิกส์ หรือแม้กระทั่งอุตสาหกรรมเกษตร นั้นล้วนมีชิ้นส่วนพลาสติกรวมอยู่ด้วย โดยในปัจจุบันนั้นมีการแข่งขันทางการตลาดค่อนข้างสูงและยังมีอีกหลาย อุตสาหกรรมที่เปลี่ยนชิ้นงานจากการใช้เหล็ก, สแตนเลส หรือแม้กระทั่งเทียนไข มาใช้ชิ้นส่วนที่เป็นพลาสติกเพื่อทำการลดต้นทุนจึงทำให้อุตสาหกรรมพลาสติกนั้นยังสามารถที่จะโตขึ้นได้อีก แต่ในอุตสาหกรรมพลาสติกเองก็มีการแข่งขันในด้านราคาที่ค่อนข้างสูงเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษา ที่เป็นผู้ส่งมอบชิ้นส่วนต่างๆ ให้กับโรงงานผู้ใช้ ต้องทำการควบคุมคุณภาพของสินค้าที่ส่งมอบเพื่อให้เกิดของเสียน้อยที่สุด เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้า สร้างโอกาสในทางธุรกิจและยังสามารถลดต้นทุนได้อีกด้วย ดังนั้นจึงทำให้โรงงานจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษา วิเคราะห์ของเสียที่เกิดขึ้นและหาแนวทางแก้ไขเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างคุณภาพของสินค้าซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเชื่อถือในด้านคุณภาพต่อลูกค้าเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

ซึ่งปัญหางานเสียที่เกิดขึ้นนั้นไม่เพียงแต่สูญเสียโอกาสในการขายเท่านั้น ยังมีค่าใช้จ่ายที่เรามองไม่เห็นซ่อนอยู่ด้วยเช่น หากเกิดงานเสียเกิดขึ้นแล้วก็จำเป็นจะต้องผลิตงานทดแทน ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มเข้ามาคือค่าวัตถุดิบ ค่าเครื่องจักร ค่าแรง หรือแม้กระทั่งค่าขนส่งที่เพิ่มขึ้นที่เป็นผลกระทบจากการส่งงานไม่ทันตามกำหนดของลูกค้าและในปัจจุบันที่มีการแข่งขันค่อนข้างสูงหากโรงงานไม่สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ก็จะส่งผลกระทบโดยตรงกับความเชื่อมั่นของลูกค้าและมีโอกาสที่ลูกค้าจะเปลี่ยนไปใช้บริการคู่แข่งก็เป็นได้

โดยปัญหาที่พบได้มากในอุตสาหกรรมประเภทงานฉีดพลาสติกคงจะหนีไม่พ้นชิ้นงานเป็นจุดดำ ซึ่งสามารถเห็นได้ชัดเจนหากชิ้นงานนั้นเป็นหรือขาวหรือใส หรือสีที่ค่อนข้างอ่อนและไม่ใช่สีดำ ซึ่งปัญหาการเกิดจุดดำนี้ในบางครั้งอาจไม่มีผลกระทบกับการใช้งานหรือคุณสมบัติต่างๆของสินค้า หากเพียงแต่จุดดำนั้นมีผลต่อภาพลักษณ์(Appearance) ในการมองเห็น หรือบางครั้งอาจจะเกิดบริเวณจุดใช้งานที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน ซึ่งจะทำให้ถูกสะท้อนไปถึงการควบคุมกระบวนการผลิตว่าไม่มีมาตรฐานรวมถึงกระบวนการควบคุมความสะอาดในกระบวนการผลิตอีกด้วย ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะส่งผลกับความเชื่อมั่นของลูกค้าและผู้บริโภค อย่างเช่นหากมีปัญหาจุดดำเกิดที่บรรจุภัณฑ์ที่เป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับใบหน้า แต่บริเวณหัวปั๊มที่ต้องสัมผัสกับเนื้อครีมนั้นเป็นจุดดำที่ลูกค้าสามารถมองเห็นได้ก็จะทำให้ลูกค้าขาดความเชื่อมั่นในสินค้าได้ ดังนั้นจำทำให้โรงงานกรณีศึกษานี้ทำการศึกษาและแก้ไขปัญหา จุดดำที่เกิดขึ้นนี้โดยเร่งด่วน

ซึ่งในการที่จะลดจุดดำนั้นได้มีการศึกษาแนวทางในการลดไว้หลายขั้นตอนด้วยกัน แต่เนื่องด้วยในปัจจุบัน สิ่งที่เราต้องพิจารณาควบคู่กันไปด้วยคือต้นทุนที่ใช้ในการลดของเสียซึ่งในการลดจุดดำนี้ยังไม่มีใครกล่าวถึงต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเพื่อทำให้ของเสียประเภทจุดดำลดลงดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์ต้นทุนที่เกิดขึ้นในกระบวนการเทียบกับปริมาณของเสียที่ลดลง เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้และจัดการกับประสิทธิพลเชิงต้นทุนในอุตสาหกรรมการฉีดพลาสติกต่อไป

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษานั้นเป็นโรงงานที่ดำเนินธุรกิจในด้านงานฉีดพลาสติกขึ้นรูปจากแม่พิมพ์พลาสติกโดยโรงงานก่อตั้งขึ้นในปี 2549 โดยเริ่มจากเครื่องฉีดพลาสติกจำนวน 3 เครื่องโดยในช่วงเริ่มต้นนั้นความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ยังไม่มากเท่าไรปัญหาต่างๆ จึงยังไม่ค่อยมากตามไปด้วย โดยในปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษานั้นมีเครื่องฉีดพลาสติกทั้งหมด 26 เครื่อง และผลิตภัณฑ์นั้นมีความหลากหลายเช่น ชิ้นส่วนภายในของรถยนต์, ชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์, ชิ้นส่วนบรรจุภัณฑ์เครื่องสำอาง หรือ ชิ้นส่วนที่ใช้ในการขึ้นรูปอัญมณี เป็นต้น

กระบวนการผลิตจะประกอบไปด้วยหน่วยงานดังต่อไปนี้

1. หน่วยงานวัตถุดิบ ทำหน้าที่ตรวจสอบเติมเม็ดพลาสติกและจัดเก็บ Runner เพื่อนำกลับมาบดใช้อีกรอบ
2. หน่วยงานวางแผนการผลิต ทำหน้าที่วางแผนการผลิตให้กับหน่วยงานอื่นๆ ทราบถึงแผนงานที่จะผลิตแต่ละวันเพื่อรองรับกับความต้องการของลูกค้า
3. หน่วยงานฉีดพลาสติก ทำหน้าที่ติดตั้งแม่พิมพ์กับเครื่องฉีดพลาสติกและปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ในการฉีดพลาสติกแต่ละชนิด
4. หน่วยงานแม่พิมพ์ ทำหน้าที่ดูแลรักษาและซ่อมบำรุงแม่พิมพ์
5. หน่วยงานตรวจสอบคุณภาพ ทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ก่อน ,ระหว่าง และหลังการผลิตเพื่อให้ตรงตามความต้องการของลูกค้า
6. หน่วยงานคลังสินค้า ทำหน้าที่จัดเก็บวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปเพื่อเตรียมจัดส่งให้กับลูกค้า

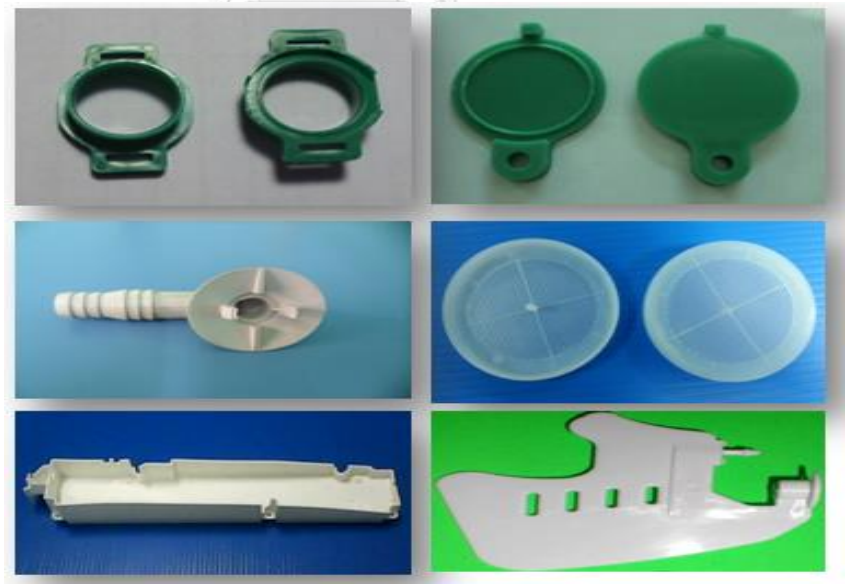
ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่โรงงานกรณีศึกษาทำการผลิตแบ่งประเภทตามยอดขายได้ดังนี้

- ชิ้นส่วนภายในของรถยนต์ ประมาณ 50 %

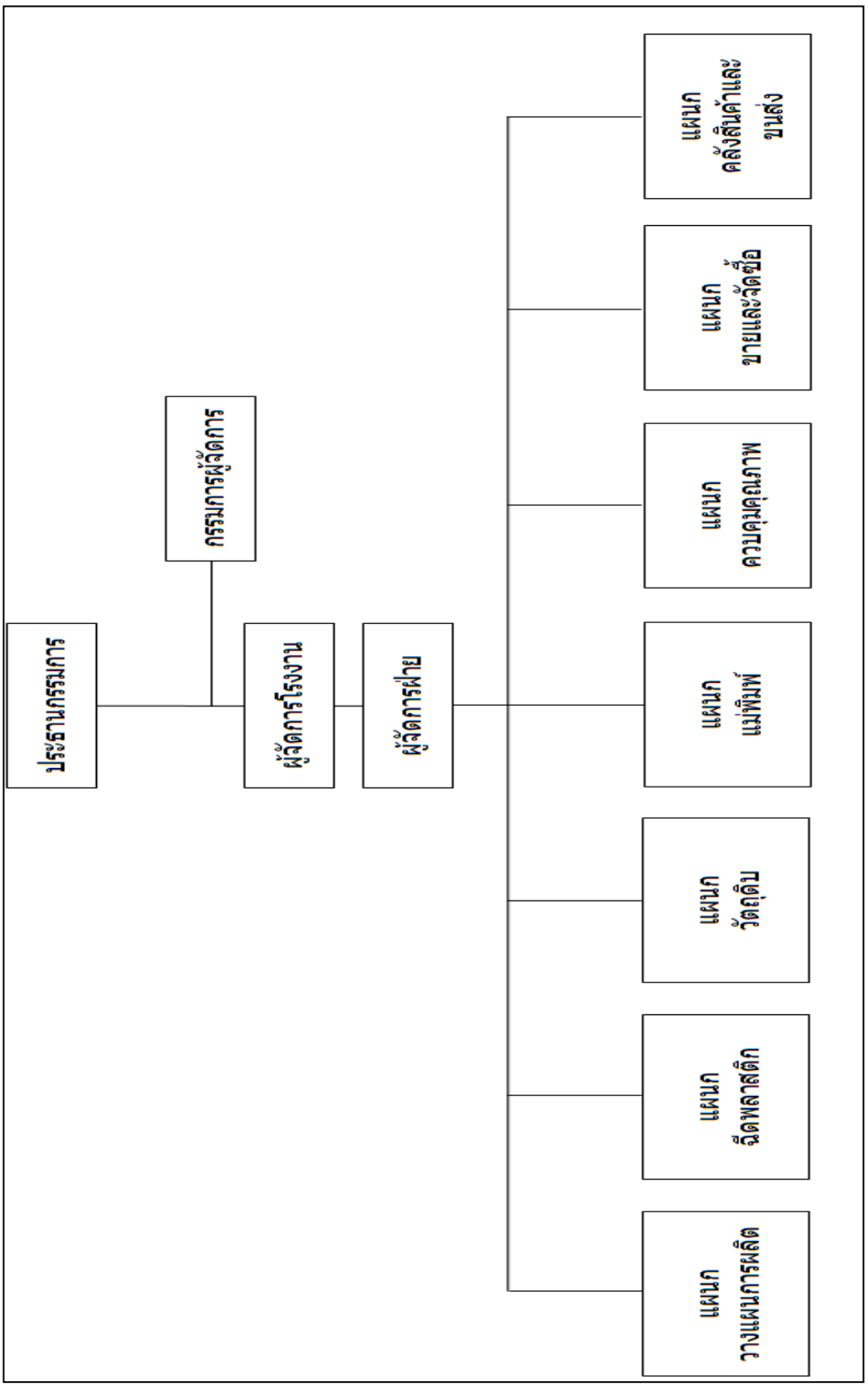
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (กล้องถ่ายรูป, เครื่องเล่นวิทยุ, เครื่องถ่ายเอกสาร, หม้อหุงข้าว, แผงวงจร, นาฬิกา เป็นต้น) ประมาณ 40%
- ชิ้นส่วนอื่นๆ (บรรจุภัณฑ์เครื่องสำอาง, ชิ้นส่วนขึ้นรูปอัญมณี) ประมาณ 10%

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างชิ้นส่วนภายในของรถยนต์

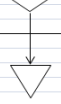


รูปที่ 1.2 ตัวอย่างชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 1.3 โครงสร้างองค์กรโรงงานกรณีศึกษา

PART NAME : CAP USB 030B 2nd Step	QC. PROCESS FLOW CHART	DOCUMENT NO : AEP-MR-SD-207			REV. NO. : 00	NEW RELEASE
PART NO : 121865-04600700		EFFECTIVE DATE : 13-Aug-15		PAGE : 1 OF 1		
CUSTOMER: Polymatech(Thailand) Co.,Ltd		APPROVED	CHECKED	PREPARED		
MODEL :						

PROCESS NO.	CHART	PROCESS NAME	INSPECTION ITEM	JUDGEMENT	MEASURING TOOL	CYCLE	RECORD	INSPECTION SECTION	TOOLS	STANDARD DOCUMENT
1		Received Material	1.Material specific 1.1) Material : PC MB6001 UR8912J 1.2) Material : TPE K TC4MGZ 1.3) Color: BLACK 2.Material package condition 2.1)Material quantity 2.2)Package completely (not broken,font on package was clear 3.Material lot control in mass product	1. Check material certificate if sam it can accept 2. -Material quantity follow requisition sheet - Visual check packag condition was accept 3.Lot no. mater refer to material certificate from	1. Certificated of analysis from maker 2.Requisition sheet 3.Pellet plastic sample	Every Lot	Record book	1.Logistic	-Material certificate -Production instruction order document	1.Procedure no:AEP-QA-PR-001 - บันทึกการการตรวจรับวัตถุดิบ (AEP-QA-FM-001-001) 2.Procedure no:AEP-QA-PR-002 - NCR (AEP-QA-FM-002-001) - ใบลงทะเบียน NCR (AEP-QA-FM-002-002) 3.Procedure no:AEP-LG-PR-001 - Control material lot no.(AEP-LG-FM-001-001) 4.Part list document
2		1st Trial	1.Dimension of part 2.Appearance of part	1.Dimension specific follow part inspectation from customer by keep in specific was accept 2.Appearance not over limit of customer and 1st trial sample was accept	1.Dimension inspection report of customer,drawing 2.Limited sample from customer	1 time/day	Inspection report	1.Injection 2.QC	1.Measuring instrument microscope,visual	1.Procedure no:AEP-QC-PR-001 - Dimension inspection report of customer - Appearance inspection data(AEP-QC-FM-001-001) 2.Procedure no:AEP-PD-PR-001 -Plan set up mold no.(AEP-PD-FM-001-002) -Mold set up check sheet(AEP-PD-FM-001-011) -First set up request no.(AEP-PD-FM-001-010)
3		Mass production	1.Dryer temperature set 1.1) Dryer = Not use 1.2)Time = - 2.Mold set status 3.Injection condition 4.Mold service period 5.Cavity no.: 2	1.Dryer condition control limit follow injection condition sheet 2.Confirm Mold status by mold maintenance record 3.Mass production by using master injection condition was accept 4.Mold service every : 50,000 shots	1.Injection condition sheet(master) 2.Control drawing 3.Mold maintenance record	Every Lot	Production record sheet	1.Injection 2.QC 3.Material 4.Mold	1.Injection machine	1.Procedure no:AEP-PD-PR-001 -วิธีการติดตั้ง mold(AEP-PD-WI-002) -Plan set up mold(AEP-PD-FM-001-001) -Injection condition sheet(AEP-PD-FM-001-008) -Machine condition record(AEP-PD-FM-001-009) -ใบบันทึกการเติมวัตถุดิบ(AEP-PD-FM-001-013) -บันทึกการอบ material(AEP-PD-FM-001-014) 2.Procedure no:AEP-MD-PR-001 -Mold maintenance record(AEP-MD-FM-001-003) -Mold block cavity sheet(AEP-MD-FM-001-007)
4		Inprocess Inspection	1.Dimension of part 2.Appearance of part	1.Dimension specific follow part inspection from customer by keep in specific was accept 2.Appearance not over limit of customer . 3. Check dimension follow JT marked	1.Dimension inspection report of customer,drawing 2.Limited sample from customer	2 time/day (N/D Shift) Every 1 hr.	Inprocess - Inspection record	1.QC	1.Measuring microscope,visual	1.Procedure no:AEP-QC-PR-001 - Dimension inspection report of customer - Appearance inspection data(AEP-QC-FM-001-001)
5		Insert Part 1st step to mold 2nd step and take off after injection	Part	Part appearance keep specific part inspection standard was accept	1.Visual Check	Every Lot	Production record sheet	1.Production	-Cutter,Nipper -Finger cot -Cloth glove -Electric lamp - Adhesive Tape	1.Procedure no:AEP-PD-PR-001 -Work instruction(AEP-QC-WI-176) -QC Point check standard(AEP-QC-SD-176) -Production order sheet(AEP-PD-FM-001-005) -Daily injection report(AEP-PD-FM-001-007)
6		Inspection	1.Appearance of part	1.Appearance not over limit of customer	1.Visual 2.Limited sample from customer	Every Lot	Production record sheet	1.Production	-Finger cot -Cloth glove -Electric lamp	1.Procedure no:AEP-PD-PR-001 -Daily injection report(AEP-PD-FM-001-007) -QC Point check standard(AEP-QC-SD-176)
7		Packing	1. Packing specific,tag,part quantity	1. Follow up work instruction - 30 pcs / tray - 16 tray / box = 480 pcs.	1.Visual 2.Work instruction 3. Identify tag	Every Lot	-	1.Production	-Finger cot -Cloth glove -Electric lamp	1.Procedure no:AEP-PD-PR-001 -Work instruction(AEP-QC-WI-176) -Packing stand dard(AEP-PD-SD-003)
8		Sampling	1.Appearance of part	1.Appearance not over limit of customer 2.AQL samping table	1.Visual 2.Limited sample from customer	AQL NORMAL 0.1 LEVEL II	QC Record sheet	1.QA	-Finger cot -Cloth glove -Electric lamp	1.Procedure no:AEP-QA-PR-001 -Daily check sheet outgoing(AEP-QA-FM-001-002) -AQL Sampling table(AEP-QA-SD-001)
9		Stock to logistic and delivery	1.Product package condition 1.1)Product quantity 1.2)Package completely (ordeliness,font on package was clear)	1. Visual check package condition and quanity was accept.	1.Visual	Every Lot	Logistic Record sheet	1.Logistic	-Folk lift -Hand lift -Palate	1.Procedure no:AEP-LG-PR-001 -Material part return form(AEP-LG-FM-001-003) -Control part f/g for W/H(AEP-LG-FM-001-004) 2.Procedure no:AEP-SA-PR-001 -Data for delivery(AEP-SA-FM-001-003)

เอกสารนี้เป็นกรรมสิทธิ์ของบริษัท เอเอ็มพี (ประเทศไทย) จำกัด ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ส่วนตัว หรือเผยแพร่ต่อบุคคลภายนอก โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

ตารางที่ 1.2 วันและเวลาทำการของโรงงานกรณีศึกษา

หัวข้อ	กะเช้า	กะดึก
วันทำการของโรงงาน	วันจันทร์–วันเสาร์	วันจันทร์–วันเสาร์
เวลาทำการ	08:00-17:00	20:00-05:00
ล่วงเวลา	17:30-20:00	05:30-08:00
เวลาพักเที่ยง	12:30-13:30	00:30-01:30
เวลาพักล่วงเวลา	17:00-17:30	05:00-05:30

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานฉีดพลาสติกซึ่งต้องทำงานตลอด 24 ชั่วโมงเพื่อลดต้นทุน (ในการจอดเครื่องจักรแต่ละครั้งจะเกิดการสูญเสียไปกับกระบวนการ Purging, กระบวนการตรวจวัด หรือการรออุณหภูมิเพิ่มขึ้นตามมาตรฐานต่างๆ)

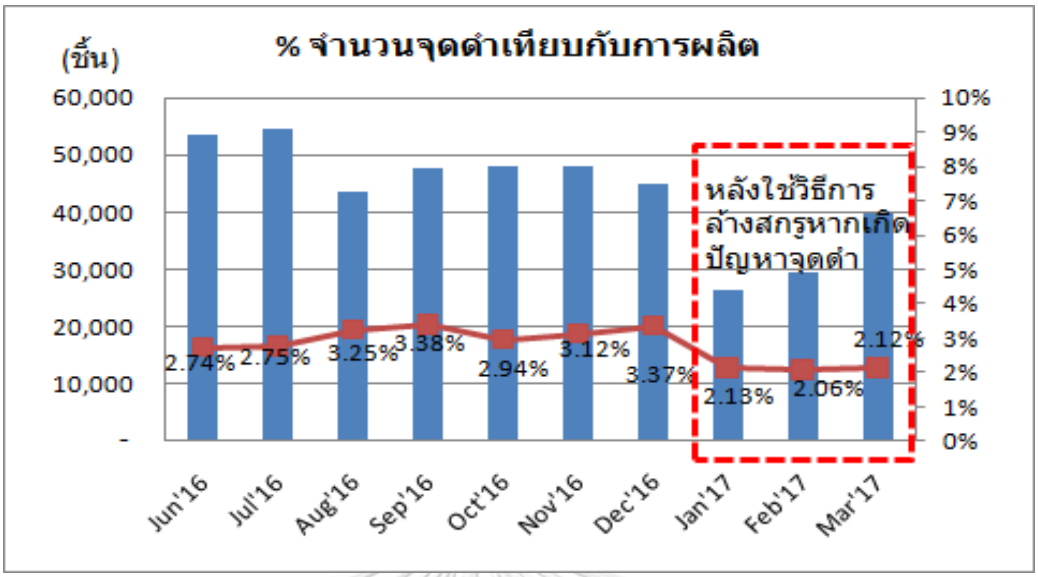
1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากการศึกษาปริมาณรายงานการผลิตของเสียของโรงงานกรณีศึกษาพบว่าปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติกตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2559 – เดือนมีนาคม 2560 มีปัญหาของเสียดังนี้

ตารางที่ 1.3 อัตราการเกิดของเสียประเภทจุดดำ

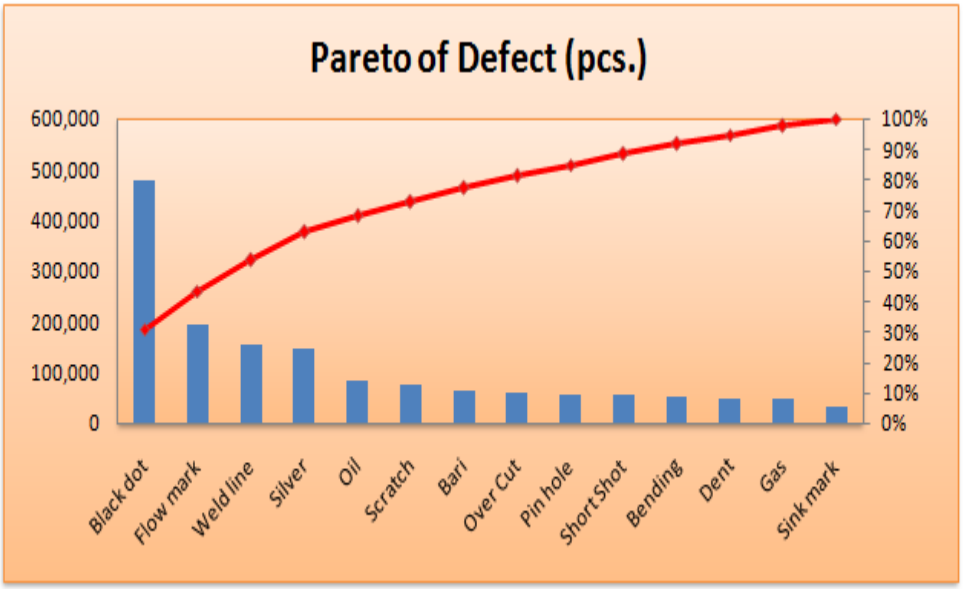
เดือน	**จำนวนการผลิต**	**จำนวนงานเสียจุดดำ(ชิ้น)**	**เปอร์เซ็นต์**
มิถุนายน(2559)	1,568,962	53,546	2.74
กรกฎาคม(2559)	1,895,623	54,594	2.75
สิงหาคม(2559)	1,954,239	43,693	3.25
กันยายน(2559)	1,985,220	47,792	3.38
ตุลาคม(2559)	1,344,378	47,958	2.94
พฤศจิกายน(2559)	1,413,956	48,055	3.12
ธันวาคม(2559)	1,631,205	44,831	3.37
มกราคม(2560)	1,540,211	26,527	2.13
กุมภาพันธ์(2560)	1,330,324	29,466	2.06
มีนาคม(2560)	1,245,390	39,697	2.12
รวม	**15,909,508**	**477,650**	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

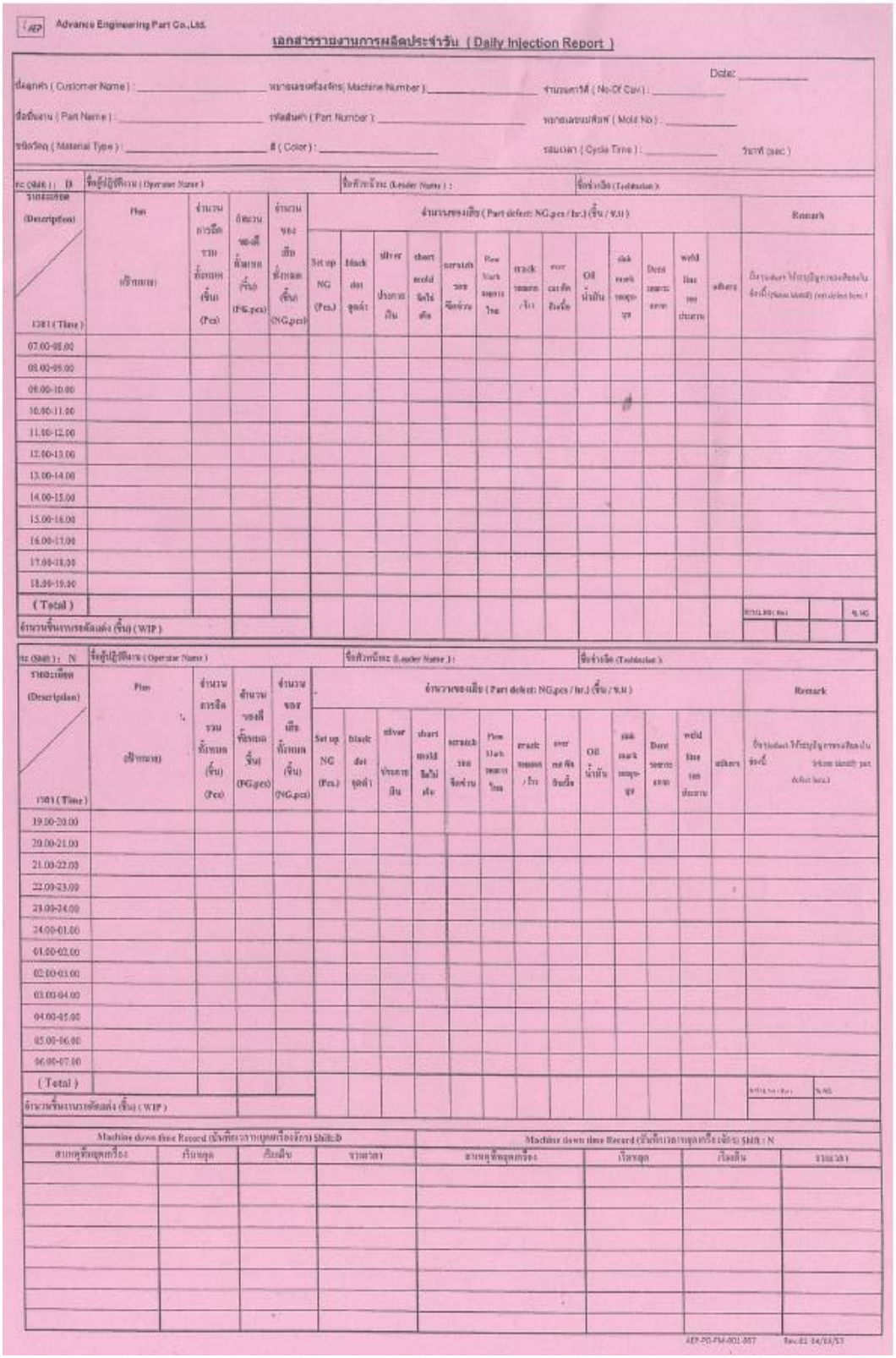


รูปที่ 1.4 เปอร์เซ็นต์ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา

โดยเมื่อนำข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานกรณีศึกษามาจัดลำดับความสำคัญด้วยกราฟพาเรโต โดยจากกราฟจะแสดงให้เห็นปัญหาประเภทจุดดำมีการเกิดมากที่สุด



รูปที่ 1.5 กราฟพาเรโตที่แสดงการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา



Advance Engineering Part Co.,Ltd.

เอกสารรายงานการผลิตประจำวัน (Daily Injection Report)

Date: _____

ชื่อลูกค้า (Customer Name) : _____ หมายเลขเครื่องจักร(Machine Number) : _____ จำนวนเท่าที่ (No-Of Cav) : _____

ชื่อชิ้นงาน (Part Name) : _____ รหัสสินค้า (Part Number) : _____ หมายเลขแม่พิมพ์ (Mold No) : _____

ชนิดวัตถุ (Material Type) : _____ สี (Color) : _____ รอบเวลา (Cycle Time) : _____ วินาที (sec.)

กะ (Shift) : D ชื่อผู้ปฏิบัติงาน (Operator Name) ชื่อหัวหน้างาน (Leader Name) : ชื่อช่างเทียบ (Technician)

รายละเอียด (Description) / เวลา (Time)	Plan (เป้าหมาย)	จำนวนการผลิตรวมทั้งหมด (ชิ้น) (Pcs)	จำนวนของดีทั้งหมด (ชิ้น) (PCS.pcs)	จำนวนของเสียทั้งหมด (ชิ้น) (NG.pcs)	จำนวนของเสีย (Part defect: NG.pcs / hr.) (ชิ้น / ชม.)														Remark
					Set up NG (Pcs.)	black dot จุดดำ	silver ประกายเงิน	short mold ฉีดไม่เต็ม	scratch รอย จีดข่วน	Flow Mark ลอยน้ำ ไหล	crack รอยแตก / ร้าว	over cut เกิน ชิ้นเนื้อ	Oil น้ำมัน	sink mark รอยบุ๋ม	Dent รอยกระแทก	weld line รอยประสาน	อื่นๆ		
07.00-08.00																			
08.00-09.00																			
09.00-10.00																			
10.00-11.00																			
11.00-12.00																			
12.00-13.00																			
13.00-14.00																			
14.00-15.00																			
15.00-16.00																			
16.00-17.00																			
17.00-18.00																			
18.00-19.00																			
(Total)																			
จำนวนชิ้นงานระหว่างดัดแต่ง (ชิ้น) (WIP)																			

กะ (Shift) : N ชื่อผู้ปฏิบัติงาน (Operator Name) ชื่อหัวหน้างาน (Leader Name) : ชื่อช่างเทียบ (Technician)

รายละเอียด (Description) / เวลา (Time)	Plan (เป้าหมาย)	จำนวนการผลิตรวมทั้งหมด (ชิ้น) (Pcs)	จำนวนของดีทั้งหมด (ชิ้น) (PCS.pcs)	จำนวนของเสียทั้งหมด (ชิ้น) (NG.pcs)	จำนวนของเสีย (Part defect: NG.pcs / hr.) (ชิ้น / ชม.)														Remark
					Set up NG (Pcs.)	black dot จุดดำ	silver ประกายเงิน	short mold ฉีดไม่เต็ม	scratch รอย จีดข่วน	Flow Mark ลอยน้ำ ไหล	crack รอยแตก / ร้าว	over cut เกิน ชิ้นเนื้อ	Oil น้ำมัน	sink mark รอยบุ๋ม	Dent รอยกระแทก	weld line รอยประสาน	อื่นๆ		
19.00-20.00																			
20.00-21.00																			
21.00-22.00																			
22.00-23.00																			
23.00-24.00																			
24.00-01.00																			
01.00-02.00																			
02.00-03.00																			
03.00-04.00																			
04.00-05.00																			
05.00-06.00																			
06.00-07.00																			
(Total)																			
จำนวนชิ้นงานระหว่างดัดแต่ง (ชิ้น) (WIP)																			

Machine down time Record (บันทึกเวลาหยุดเครื่องจักร) Shift: D				Machine down time Record (บันทึกเวลาหยุดเครื่องจักร) Shift : N			
สาเหตุที่หยุดเครื่อง	เริ่มหยุด	กลับเดิน	รวมเวลา	สาเหตุที่หยุดเครื่อง	เริ่มหยุด	กลับเดิน	รวมเวลา

AEP-PD-FM-001-007 Rev.01 04/03/53

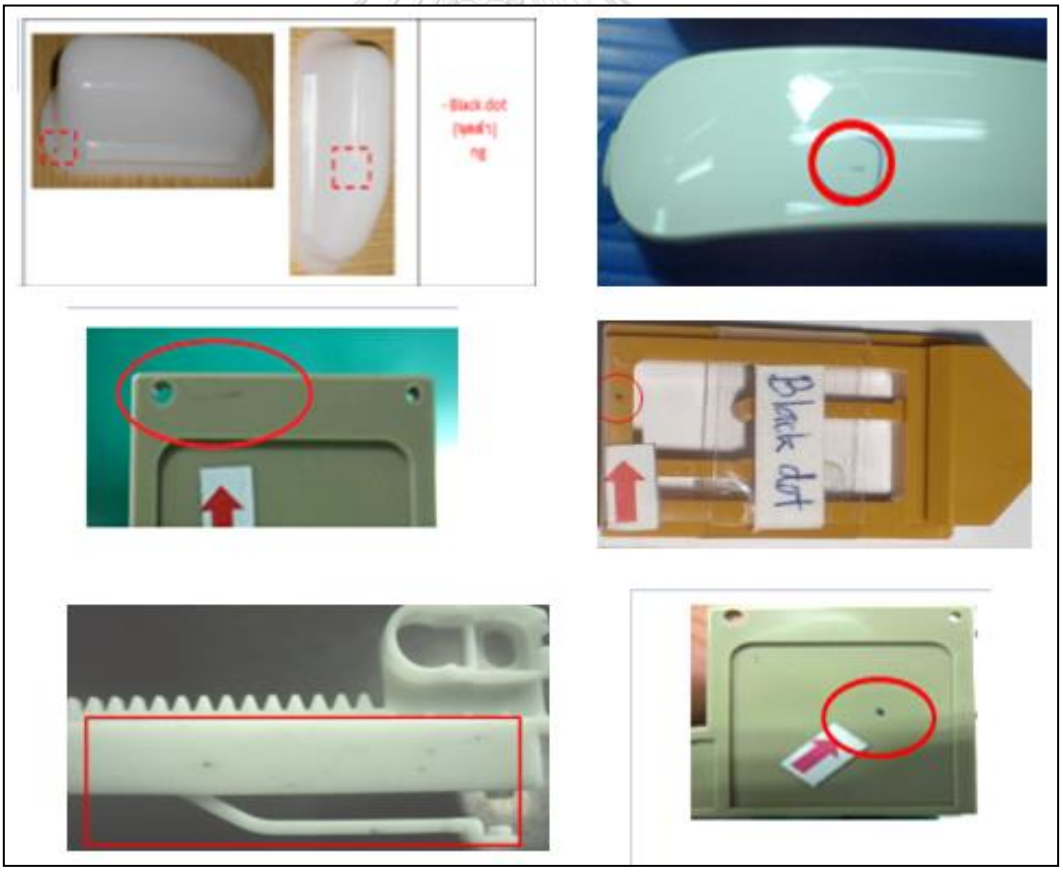
รูปที่ 1.6 ตัวอย่างใบบันทึกข้อมูลของเสียแต่ละประเภทในแต่ละวัน

โดยจากตารางข้างต้นจะเห็นว่าปัญหาประเภทจุดดำนั้นมีอัตราการเกิดมากที่สุดซึ่งสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดจุดดำนั้นมีหลายประการด้วยกันดังนั้นเราจึงวิเคราะห์ปัญหาจากกระบวนการผลิตว่ากระบวนการผลิตขั้นตอนใดที่มีโอกาสส่งผลให้เกิดปัญหาจุดดำขึ้นได้

ซึ่งจากปัญหาที่เกิดขึ้นข้างต้นนั้นส่งผลกระทบกับต้นทุนหลายด้านเช่น ค่าวัตถุดิบที่ใช้สำหรับผลิตงานใหม่, ค่าแรงงาน, ค่าเครื่องจักรฯลฯ ซึ่งในบางครั้งชิ้นงานเสียนั้นหลุดรอดไปที่ลูกค้าโรงงานจำเป็นต้องส่งพนักงานงานไปทำการตรวจสอบให้โดยด่วน ซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายในส่วนของการขนส่งและแรงงาน หรือในบางครั้งทางโรงงานไม่สามารถส่งมอบงานได้ตรงตามกำหนดของลูกค้าดังนั้นต้องเร่งทำการผลิตในวันหยุด หรือต้องนำชิ้นงานไปส่งด่วนในแต่ละรอบ ซึ่งจากปัญหาเหล่านี้ล้วนเป็นที่มาของค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น

ด้วยเหตุนี้ทางโรงงานกรณีศึกษาจึงต้องการที่จะศึกษาและวิเคราะห์ต้นทุนต่างๆ ที่เกิดขึ้นควบคู่กันไปด้วย

ตัวอย่างปัญหาของของเสียประเภทจุดดำที่เกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 1.7 ตัวอย่างชิ้นงานประเภทจุดดำ ในงานฉีดพลาสติก

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

พิจารณาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงต้นทุนของการลดจุดดำในโรงงานอุตสาหกรรมการฉีดพลาสติก

1.4 ขอบเขตการศึกษาของงานวิจัย

ขอบเขตของการศึกษามีดังนี้

- ศึกษาเฉพาะปัญหาของของเสียประเภทจุดดำในผลิตภัณฑ์ประเภทงานฉีดพลาสติกจากเครื่องฉีดแนวตั้ง (Horizontal Injection Molding Machine) เท่านั้น
- ทำการทดลองที่เครื่องหมายเลข A-08 และ A-09 (Toshiba 100Tons) ปีที่ผลิตเดียวกัน
- ใช้แม่พิมพ์ชนิดเดียวกันที่ลูกค้าอนุมัติแบบเดียวกันและสามารถใช้ด้วยกันได้
- ใช้เม็ดพลาสติกเดียวกันและผลิต Batch เดียวกัน
- ใช้พารามิเตอร์ของเครื่องจักรเหมือนกัน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีลดจุดดำให้เหมาะสมกับงานที่ต่างเงื่อนไขกันเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพเชิงต้นทุนมากที่สุดและโรงงานอื่นๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในอุตสาหกรรมเดียวกัน

1.6 **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้มีดังนี้

- สามารถลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการลดจุดดำลงได้
- เลือกวิธีการลดจุดดำให้เหมาะสมกับงานที่ต่างเงื่อนไขกัน
- สามารถส่งงานให้กับลูกค้าได้ทันตามกำหนด
- กำลังการผลิตของเครื่องจักรเพียงพอ
- วิเคราะห์เวลาที่เหมาะสมในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับการถอดล้าง Screw ได้
- เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงต้นทุนในอุตสาหกรรมการฉีดพลาสติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การลดของเสียประเภทจุดดำในงานฉีดพลาสติกมีขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ ตามแนวทางซิกซ์ซิกม่าทั้งหมด 5 ระยะดังนี้

1. ระยะนิยามปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ (Define Phase)
   - ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการฉีดพลาสติกแลศึกษาข้อมูลสาเหตุของการเกิดของเสียที่ส่งผลต่อกระบวนการฉีดพลาสติก
   - กำหนดปัญหา, วัตถุประสงค์, ขอบเขตและเป้าหมายของงานวิจัย
   - กำหนดจัดตั้งทีมเพื่อระดมความคิด เพื่อช่วยกันหาสาเหตุและผลกระทบของกระบวนการ
   - ศึกษากระบวนการและขั้นตอนการฉีดพลาสติกและปัญหาต่างๆ ที่พบในการฉีดพลาสติก กำหนดขอบเขตและระยะเวลาของงานวิจัย
2. การวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา(Measure Phase)
   - ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลของกระบวนการฉีดพลาสติกว่าลักษณะของปัญหาหรืองานเสียที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มเป็นอย่างไรเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุ
   - ประเมินความถูกต้องและแม่นยำของการวัด
   - ระดมสมองเพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของข้อบกพร่องของชิ้นงานประเภทจุดดำ โดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผลหรือ Cause and Effect Diagram
   - สรุปผลและเตรียมการทดลองในขั้นตอนต่อไป
3. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)
   - นำปัจจัยเข้าที่สำคัญที่ได้จากผลของการวิเคราะห์การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) มาทำการออกแบบการทดลอง DOE (Design of Experiment) เพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเกิดจุดดำ
   - กำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยและพิจารณาถึงปัญหาหรือข้อจำกัดต่างๆ ที่อาจจะมีผลกระทบกับการทดลอง
   - พิจารณาถึงรูปแบบที่จะใช้ในการทดลองและขนาดของตัวอย่างที่จะทำการทดลองและวิธีการตรวจวัดเพื่อที่จะเก็บข้อมูลของของเสียประเภทจุดดำ
   - สรุปผลและเตรียมดำเนินการในขั้นถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase)
   - นำปัจจัยที่มีผลกับการเกิดจุดดำที่ได้จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analyze Phase) มาออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อการเกิดของเสียชนิดจุดดำ
   - ทำการทดลองตามขั้นตอนและแผนที่กำหนดไว้
   - วิเคราะห์และสรุปผลการทอง
   - นำผลที่ได้ไปปรับปรุงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิต
   - สรุปผลและเตรียมดำเนินการในขั้นถัดไป
5. กระบวนการทดสอบเพื่อยืนยันผล
   - นำการทดลองเพื่อยืนยันทดสอบสมมติฐานที่เป็นปัจจัยเข้า
   - ทำการปรับจัดทำมาตรฐานที่ใช้ในการผลิต
6. ระยะการติดตามควบคุม (Control Phase)
   - ทำการทดสอบยืนยันผล
   - จัดทำแผนควบคุม (Control Plan)
   - พิจารณาเลือกแผนภูมิควบคุมโดยพิจารณาตามความเหมาะสมของแต่ละชนิดตัวแปร กำหนดวิธีในวัด ขนาดตัวอย่าง และความถี่ที่จะทำการเก็บ
   - สรุปผลการปรับปรุงที่ได้ โดยพิจารณาจากอัตราของเสียที่ลดลงและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการจัดการของเสียที่ลดลง ว่าสามารถลดลงได้หลังการปรับปรุงหรือไม่
   - จัดทำมาตรฐานในกระบวนการผลิตเพื่อที่จะนำไปใช้จริง
7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้จะเป็นบทบรรยายโดยการนำเอาแนวคิด,ทฤษฎี และบทความวิจัยต่างๆที่ได้นำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยนี้ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2ส่วนหลักๆ ด้วยกัน คือ ส่วนที่ 1 แนวคิดซิกซ์ซิกม่าซึ่งจะมีรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการโดยแยกเป็น 5 ส่วนคือนิยามปัญหา, วัดเพื่อหาสาเหตุขอปัญหา, วิเคราะห์หาสาเหตุ, ปรับปรุงแก้ไข และควบคุม ส่วนที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการฉีดพลาสติก, กรรมวิธีฉีดพลาสติก, ชุดฉีดพลาสติก และแม่พิมพ์ที่ใช้ในการฉีดพลาสติก

2.1 ทฤษฎีและความเป็นมาเกี่ยวกับซิกซ์ซิกม่า

ทฤษฎีที่นำเสนอนี้ประกอบด้วย

1. ประวัติความเป็นมา
2. แนวคิดของซิกซ์ซิกมา
3. องค์ประกอบของซิกซ์ซิกมา
4. การใช้งานของซิกซ์ซิกมา

ประวัติความเป็นมา

ซิกซ์ ซิกม่านั้นมีจุดเริ่มต้นขึ้นเมื่อ บริษัทโมโตโรล่า (Motorola) ได้ทำการพัฒนาและสร้างโครงการขึ้นเพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพของสินค้า ภายใต้การนำของ มิเกล เจ แฮรี่ ในปีคริสตศักราช 1988 บริษัทโมโตโรร่า ได้ตีพิมพ์และเปิดเผยวิธีการปรับปรุงคุณภาพของสินค้าวิธีใหม่ซึ่งมีชื่อเรียกว่าวิธีซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) โดยวิธีซิกซ์ ซิกม่านั้นเป็นที่รู้จักกันดีหลังจากที่ Jack Welch นำวิธีของซิกซ์ ซิกม่า มาปรับเปลี่ยนรูปแบบเพื่อที่ให้เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้กับบริษัท General Electric ในปีคริสตศักราช 1995 ซึ่งจากการนำวิธีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับบริษัทนั้นส่งผลให้บริษัทประสบความสำเร็จโดยวัดได้ในรูปของการเงินที่ดีขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ซิกซ์ ซิกม่า ได้รับความนิยมและถูกนำมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมต่างๆ จนถึงปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แนวคิดของซิกซ์ซิกม่า

ซิกซ์ ซิกม่า หมายถึง ระดับคุณภาพของกระบวนการผลิตที่ยอมให้มีของเสียในระบบได้เพียง 3.4 ชิ้น ต่อการผลิตสินค้าหนึ่งล้านชิ้น (Defect per Million Opportunities, DPMO)

โดยการให้นิยามของซิกซ์ ซิกม่านั้นมีหลากหลายมุมมองด้วยกันเช่น

1. ซิกซ์ ซิกม่าในมุมมองที่เป็นการวัดผลทางสถิติอย่างหนึ่งโดยมีตัว ซิกม่า σ แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในเชิงสถิติ โดยเป้าหมายของ ซิกซ์ ซิกม่านั้น คือ การลดความแปรปรวนเพื่อให้เกิดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่น้อยที่สุด ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์หรือบริการเกือบทั้งหมดจะมีคุณค่าเท่ากับหรือเหนือกว่าความต้องการของลูกค้า

2. ซิกซ์ ซิกม่าในมุมมองที่เป็นเป้าหมายอย่างหนึ่ง เป้าหมายของซิกซ์ ซิกม่าคือการช่วยในด้านบุคลากรและกระบวนการให้บรรลุถึงผลิตภัณฑ์และบริการโดยไม่ปรากฏข้อผิดพลาดใดๆ

3. ซิกซ์ ซิกม่าในมุมมองที่เป็นระบบการจัดการระบบหนึ่งโดยซิกซ์ ซิกม่านั้นเป็นระบบที่ผนวกทั้งในส่วนของการมีสภาวะความเป็นผู้นำส่วนสนับสนุนต่างๆ และความร่วมมือร่วมใจเข้าด้วยกัน โดยประโยชน์ของซิกซ์ ซิกม่านั้นไม่ได้มีเพียงแต่ทางด้านการเงินเท่านั้น แต่ในระดับบุคคลในองค์กรที่ทำซิกซ์ ซิกม่า นั้นจะสามารถเข้าใจลูกค้าได้ดีมากยิ่งขึ้น, มีกระบวนการที่โปร่งใส, มีการวัดผลที่มีความหมาย และเครื่องมือในการปรับปรุงที่มีประสิทธิภาพนั้นทำให้งานขององค์กรนั้นๆ มีประสิทธิผล ลดความยุ่งยากและสร้างผลตอบแทนได้มากยิ่งขึ้นอีกด้วย

Chulalongkorn University

องค์ประกอบของซิกซ์ซิกม่า

1. การให้ความสนใจลูกค้าอย่างจริงจัง โดยการวัดสมรรถนะนั้นจะเริ่มต้นและจบลงด้วยเสียงของลูกค้า หรือ Voice of Customer: VOC โดยของเสียนั้นเราจะถือว่าเป็นความล้มเหลวที่เกิดขึ้น ที่พบได้จากการวัดความต้องการของลูกค้าและมูลค่าที่ใส่ไปให้กับลูกค้า โดยสิ่งที่เราต้องดำเนินการอย่างแรกคือ การกำหนดนิยามของความต้องการของลูกค้าและกระบวนการที่ต้องการให้ตอบสนองมากยิ่งขึ้น

2. การใช้ข้อมูลและข้อเท็จจริงเป็นการผลักดันในการบริหาร ควรมีตัวชี้วัดที่ชัดเจนที่จะเป็นกุญแจสำคัญในการวัดผลประกอบการของธุรกิจที่แท้จริง หลังจากนั้นจะทำการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เข้าถึงความผันแปรและตัวผลักดันในกระบวนการหลัก

3.มุ่งให้ความสนใในในกระบวนการ การจัดการและการปรับปรุงโดยให้ความสำคัญกับกระบวนการที่เป็นกุญแจสำคัญที่จะนำไปสู่การตอบสนองความต้องการของลูกค้า

4. การจัดการเชิงรุก หรือการปฏิบัติก่อนที่เหตุการณ์ใดๆ จะเกิดขึ้น โดยการทำให้เกิดเป็นนิสัยในการตั้งเป้าหมายและปฏิบัติการ เพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายจึงควรมีการกำหนดลำดับความสำคัญที่แน่นอน

5.ความร่วมมือและประสานงานกันอย่างไร้ขอบเขต ต้องอาศัยความร่วมมือกันของคนในองค์กร ในการเรียนรู้บทบาทหน้าที่ของตนเองในภาพรวมของกระบวนการและความสัมพันธ์กับลูกค้าภายนอก โดยมุ่งให้ลูกค้าเป็นศูนย์กลาง โดยมีมุมมองที่ใช้ในกระบวนการเพื่อสร้างผลประโยชน์ให้กับทุกคนไม่ใช่เพียงแค่แผนกใดแผนกหนึ่งเท่านั้น

6. ผลักดันไปสู่ความสมบูรณ์แบบและอดทนต่อความล้มเหลว สร้างผลลัพธ์ทางธุรกิจภายในกรอบเวลา

การใช้งานของซิกซ์ ซิกม่า

แนวทาง 3 ประการสู่ซิกซ์ ซิกม่า โดยแต่ละแนวทางจะมีประเภทของเส้นทางที่ต่างกันออกไปและในบางครั้งอาจจะนำไปยังจุดหมายที่แตกต่างกันอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวทางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางธุรกิจ จะต้องพิจารณาว่าบริษัทมีสถานภาพล้าหลังหรือไม่ ผลิตภัณฑ์ใหม่เกิดความล้มเหลวหรือไม่ มีเทคโนโลยีที่สร้างโอกาสสำหรับองค์กรที่ดีขึ้นหรือไม่ บุคลากรของบริษัทมีความเกียจคร้านหรือไม่ สำหรับองค์กรเหล่านี้จะต้องสร้างวิสัยทัศน์ และมีการผลักดันให้มีการใช้ซิกซ์ ซิกม่า เพื่อเป็นแนวทางในการเปลี่ยนแปลงเต็มรูปแบบ ทีมที่มีการทำงานอยู่บนแนวทางของการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจมักจะมองไปที่กระบวนการและสร้างข้อเสนอแนะต่อการเปลี่ยนแปลงโดยทีมเหล่านี้อาจจะพิจารณาในส่วนของ

- บริษัทมีการกระจายสินค้าอย่างไร
- ประสิทธิผลของกระบวนการในการขาย

- การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่
- คำร้องเรียนของลูกค้าที่สำคัญ
- ข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์และปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยๆ
- ระบบสารสนเทศที่สำคัญต่อการตัดสินใจทางธุรกิจ
- การลดค่าใช้จ่าย

แนวทางที่ 2 การปรับปรุงเชิงกลยุทธ์ เป็นการจำกัดความต้องการทางธุรกิจที่สำคัญเพียง 1 หรือ 2 อย่าง และฝึกอบรมในการช่วยชี้ให้เห็นถึงโอกาสและข้อด้อยต่างๆ ซึ่งจะต้องใช้ความร่วมมือจากทุกภาคส่วน แต่การนำไปใช้จำกัดอยู่แค่บางแผนกเท่านั้น

แนวทางที่ 3 การแก้ไขปัญหา โดยแนวทางนี้เป็นแนวทางการวางเป้าหมายไปที่ปัญหาที่สามารถแก้ไขได้และเกิดขึ้นบ่อยๆ โดยจะใช้บุคคลซึ่งได้รับการอบรมในการใช้กลุ่มของเครื่องมือซิกซ์ ซิกม่า โดยจะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหาที่ ดีขึ้น โดยอยู่บนพื้นฐานของข้อเท็จจริงและความเข้าใจที่ถูกต้องของสาเหตุและความต้องการต่างๆ โดยข้อดีของแนวทางนี้คือ การมุ่งเน้นไปที่ประเด็นที่มีความสำคัญและสาเหตุหลัก การใช้ข้อมูลและการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิผลมากกว่าในแนวทางแบบเดิม

โดยกระบวนการการแก้ไขปัญหาของซิกซ์ ซิกม่าคือกระบวนการ DMAIC ซึ่งมาจากการระบุชี้หรือกำหนด (Define), การวัด (Measure), การวิเคราะห์ (Analyze), การปรับปรุง (Improve), การควบคุม (Control) โดยการทำตามกระบวนการทั้ง 5 ขั้นตอนนี้ ซึ่งมี ความยืดหยุ่นและมีพลังสำหรับการพัฒนาและจะต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง

วัฏจักรของทีม DMAIC มีขั้นตอนกว้างๆ ดังนี้

1. การบ่งชี้และเลือกโครงการโดยการเลือกโตรงการนั้นจะต้องอยู่บนพื้นฐาน 2M คือการมีความหมาย (Meaningful) และการมีความสามารถในการจัดการได้ (Manageable) โดยโครงการจะต้องมีประโยชน์อย่างแท้จริงต่อธุรกิจและลูกค้า และเป็นสิ่งที่จะสามารถทำให้สำเร็จได้
2. การสร้างทีมฝ่ายบริหารจะเลือกสมาชิกที่มีความรู้ในการทำงานกับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องนั้นๆ แต่ไม่จำต้องมีความรู้ลึกถึงรากฐานในสถานการณ์นั้น
3. การพัฒนาชาร์ตเทอร์ (Charter) ซึ่งเป็นเอกสารสำคัญที่เป็น ลายลักษณ์อักษรในการบอกแนวทางให้กับปัญหาหรือโครงการเหตุผลสำหรับการดำเนินการโครงการวัตถุประสงค์แผนการทำงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โครงการเบื้องต้นขอบเขตและข้อพิจารณาอื่นๆ และการทบทวนบทบาทและความรับผิดชอบต่างๆ

4. การฝึกอบรมทีมเน้นถึงกระบวนการ DMAIC และเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้
5. การทำ DMAIC และการปฏิบัติการแก้ไขปัญหาทำการพัฒนาแผนของโครงการการฝึกอบรมการทำการนำร่องและดำเนินการตามทางแก้ไขปัญหาและรับผิดชอบต่อทั้งการนำวิธีการแก้ไขปัญหานั้นมาปฏิบัติในที่ต่างๆและทำให้มั่นใจว่าสามารถนำวิธีการต่างๆ นั้นมาใช้ได้จริงโดยการวัดและคอยตรวจสอบผลลัพธ์ในขณะปฏิบัติ
6. ส่งผลของการแก้ปัญหาโดยส่งงานให้กับเจ้าของกระบวนการซึ่งจะรับผิดชอบในการคงไว้ซึ่งการบรรลุผลสำเร็จจากประโยชน์ที่ได้จากทีม

ขั้นตอนแบบจำลองการแก้ไขปัญหา DMAIC มีดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา (D: Define) เป็นการสร้างชาร์ตเทอร์ (Charter) ขึ้นมา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากที่สุด ซึ่งจะต้องได้รับการอนุมัติก่อนที่ทีมจะดำเนินการต่อไป ซึ่งงานต่อไปของทีมคือการบ่งชี้บุคคลสำคัญในกระบวนการ ว่าอะไรคือสิ่งที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งงานนี้จะมีความเกี่ยวโยงกับความต้องการของลูกค้า (Voice of Customer: VOC)

ขั้นที่ 2 การวัด (M: Measure) เป็นสิ่งที่ตามมาที่เป็นตรรกะ (Logic) เพื่อกำหนดและเป็นสะพานไปสู่ขั้นตอนต่อไปคือการวิเคราะห์ ขั้นตอนการวัดมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการคือ

1. รวบรวมข้อมูลเพื่อสามารถนำมาใช้ตรวจสอบ (Validate) และวัดปริมาณ (Quantify) ของปัญหาหรือโอกาส

2. เริ่มแยกข้อเท็จจริงและตัวเลขซึ่งอาจให้ข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับเหตุของปัญหาโดยกระบวนการวัดจะมี 3 ส่วนหลักที่ต้องวัดคือ ปัจจัยออก (Output) กระบวนการ (Process) และปัจจัยนำเข้า (Input)

ขั้นที่ 3 วิเคราะห์ (A: Analysis) จะเริ่มลงลึกในรายละเอียดและขยายความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการและปัญหา และหากทุกสิ่งเป็นไปอย่างที่ต้องการจะทำการบ่งชี้เหตุร้ายที่อยู่เบื้องหลังปัญหาซึ่งจะพิจารณาได้จากวิธี (Methods),

เครื่องจักร (Machines), วัตถุดิบ (Materials), การวัด (Measures), ธรรมชาติ (Mother Nature) และคน (People) โดยหนึ่งในใจความสำคัญของขั้นตอนวิเคราะห์คือการเลือกใช้เครื่องมือให้ถูกต้อง

ขั้นที่ 4 การปรับปรุง (I: Improve) เริ่มด้วยการหาแนวทางแก้ไขและทำการแก้ปัญหา เมื่อทางแก้ที่เป็นไปได้หลายทางได้รับการเสนอแล้วจะเริ่มทำการวิเคราะห์ และหลักเกณฑ์มากมาย รวมทั้งต้นทุนและผลกำไรจะถูกนำมาใช้เพื่อเลือกหาแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติมากที่สุด โดยการแก้ไขแบบ DMAIC นั้นจะต้องได้รับการบริหารอย่างรอบคอบและได้รับการตรวจสอบ โดจะต้องมีการทำโครงการนำ ทีมจะดำเนินการวิเคราะห์ปัญหาอย่างระมัดระวังเพื่อทำการพิจารณาว่าสิ่งใดอาจผิดพลาด และเตรียมพร้อมที่จะป้องกันหรือจัดการกับความยุ่งยากที่อาจเกิดขึ้น

ขั้นที่ 5 ควบคุม (C: Control) เพื่อป้องกันไม่ให้กลับมาสู่นิสัยหรือกระบวนการแบบเดิมๆ การพัฒนากระบวนการติดตามเพื่อรักษาการเปลี่ยนแปลงที่ได้ดำเนินการไว้ให้คงอยู่ สร้างแผนการตอบสนองสำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น ส่งมอบความรับผิดชอบในโครงการให้กับคนที่ทำงานแบบวันต่อวัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1 เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการแก้ปัญหา

กระบวนการ	กิจกรรมที่ดำเนินการ		เครื่องมือต่างๆ ที่นิยมนำมาใช้
	การปรับปรุงกระบวนการ	การออกแบบ/เปลี่ยนแปลงกระบวนการ	
Define (นิยาม/กำหนด)	-แต่งตั้งทีม - นิยามปัญหา - หาความต้องการของลูกค้า/องค์กร - ตั้งเป้าหมาย	- แต่งตั้งทีมงาน - นิยามปัญหาที่เจาะจงหรือแบบกว้างๆ - กำหนดเป้าหมาย/วิสัยทัศน์ - กำหนดขอบเขตและความต้องการของลูกค้า	- New 7 Tools - Quality Function Deployment (QFD) - ผังกระบวนการ (Process Flowchart) - Process Mapping - การวิเคราะห์ความเสี่ยง(Risk Analysis) - วิศวกรรม/การวิเคราะห์คุณค่า(VA/VE) - ผังพาเรโต - การระดมสมอง (Brainstorming),Voting - Technique - (Benchmarking) - ต้นทุนคุณภาพ
Measure (วัด)	- วัดขั้นตอน Inputs ที่สำคัญๆ (Key Process Variables) - รวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์พิสูจน์ปัญหา/กระบวนการ	- วัดสมรรถนะเทียบกับข้อกำหนดหรือมาตรฐาน - รวบรวมข้อมูลประสิทธิภาพของกระบวนการ	- ผังควบคุม - ผังพาเรโต - Run Charts - Process Mapping - Gage R&R - Check Sheets - Box Plots - ดัชนีวัดผลงาน (KPI, Balanced Scorecard)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1 เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการแก้ปัญหา (ต่อ)

กระบวนการ	กิจกรรมที่ดำเนินการ		เครื่องมือต่างๆ ที่นิยมนำมาใช้
	การปรับปรุงกระบวนการ	การออกแบบ/เปลี่ยนแปลงกระบวนการ	
Analyze (การวิเคราะห์)	- พิสูจน์ปัญหา (สมมุติฐาน) - หาต้นตอสาเหตุของความแปรปรวน (พิสูจน์หาตัวแปรที่สำคัญ)	- หาต้นตอสาเหตุของความแปรปรวน (พิสูจน์หาตัวแปรที่สำคัญ) - วิเคราะห์หาวิธีการ/ทางเลือกที่ดีที่สุด (Best practices) - ประเมินกระบวนการสิ่งเพิ่มและไม่เพิ่มคุณค่า แก่กระบวนการคอขวด/จุดที่ติดขัด ทางเลือกอื่นๆ - กลั่นกรองข้อกำหนดต่างๆ	- การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) - การออกแบบการทดลอง (DOE) - Evolutionary operations (EVOP) - การวิเคราะห์ความล้มเหลวแลผลกระทบ (FMEA) - New 7 Tools - วิศวกรรม/การวิเคราะห์คุณค่า (VA/VE) - ผังเหตุและผล (Cause &Effect Diagrams) - แผนภูมิต้นไม้ (Fault Tree Analysis) - การวิเคราะห์จุดที่ติดขัด (Theory of Constrain) - การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2.1 เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการแก้ปัญหา (ต่อ)

กระบวนการ	กิจกรรมที่ดำเนินการ		เครื่องมือต่างๆ ที่นิยมนำมาใช้
	การปรับปรุงกระบวนการ	การออกแบบ/เปลี่ยนแปลงกระบวนการ	
Analyze (การวิเคราะห์)			- การจำลองกระบวนการ (Process simulation) - ANOVA - การทดสอบสมมุติฐาน
Improve (การปรับปรุง)	- กำหนดวิธีกำจัดต้นตอของสาเหตุและนำไปดำเนินการ - ทดสอบการดำเนินการ - จัดทำมาตรฐานของผลการดำเนินการ	- ออกแบบกระบวนการใหม่สมมุติฐานที่ท้าทาย ใช้ความคิดสร้างสรรค์ ใช้หลักการของกระบวนการ - นำกระบวนการโครงสร้างและระบบใหม่ไปปฏิบัติ	- การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (FMEA) - New 7 Tools - การออกแบบการทดลอง (DOE) - Evolutionary operations (EVOP) - การจำลองกระบวนการ (Process simulation) - การป้องกันข้อผิดพลาด (Mistake proofing, Poka-Yoke, Fool proof)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1 เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการแก้ปัญหา (ต่อ)

กระบวนการ	กิจกรรมที่ดำเนินการ		เครื่องมือต่างๆ ที่นิยมนำมาใช้
	การปรับปรุงกระบวนการ	การออกแบบ/เปลี่ยนแปลงกระบวนการ	
Control (การควบคุม)	- จัดทำแผนควบคุม (Control Plan) - เฝ้าติดตามการดำเนินการ - แก้ไขปัญหา	- จัดทำแผนควบคุม (Control Plan) - เฝ้าติดตามการดำเนินการ - แก้ไขปัญหา	- การป้องกันข้อผิดพลาด (Mistake proofing, Poka-Yoke, Fool proof) - ผังควบคุม (Control Charts) - การควบคุมกระบวนการด้วยกลวิธีทางสถิติ (SPC) - การวิเคราะห์ความสามารถ

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการฉีดพลาสติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการฉีดพลาสติกมีด้วยกัน 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ประเภทของเครื่องฉีดพลาสติก
2. การทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก
3. แม่พิมพ์ที่ใช้ในการฉีดพลาสติก

2.2.1 ประเภทของเครื่องฉีดพลาสติก

โดยทั่วไปเครื่องฉีดพลาสติกสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างของเครื่องได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. เครื่องฉีดแนวนอน (Horizontal Injection Molding Machine) ดังรูปที่ 2.1
2. เครื่องฉีดแนวตั้ง (Vertical Injection Molding Machine) ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.1 เครื่องฉีดพลาสติกแนวนอน (Horizontal Injection Molding Machine)

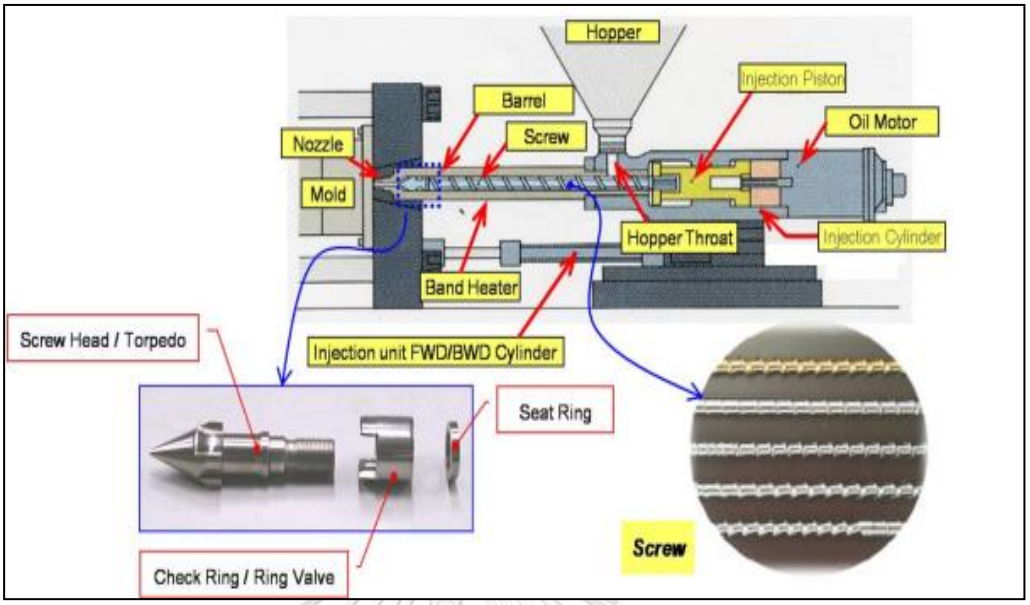
จุฬาลงกร
CHULALONG

รูปที่ 2.2 เครื่องฉีดพลาสติกแนวตั้ง (Vertical Injection Molding Machine)

2.2.2 การทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก

โดยทั่วไปแล้วเครื่องฉีดพลาสติกนั้นสามารถแบ่งหน่วยการทำงานหลักๆ ของเครื่องได้ 3 ประเภทคือ

1. Injection Unit หรือหน่วยการฉีด โดยจะทำหน้าที่เกี่ยวกับกระบวนการฉีดพลาสติกทั้งหมดโดย Injection Unit นั้นมีหน้าที่ตั้งแต่การรับเม็ดพลาสติกมาจากคอป้อนเม็ดพลาสติก (Hopper) แล้วนำมาทำให้หลอมเหลวผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนที่จะทำการฉีดเข้าไปในช่องว่าง (Cavity) ของแม่พิมพ์ (Mold) ซึ่งมีชิ้นส่วนหลัก ดังรูปที่ 2.3

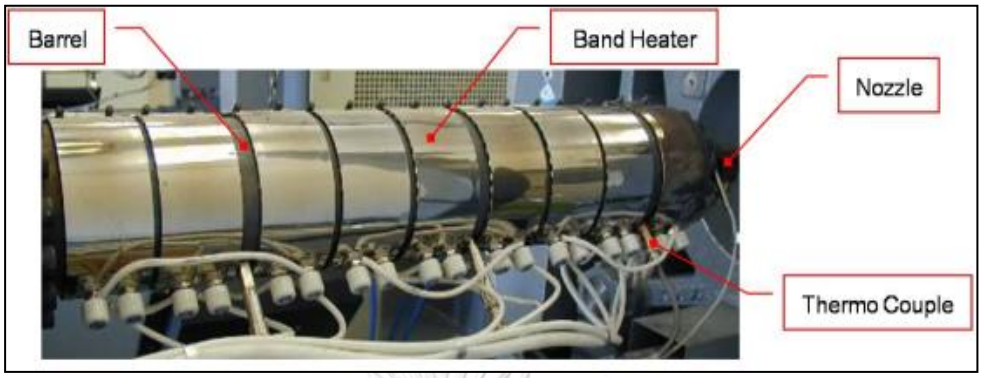


รูปที่ 2.3 ชิ้นส่วนหลักในหน่วยการฉีดของเครื่องฉีดพลาสติก

- Hopper Throat หรือคอป้อน จะเป็นบริเวณที่เป็นรูสำหรับป้อนเม็ดพลาสติกโดยจะมีระบบน้ำหล่อเย็นเลี้ยงรอบๆ เพื่อที่จะควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับชนิดของเม็ดพลาสติกโดยเม็ดพลาสติกจะ ถูกลำเลียงจาก Hopper ผ่านรูป้อนเพื่อไหลผ่านไปยังกระบอกฉีด (Barrel) ซึ่งในช่วงที่เม็ดพลาสติกถูกป้อนลงมานั้น หากไม่มีระบบน้ำหล่อเย็นเลี้ยงที่บริเวณคอป้อน (Throat) อาจจะทำให้อุณหภูมิของรูป้อนเม็ดสูงขึ้นมากๆ จะทำให้เม็ดพลาสติกเริ่มหลอมละลายเกาะตัวกันมากยิ่งขึ้น เป็นเหตุทำให้ปริมาณการไหลลงของเม็ดพลาสติกไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการตรวจสอบระบบหล่อเย็นอย่างสม่ำเสมอ ถ้าระบบของการหล่อเย็นของน้ำไม่มีหรือการไหลของน้ำเกิดการอุดตัน ก็จะเป็นเหตุทำให้อุณหภูมิของช่วงการป้อนเม็ดสูงขึ้นได้ ในทางตรงกันข้าม กรณีที่อุณหภูมิของ คอป้อน (Throat) ต่ำมากๆ ในขณะที่มีการป้อนเม็ดพลาสติกจะทำให้เม็ดพลาสติกมีความชื้นเกิดขึ้นโดยเฉพาะเม็ดที่ผ่านขบวนการไล่ความชื้นมาแล้ว ซึ่งตรงนี้จะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้การฉีดขึ้นรูปพลาสติกมีปัญหาได้เช่นกัน

- Barrel หรือกระบอกฉีด เป็นชิ้นส่วนที่สำคัญมากอีกชิ้นหนึ่งของเครื่องฉีดพลาสติก กระบอกฉีดจะมีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอก ที่ติดตั้งอยู่กับ Hopper Throat ผิวด้านนอกของกระบอกฉีดจะติดตั้ง Band Heater เพื่อใช้ในการให้ความร้อนเพื่อใช้ในการหลอมเหลวเม็ดพลาสติก ส่วนปลายของกระบอกจะต่อเข้ากับหัวฉีด (Nozzle) และภายในของกระบอก

ฉีดจะมีชุด Screw สวมอยู่ เพื่อช่วยในการหลอมเหลวเม็ดพลาสติก และฉีดอัดพลาสติกเหลวเข้าไปในแม่พิมพ์



รูปที่ 2.4 ชุด Barrel (กระบอกฉีด), Band Heater (ปลอกหรือแถบทำความร้อน) และ Nozzle

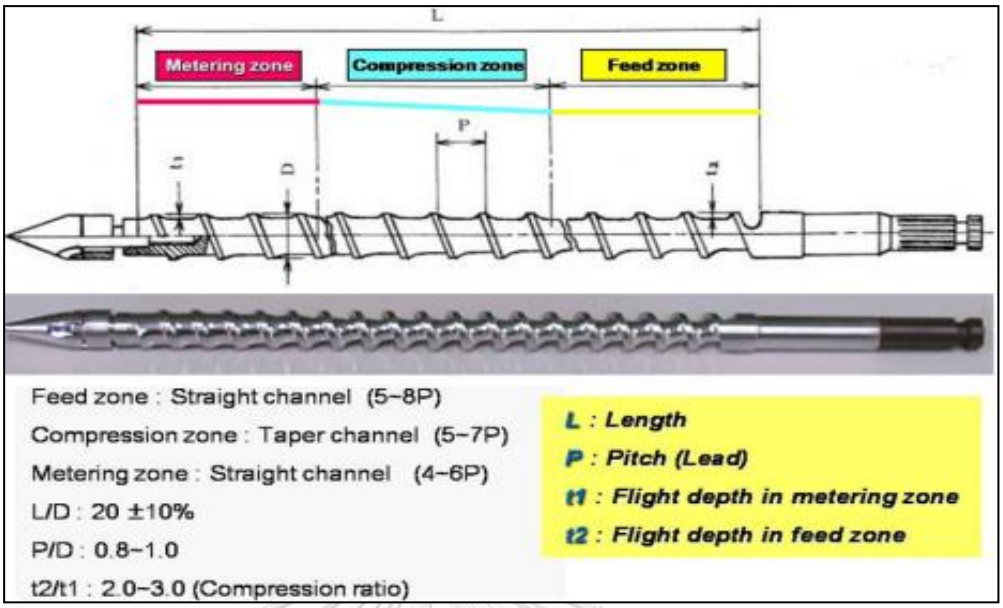
- Band Heaterปลอกหรือแถบทำความร้อน (Band Heater) มีหน้าที่ทำความร้อนและส่งถ่ายไปยังกระบอกฉีด (Barrel) เพื่อใช้ในการหลอมละลายเม็ดพลาสติก โดยทั่วไป Band Heater จะติดตั้งไว้โดยการห่อหุ้มอยู่ภายนอกของกระบอกฉีด (Barrel) โดยแยกการควบคุมอุณหภูมิออกเป็นส่วนๆ

- Thermo Couple เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิโดยใช้คุณสมบัติของโลหะสองชนิดที่แตกต่างกัน ซึ่งความต่างศักย์ที่วัดได้จากปลายทั้งสองข้างของ Thermocouple นั้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่จุดต่อระหว่างสองโลหะ Thermo Couple มีอยู่มากมายหลายชนิดแต่ที่ใช้กับเครื่องฉีดทั่วไปมีอยู่ 2 ชนิด คือ Type J และ Type K

รูปที่ 2.5 Thermo Couple ชนิด J และ K

- Screw โดยทั่วไปสกรูที่ใช้กับเครื่องฉีดพลาสติกนั้น มีการออกแบบที่แตกต่างกันไปเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งโดยทั่วไป จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ Feed Zone,

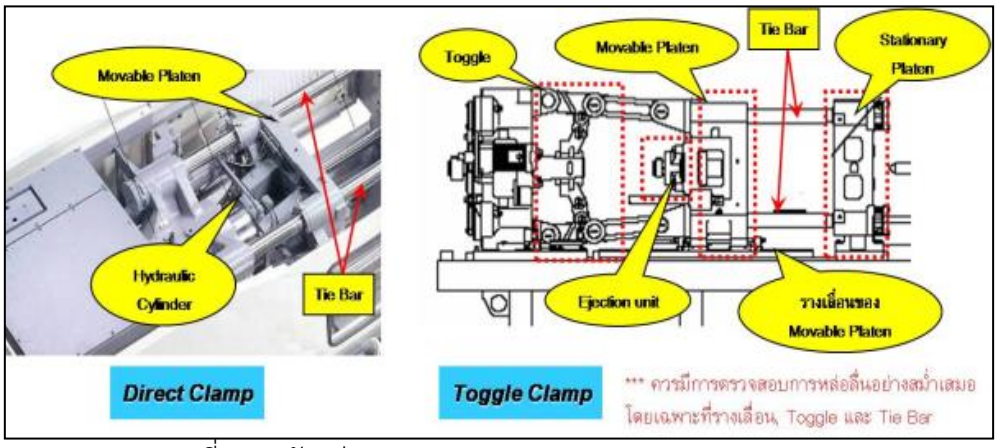
Compression Zone และ Metering Zone- Feed Zone ของ Screw จะเป็นช่วงที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงเม็ดพลาสติกที่ไหลลงมาจาก Hopper Throatเพื่อที่จะส่งต่อไปยังช่วง Compression Zone ซึ่งความลึกของร่องเกลียวช่วงนี้จะเท่ากันทุกร่องเกลียวการเปลี่ยนแปลงความร้อนในช่วงนี้จะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยจากการเสียดสีกันของเม็ดพลาสติก เพราะฉะนั้นความร้อนที่มาจาก Band Heater ในช่วงนี้ต้องไม่สูงมากจนเกินไป เพราะจะทำให้พลาสติกหลอมเหลวหรือเกาะกันเป็นก้อน และเพื่อป้องกันการลำเลียงเม็ดพลาสติกไม่ให้ขาดช่วงหรือขาดความต่อเนื่อง Compression Zone ของ Screw จะเป็นช่วงที่ทำให้พลาสติกเกิดการหลอมเหลวและผสมผสานกันได้ดียิ่งขึ้น โดยจะทำให้เกิดการเสียดสีกันของเม็ดพลาสติกเองและทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในเม็ดพลาสติก ทำให้เกิดการหลอมเหลวและอัดแน่นกันมากยิ่งขึ้น ตรงช่วงบริเวณนี้ขนาดความลึกของร่องเกลียวจะค่อยๆ ลดลงไปเรื่อยๆ เพื่อทำให้เกิดการอัดตัวของการหลอมเหลวของเม็ดพลาสติกซึ่ง ข้อแตกต่างของความลึกของร่องเกลียวช่วงนี้เราเรียกว่า Compression Ratio โดยทั่วไปจะอยู่ที่ประมาณ 2 : 1 จากช่วงของ Compression Zone ปริมาณพลาสติกที่ถูกหลอมละลายจะถูกส่งไปยังส่วนสุดท้ายของ Screw ที่เรียกว่า Metering Zone ต่อไป Metering Zone ของ Screw จะเป็นช่วงที่มีการเฉือนกันของพลาสติกมากที่สุดและจะเพิ่มมากขึ้นระหว่าง Barrel กับ Screw และเพิ่มการหลอมละลายของพลาสติกบางส่วนที่ยังหลอมละลายไม่ดีพอ เพื่อที่จะทำการฉีดต่อไปการหลอมละลายในช่วงนี้จะเริ่ม มีการสะสมกำลังและแรงดันเพิ่มมากขึ้นที่ด้านปลายของ Barrel ในช่วงของ Metering Zone นี้จะทำหน้าที่นำพาพลาสติกที่หลอมละลายดีแล้วผ่านทะลุ Non-Return Valve ไปยังด้านหน้าสุดของ Screw และไปสะสมกันอยู่ปลายสุดของ Barrel และในขณะเดียวกันในการสะสมกันของพลาสติกเหลวนี้จะมีกำลังเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่สกรูหมุน กำลังหรือแรงดันนี้จะเป็นตัวที่ดันให้สกรูถอยหลังไปจนถึงระยะของ SM (ตำแหน่งหยุดการหมุนของ Screw) ตามที่ตั้งค่าไว้ ซึ่งเป็นการสะสมปริมาณพลาสติกเหลวให้ได้ตามที่ต้องการเพื่อที่จะทำการฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ในแต่ละรอบการทำงาน



รูปที่ 2.6 สกรูในแต่ละส่วน

- Nozzle หรือหัวฉีดเป็นส่วนประกอบหนึ่งของชุดฉีดพลาสติกมีไว้เพื่อทำหน้าที่เป็นทางผ่านของพลาสติกเหลวจากกระบอกฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ ซึ่งหัวฉีดจะเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างปลายกระบอกฉีดกับ Sprue Bush ของแม่พิมพ์ในขณะทำการฉีดพลาสติกเข้าไปในแม่พิมพ์ ขนาดรัศมีของปลายหัวฉีด ต้องมีขนาดพอดีที่จะสวมหรือสัมผัสกับขนาดรัศมีของ Sprue Bush ของแม่พิมพ์ และต้องไม่มีรอยยุบรอยกระแทกที่บริเวณใกล้กับรูฉีดของ Nozzle เพราะอาจทำให้การฉีดมีปัญหาได้

2. Clamping Unit เป็นชุดอุปกรณ์มีหน้าที่ในการติดตั้งแม่พิมพ์, เปิด-ปิดแม่พิมพ์ (mold) และกระทุ้งชิ้นงานที่ฉีดเสร็จแล้วออกจากแม่พิมพ์ โดยเฉพาะการปิดแม่พิมพ์นั้น Clamp unit จะต้องมีแรงในการปิดที่สามารถต้านทานแรงดันของพลาสติกเหลวในขั้นตอนการฉีดได้ โดยทั่วไป Clamp unit จะมีอยู่ 2 ระบบใหญ่ๆ คือ Direct Clamp เป็นระบบการเปิด-ปิดแม่พิมพ์โดยตรงผ่านต้นกำลัง ซึ่งคือลูกสูบไฮดรอลิก (Hydraulic Cylinder)ระบบนี้เป็นระบบที่นิยมใช้ในเครื่องฉีดระบบไฮดรอลิก ซึ่งมีข้อดีคือสามารถติดตั้งได้ง่ายส่วน Toggle Clamp เป็นระบบการเปิด-ปิดแม่พิมพ์ผ่านกลไกหรือระบบ Mechanic ซึ่งสามารถใช้ได้กับต้นกำลังจาก Servo Motor และไฮดรอลิก ซึ่งมีข้อดีคือแรงในการปิดแม่พิมพ์จะเที่ยงตรงและสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.7 ตัวอย่าง Direct Clamp และ Toggle Clamp

3. Control Unit มีหน้าที่ควบคุมการทำงานทุกระบบของเครื่องฉีดพลาสติก เช่น การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการควบคุมอุณหภูมิของกระบอกฉีด

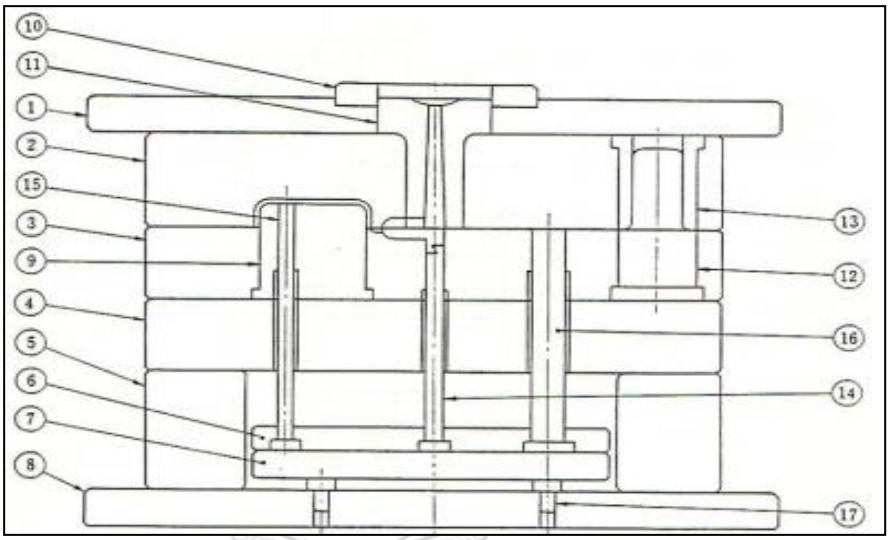
รูปที่ 2.8 ตัวอย่าง Control unit ของเครื่องฉีดพลาสติก

2.2.3 แม่พิมพ์ที่ใช้ในการฉีดพลาสติก

โดยทั่วไปเราสามารถจัดแบ่งประเภทของแม่พิมพ์พลาสติก (Mold) ตามลักษณะโครงสร้างออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือแม่พิมพ์ 2 Plates และ แม่พิมพ์ 3 Plates

1. แม่พิมพ์ 2 Plates

โดยลักษณะโครงสร้างของแม่พิมพ์ 2 Plates ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างโครงสร้างของแม่พิมพ์ 2 Plates

ตารางที่ 2.2 ชื่อเรียกและหน้าที่การทำงานของแม่พิมพ์ 2 Plates

No.	ชื่อเรียก	หน้าที่การทำงาน
1	Front clamping plate	ยึดแม่พิมพ์ด้าน Cavity ให้ติดอยู่กับ Fixed platen ของเครื่อง
2	Cavity plate	ติดตั้ง Cavity insert
3	Core plate	ติดตั้ง Core insert
4	Support plate	รองรับและเพิ่มความแข็งแรงให้ Core plate
5	Spacer block	รองรับ Core plate และสร้างระยะสำหรับการเคลื่อนที่ของ Ejector plate
6	Ejector retainer plate	ติดตั้งและกำหนดตำแหน่งของ Ejector pins
7	Ejector plate	ดันชุด Ejector pin เพื่อปลดชิ้นงาน
8	Rear clamping plate	ยึดแม่พิมพ์ด้าน Core ให้ติดอยู่กับ Moving Platen
9	Core insert	ขึ้นรูปชิ้นงาน
10	Locating ring	กำหนดตำแหน่งของแม่พิมพ์ให้ Spure bushing ตรงกับหัวเครื่องฉีด
11	Spure bushing	เชื่อมต่อกับหัวฉีดเพื่อเป็นทางเข้าของน้ำพลาสติก
12	Guide pin	เพิ่มความเที่ยงตรงในการปิดแม่พิมพ์ให้อยู่ในแนวเส้นเดียวกัน
13	Guide bush	ปลอกนำของ Guide pin

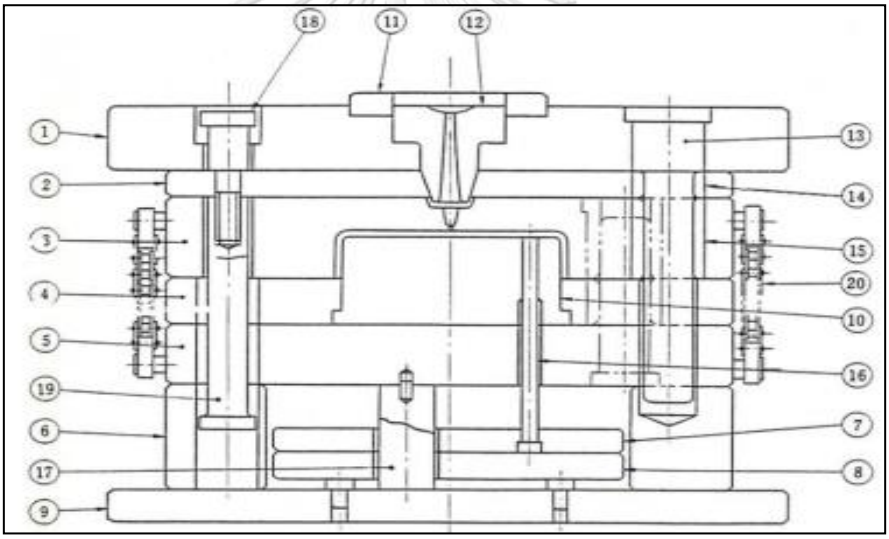
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2 ชื่อเรียกและหน้าที่การทำงานของแม่พิมพ์ 2 Plates (ต่อ)

No.	ชื่อเรียก	หน้าที่การทำงาน
14	Spure puller	ดึงให้ Spure หลุดจาก Spure bushing ในขณะเปิดแม่พิมพ์
15	Ejector pin	ปลดชิ้นงานให้หลุดจากแม่พิมพ์
16	Return pin	ดันชุด Ejector plate กลับตำแหน่งเดิมในขณะปิดแม่พิมพ์
17	Ejector stop pin	รองรับ Ejector plate ในตำแหน่งกลับสุด

2. แม่พิมพ์ 3Plates

โดยลักษณะโครงสร้างของแม่พิมพ์ 3 Plates ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างโครงสร้างของแม่พิมพ์ 3 Plates

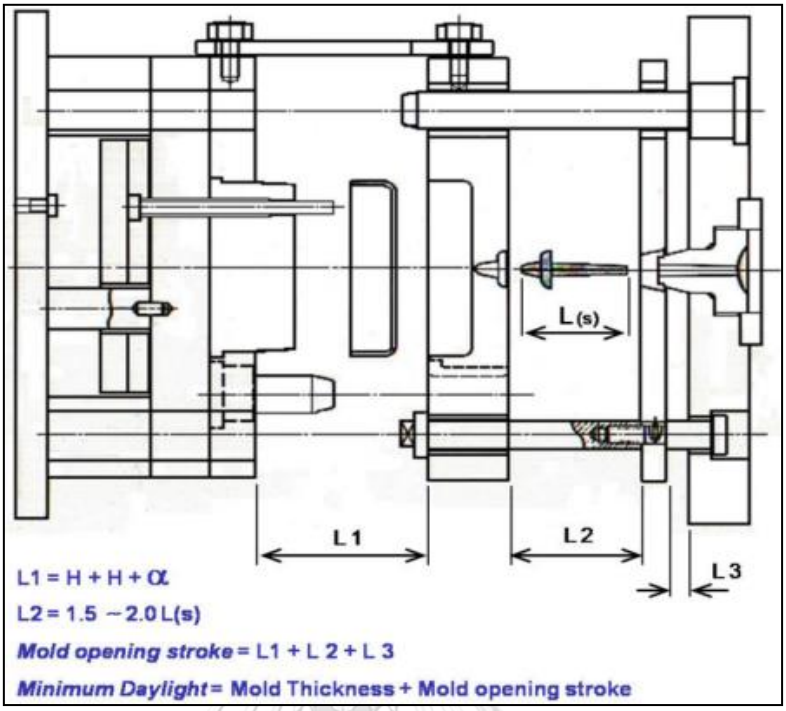
ตารางที่ 2.3 ชื่อเรียกและหน้าที่การทำงานของแม่พิมพ์ 3 Plates

No.	ชื่อเรียก	หน้าที่การทำงาน
1	Front clamping plate	ยึดแม่พิมพ์ด้าน Cavity ให้ติดอยู่กับ Fixed platen ของเครื่อง
2	Runner stripper plate	ดัน spure bush ให้หลุดออกจาก Spure bushing
3	Cavity plate	ติดตั้ง Cavity insert
4	Core plate	ติดตั้ง Core insert
5	Support plate	รองรับและเพิ่มความแข็งแรงให้ Core plate

ตารางที่ 2.3 ชื่อเรียกและหน้าที่การทำงานของแม่พิมพ์ 3 Plates (ต่อ)

No.	ชื่อเรียก	หน้าที่การทำงาน
6	Spacer block	รองรับ Core plate และสร้างระยะสำหรับการเคลื่อนที่ของ Ejector plate
7	Ejector retainer plate	ติดตั้งและกำหนดตำแหน่งของ Ejector pins
8	Ejector plate	ดันชุด Ejector pin เพื่อปลดชิ้นงาน
9	Rear clamping plate	ยึดแม่พิมพ์ด้าน Core ให้ติดอยู่กับ Moving Platen
10	Core insert	ขึ้นรูปชิ้นงาน
11	Locating ring	กำหนดตำแหน่งของแม่พิมพ์ให้ Spure bushing ตรงกับหัวเครื่องฉีด
12	Spure bushing	เชื่อมต่อกับหัวฉีดเพื่อเป็นทางเข้าของน้ำพลาสติก
13	Support pin	รองรับและเป็น Guide สำหรับ cavity และ Runner Stripper plate
14	Guide pin	เพิ่มความเที่ยงตรงในการปิดแม่พิมพ์ให้อยู่ในแนวเส้นเดียวกัน
15	Guide bush	ปลอกนำของ Guide pin
16	Ejector pin	ปลดชิ้นงานให้หลุดจากแม่พิมพ์
17	Support pillar	รองรับเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้ Core plate
18	Stopper bolt	ยึด Runner stripper plate ติดกับ Puller bolt และกำหนดระยะการเคลื่อนที่ของ Runner Stripper plate
19	Puller bolt	ยึด Runner stripper plate เพื่อดัน Spure bush ให้หลุดออกจาก Spure bushing
20	Chain / Tension link	ดึง Cavity plate เพื่อดึงให้ Runner stripper plate เคลื่อนที่ดัน Spure bush ออก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



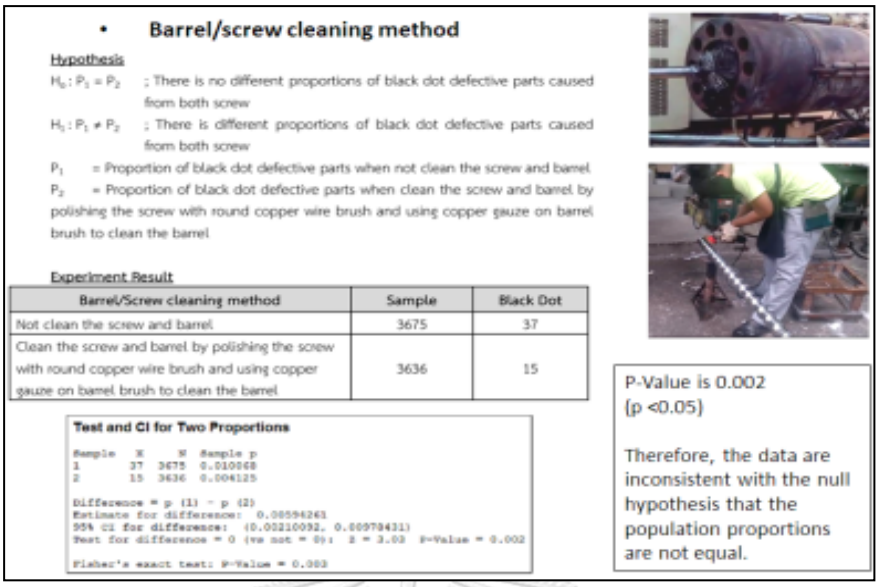
รูปที่ 2.11 ระยะการเปิด-ปิดของแม่พิมพ์ 3 Plates

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาวิทยานิพนธ์เกี่ยวกับการลดของเสียประเภทจุดดำในอุตสาหกรรมการฉีดพลาสติกพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดจุดดำในอุตสาหกรรมการฉีดพลาสติกนั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วยกัน 5-6 ปัจจัยโดยในแต่ละปัจจัยนั้นจะพูดถึงมุมมองที่ทำให้ปริมาณจุดดำลดลงทั้งหมดแต่ไม่ได้พูดถึงค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งในโรงงานกรณีศึกษานั้นต้องการที่จะลดของเสียและมุมมองของค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในแต่ละกระบวนการที่เกิดขึ้น ดังนั้นทางโรงงานกรณีศึกษาจึงจะนำแนวทางเหล่านี้ไปทำการทดลองในโรงงานกรณีศึกษาเพื่อวิเคราะห์ถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นและแนวทางเพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพเชิงต้นทุนเพิ่มขึ้น

ก่อนหน้านี้มีการศึกษากระบวนการลดจุดดำไว้ดังนี้

Rattanabunditsakun (2014) วิธีการทำความสะอาด Screw ผลการทดลองสรุปได้ว่าอัตราการเกิดจุดดำที่เกิดจากสกรูที่ขัดทำความสะอาดกับสกรูที่ไม่ขัดทำความสะอาดให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



- **Barrel/screw cleaning method**

Hypothesis

$H_0: P_1 = P_2$; There is no different proportions of black dot defective parts caused from both screw

$H_1: P_1 \neq P_2$; There is different proportions of black dot defective parts caused from both screw

P_1 = Proportion of black dot defective parts when not clean the screw and barrel

P_2 = Proportion of black dot defective parts when clean the screw and barrel by polishing the screw with round copper wire brush and using copper gauze on barrel brush to clean the barrel

Experiment Result

Barrel/Screw cleaning method	Sample	Black Dot
Not clean the screw and barrel	3675	37
Clean the screw and barrel by polishing the screw with round copper wire brush and using copper gauze on barrel brush to clean the barrel	3636	15

Test and CI for Two Proportions

```
Sample   X     N  Sample p
1       37  3675  0.010068
2       15  3636  0.004125

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  0.00594263
95% CI for difference:  (0.00210092, 0.009784431)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = 3.03  P-Value = 0.002

Fisher's exact test: P-Value = 0.003
```

P-Value is 0.002
(p <0.05)

Therefore, the data are inconsistent with the null hypothesis that the population proportions are not equal.

รูปที่ 2.12 ผลการทดลองการถอดขัดทำความสะอาด Screw เทียบกับไม่ถอดขัด

สุวรรณี สินธุ์ชัย (2547) วิธีการทำความสะอาด Screw ผลการทดลองสรุปได้ว่าอัตราการเกิดจุดดำที่เกิดจากวิธีถอดสกรูขัดทำความสะอาดกับวิธีการล้างกระบอกด้วย Purging ให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ชนิดของสกรู	จำนวนชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบ	ปัญหาจุดดำที่พบ
1. ทำความสะอาดด้วยการขัด	500 ชิ้น	45
2. ทำความสะอาดด้วยการใช้เศษเม็ดพลาสติกใส่	500 ชิ้น	80

Test and CI for Two Proportions

Sample X N Sample p

1 455 500 0.910000

2 420 500 0.840000

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: 0.07

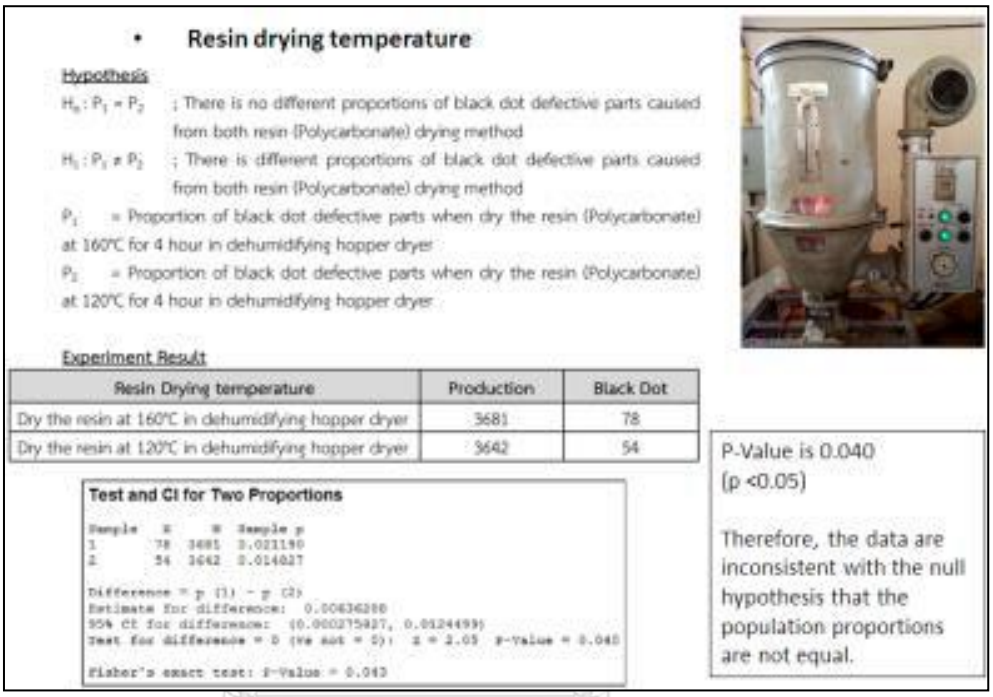
95% CI for difference: (0.0292346, 0.110765)

Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 3.37 P-Value = 0.001

ผลจากการทดสอบพบว่าค่า P-value ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.001 (<0.05) นั่นคือ ปฏิเสธ H0 และยอมรับ H1 ซึ่งสรุปผลได้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของอัตราส่วนของเสียที่เกิดจากสกรูทั้ง 2 อัน

รูปที่ 2.13 ผลการทดลองวิธีการทำความสะอาด Screw ด้วยการขัดและ Purging

Rattanabunditsakun (2014) อุณหภูมิในการอบไล่ความชื้น ผลการทดลองสรุปได้ว่าอัตราการเกิดจุดดำที่เกิดจากอุณหภูมิในการอบไล่ความชื้นที่ 120 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในการอบไล่ความชื้นที่ 160 องศาเซลเซียส ให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 2.14 ผลการทดลองอุณหภูมิในการอบไล่ความชื้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุวรรณี สินธุ์ชัย (2547) อุณหภูมิของกระบอกฉีด ผลการทดลองสรุปได้ว่าอัตราการเกิดจุดดำที่เกิดจากจากอุณหภูมิของกระบอกฉีดที่ 200 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของกระบอกฉีดที่ 240 องศาเซลเซียส ให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5.2 สัดส่วนของเสียจากการควบคุมอุณหภูมิกระบอกฉีดที่แตกต่างกันคือ 200 องศาเซลเซียส และ 240 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ	จำนวนชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบ	ปัญหาจุดดำที่พบ
1. 200 องศาเซลเซียส	500 ชิ้น	75
2. 240 องศาเซลเซียส	500 ชิ้น	102

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	425	500	0.850000
2	398	500	0.796000

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: 0.054

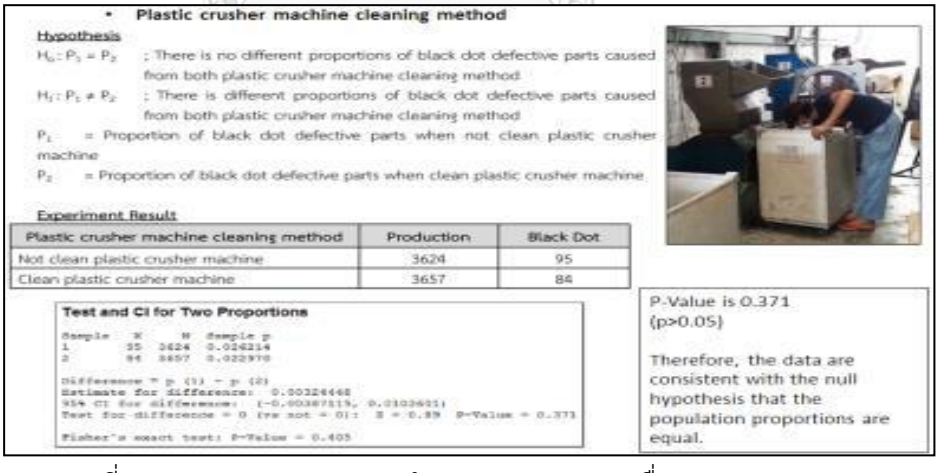
95% CI for difference: (0.00680726, 0.101193)

Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 2.24 P-Value = 0.025

ผลจากการทดสอบพบว่าค่า P-value ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.025 (<0.05) นั่นคือ ปฏิเสธ H0 และยอมรับ H1 ซึ่งสรุปผลได้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของอุณหภูมิที่ใช้ในการฉีด

รูปที่ 2.15 ผลการทดลองอุณหภูมิในการฉีด

Rattanabunditsakun (2014) ความสะอาดของเครื่องบด Runner ผลการทดลองสรุปได้ว่าอัตราการเกิดจุดดำจากเครื่องบด Runner ที่ทำความสะอาดและไม่ได้ทำความสะอาดให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



- **Plastic crusher machine cleaning method**

Hypothesis

$H_0: P_1 = P_2$; There is no different proportions of black dot defective parts caused from both plastic crusher machine cleaning method

$H_1: P_1 \neq P_2$; There is different proportions of black dot defective parts caused from both plastic crusher machine cleaning method

P_1 = Proportion of black dot defective parts when not clean plastic crusher machine

P_2 = Proportion of black dot defective parts when clean plastic crusher machine

Experiment Result

Plastic crusher machine cleaning method	Production	Black Dot
Not clean plastic crusher machine	3624	95
Clean plastic crusher machine	3657	84

Test and CI for Two Proportions

Sample X N Sample p
1 95 3624 0.026214
2 84 3657 0.022970

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.00324468
95% CI for difference: (-0.00387119, 0.01036031)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 0.89 P-Value = 0.371

Fisher's exact test: P-Value = 0.405

P-Value is 0.371 (p>0.05)

Therefore, the data are consistent with the null hypothesis that the population proportions are equal.

รูปที่ 2.16 ผลการทดลองการทำความสะอาดของเครื่องบด Runner

สุวรรณี สินธุ์ชัย (2547) ความสะอาดของเครื่องบด Runner ผลการทดลองสรุปได้ว่าอัตราการเกิดจุดดำจากเครื่องบด Runner ที่ทำความสะอาดและไม่ได้ทำความสะอาดให้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5.4 สัดส่วนของเสียจากการเครื่องบด Runner ที่ผ่านการทำความสะอาดและไม่ผ่านการทำความสะอาด

เครื่องบด Runner	จำนวนชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบ	ปัญหาจุดดำที่พบ
1. ไม่ได้ทำความสะอาด	3500 ชิ้น	720 ชิ้น
2. ทำความสะอาด	3500 ชิ้น	680 ชิ้น

Test and CI for Two Proportions

Sample X N Sample p

1 2780 3500 0.794286

2 2820 3500 0.805714

Difference = p (1) - p (2)

Estimate for difference: -0.0114286

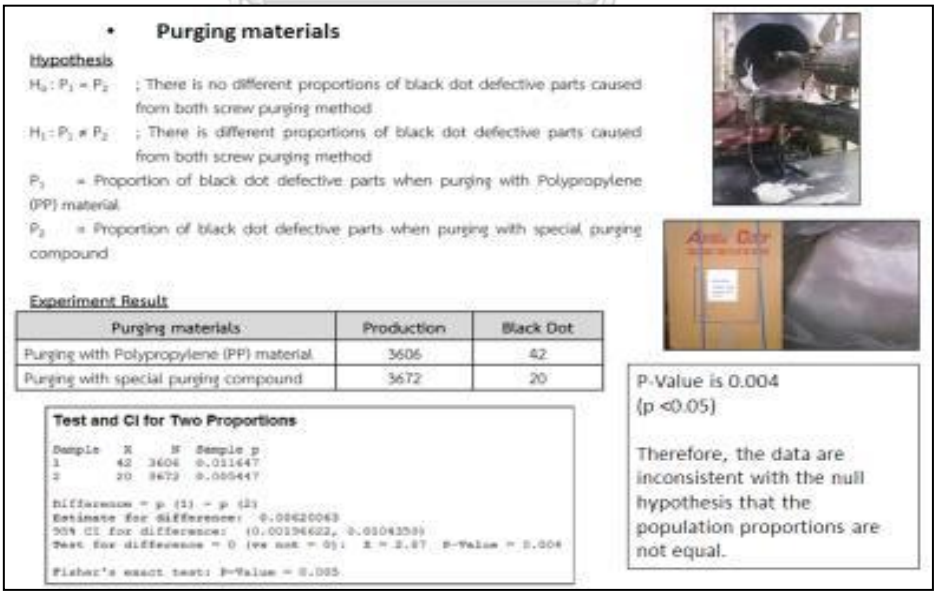
95% CI for difference: (-0.0301675, 0.00731036)

Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -1.20 P-Value = 0.232

ผลจากการทดสอบพบว่าค่า P-value ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.232 (>0.05) นั่นคือ ยอมรับ H0 และปฏิเสธ H1 ซึ่งสรุปผลได้ว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของความสะอาดของเครื่องบด Runner

รูปที่ 2.17 ผลการทดลองการทำความสะอาดของเครื่องบด Runner

Rattanabunditsakun (2014) ชนิดของพลาสติกที่ใช้ในการ Purging ผลการทดลองสรุปได้ว่าอัตราการเกิดจุดดำจากเม็ดพลาสติกชนิด PP และเม็ดพลาสติก Compound ให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



- **Purging materials**

Hypothesis

$H_0: P_1 = P_2$; There is no different proportions of black dot defective parts caused from both screw purging method

$H_1: P_1 \neq P_2$; There is different proportions of black dot defective parts caused from both screw purging method

P_1 = Proportion of black dot defective parts when purging with Polypropylene (PP) material

P_2 = Proportion of black dot defective parts when purging with special purging compound

Experiment Result

Purging materials	Production	Black Dot
Purging with Polypropylene (PP) material	3606	42
Purging with special purging compound	3672	20

Test and CI for Two Proportions

Sample X N Sample p
1 42 3606 0.011647
2 20 3672 0.005447

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.00620063
95% CI for difference: (0.00196622, 0.01043503)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 2.87 P-Value = 0.004

Fisher's exact test: P-Value = 0.005

P-Value is 0.004
(p <0.05)

Therefore, the data are inconsistent with the null hypothesis that the population proportions are not equal.

รูปที่ 2.18 ผลการทดลองการใช้เม็ด PP และ สาร Compound ในการ purging

สุวรรณี สินธุ์ชัย (2547) การจัดการ Runner ผลการทดลองสรุปได้ว่าอัตราการเกิดจุดดำจาก Runner ที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงและRunner ที่ไม่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Runner	จำนวนชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบ	ปัญหาจุดดำที่พบ
1. ผ่านการร่อน	1500 ชิ้น	220 ชิ้น
2. ไม่ผ่านการร่อน	1500 ชิ้น	305 ชิ้น

Test and CI for Two Proportions

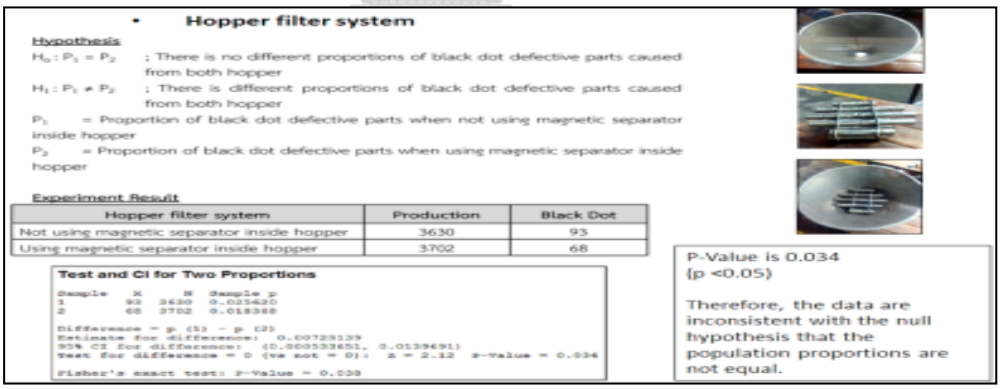
Sample	X	N	Sample p
1	1195	1500	0.796667
2	1280	1500	0.853333

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: -0.0566667
95% CI for difference: (-0.0837844, -0.0295490)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -4.10 P-Value = 0.000

ผลจากการทดสอบพบว่าค่า P-value ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.000 (<0.05) นั่นคือ ปฏิเสธ H0 และยอมรับ H1 ซึ่งสรุปผลได้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของความสะอาดของ Runner ที่นำมาใช้

รูปที่ 2.19 ผลการทดลองการร่อนและไม่ร่อน Runner หลังการบด

Rattanabunditsakun (2014) การใช้แม่เหล็กใน Hopper ผลการทดลองสรุปได้ว่าอัตราการเกิดจุดดำจาก Hooper ที่มีแม่เหล็กและ Hopper ที่ไม่มีแม่เหล็กให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



Hopper filter system

Hypothesis

$H_0 : P_1 = P_2$; There is no different proportions of black dot defective parts caused from both hopper

$H_1 : P_1 \neq P_2$; There is different proportions of black dot defective parts caused from both hopper

P_1 = Proportion of black dot defective parts when not using magnetic separator inside hopper

P_2 = Proportion of black dot defective parts when using magnetic separator inside hopper

Experiment Result

Hopper filter system	Production	Black Dot
Not using magnetic separator inside hopper	3630	93
Using magnetic separator inside hopper	3702	68

Test and CI for Two Proportions

Sample X N Sample p
1 93 3630 0.025620
2 68 3702 0.018368

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.00725139
95% CI for difference: (0.000533651, 0.0139691)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 2.12 P-Value = 0.034

Fisher's exact test: P-Value = 0.038

P-Value is 0.034
(p <0.05)

Therefore, the data are inconsistent with the null hypothesis that the population proportions are not equal.

รูปที่ 2.20 ผลการทดลองการใช้และไม่ใช้แม่เหล็กใส่ใน Hopper

ซึ่งทางโรงงานกรณีศึกษาจะนำผลจากส่วนนี้ไปศึกษาต่อคือ ผลกระทบของเวลาที่เกิดขึ้นหรือเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการนั้นส่งผลต่อค่าใช้จ่ายที่ใช้เท่าไร เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงต้นทุนต่อไป

บทที่ 3
ระยะนิยามปัญหา (Define Phase)

ผู้วิจัยได้ดำเนินงานตามหลักการซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งมีขั้นตอน 5 ขั้นตอน คือ ศึกษาสภาพทั่วไปและระบุปัญหา, การกำหนดตัวชี้วัดของปัญหา, การวิเคราะห์ปัญหา, การแก้ไขปัญหาและการหาวิธีการควบคุม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลของกระบวรการฉีดพลาสติกของโรงงานกรณีศึกษา (Define)

ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการฉีดพลาสติกก่อนการปรับปรุงมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา
2. ผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา
3. กระบวนการผลิต

3.1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานที่ดำเนินธุรกิจด้านงานฉีดพลาสติกขึ้นรูป และด้วยการเจริญเติบโตของธุรกิจประเภทพลาสติกทำให้โรงงานขยายกำลังการผลิตและมีเครื่องฉีดพลาสติกเพิ่มเป็น 26 เครื่องในปัจจุบัน ซึ่งหลังจากที่มีการขยายตัวทางธุรกิจนั้นส่งผลให้ในปัจจุบันมีต้นทุนของของเสียเกิดขึ้น ซึ่งทางโรงงานกรณีศึกษาได้ทำการปรับรุงกระบวนการและลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอยู่ตลอดเวลา

3.1.2 ผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษา

สำหรับผลิตภัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษานั้นเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์เช่น ชิ้นส่วนครอบกุญแจที่มีสีใส หรือปุ่มปิดประตูสีเทา, ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ฝาจับหม้อหุงข้าว ฝาครอบนาฬิกา เป็นต้น ซึ่งชิ้นงานส่วนใหญ่ของโรงงานกรณีศึกษานั้นจะเป็นชิ้นงานประเภทที่ต้องตรวจสอบด้วยสายตา (Appearance) เป็นส่วนใหญ่ซึ่งส่งผลให้ต้องเข้มขวดในกระบวนการผลิตเป็นอย่างมาก โดยในกระบวนการผลิตนั้นปัญหาที่เราพบมากที่สุดคือจุดดำ ซึ่งจุดดำนี้จะส่งผลกับการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิต และความสามารถในการควบคุมผลิตภัณฑ์อีกด้วย ซึ่งโรงงานกรณีศึกษานี้มีกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ส่งให้กับลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ ดังนั้นการควบคุมกระบวนการและคุณภาพของสินค้าถือเป็นเรื่องสำคัญมาก โดยขั้นตอนควบคุมคุณภาพและกระบวนการฉีดพลาสติกขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์เป็นดังนี้

3.1.3 กระบวนการผลิต

กระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกด้วยแม่พิมพ์สำเร็จรูปของโรงงานกรณีศึกษานั้นมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การตรวจสอบและจัดเตรียมวัตถุดิบ (เม็ดพลาสติก) เป็นขั้นตอนในการจัดเตรียมและตรวจสอบวัตถุดิบเพื่อให้ถูกต้องและตรงตามแผนการผลิต โดยในส่วนของการจัดเตรียมนั้นแบ่งเป็น 2 ประเภทด้วยกันคือ
    - เม็ดพลาสติกจากถุงใหม่
    - ก้านทางเดินพลาสติก (Runner) โดยนำไปบดกับเครื่องบด (Crusher) และผสมกับเม็ดพลาสติกใหม่ในเครื่องผสมเม็ดพลาสติก
2. การอบไล่ความชื้น เป็นการนำวัตถุดิบเข้าไปอบในเครื่องอบไล่ความชื้น และปรับตั้งอุณหภูมิการอบไล่ความชื้นตามชนิดและคุณสมบัติเฉพาะของเม็ดพลาสติกเพื่อลดปัญหาชิ้นงานเกิดของเสียจากความชื้นขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งการอบไล่ความชื้นนั้นจำเป็นเฉพาะเม็ดพลาสติกบางประเภทเท่านั้น และเม็ดพลาสติกบางประเภทอาจไม่จำเป็นต้องอบไล่ความชื้นซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเม็ดพลาสติกแต่ละชนิด โดยเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบไล่ความชื้นแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบไล่ความชื้นก่อนการฉีดพลาสติก Kubo (2002)

ชื่อ	**สัญลักษณ์**	**อุณหภูมิ (°C)**	**เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)**
Liquid crystal polymer	LCP	110-150	4-8
Polyether imide	PEI	120-150	2-7
Polyamide imide	PAI	150-180	8-16
Thermoplastic elastomer	TPE	120	3-4
Poly ether ether ketone	PEEK	150	8
Poly phenylene sulfide	PPS	140-250	3-6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.1 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบไล่ความชื้นก่อนการฉีดพลาสติก(ต่อ) (Kubo 2002)

ชื่อ	**สัญลักษณ์**	**อุณหภูมิ (°C)**	**เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)**
Poly allylate	PAR	120-150	4-8
Poly sulfone	PSU	120-150	3-4
ABS	ABS	70-80	2-3
Acrylic	PMMA	70-100	2-6
Polycarbonate	PC	120	4-6
Nylon 6	PA6	80	8-15
Nylon 66	PA66	80	8-15
Nylon 11	PA11	70-80	8-15
Nylon 46	PA46	80	8-10
Poly acetal	POM	110	2-3

3. วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม (2557) การติดตั้งแม่พิมพ์กับเครื่องฉีดพลาสติก เป็นการนำแม่พิมพ์พลาสติกมาติดตั้งเข้ากับเครื่องฉีดพลาสติกโดยขนาดของแม่พิมพ์และขนาดของเครื่องจักรนั้นต้องสัมพันธ์กัน โดยขั้นตอนในการเลือกขนาดของเครื่องฉีดพลาสติก คือต้องดูว่าน้ำหนักของพลาสติกที่เครื่องสามารถฉีดได้ก่อนว่าเพียงพอหรือไม่ ถ้าเพียงพอจึงดูแรงปิดแม่พิมพ์ที่เครื่องทำได้ แต่ถ้าเครื่องฉีดที่คิดจะเลือกนั้นสามารถฉีดน้ำหนักพลาสติกได้เพียงพอแต่แรงปิดแม่พิมพ์ไม่เพียงพออาจให้หาเครื่องที่มีขนาดใหญ่ขึ้นที่มีแรงปิดแม่พิมพ์เพียงพอโดยไม่ต้องดูน้ำหนักพลาสติกที่ฉีดได้อีก เพราะเมื่อขนาดของเครื่องใหญ่ขึ้น สกรูจะใหญ่ขึ้นตาม ดังนั้นน้ำหนักพลาสติกที่สามารถฉีดได้จะมีมากขึ้นด้วย ถ้าน้ำหนักแม่พิมพ์และแรงปิดแม่พิมพ์เพียงพอจึงดูต่อว่าแม่พิมพ์ลงเครื่องได้หรือไม่ โดยนำระยะของแม่พิมพ์เทียบกับระยะของเครื่อง (Tie Bar) ต่อจากนั้นให้ดูระยะเปิด-ปิดแม่พิมพ์เพียงพอหรือไม่เป็นขั้นตอนสุดท้าย
4. การฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน เป็นชั้นตอนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกจากเครื่องจักรโดยวัตถุดิบ (เม็ดพลาสติกที่เราเชื่อมต่อไว้กับเครื่องฉีดพลาสติกจะถูกหลอมละลาย

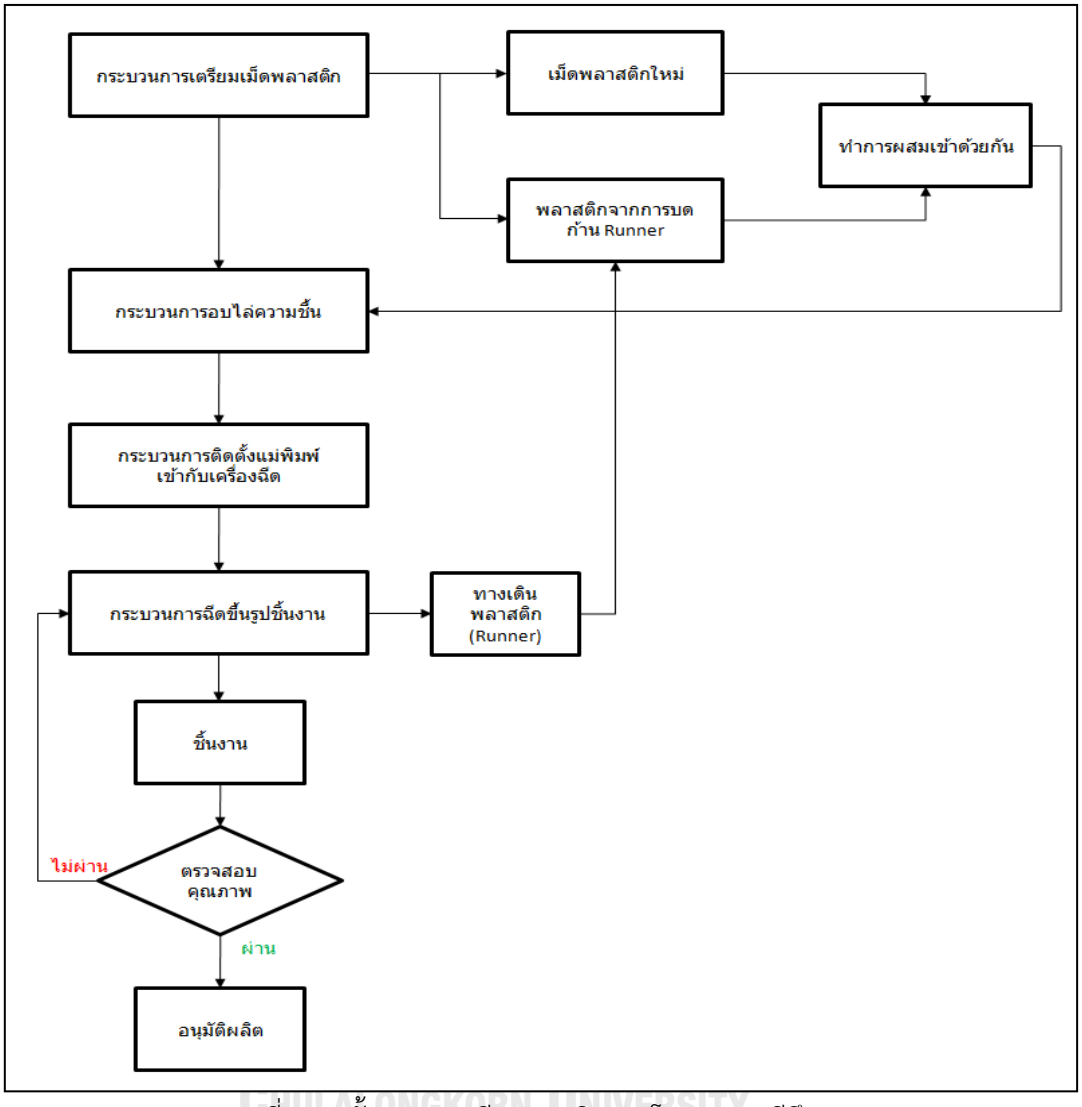
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ด้วยความร้อนจากกระบอกฉีดพลาสติกและน้ำพลาสติกจะไหลเข้าสู่แม่พิมพ์และถูกทำให้เย็นตัวด้วยระบบ (Cooling) เพื่อที่จะขึ้นรูปเป็นชิ้นงานต่อไป ซึ่งกระบวนการนี้ต้องใช้ความละเอียดเป็นอย่างมากเนื่องจากค่า พารามิเตอร์ (Parameter) ของเครื่องจักรนั้นสามารถปรับได้หลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดจะส่งผลกับชิ้นงานแตกต่างกันออกไป

5. การตรวจวัดก่อนกระบวนการผลิต เป็นขั้นตอนที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพ (Quality Control) จะทำการตรวจสอบชิ้นงานด้วยตาเปรียบเทียบกับชิ้นงานตัวอย่าง และตรวจวัดระยะชิ้นงาน (Dimension) ด้วยเครื่องมือวัดที่กำหนดไว้แตกต่างกันออกไปซึ่งหน่วยงานควบคุมคุณภาพนี้จะทำการอนุมัติให้ผลิตหากชิ้นงานถูกต้องตามมาตรฐานตัวอย่าง
6. การตรวจสอบคุณภาพระหว่างการผลิต เป็นขั้นตอนที่ฝ่ายประกันคุณภาพจะทำการตรวจสอบหาความผิดปกติด้วยตาระหว่างการผลิต (Patrol) เพื่อตรวจสอบปัญหาของชิ้นงานที่อาจเกิดขึ้นได้ระหว่างกระบวนการผลิต

โดยขั้นตอนการฉีดพลาสติกแสดงดังรูปที่ 3.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการฉีดพลาสติกของโรงงานกรณีศึกษา

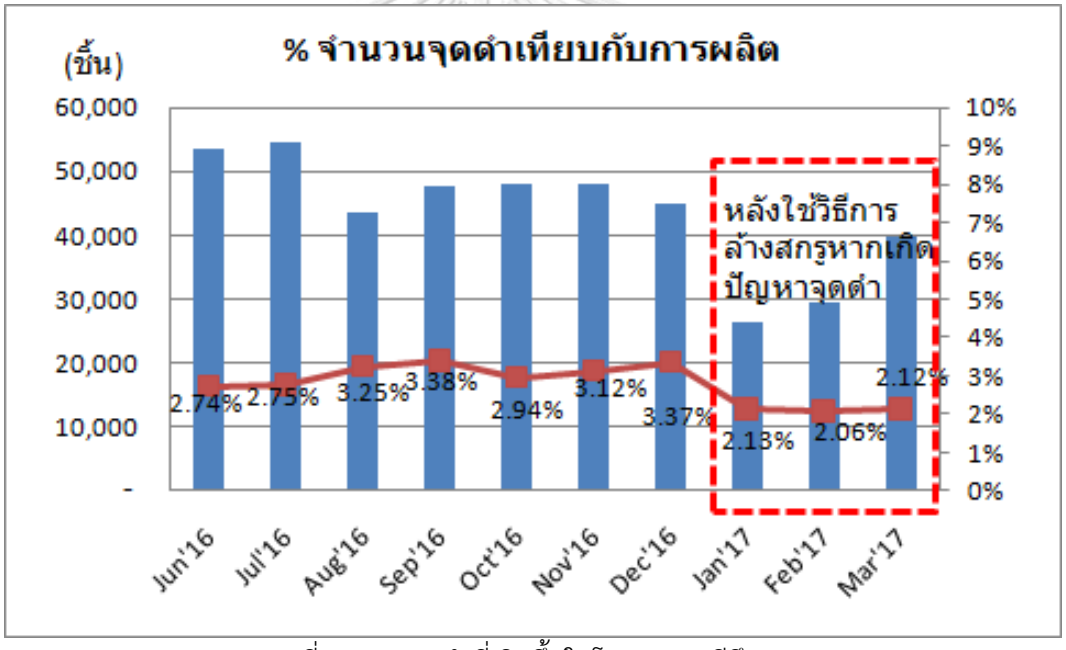
3.2 การกำหนดปัญหา

ในกรณีศึกษากระบวนการฉีดพลาสติกนี้ปัญหาที่พบได้มากที่สุดคือชิ้นงานเป็นจุดดำ ซึ่งในอดีตได้มีหลายกรณีศึกษาเพื่อลดปัญหานี้ โดยจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องนั้นพบว่ามีหลากหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และโรงงานกรณีศึกษานี้ได้นำวิธีต่างๆ เช่นการทำความสะอาดถังอบเม็ดพลาสติก การใช้สารเคมีเพิ่มเข้าไปในกระบวนการล้างกระบอกฉีด (Purging) หรือแม้กระทั่งการถอดสกรูเพื่อนำมาขัดและทำความสะอาด ซึ่งหลังจากที่ได้นำวิธีการต่างๆข้างต้นมาใช้กับโรงงานกรณีศึกษาประมาณสามเดือนแล้วนั้น ปัจจัยต่างๆ ทั้งหมดที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถลดของเสียประเภทจุดดำโดยรวมลงจากเดิมไปได้ 42.5% โดยวิธีที่นำมาใช้มาจากการศึกษาและทบทวน

วรรณกรรมได้แก่การถอดสกรูออกมาขัดทำความสะอาด การใช้สารเคมีในการล้างกระบอกฉีด และการร่อนเม็ดพลาสติกหลังการบด เป็นต้น แต่วิธีการลดจุดดำจะเกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น เช่น เวลาที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มมากขึ้นจำเป็นต้องทำงานล่วงเวลาค่าใช้จ่ายในการขนส่งเพิ่มขึ้น ค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์สนับสนุนกิจกรรมการลดจุดดำ หรือแม้กระทั่งกำลังการผลิตไม่เพียงพอทำให้สูญเสียโอกาส เป็นต้น

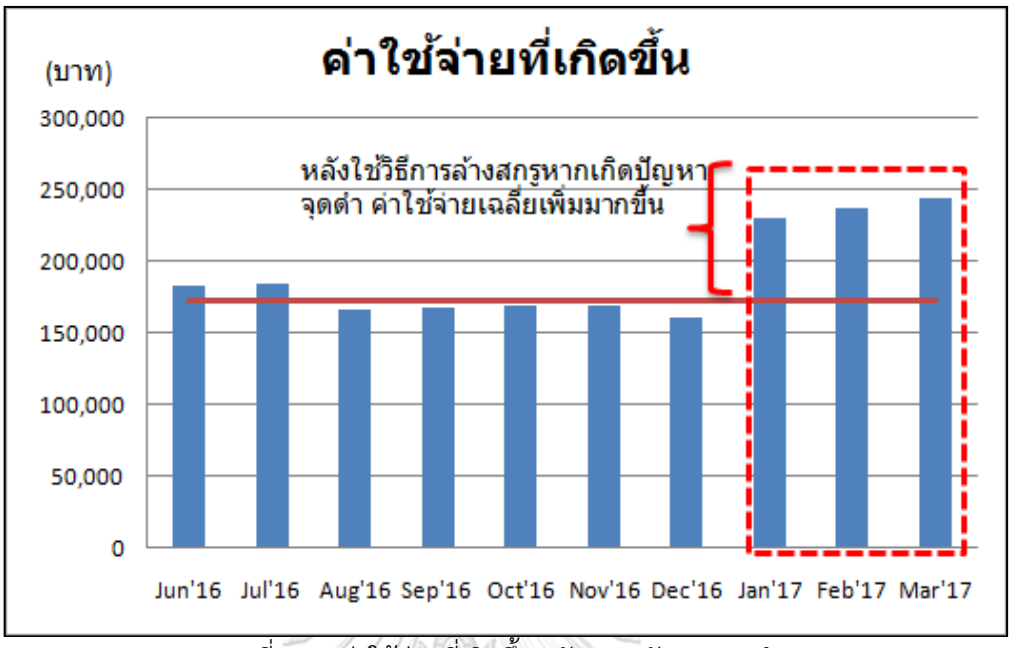
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเกี่ยวข้องกับความเหมาะสมของวิธีการลดของเสียประเภทจุดดำเพื่อประยุกต์ใช้กับประเภทของงานฉีดพลาสติกเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าของงานที่แตกต่างกันออกไป

จากการตรวจสอบข้อมูลของเสียประเภทจุดดำที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติกที่ผ่านมาหลังจากที่ได้นำวิธีการลดจุดดำข้างต้นมาใช้นั้นพบว่า ช่วงเดือนมกราคม 2560 ถึง เดือนมีนาคม 2560 มีปริมาณของเสียประเภทจุดดำลดลงจากเดิมที่ค่าเฉลี่ยที่ 2.10% (จากเดิมที่มีปัญหาของเสียก่อนหน้าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.02%) ดังรูป 3.2



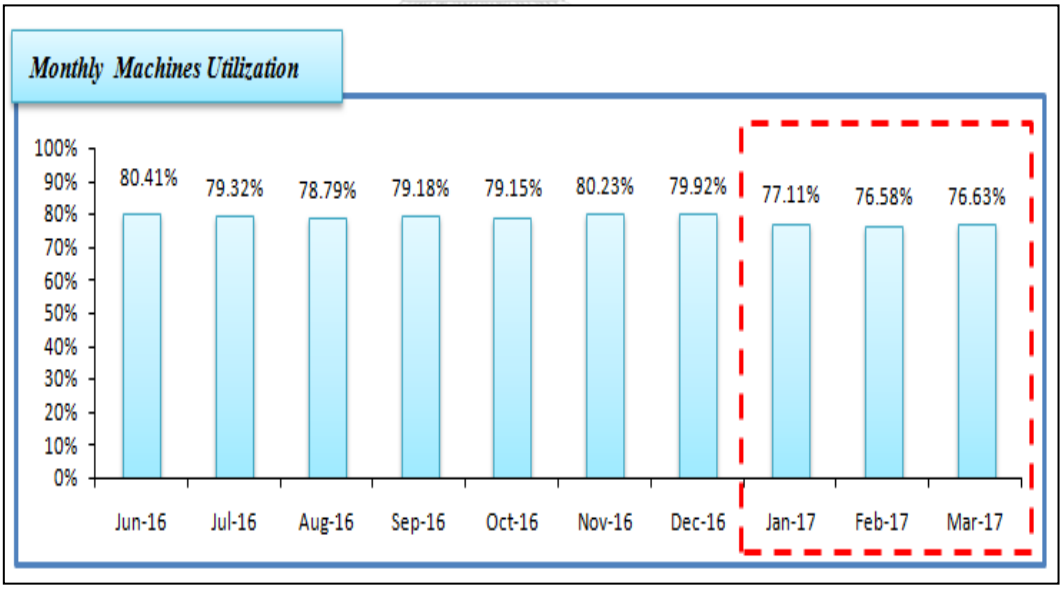
รูปที่ 3.2 %จุดดำที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษา

ในทางกลับกันในช่วงที่มีการลดจุดดำนั้น ค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นนั้นมีมากขึ้นอีกด้วยดังแสดงในรูปที่ 3.3



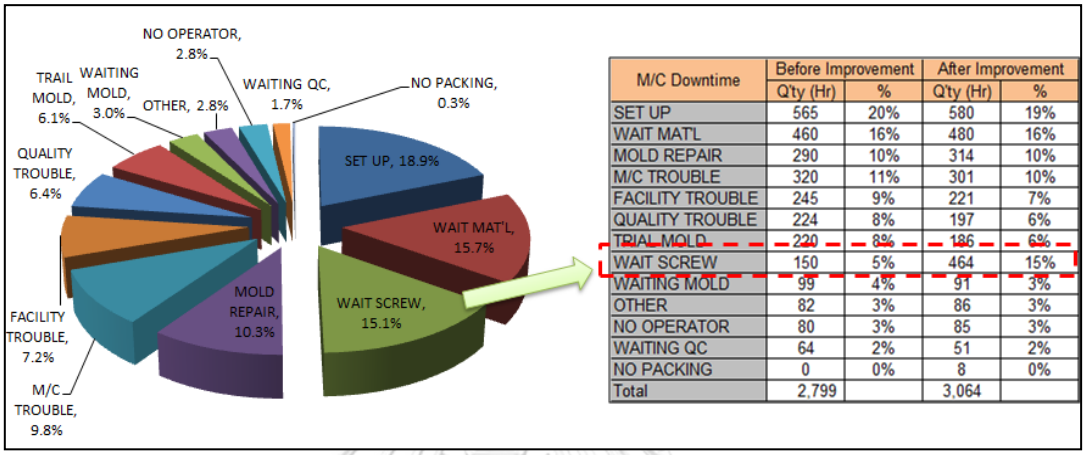
รูปที่ 3.3 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุงจุดดำ

และยังส่งผลถึง Machine Utilization เฉลี่ยลดลง 3% คิดเป็น 300 ชั่วโมงจากชั่วโมงการผลิตทั้งหมดประมาณ 10,000 ชั่วโมงดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 %Machine Utilization ของโรงงานกรณีศึกษา

สืบเนื่องจาก Machine Utilization เฉลี่ยที่ลดลง โดยภาพรวมของ Machine down time ในหัวข้อการจอดรอสกรู เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 10% และมาแยกดูปัญหาแต่ละหัวข้อ พบว่ามีการจอดรอสกรูเพิ่มขึ้นเฉลี่ยจาก 150 ชม./เดือน เป็น 464 ชม./เดือน (เพิ่มขึ้น 65%) ดังแสดงในรูปที่ 3.5



M/C Downtime	Before Improvement		After Improvement	
	Q'ty (Hr)	%	Q'ty (Hr)	%
SET UP	565	20%	580	19%
WAIT MAT'L	460	16%	480	16%
MOLD REPAIR	290	10%	314	10%
M/C TROUBLE	320	11%	301	10%
FACILITY TROUBLE	245	9%	221	7%
QUALITY TROUBLE	224	8%	197	6%
TRIAL MOLD	220	8%	186	6%
WAIT SCREW	150	5%	464	15%
WAITING MOLD	99	4%	91	3%
OTHER	82	3%	86	3%
NO OPERATOR	80	3%	85	3%
WAITING QC	64	2%	51	2%
NO PACKING	0	0%	8	0%
Total	2,799		3,064	

รูปที่ 3.5 เวลาที่ใช้ในการจอดรอสกรูในหัวข้อ Machine down time

ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องหาวิธีการและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมกับกระบวนการลดปัญหาจุดดำเพื่อเป็นแนวทางที่เหมาะสมโดยที่ทางโรงงานกรณีศึกษาต้องดูเรื่องค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นควบคู่กันไปด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 การกำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด

เป้าหมายของงานวิจัยนี้คือการเลือกใช้วิธีการลดจุดดำให้เหมาะสมกับแต่ประเภทของชิ้นงานที่มีเงื่อนไขที่แตกต่างกันออกไป และสามารถประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการฉีดพลาสติกอื่นๆได้ โดยที่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการด้วย โดยตัวชี้วัดคือค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นมีค่าลดลงหน่วยเป็นบาทต่อเดือน

3.4 การจัดตั้งคณะทำงาน

ในการจัดตั้งคณะทำงานในครั้งนี้ได้ดำเนินการคัดเลือกจากพนักงานที่มีความรู้ ความสามารถ ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์การทำงานในกระบวนการฉีดพลาสติกเพื่อช่วยในการระดมสมอง สนับสนุนการออกแบบการทดลองด้วยเครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ที่จะนำไปใช้ให้งานวิจัยนั้นบรรลุ

เป้าหมาย โดยคณะทำงานที่แต่งตั้งขึ้นเพื่อสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยบุคคลต่างๆ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ทีมงานที่จัดตั้งขึ้นเพื่อสนับสนุนงานวิจัย

ตำแหน่ง	การศึกษา	ประสบการณ์ทำงาน
ผู้จัดการแผนกฉีดพลาสติก	ปริญญาตรี คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลอลงกรณ์	ผู้จัดการแผนกฉีดพลาสติก โรงงานกรณีศึกษา 11 ปี
หัวหน้าส่วนแม่พิมพ์	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาเทคโนโลยีการผลิต วิทยาลัยเทคนิคเลย	หัวหน้าส่วนงานดูแลบำรุงรักษาแม่พิมพ์ 5 ปี
หัวหน้าส่วนวัตถุดิบ	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา	หัวหน้าส่วนจัดเตรียมวัตถุดิบ 7 ปี
รองผู้จัดการแผนกควบคุมคุณภาพ	ปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลอลงกรณ์	ผู้จัดการแผนกควบคุมคุณภาพงานพลาสติก 7 ปี
หัวหน้าส่วนวางแผนการผลิต	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี	หัวหน้าส่วนวางแผนการผลิต 5 ปี
ผู้ดำเนินงานวิจัย	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	ผู้จัดการโรงงาน โรงงานกรณีศึกษา 5 ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5 บทสรุป

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดในระยะนิยามปัญหา พบว่าในกระบวนการลดจุดดำนั้นจะมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากและส่งผลกระทบกับกระบวนการอื่นๆ เช่นกำลังการผลิตไม่เพียงพอเนื่องจากเกิดการรอคอยจากกระบวนการขัดสกรู ดังนั้นจุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้จึงจะศึกษาและทำการวิจัยวิธีที่ใช้ในการลดจุดดำเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีในการแก้ไขจุดดำให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่ต่างชนิดกันออกไป

บทที่ 4
ระยะตรวจวัดปัญหา (Measure Phase)

จากการนิยามปัญหาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางต่างๆในการแก้ไขปัญหา ของเสียประเภทจุดดำโดยการจัดทำแผนที่กระบวนการ (Process Map) แผนภูมิก้างปลา (Cause and Effect Diagram) และตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) โดยเครื่องมือข้างต้นนี้ไม่สามารถระบุความสำคัญของแต่ละปัญหาได้ ดังนั้นจำเป็นจะต้องใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) ซึ่งเครื่องมือนี้ใช้สำหรับวิเคราะห์ผลกระทบ (Effect) จากลักษณะข้อบกพร่อง (Failure Mode) ที่อาจเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ โดยทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุรากเหง้า (Root Cause) เพื่อทำการป้องกันล่วงหน้าโดยจะทำให้ได้สาเหตุที่มีความสำคัญจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดตามลำดับ โดยจะทำการเลือกสาเหตุหรือปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ไปทำการแก้ไขต่อไป

4.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gage R&R: Repeatability and Reproducibility)

ในกระบวนการผลิตสินค้าและส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้านั้นกระบวนการสำคัญในการประกันคุณภาพสินค้าที่ผลิตนั้นคือการตรวจสอบและประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยการตรวจสอบคุณภาพนั้นจะใช้กระบวนการในการวัดเป็นหลัก ดังนั้นเพื่อป้องกันความผิดพลาด หรือความชำนาญของพนักงานผู้ตรวจวัด หรือค่าความผันแปรของอุปกรณ์หรือสภาพแวดล้อมที่ต่างกันออกไปจึงต้องทำการวิเคราะห์ระบบการวัดเพื่อใช้ในการบ่งชี้ความผันแปรที่เกิดขึ้นในการ เพื่อประเมินความสอดคล้อง (Consistency) และความสม่ำเสมอ (Uniformity) ของระบบการวัดด้วยสายตาหรืออาศัยความรู้สึกของพนักงานวัด และนำไปใช้เพิ่มความสม่ำเสมอระหว่างพนักงานตลอดจนขจัดความไม่สอดคล้อง (Inconsistency) ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการตรวจสอบ

ดังนั้นในการวิเคราะห์ระบบความแม่นยำในการวัดครั้งนี้จึงเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัดจากค่าที่วัดได้เพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรออกจากชิ้นงาน (Part to part variation) พนักงานวัด (Appraiser) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation) และความผันแปรอื่นๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้โดยธรรมชาติ

โดยในการตรวจสอบชิ้นงานประเภทจุดดำนั้นจะใช้พนักงานทำการตรวจด้วยสายตา (Appearance) ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ว่าพนักงานที่ใช้ในการตรวจสอบนั้นมีประสิทธิภาพในการตรวจวัดมากน้อยเพียงใด ซึ่งการทดลองออกแบบวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดเป็นดังนี้

4.1.1 กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2553) การวิเคราะห์ความแม่นยำของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- นำชิ้นงานตัวอย่างจากกระบวนการผลิตมาจำนวน 30 ชิ้นซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นงานที่มีคุณภาพดี (Good: G) และชิ้นงานที่มีปัญหาจุดดำ (No Good: NG) โดยนำมาในอัตราส่วนที่กำหนด โดยชิ้นงานกลุ่มตัวอย่างนี้ต้องผ่านการตรวจสอบและอนุมัติความถูกต้องจากหัวหน้าส่วนควบคุมคุณภาพตามข้อกำหนดของลูกค้า

- ทำการเลือกพนักงานที่จะใช้ในการตรวจสอบชิ้นงานประเภทจุดดำจำนวน 3 คนโดยที่ทั้ง 3 คนต้องผ่านการฝึกอบรมวิธีการตรวจสอบชิ้นงานประเภทจุดดำมาอย่างดีโดยต้องผ่านการสอบประเมินผลแล้ว และต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ในการตรวจสอบคุณภาพจุดดำ

- เลือกพนักงานขึ้นมาก่อน 1 คนโดยให้ตรวจสอบตัวอย่างชิ้นงานอย่างสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพว่าเป็นชิ้นงานที่มีคุณภาพดี (Good: G) หรือชิ้นงานที่มีปัญหาจุดดำ (No Good: NG) พร้อมบันทึกผล และทำการเลือกพนักงานคนถัดไปพร้อมทั้งทำซ้ำจนครบทั้ง 3 คน

- ทำการตรวจสอบซ้ำอีกครั้งหนึ่งโดยพนักงานทุกคน

- ประเมินผลการตรวจวัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจวัด Gage R&R

ATTRIBUTE MEASUREMENT SYSTEMS STUDY							
Part	Appraiser A		Appraiser B		Appraiser C		Reference
	A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2	
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
2	G	G	G	G	G	G	G
3	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
4	G	G	G	G	G	G	G
5	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
6	G	G	G	G	G	G	G
7	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
8	G	G	G	G	G	G	G
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	G	G	G	G	G	G	G
11	G	G	G	G	G	G	G
12	G	G	G	G	G	G	G
13	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
14	G	G	G	G	G	G	G
15	G	G	G	G	G	G	G
16	G	G	G	G	G	G	G
17	G	G	G	G	G	G	G
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	G	G	G	G	G	G	G
20	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
21	G	G	G	G	G	G	G
22	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
23	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
24	G	G	G	G	G	G	G
25	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
26	G	G	G	G	G	G	G
27	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
28	G	G	G	G	G	G	G
29	G	G	G	G	G	G	G
30	G	G	G	G	G	G	G
Symbol	1	OK					
	2	NG					

สรุปผลการประเมิน

Part No.:	Table Base	Part Name:	T40		
Appraiser A :	A	Posotion :	Operator	Section :	Production
Appraiser B :	B	Posotion :	Operator	Section :	Production
Appraiser C :	C	Posotion :	Operator	Section :	Production
Charecteristic Inspeced :	Appearance				

พนักงาน	ระบุว่า G ถูกต้อง	ระบุว่า NG ถูกต้อง	จำนวนที่ระบุถูกต้อง	จำนวนปฏิเสธผิดพลาด (OK เป็น NG)	จำนวนยอมรับผิดพลาด (NG เป็น OK)	รวม
A	36	24	60	0	0	60
B	36	24	60	0	0	60
C	36	24	60	0	0	60

Standard ที่เตรียมขึ้นใน (ครั้ง)	60	NG เท่ากับ (ชิ้น)	12
จำนวนครั้งที่เกิด G เท่ากับ (ครั้ง)	36	G เท่ากับ (ชิ้น)	18
จำนวนครั้งที่เกิด NG เท่ากับ (ครั้ง)	24		

สูตรการคำนวณ

$$\text{Effectiveness} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ระบุได้อย่างถูกต้อง}}{\text{โอกาสทั้งหมด (Opportunity) ที่จะถูกต้อง} \quad 60}$$

$$\text{Miss Rate} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ยอมรับผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมด (Opportunity) ที่จะยอมรับผิดพลาด} \quad 24}$$

$$\text{Falue Alarm Rate} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมด (Opportunity) ที่จะปฏิเสธผิดพลาด} \quad 36}$$

ผลลัพธ์ที่ได้

พนักงานผู้ทำการประเมิน	Effectiveness		Miss Rate		False Alarm Rate	
	สูตรคำนวณ	ผลลัพธ์	สูตรคำนวณ	ผลลัพธ์	สูตรคำนวณ	ผลลัพธ์
A	60/60	100%	0/24	0.00%	0/36	0.00%
B	60/60	100%	0/24	0.00%	0/36	0.00%
C	60/60	100%	0/24	0.00%	0/36	0.00%

มาตรฐานการตัดสินใจ

Decision Measurement System	Effectiveness	Miss Rate	False Alarm Rate
ยอมรับพนักงานผลการทดสอบ	≥ 90%	≤ 2%	≤ 5%
ยอมรับเพียงบางส่วน ต้องการการปรับปรุง	≥ 80%	≤ 5%	≤ 10%
ไม่สามารถยอมรับพนักงานได้ ต้องมีการแก้ไข	< 80%	> 5%	> 10%

รูปที่ 4.1 สรุปผลการตรวจวัด Gage R&R

4.1.2 สรุปผลจากการวัด

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างผู้ตรวจวัด (Within Appraisers) มีความสามารถในการตรวจวัดถูกต้องทั้ง 3 คนที่ 100% ดังรูป 4.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แต่ละผู้ตรวจวัดเทียบกับมาตรฐาน (Each Appraisers vs Standard) ความสามารถในการตรวจวัดถูกต้องทั้ง 3 คนที่ 100% ดังรูป 4.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างผู้ตรวจวัดด้วยกัน (Between Appraiser) ความสามารถในการตรวจวัดเหมือนกันที่ 100% ดังรูป 4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผู้ตรวจวัดทั้งหมดกับมาตรฐาน (All Appraisers vs Standard) ความสามารถในการตรวจวัดเทียบกับมาตรฐานเหมือนกันที่ 100% ดังรูป 4.5 โดยกราฟผลการวัดจากการวิเคราะห์ทางสถิติดังรูป 4.6

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
A	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
B	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
C	30	30	100.00	(90.50, 100.00)

Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Within Appraisers)

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
A	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
B	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
C	30	30	100.00	(90.50, 100.00)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Each Appraisers vs Standard)

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	30	100.00	(90.50, 100.00)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (Between Appraisers)

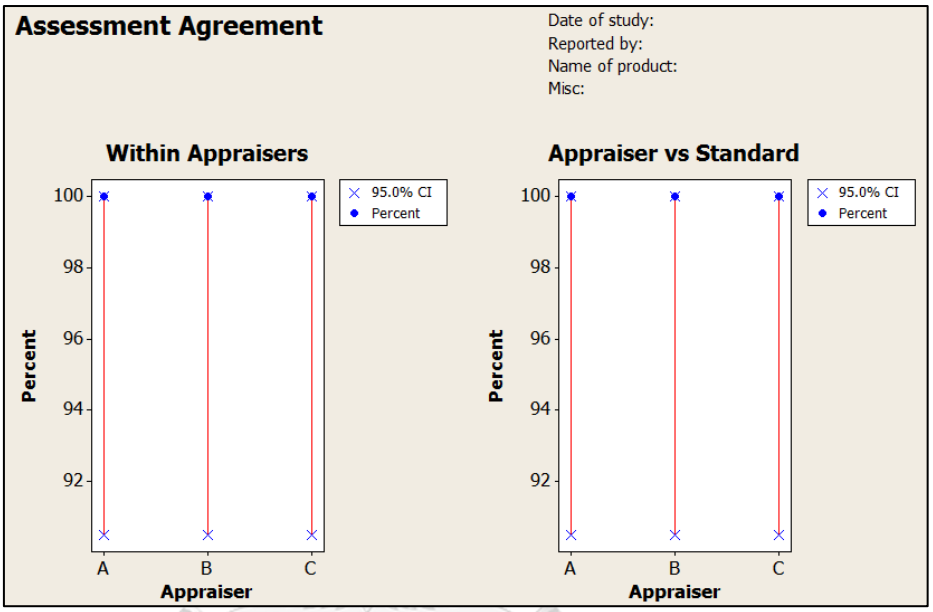
All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	30	100.00	(90.50, 100.00)

Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

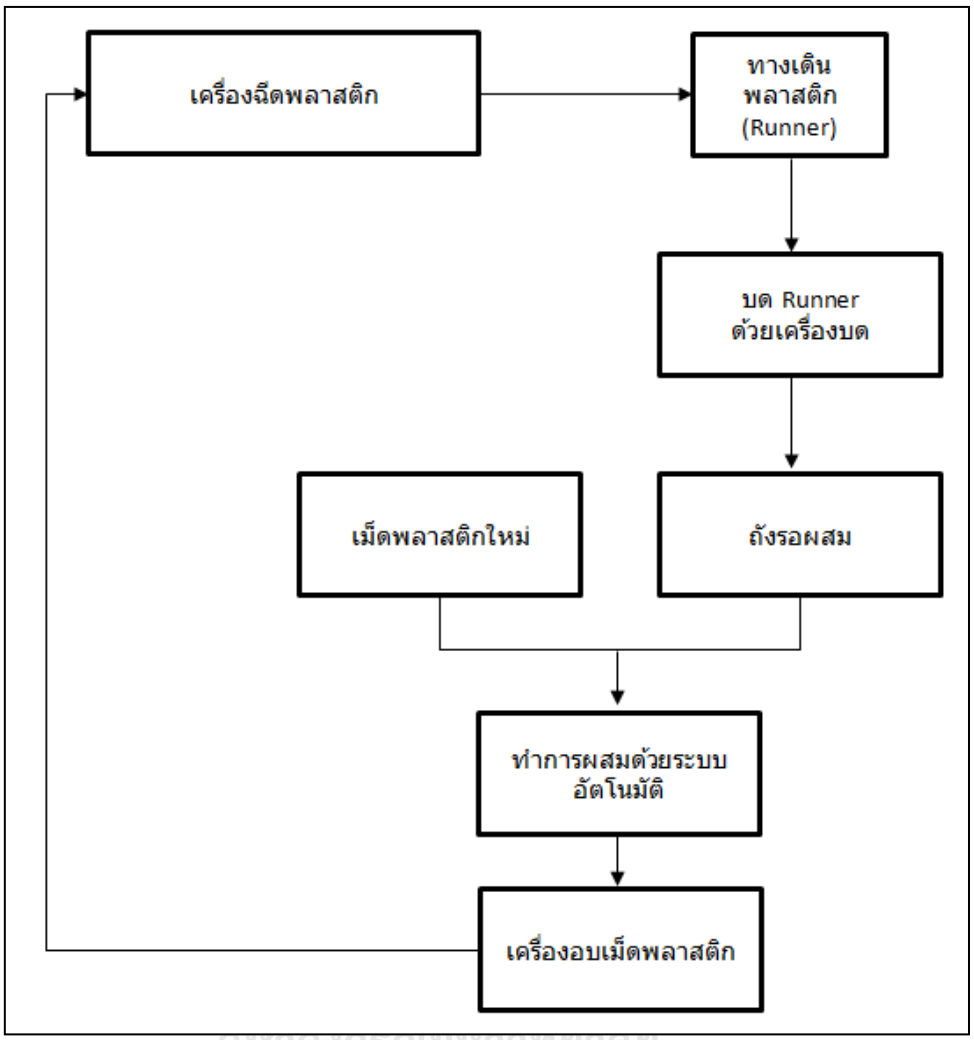
รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (All Appraisers vs Standard)



รูปที่ 4.6 กราฟผลการวัดจากการวิเคราะห์ทางสถิติ

4.2 แผนที่กระบวนการผลิต (Process Map)

ทำการสร้างแผนที่กระบวนการผลิตเพื่อทำให้ทราบถึงขั้นตอน ปัจจัยและความสัมพันธ์ของแต่ละกระบวนการ เพื่อนำไปวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาได้ง่ายและเข้าใจถึงแต่ละขั้นตอน โดยแผนกระบวนการฉีดพลาสติกที่มีโอกาสเกิดจุดดำดังแสดงในรูป 4.4



รูปที่ 4.7 กระบวนการฉีดพลาสติกที่มีโอกาสเกิดจุดดำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 ระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า (Brain Storming)

ทำการระดมสมองกับทีมผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการฉีดพลาสติกเป็นอย่างดีเพื่อระบุปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดจุดดำและดำเนินงานโดยทีมงานที่ได้คัดเลือกไว้ในระยะนิยามปัญหา

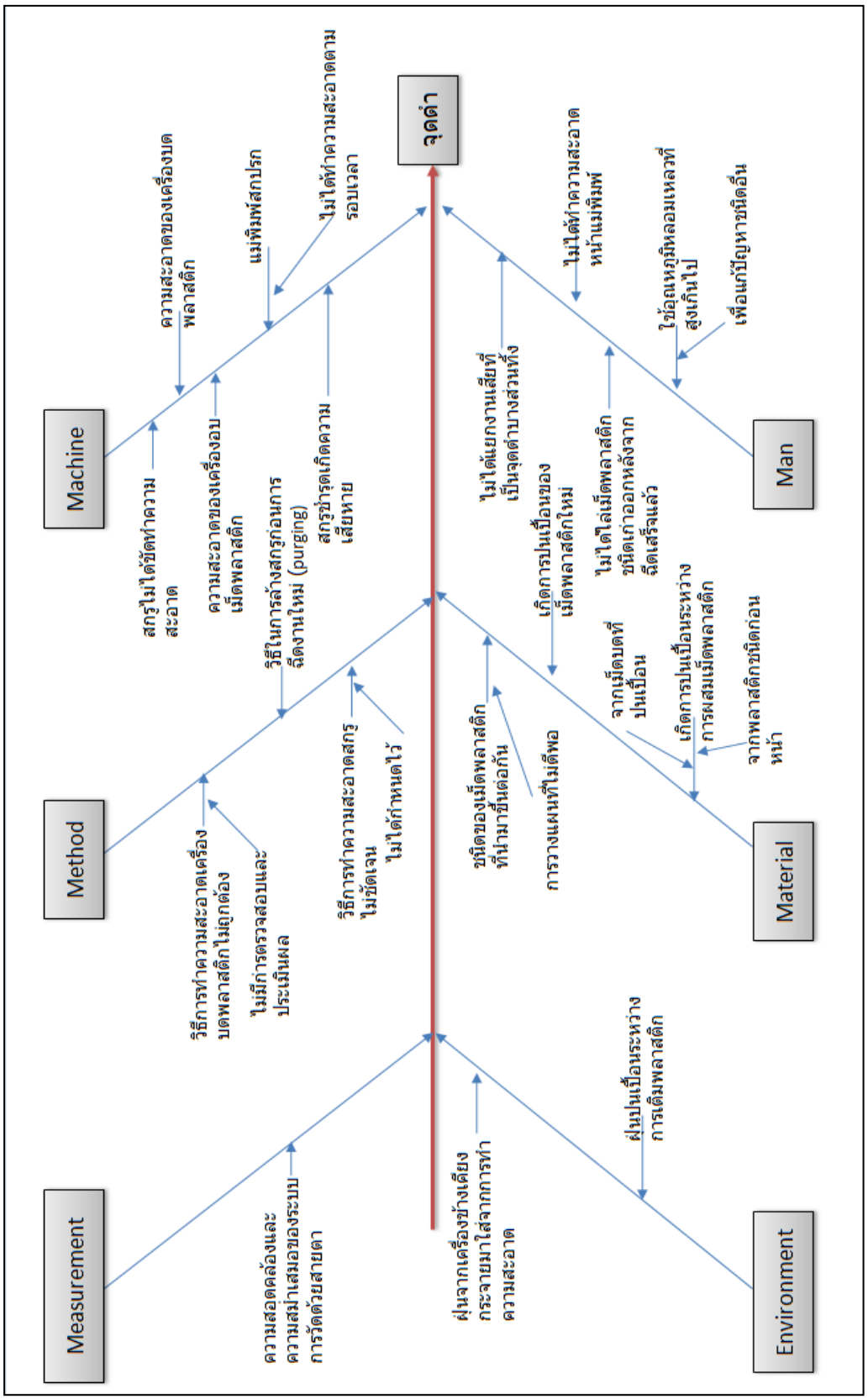
4.4 การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผลหรือการหาปัจจัยโดยใช้แผนภูมิก้างปลานั้นเป็นขั้นตอนจากการระดมสมองจากทีมงานที่มีความรู้ความสารมารถและประสบการณ์ด้านการฉีดพลาสติกเป็นอย่างดีเพื่อหาสาเหตุและโอกาสที่เป็นไปได้ในการเกิดของเสียประเภทจุดดำโดยมีขั้นตอนเพื่อหาสาเหตุและผลดังต่อไปนี้

1. ประชุมทีมงานจากหน่วยงานต่างๆ เพื่อกำหนดปัญหา
2. กำหนดปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหาเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการทำให้เกิดจุดดำโดยในที่นี้จะใช้หลักการ 5M1E ซึ่งได้แก่ ปัจจัยที่เกิดจากตัวพนักงาน (Man) ปัจจัยที่เกิดจากเครื่องจักร (Machine) ปัจจัยที่เกิดจากวัตถุดิบ (Material) ปัจจัยที่เกิดจากวิธีการปฏิบัติงาน (Method) ปัจจัยที่เกิดจากกระบวนการตรวจวัด (Measurement) และปัจจัยจากสภาพแวดล้อม (Environment)
3. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุหลักของแต่ละปัจจัยและทำการจัดระดับความสำคัญของสาเหตุปัญหา

โดยผลของการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทจุดดำโดยใช้แผนภูมิการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผลดังรูปที่ 4.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.8 แผนภูมิแสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียประเภทจุดดำ

นำข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดของเสียประเภทจุดดำที่ได้จากการระดมสมองที่ได้นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลโดยใช้ตารางความสัมพันธ์ของเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) เพื่อใช้ในการคัดกรองปัจจัยที่มีผลกระทบมากน้อยตามลำดับคะแนนที่ได้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ทำการศึกษารายละเอียดปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดจากการระดมสมองที่เกี่ยวข้องกับการเกิดจุดดำอย่างละเอียด
2. รุจิรา อุไรพงษ์ (2552) นำข้อมูลปัจจัยทั้งหมดที่ได้ไปใส่ในตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) โดยให้ทีมงานที่คัดเลือกมาทำการลงคะแนนให้กับปัจจัยที่เลือกมาทุกปัจจัย โดยคะแนนที่ให้นั้นต้องมีความเป็นอิสระต่อกันและมาจากความคิดเห็นของบุคคลนั้นๆ โดยช่วงของคะแนนอยู่ที่ 0 ถึง 10 คะแนนโดยมีหลักเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เกณฑ์การให้คะแนนของตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล

คะแนน	**เกณฑ์การให้คะแนน**
0	ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับตัวแปรตอบสนอง
1-3	มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับตัวแปรตอบสนองน้อยมาก
4-6	มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับตัวแปรตอบสนองปานกลาง
7-9	มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับตัวแปรตอบสนองมาก
10	มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับตัวแปรตอบสนองมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ผู้ดำเนินงานวิจัยทำการรวบรวมคะแนนที่ได้ทั้งหมดจากทีมงานที่กำหนดและทำการพิจารณาทีละปัจจัยโดยมีเกณฑ์สรุปคะแนนที่แตกต่างกันดังนี้
    1. ในกรณีที่ช่วงของคะแนนมีค่าใกล้เคียงกันเช่น 0 ถึง 1, 1 ถึง 3 หรือ 0 ถึง 3 คะแนนให้สรุปคะแนนโดยพิจารณาจากจำนวนคะแนนที่มีเสียงมากกว่าโดยจะให้คะแนนตามเสียงส่วนใหญ่
    2. ในกรณีที่คะแนนที่ได้นั้นไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันเช่น 0 ถึง 9, 1 ถึง 9 หรือ 3 ถึง 9 คะแนน ให้ทำการอภิปรายร่วมกันกับทีมงานที่กำหนดเพื่อหาข้อสรุปและใช้คะแนนสรุปร่วมกัน

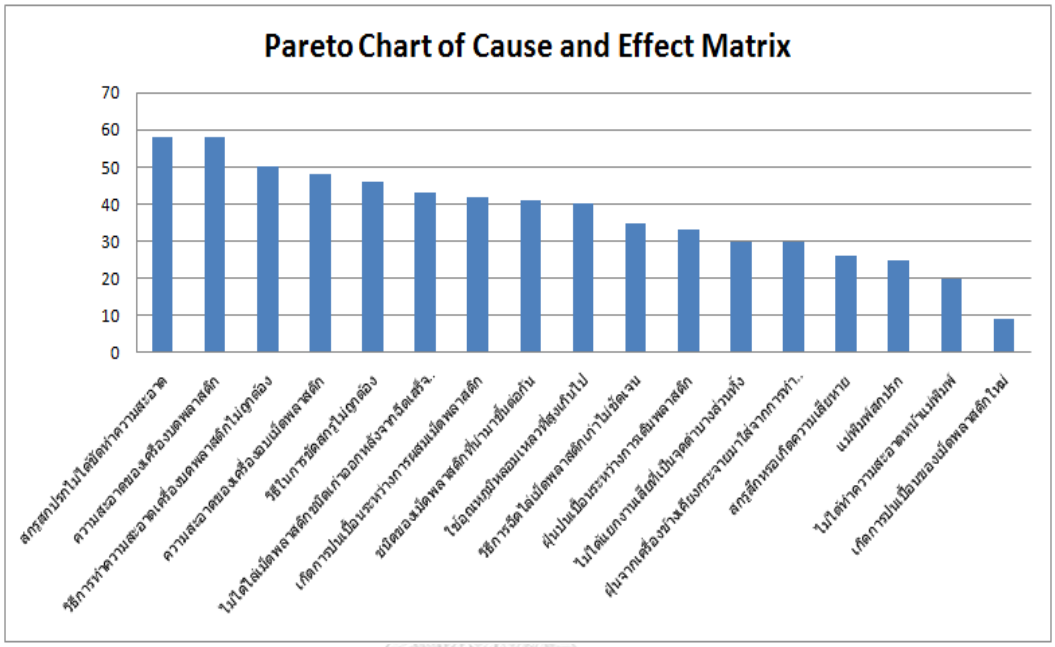
หลังจากนั้นนำข้อมูลและคะแนนที่ได้มาสรุปผลและจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยโดยเรียงลำดับจากมากที่สุดไปยังน้อยที่สุด โดยผลคะแนนที่ได้จากสมาชิกในทีมมีทั้งหมด 17 ปัจจัยดังตารางที่ 4.3 และนำปัจจัยทั้งหมดนั้นมาเขียนเป็นแผนภาพพาเรโต ดังรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของปัจจัยที่ส่งผลกับการเกิดจุดดำ

Cause and Effect Matrix			
ลำดับที่	จำแนกประเภท	ปัจจัยที่มีผล	คะแนนความสัมพันธ์
1	Man	ไม่ได้นำฉีดเม็ดพลาสติกชนิดเก่าออกหลังจากฉีดเสร็จแล้ว	43
2	Man	ใช้อุณหภูมิหลอมเหลวที่สูงเกินไป	40
3	Man	ไม่ได้แยกงานเสียที่เป็นจุดดำบางส่วนทิ้ง	30
4	Man	ไม่ได้ทำความสะอาดหน้าแม่พิมพ์	20
5	Machine	สกรูสกปรกไม่ได้ขัดทำความสะอาด	58
6	Machine	ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติก	58
7	Machine	ความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก	48
8	Machine	สกรูสึกหรอเกิดความเสียหาย	26
9	Machine	แม่พิมพ์สกปรก	25
10	Material	เกิดการปนเปื้อนระหว่างการผสมเม็ดพลาสติก	42
11	Material	ชนิดของเม็ดพลาสติกที่นำมาขึ้นต่อกัน	41
12	Material	เกิดการปนเปื้อนของเม็ดพลาสติกใหม่	9
13	Method	วิธีการทำความสะอาดเครื่องบดพลาสติกไม่ถูกต้อง	50
14	Method	วิธีในการล้างสกรูก่อนการฉีดงานใหม่	46
15	Method	วิธีการฉีดไล่เม็ดพลาสติกเก่าไม่ชัดเจน	35
16	Environment	ฝุ่นปนเปื้อนระหว่างการเติมพลาสติก	33
17	Environment	ฝุ่นจากเครื่องข้างเคียงกระจายมาใส่จากการทำความสะอาด	30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียประเภทจุดดำจากความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล พบว่ามีทั้งหมด 17 ปัจจัยที่เกิดจากการระดมสมองโดยที่คะแนนรวมของทุกปัจจัยมีค่าเท่ากับ 634 คะแนนและทำการเลือกปัจจัยจากลำดับคะแนนที่ได้ที่จัดเรียงไว้ในแผนภูมิพาเรโตดังรูปที่ 4.6 เพื่อนำไปวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ในขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 4.9 แผนภูมิพาเรโตเรียงตามคะแนนความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล

ผลจากการจัดทำตารางความสัมพันธ์ของเหตุและผลเพื่อนำมาทำการเลือกปัจจัยตามลำดับคะแนนที่มีค่ามากที่สุดจากแผนภูมิพาเรโตเพื่อนำไปศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียประเภท จุดดำด้วยเทคนิค FMEA ซึ่งปัจจัยที่วิเคราะห์และสามารถคัดกรองได้นั้นเท่ากับ 11 ปัจจัยโดยคิดเป็นอัตราส่วนเท่ากับ 80% ของปัจจัยทั้งหมด ดังตารางที่ 4.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.4 ปัจจัยที่ส่งผลกับการเกิดจุดดำจากตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล

ลำดับที่	จำแนกประเภท	ปัจจัยที่มีผล	คะแนนความสัมพันธ์
1	Machine	สกรูสกปรกไม่ได้ขัดทำความสะอาด	58
2	Machine	ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติก	58
3	Method	วิธีการทำความสะอาดเครื่องบดพลาสติกไม่ถูกต้อง	50
4	Machine	ความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก	48
5	Man	วิธีในการล้างสกรูก่อนการฉีดงานใหม่	46
6	Material	ไม่ได้นำฉีดเม็ดพลาสติกชนิดเก่าออกหลังจากฉีดเสร็จแล้ว	43
7	Material	เกิดการปนเปื้อนระหว่างการผสมเม็ดพลาสติก	42
8	Material	ชนิดของเม็ดพลาสติกที่นำมาขึ้นต่อกัน	41
9	Man	ใช้อุณหภูมิหลอมเหลวที่สูงเกินไป	40
10	Method	วิธีการฉีดไล่เม็ดพลาสติกเก่าไม่ชัดเจน	35
11	Environment	ฝุ่นปนเปื้อนระหว่างการเติมพลาสติก	33

โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดจุดดำจากตารางความสัมพันธ์ของเหตุและผลมีรายละเอียดของแต่ละปัจจัยดังนี้

- สกรูสกปรกไม่ได้ขัดทำความสะอาด

ในกระบวนการฉีดพลาสติกนั้นส่วนสำคัญที่จะส่งผลกับจุดดำคือสกรูที่ใช้นั้นเกิดความสกปรกซึ่งอาจเกิดจากเม็ดพลาสติกที่เผาไหมไปติดที่บริเวณสกรูดังรูปที่ 4.10 เนื่องจากต้องใช้อุณหภูมิหลอมเหลวค่อนข้างสูง (200 ถึง 300 องศาเซลเซียส) ซึ่งหากมีเศษจากการเผาไหม้หรือเขม่าติดอยู่จะส่งผลให้การฉีดงายแต่ละครั้งอาจจะมีเศษหรือจุดดำนี้ติดออกมายังชิ้นงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4.10 ตัวอย่างสกรูสกปรกที่ไม่ได้ขัดทำความสะอาด

- ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติก

เครื่องบดพลาสติกนั้นถือเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เกิดจุดดำซึ่งในกระบวนการฉีดพลาสติกนั้นในการฉีด 1 ครั้ง (Shot) จะมีพลาสติกออกมา 2 ประเภทคือ ตัวชิ้นงาน (Part) และทางเดินน้ำพลาสติก (Runner) ซึ่ง Runner เหล่านี้ต้องนำกลับมาบดเพื่อใช้อีกครั้ง ซึ่งเม็ดพลาสติกในโรงงานกรณีศึกษานั้นมีอยู่หลายประเภทและหลายสีด้วยกันแต่เครื่องบดพลาสติกนั้นมีอยู่อย่างจำกัดจึงจำเป็นที่จะต้องใช้ร่วมกันและทำความสะอาดในกรณีที่เปลี่ยนชนิดของเม็ดพลาสติกแทน ซึ่งในกรณีที่ทำความสะอาดไม่ดีพออาจมีเศษ เม็ดพลาสติกต่างชนิดหรือต่างสีกันปนเปื้อนเข้าไปในกระบวนการเกิดขึ้น โดยรูปเครื่องบดพลาสติกดังรูปที่ 4.11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.11 เครื่องบดพลาสติก

- วิธีการทำความสะอาดเครื่องบดพลาสติกไม่ถูกต้อง

ในการบดพลาสติกแต่ละครั้งนั้นจะมีเศษพลาสติกขนาดเล็ก ใหญ่แตกต่างกันออกไป ซึ่งในการบดแต่ละครั้งนั้นหากการทำความสะอาดที่ไม่ดีพอหรือไม่ถูกต้องจะส่งผลให้เศษพลาสติกที่เกิดขึ้นนั้นยังคงปนเปื้อนอยู่ในเครื่องบดพลาสติกและในกรณีที่นำไปใช้กับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น ซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดจุดดำได้ โดยเศษของเม็ดพลาสติกที่เกิดขึ้นหลังการบด ดังรูป 4.12

รูปที่ 4.12 เศษของเม็ดพลาสติกที่เกิดขึ้นหลังการบด

- ความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก

ในกระบวนการฉีดพลาสติกนั้นอีกขั้นตอนที่ต้องทำสำรับพลาสติกบางชนิดคือการอบไล่ความชื้นเม็ดพลาสติกก่อนการฉีดขึ้นรูปและลดปัญหาความชื้นเกิดขึ้นในชิ้นงานและส่งผลกับคุณภาพของชิ้นงานซึ่งเครื่องอบเม็ดพลาสติกนี้มีอยู่จำกัดจึงจำเป็นที่จะต้องใช้ร่วมกันกับเม็ดพลาสติกที่ต่างชนิดกันซึ่งหากมีการปนเปื้อนเกิดขึ้นหรือเครื่องอบเม็ดพลาสติกไม่สะอาดจะส่งผลให้เกิดปัญหาจุดดำขึ้นได้

รูปที่ 4.13 ตัวอย่างเครื่องอบเม็ดพลาสติกและเศษพลาสติกที่คงค้าง

- วิธีในการขัดสกรูไม่ถูกต้อง

การขัดทำความสะอาดสกรูนั้นถือเป็นวิธีที่ดีและเห็นผลได้ชัดเจนแต่หากถ้าเราใช้วิธีที่ไม่ถูกต้องนั้นอาจส่งผลให้ปัญหาจุดดำนั้นยังคงเกิดขึ้นอีกด้วยหรือไม่สามารถลดจำนวนจุดดำลงได้ในปริมาณที่น้อยกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นวิธีการถือว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก

- ไม่ได้ทำการนำฉีดเม็ดพลาสติกชนิดเก่าออกจากกระบอกฉีดหลังการฉีดเสร็จแล้ว

ในกระบวนการฉีดพลาสติกนั้นในกรณีที่เครื่องฉีดพลาสติกไม่สามารถฉีดต่อได้เนื่องจาก เม็ดพลาสติกหมดแล้วนั้นแต่ในกระบอกฉีดจะมีพลาสติกอยู่จำนวนหนึ่งในกระบอกฉีดซึ่งหากในกรณีที่เราไม่ได้ทำการนำฉีดพลาสติกชนิดเก่าออกจากกระบอกฉีดให้หมดนั้นหากในการฉีดครั้งถัดไปมีการฉีดชิ้นงานที่เป็นเม็ดพลาสติกต่างชนิดกันและต้องใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เม็ดพลาสติกที่ค้างกระบอกฉีดอยู่เกิดการไหม้ติดสกรูและเป็นสาเหตุของการเกิดจุดดำได้

- เกิดการปนเปื้อนระหว่างการผสมเม็ดพลาสติก

กระบวนการผสมเม็ดพลาสติกนั้นเป็นกระบวนการที่นำเอาเม็ดพลาสติกใหม่และก้านทางเดินพลาสติก (Runner) ที่นำไปบดด้วยเครื่องบดเม็ดพลาสติกนั้นมาผสมเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่กำหนด โดยเครื่องที่ใช้ผสมนั้นมีอยู่อย่างจำกัดและในแต่ละครั้งต้องใช้เครื่องผสมกับเม็ดพลาสติกที่ต่างชนิดกันส่งผลให้อาจเกิดการปนเปื้อนขึ้นระหว่างกานผสมเม็ด

พลาสติกในแต่ละครั้งหากมีการจัดการและการทำความสะอาดที่ไม่ชัดเจนหรือไม่ดีพอดังรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 ถังผสมเม็ดพลาสติกและตัวอย่างเศษเม็ดพลาสติกที่คงค้าง

- ชนิดของเม็ดพลาสติกที่นำมาขึ้นต่อกัน

ชนิดของเม็ดพลาสติกที่ใช้ในโรงงานกรณีศึกษานั้นมีลายประเภทและคุณสมบัติของเม็ดพลาสติกนั้นจะแตกต่างกันออกไปทั้งในเรื่องของอุณหภูมิที่ในการในอบไล่ความชื้นหรืออุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลว ดังนั้นหากในการวางแผนการผลิตนั้นสามารถเรียงลำดับตามชนิดหรือสีของเม็ดพลาสติกที่เหมือนหรือใกล้เคียงกันจะสามารถลดขั้นตอนการเปลี่ยนถ่ายหรือการทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการได้อีกด้วย แต่ถ้าหากไม่ได้ทำตามลำดับในส่วนนี้อาจจะส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนในกระบวนการและส่งผลให้เกิดจุดดำเกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.15 ตัวอย่างเม็ดพลาสติก (บางส่วน) ที่ใช้ในโรงงานกรณีศึกษา

- ใช้อุณหภูมิหลอมเหลวที่สูงเกินไป

ในการฉีดพลาสติกนั้นเม็ดพลาสติกจะถูกให้ความร้อนเพื่อหลอมละลายให้เป็นน้ำพลาสติกและฉีดขึ้นรูปไปยังแม่พิมพ์ ซึ่งเม็ดพลาสติกต่างชนนิดกันหรือชนิดเดียวกันแต่ต่างกันที่ประเภท จะใช้อุณหภูมิที่ต่างกันออกไป ดังนั้นหากใช้อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมหรือสูงเกินไป จะส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ในสกรูซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดจุดดำขึ้นได้

- วิธีในการฉีดไล่เม็ดพลาสติกเก่าไม่ชัดเจน

การนำฉีดเพื่อทำการไล่เม็ดพลาสติกที่ค้างอยู่ในกระบอกฉีดถือเป็นอีกหนึ่งขั้นตอนที่มีผลกับการเกิดจุดดำดังนั้นหากใช้วิธีการไม่ถูกต้องอาจส่งผลให้เม็ดพลาสติกอาจคงค้างอยู่ในกระบอกฉีดและส่งผลให้เกิดจุดดำขึ้นได้

- ฝุ่นปนเปื้อนระหว่างการเติมเม็ดพลาสติก

ฝุ่นนั้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกับการเกิดจุดดำได้ซึ่งในระหว่างการเติมเม็ดพลาสติกอาจมีเศษฝุ่นหรือผงเม็ดพลาสติกเข้ามาปนเปื้อนในกระบวนการได้

4.5 วิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

ผลจากขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) ซึ่งทำให้สามารถคัดกรองปัจจัยและนำปัจจัยเหล่านั้นมาวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เพื่อศึกษาถึงลักษณะข้อบกพร่องและปัจจัยต่างๆ ที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นเพื่อคัดกรองให้เหลือแต่ปัจจัยที่มีความสำคัญของปัญหาที่ดำเนินงานวิจัยเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการลดจุดดำต่อไป โดยขั้นตอนที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) มีดังต่อไปนี้

1. กำหนดทีมงานเพื่อทำการระดมสมองในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) โดยต้องเป็นทีมงานเดียวกับที่กำหนดไว้ในระยะนิยามปัญหา
2. นำปัจจัยที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุและผลหลังจากการคัดกรองทั้ง 11 ปัจจัยมาทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบพร้อมทั้งบันทึกผล
3. ประเมินโอกาสการเกิดและความรุนแรงของผลกระทบของปัจจัยซึงประกอบด้วย

- OCC = Occurrence หมายถึงระดับความถี่ของโอกาสในการเกิดปัญหา
- SEV = Severity หมายถึงระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้น
- DET = Detection หมายถึงระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหา

4. ศึกษาวิธีการที่ใช้ในการควบคุมเพื่อป้องกันและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ
5. คำนวณค่า RPN (Risk Priority Number) โดยหาได้จากการนำคะแนนของ OCC SEV และ DET มาคูณกันทั้งหมดจากนั้นทำการบันทึกลงในตาราง FMEA ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับ OCC นั้นเป็นดังตารางที่ 4.5 สำหรับ SEV ดังตารางที่ 4.6 และ DET ดังตารางที่ 4.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.5 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความถี่ของการเกิดปัญหา

โอกาสเกิด	อัตราข้อบกพร่อง	ระดับ
สูงมาก : เกิดขึ้นเสมอ	100 ต่อทุก 1,000 ชิ้น	10
	50 ต่อทุก 1,000 ชิ้น	9
สูง : เกิดขึ้นบ่อย	20 ต่อทุก 1,000 ชิ้น	8
	10 ต่อทุก 1,000 ชิ้น	7
ปานกลาง : เกิดเป็นบางโอกาส	2 ต่อทุก 1,000 ชิ้น	6
	0.5 ต่อทุก 1,000 ชิ้น	5
	0.1 ต่อทุก 1,000 ชิ้น	4

ตารางที่ 4.5 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความถี่ของการเกิดปัญหา (ต่อ)

โอกาสเกิด	อัตราข้อบกพร่อง	ระดับ
ต่ำ : เกิดขึ้นน้อย	0.01 ต่อทุก 1,000 ชิ้น	3
	≤0.001 ต่อทุก 1,000 ชิ้น	2
ต่ำมาก : ไม่เกิดขึ้นเนื่องจากมีระบบป้องกัน	ข้อบกพร่องจะไม่เกิดขึ้นเนื่องจากระบบป้องกัน	1

ตารางที่ 4.6 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความรุนแรงของผลกระทบ

ผลกระทบ	อัตราข้อบกพร่อง	ระดับ
ผลกระทบต่อความปลอดภัยและ/หรือกฎหมาย	มีผลกระทบรุนแรงมากต่อผู้ใช้และ/หรือขัดต่อกฎมายโดยไม่ได้มีการแจ้งเตือนให้ทราบล่วงหน้า	10
	มีผลกระทบรุนแรงมากต่อผู้ใช้และ/หรือขัดต่อกฎมายโดยไม่ได้มีการแจ้งเตือนให้ทราบล่วงหน้า	9
ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์อาจเกิดความสูญเสียทั้งหมดต้องหยุดกระบวนการผลิต	8
ผลกระทบสูง	ผลิตภัณฑ์บางส่วนต้องถูกคัดแยกหรือกำจัดทิ้ง กระบวนการผลิตเกิดการเบี่ยงเบนรวมถึงกำลังการผลิตลดลง	7
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดอาจจะต้องถูกทำและตรวจสอบซ้ำภายหลัง	6
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์บางส่วนอาจจะต้องถูกทำและตรวจสอบซ้ำภายหลัง	5
	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดอาจจะต้องถูกทำและตรวจสอบซ้ำระหว่างกระบวนการ	4
	ผลิตภัณฑ์บางส่วนอาจจะต้องถูกทำและตรวจสอบซ้ำระหว่างกระบวนการ	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.6 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความรุนแรงของผลกระทบ (ต่อ)

ผลกระทบ	อัตราข้อบกพร่อง	ระดับ
ผลกระทบปานเล็กน้อย	เกิดความไม่สะดวกในกระบวนการ จากการทำงาน	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบที่สามารถสังเกตเห็นได้	1

ตารางที่ 4.7 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหา

โอกาสในการตรวจพบ	เกณฑ์โอกาสในการตรวจพบ	ระดับ
ไม่มีโอกาสตรวจพบ	ไม่สามารถตรวจพบได้เลย	10
เป็นไปได้ยากมาก	ไม่ง่ายในการตรวจพบ	9
เป็นไปได้ยาก	ตรวจพบได้ระหว่างกระบวนการโดยผู้ปฏิบัติงาน	8
ต่ำมาก	ตรวจพบได้ระหว่างกระบวนการ หรือกระบวนการถัดไปโดยผู้ปฏิบัติงาน	7
ต่ำ	ตรวจพบได้ที่กระบวนการถัดไปโดยผู้ปฏิบัติงาน	6
ปานกลาง	ตรวจพบได้ระหว่างกระบวนการจากผู้ตรวจจับผลิตภัณฑ์	5
ปานกลางค่อนข้างสูง	ตรวจพบได้ที่กระบวนการถัดไปโดยระบบอัตโนมัติและคัดแยกผลิตภัณฑ์ปัญหาออก	4
สูง	ตรวจพบได้ระหว่างกระบวนการโดยระบบอัตโนมัติและคัดแยกผลิตภัณฑ์ปัญหาออก	3
ค่อนข้างสูงมาก	มีระบบตรวจจับระหว่างกระบวนการ	2
สูงมาก	มีระบบป้องกันที่ชัดเจนและตรวจพบได้แน่นอน	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) จะได้ค่า RPN ของแต่ละปัจจัยดังตารางที่ 4.8 จากนั้นนำคะแนนของแต่ละปัจจัยมาทำการเรียงลำดับจากค่าน้อยไปหาค่ามาก ดังตารางที่ 4.9 และนำมาสร้างเป็นแผนภาพพาเรโตเรียงตามลำดับปัจจัยค่า RPN ดังรูป 4.16

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

No.	แนวโน้มของข้อบกพร่อง	แนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่อง	S E V	สาเหตุของข้อบกพร่องที่คาดว่าจะเกิด	O C C	วิธีการป้องกันควบคุมกระบวนการ	D E T	แนวทางปฏิบัติที่เสนอแนะ	R P N
1	ไม่ได้แยกงานเสียบางส่วนที่เป็นจุดดำทิ้ง	ส่งผลให้จุดดำกลับเข้าสู่กระบวนการอีกครั้ง	7	พนักงานทิ้งรวมกับงานเสียประเภทอื่น	3	จัดอุปกรณ์เพิ่มเติมในการคัดแยกถังขยะให้พนักงานให้เข้าใจ	3	ทำการแยกงานเสียจุดดำออกจากประเภทอื่นเพื่อนำไปตรวจสอบอีกครั้ง	63
2	ไม่ได้ทำความสะอาดหน้าแม่พิมพ์	สิ่งสกปรกปนเปื้อนเข้าไปกับชิ้นงาน	3	แม่พิมพ์สกปรก	3	กำหนดให้ทำความสะอาดหน้าแม่พิมพ์วันละ 1 ครั้ง	3	จัดทำบันทึกการทำความสะอาด	27
3	ไม่ได้ฉีดไล่เม็ดพลาสติกขนิดเก่าออกหลังจากฉีดเสร็จ	เม็ดพลาสติกใหม่ไหลกระบอกฉีด	8	พนักงานเกิดความผิดพลาด	2	อบรมขั้นตอนการทำงานหลังการฉีดชิ้นงานเสร็จสิ้น	2	จัดทำบันทึกการ Purging	32
4	ใช้อุณหภูมิหลอมเหลวที่สูงเกินไป	เม็ดพลาสติกใหม่ไหลกระบอกฉีด	8	พนักงานปรับพารามิเตอร์เกินค่ามาตรฐาน	2	ทำการทดสอบค่าสูงสุดที่สามารถยอมรับได้และไม่ส่งผลกับจุดดำ	2	ตั้งค่าสูงสุดจากเครื่องจักรเพื่อป้องกันการปรับเกินมาตรฐาน	32

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) (ต่อ)

No.	แนวโน้มของข้อบกพร่อง	แนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่อง	S E V	สาเหตุของข้อบกพร่องที่คาดว่าจะเกิด	O C C	วิธีการป้องกันควบคุมกระบวนการ	D E T	แนวทางปฏิบัติที่เสนอแนะ	R P N
5	ขนิดของเม็ดพลาสติกที่นำมาขึ้นต่อกัน	สีและขนิดของเม็ดพลาสติกที่นำมาขึ้นต่อกันกระบวนการล้าง	5	พนักงานวางแผนขาดความเข้าใจและการวางแผนที่ชัดเจน	4	ฝึกอบรมพนักงานให้เข้าใจถึงลำดับของเม็ดพลาสติกที่ควรขึ้นต่อกัน	3	จัดทำมาตรฐานและร้องขอการพยากรณ์ยอดการสั่งซื้อจากลูกค้าเพื่อจะได้วางแผนไว้ล่วงหน้า	60
6	เกิดการปนเปื้อนของเม็ดพลาสติกใหม่	เม็ดพลาสติกใหม่มีจุดตำจากการผลิต	3	ผู้ผลิตส่งของไม่ดีมาให้	3	ตรวจสอบเม็ดพลาสติกใหม่ที่เข้ามาทุกครั้ง	3	จัดทำตัวอย่างเม็ดพลาสติกใหม่เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ	27
7	เกิดการปนเปื้อนระหว่างการผสมเม็ดพลาสติก	เม็ดพลาสติกมีการปนเปื้อนเข้าไปในกระบวนการจากการผสมเม็ดใหม่กับเม็ดบด	5	เกิดการปนเปื้อนของถังผสมที่ใช้ร่วมกันและการทำความสะอาดไม่ดีพอ	6	อบรมขั้นตอนและวิธีการทำความสะอาดตามขั้นตอนอย่างชัดเจน	6	ใช้ระบบบิดและการผสมอัตโนมัติเพื่อลดการปนเปื้อนจากการใช้อุปกรณ์ร่วมกัน	180
8	สกรูไม่ได้ขัดทำความสะอาด	มีคราบเม่าติดบริเวณสกรู	9	เกิดจากการเผาไหม้จากกระบวนการเกิดขึ้นในกระบอกฉีด	7	ทำการล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกสำหรับล้าง	7	ทำการถอดสกรูออกมาขัดทำความสะอาดตามขั้นตอนที่กำหนด	441

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) (ต่อ)

No.	แนวโน้มของข้อบกพร่อง	แนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่อง	S E V	สาเหตุของข้อบกพร่องที่คาดว่าจะเกิด	O C C	วิธีการป้องกันควบคุมกระบวนการ	D E T	แนวทางปฏิบัติที่เสนอแนะ	R P N
9	ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติก	มีเศษพลาสติกชนิดอื่นปนเปื้อนเข้าไปในกระบวนการ	7	มีการใช้เครื่องบดพลาสติกร่วมกันหลายชนิดและการทำความสะอาดไม่ดีพอ	7	อบรมขั้นตอนและวิธีการการทำความสะอาดตามขั้นตอนอย่างชัดเจน	7	ใช้ระบบปิดและการบดอัตโนมัติเพื่อลดการปนเปื้อนจากการใช้อุปกรณ์ร่วมกัน	343
10	ความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก	มีเศษพลาสติกชนิดอื่นปนเปื้อนเข้าไปในกระบวนการ	7	มีการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกร่วมกันหลายชนิดและการทำความสะอาดไม่ดีพอ	7	อบรมขั้นตอนและวิธีการการทำความสะอาดตามขั้นตอนอย่างชัดเจน	7	ใช้ระบบปิดและการอบอัตโนมัติเพื่อลดการปนเปื้อนจากการใช้อุปกรณ์ร่วมกัน	343
11	แม่พิมพ์สกปรก	ตราสกปรกจากแม่พิมพ์ปนเปื้อนไปติดชิ้นงาน	4	ไม่ได้ทำความสะอาดตามรอบเวลา	3	อบรมให้ทำความสะอาดแม่พิมพ์ตามเวลาที่กำหนด	3	จัดทำบันทึกการทำความสะอาด	36
12	สกรูสึกหรอเกิดความเสียหาย	มีเศษพลาสติกไปเกาะติดสกรูบริเวณที่สึกหรอ	8	ระยะเวลาการใช้งานเป็นเวลานาน	3	จัดทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	3	กำหนดความถี่ในการตรวจสอบก่อนการเกิดปัญหา	72

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) (ต่อ)

No.	แนวโน้มของข้อบกพร่อง	แนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่อง	S E V	สาเหตุของข้อบกพร่องที่คาดว่าจะเกิด	O C C	วิธีการป้องกันควบคุมกระบวนการ	D E T	แนวทางปฏิบัติที่เสนอแนะ	R P N
13	วิธีทำความสะอาดเครื่องบดพลาสติก	มีเศษพลาสติกชนิดอื่นคงค้างจากการทำความสะอาดไม่ดีพอ	5	ไม่ได้กำหนดวิธีการทำความสะอาดให้ชัดเจน	5	จัดอบรมวิธีการทำความสะอาดให้ชัดเจน	6	จัดทำขั้นตอนและวิธีการทำความสะอาดให้ชัดเจน	150
14	วิธีในการล้างกระบอกฉีดก่อนการฉีดงานใหม่ (Purging)	วิธีที่ใช้ทำความสะอาดได้ไม่ดีพอ	8	เลือกใช้ชนิดของเม็ดที่ใช้ในการล้างไม่ดีพอ	7	ใช้เม็ดชนิด PP ในการล้าง	7	ใช้เม็ดชนิดพิเศษในการล้าง	392
15	วิธีในการทำความสะอาดสกรูไม่ชัดเจน	สกรูหลังการทำความสะอาดยังมีเศษพลาสติกคงค้าง	7	วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ไม่ดีพอ	3	ตรวจสอบก่อนก่อนประกอบเข้าที่	7	จัดทำคู่มือการทำความสะอาดให้ชัดเจน	147
16	ฝุ่นปนเปื้อนระหว่างการเติมพลาสติก	ฝุ่นปนเปื้อนเข้าไปในกระบวนการ	7	สภาพแวดล้อมของโรงงานกรณีศึกษา	6	ตรวจสอบสภาพแวดล้อมและพื้นที่ก่อนการเติม	7	ใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อลดการเติม	294

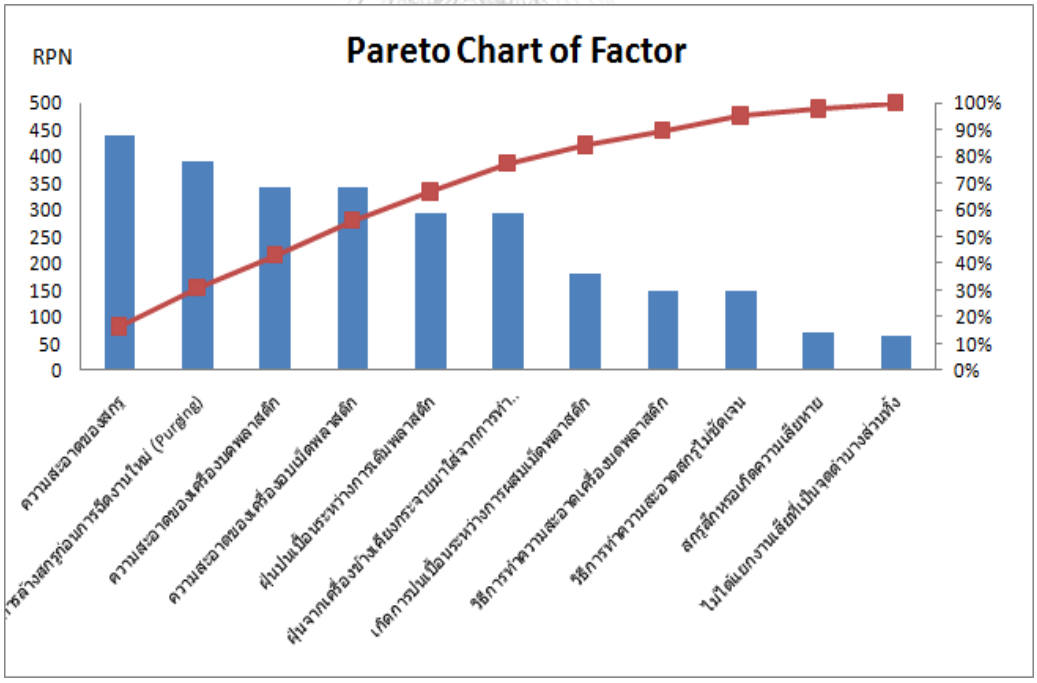
ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) (ต่อ)

No.	แนวโน้มของข้อบกพร่อง	แนวโน้มผลกระทบของข้อบกพร่อง	S E V	สาเหตุของข้อบกพร่องที่คาดว่าจะเกิด	O C C	วิธีการป้องกันควบคุมกระบวนการ	D E T	แนวทางปฏิบัติที่เสนอแนะ	R P N
17	ฝุ่นจากเครื่องข้างเคียงกระจายมาใส่จากการทำความสะอาด	ฝุ่นปนเปื้อนเข้าไปในกระบวนการ	7	พื้นที่การทำงานไม่ชัดเจน	6	จัดพื้นที่และวิธีการทำความสะอาดให้ชัดเจน	7	ใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อลดฝุ่นจากการทำความสะอาด	294

รณ์มหาวิทยาลัย
GKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.9 สาเหตุของแต่ละปัญหาเรียงลำดับตามค่า RPN

ลำดับ	ปัจจัยนำเข้า	RPN
1	สกรูไม่ได้ขัดทำความสะอาด	441
2	วิธีในการล้างสกรูก่อนการฉีดงานใหม่ (Purging)	392
3	ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติก	343
4	ความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก	343
5	ฝุ่นปนเปื้อนระหว่างการเติมพลาสติก	294
6	ฝุ่นจากเครื่องข้างเคียงกระจายมาใส่จากการทำความสะอาด	294
7	เกิดการปนเปื้อนระหว่างการผสมเม็ดพลาสติก	180
8	วิธีการทำความสะอาดเครื่องบดพลาสติก	150
9	วิธีการทำความสะอาดสกรูไม่ชัดเจน	147
10	สกรูสึกหรอเกิดความเสียหาย	72
11	ไม่ได้แยกงานเสียที่เป็นจุดดำบางส่วนทิ้ง	63



รูปที่ 4.16 กราฟพาเรโตเรียงตามระดับความสำคัญ RPN

จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบเรียงลำดับค่า RPN จะเห็นได้ว่ามี 5 ปัจจัยที่มีคะแนนต่ำมากและอีก 2 ปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อมและวิธีการทำงานดังนั้นจึงเลือกพิจารณา คะแนนจากค่า RPN 4 ลำดับแรกเพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ปัจจัยที่คัดเลือกจากการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

ลำดับ	ปัจจัยนำเข้า	RPN
1	สกรูไม่ได้ขัดทำความสะอาด	441
2	วิธีในการล้างสกรูก่อนการฉีดงานใหม่ (Purging)	392
3	ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติก	343
4	ความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก	343

4.6 สรุปผล

ในบทนี้กล่าวถึงการตรวจวัดปัญหา โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gage R&R) เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute) การสร้างแผนที่กระบวนการผลิต (Process Map) เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนของแต่ละปัจจัย การหาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) การสร้างตารางแสดงความสัมพันธ์ของเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เพื่อค้นหาสาเหตุและปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา โดยจะดำเนินการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อทำการแก้ไขปัญหาในขั้นตอนต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
ระยะวิเคราะห์ปัญหา (Analysis Phase)

จากขั้นตอนระยะตรวจวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ทำให้ได้สาเหตุเบื้องต้นจากการวิเคราะห์ผลกระทบ พบว่าสาเหตุที่จะส่งผลกระทบต่อการเกิดของเสียประเภทจุดดำนั้นมีอยู่ด้วยกัน 4 ปัจจัยได้แก่ สกรูสกปรกไม่ได้ขัดทำความสะอาด วิธีในการล้างกระบอกฉีดก่อนการฉีดงานใหม่ (Purging) ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติกและความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก โดยในขั้นตอนถัดไปจะนำประเด็นปัญหาทั้งหมดนี้มาทำการวิเคราะห์เพื่อคัดกรองให้เหลือถึงปัญหาที่แท้จริงและนำไปแก้ไขให้ตรงประเด็นต่อไป ดังนั้นในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหานี้จึงเป็นการตั้งสมมติฐานของประเด็นปัญหาทั้ง 5 ปัจจัย และทำการทดสอบสมมติฐานจากการทดลองการฉีดพลาสติกจริงเพื่อยืนยันปัจจัยที่ส่งผลกับการเกิดปัญหาด้วยวิธีการทางสถิติ

5.1 แนวทางการวิเคราะห์ปัญหา

ในขั้นตอนนี้จะทำการทดสอบสมมติฐานของทั้ง 4 ปัจจัยเพื่อเป็นการยืนยันผลของสาเหตุปัญหาที่แท้จริง โดยการทดลองในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบความมีนัยสำคัญของสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นจากการทดลองฉีดพลาสติกจริงของแต่ละปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับโดยปัจจัยที่อาจมีผลทำให้เกิดของเสียประเภทจุดดำมีจำนวน 4 ปัจจัยดังนี้

1. สกรูสกปรกไม่ได้ขัดทำความสะอาด
2. วิธีในการล้างกระบอกฉีดก่อนการฉีดงานใหม่ (Purging)
3. ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติก
4. ความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis: 2 Proportions Z-Test)

ในขั้นตอนนี้จะทำการทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบว่าจำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นในแต่ละระดับจากการกำหนดสมมติฐานให้ผลที่แตกต่างกันหรือไม่เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนถัดไป

5.2.1 ยืนยันเครื่องฉีดพลาสติกที่จะใช้ทำการทดลอง

ทำการยืนยันเครื่องฉีดพลาสติกที่จะใช้ทำการทดลองจำนั้น 2 เครื่องนั้นให้อัตราการเกิดจุดดำที่ใกล้เคียงกันเพื่อยืนยันว่าเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ต่างกันนั้นจะไม่ส่งผลกับจำนวนการเกิดจุดดำที่ต่างกัน โดยแม่พิมพ์ที่ใช้ในการฉีดนั้นเป็นแม่พิมพ์ชนิดเดียวกันหมายเลข 1 และหมายเลข 2 ที่ลูกค้าทำการอนุมัติการผลิตและมีการออกแบบโครงสร้างเหมือนกัน โดยมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

1. ใช้เครื่องฉีดพลาสติก 2 เครื่องหมายเลข A-08 และ A-09 ซึ่งเป็นเครื่องชนิดเดียวกันยี่ห้อ Toshiba มีขนาดเครื่องเท่ากับ 75 ตัน เส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูเท่ากับ 28 มิลลิเมตร ผลิตปี 2557
2. ใช้แม่พิมพ์ชนิดเดียวกันหมายเลข 1 และหมายเลข 2 ที่ลูกค้าทำการอนุมัติ การผลิต
3. ทำการติดตั้งแม่พิมพ์หมายเลข 1 เข้ากับเครื่องหมายเลข A-08 และแม่พิมพ์หมายเลข 2 เข้ากับเครื่องหมายเลข A-09
4. ใช้เม็ดพลาสติกที่มาจาก Batch การผลิตเดียวกัน
5. ใช้พารามิเตอร์ในการฉีดที่เหมือนกันทั้ง 2 เครื่อง (พารามิเตอร์ที่กำหนดจากลูกค้า)
6. ทำการทดลองด้วยวันและเวลาเดียวกัน
7. บันทึกจำนวนชิ้นงานที่ผลิตและจำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นของแต่ละเครื่อง
8. ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

H_0: $P_1 = P_2$ ไม่มีความแตกต่างของการเกิดจุดดำระหว่างเครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข A-08 และ A-09

H_1: $P_1 \neq P_2$ มีความแตกต่างของการเกิดจุดดำระหว่างเครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข A-08 และ A-09

P_1 = จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นจากเครื่องฉีดหมายเลข A-08

P_2 = จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นจากเครื่องฉีดหมายเลข A-09

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 5.1 จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นเพื่อยืนยันเครื่องฉีดพลาสติก

เครื่องที่ฉีด	จำนวนการผลิตทั้งหมด (ชิ้น)	จำนวนจุดดำที่พบ (ชิ้น)
A-08	1,526	43
A-09	1,530	45

โดยผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติดังรูป 5.1

Test and CI for Two Proportions

```
Event = OK


C1      X     N  Sample p
1    1483  1526  0.971822
2    1485  1530  0.970588


Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  0.00123352
95% CI for difference:  (-0.0106244, 0.0130914)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = 0.20  P-Value = 0.838

Fisher's exact test: P-Value = 0.914
```

รูปที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์การการจุดดำระหว่างเครื่องหมายเลข A-08 และ A-09

สรุปผลจากการทดลอง

จากการนำข้อมูลการเกิดจุดดำของเครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข A-08 และ A-09 ดังตารางที่ 5.1 ไปทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ผลที่ได้ดังรูปที่ 5.1 ซึ่งมีค่า P-Value = 0.838 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) โดยค่า P-Value ที่ได้นั้นมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_0 คือจำนวนจุดดำที่เกิดจากเครื่องหมายเลข A-08 และ A-09 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2.2 สกรูสกปรกไม่ได้ขัดทำความสะอาด

จากขั้นตอนการตรวจวัดสภาพปัญหาเพื่อหาสาเหตุของปัญหานั้นผลจากการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบพบว่าสกรูที่ไม่ได้ทำการขัดนั้นจะส่งผลต่อการเกิดจุดดำค่อนข้างมาก เนื่องจากมีเศษพลาสติกคงค้างและเผาไหม้อยู่ในสกรูซึ่งเป็นต้นเกิดหลักของการเกิดจุดดำ ซึ่งในการทดลองในหัวข้อนี้จะทำการทดลองโดยใช้สกรูที่ไม่ผ่านการขัดทำความสะอาด เปรียบเทียบกับสกรูที่ขัดถอดออดมาขัดทำความสะอาด โดยมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

1. ใช้เครื่องฉีดพลาสติก 2 เครื่องหมายเลข A-08 และ A-09 ซึ่งเป็นเครื่องชนิดเดียวกันยี่ห้อ Toshiba มีขนาดเครื่องเท่ากับ 75 ตัน เส้นผ่านศูนย์กลางของ สกรูเท่ากับ 28 มิลลิเมตร ผลิตปี 2557

2. ใช้แม่พิมพ์ชนิดเดียวกันหมายเลข 1 และหมายเลข 2 ที่ลูกค้าทำการอนุมัติการผลิต
3. ทำการติดตั้งแม่พิมพ์หมายเลข 1 เข้ากับเครื่องหมายเลข A-08 โดยที่สกรูนั้นไม่ได้ผ่านการขัดทำความสะอาด และแม่พิมพ์หมายเลข 2 เข้ากับเครื่องหมายเลข A-09 โดยที่สกรูนั้นผ่านการถอดออดมาขัดทำความสะอาดตามขั้นตอนที่กำหนด
4. ใช้เม็ดพลาสติกที่มาจาก Batch การผลิตเดียวกัน
5. ใช้พารามิเตอร์ในการฉีดที่เหมือนกันทั้ง 2 เครื่อง (พารามิเตอร์ที่กำหนดจากลูกค้า)
6. ทำการทดลองด้วยวันและเวลาเดียวกัน
7. บันทึกจำนวนชิ้นงานที่ผลิตและจำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นของแต่ละเครื่อง
8. ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab

รูปที่ 5.2 ตัวอย่างสกรูที่ถอดออกมาก่อนขัดทำความสะอาด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

H_0: $P_1 = P_2$ ไม่มีความแตกต่างของการเกิดจุดดำระหว่างสกรูที่ถอดขัดทำความสะอาดและไม่ได้ถอดขัดทำความสะอาด

H_1: $P_1 \neq P_2$ มีความแตกต่างของการเกิดจุดดำระหว่างสกรูที่ถอดขัดทำความสะอาดและไม่ได้ถอดขัดทำความสะอาด

P_1 = จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นจากสกรูที่ไม่ได้ถอดขัดทำความสะอาด

P_2 = จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นจากสกรูที่ทำการถอดขัดทำความสะอาด

สรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 5.2 จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นเพื่อยืนยันการถอดสกรูขัด

สกรู	จำนวนการผลิตทั้งหมด (ชิ้น)	จำนวนจุดดำที่พบ (ชิ้น)
ไม่ได้ถอดขัด	2,020	56
ถอดขัด	2,010	26

โดยผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติดังรูป 5.3

```
Test and CI for Two Proportions: C2, C1

Event = OK


C1      X     N  Sample p
1    1964  2020  0.972277
2    1984  2010  0.987065


Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  -0.0147874
95% CI for difference:  (-0.0234858, -0.00608911)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = -3.33  P-Value = 0.001

Fisher's exact test: P-Value = 0.001
```

รูปที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์การการจุดดำระหว่างการถอดสกรูขัดและไม่ถอดขัดทำความสะอาด

สรุปผลจากการทดลอง

จากการนำข้อมูลการเกิดจุดดำของเครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข A-08 และ A-09 ด้วยสกรูที่ไม่ขัดทำความสะอาดและขัดทำความสะอาดดังตารางที่ 5.2 ไปทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ผลที่ได้ดังรูปที่ 5.3 ซึ่งมีค่า P-Value = 0.001 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) โดยค่า P-Value ที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 คือจำนวนจุดดำที่เกิดจากสกรูที่ถอดขัดทำความสะอาดและไม่ได้ถอดขัดทำความสะอาดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.2.3 วิธีในการล้างกระบอกฉีดก่อนฉีดงานใหม่ (Purging)

ในกระบวนการฉีดพลาสติกนั้นในกรณีที่เครื่องฉีดพลาสติกไม่สามารถฉีดต่อได้เนื่องจากเม็ดพลาสติกหมดแล้วนั้นแต่ในกระบอกฉีดจะมีพลาสติกอยู่จำนวนหนึ่งในกระบอกฉีดซึ่งหากในกรณีที่เราไม่ได้ทำการนำฉีดพลาสติกชนิดเก่าออกจากกระบอกฉีดให้หมดนั้นหากในการฉีดครั้งถัดไปมีการฉีดชิ้นงานที่เป็นเม็ดพลาสติกต่างชนิดกันและต้องใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เม็ดพลาสติกที่ค้างกระบอกฉีดอยู่เกิดการไหม้ติดสกรูและเป็นสาเหตุของการเกิดจุดดำได้ ซึ่งในการทดลองในหัวข้อนี้จะ

ทำการทดลองโดยวิธีการล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิด Polypropylene เปรียบเทียบกับเม็ดพลาสติกชนิดพิเศษสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะ โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

1. ใช้เครื่องฉีดพลาสติก 2 เครื่องหมายเลข A-08 และ A-09 ซึ่งเป็นเครื่องชนิดเดียวกันยี่ห้อ Toshiba มีขนาดเครื่องเท่ากับ 75 ตัน เส้นผ่านศูนย์กลางของ สกรูเท่ากับ 28 มิลลิเมตร ผลิตปี 2557
2. ใช้แม่พิมพ์ชนิดเดียวกันหมายเลข 1 และหมายเลข 2 ที่ลูกค้าทำการอนุมัติการผลิต
3. ทำการติดตั้งแม่พิมพ์หมายเลข 1 เข้ากับเครื่องหมายเลข A-08 โดยทำการล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิด PP และแม่พิมพ์หมายเลข 2 เข้ากับเครื่องหมายเลข A-09 โดยทำการล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิดสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะ
4. ใช้เม็ดพลาสติกที่มาจาก Batch การผลิตเดียวกัน
5. ใช้พารามิเตอร์ในการฉีดที่เหมือนกันทั้ง 2 เครื่อง (พารามิเตอร์ที่กำหนดจากลูกค้า)
6. ทำการทดลองด้วยวันและเวลาเดียวกัน
7. บันทึกจำนวนชิ้นงานที่ผลิตและจำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นของแต่ละเครื่อง
8. ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab

รูปที่ 5.4 เม็ดพลาสติกชนิดพิเศษสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะ

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

H_0: $P_1 = P_2$ ไม่มีความแตกต่างของการเกิดจุดดำระหว่างการล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิด PP กับการล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิดสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะ

H_1: $P_1 \neq P_2$ มีความแตกต่างของการเกิดจุดดำระหว่างการล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิด PP กับการล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิดพิเศษสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะ

P_1 = ล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิด PP

P_2 = ล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิดพิเศษสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะ

สรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 5.3 จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นเพื่อยืนยันวิธีล้างสกรู

วิธีในการล้างสกรู	จำนวนการผลิตทั้งหมด (ชิ้น)	จำนวนจุดดำที่พบ (ชิ้น)
เม็ดพลาสติก PP	2,020	55
เม็ดชนิดพิเศษ	2,010	35

โดยผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติดังรูป 5.5

```
Test and CI for Two Proportions: C2, C1

Event = OK


C1      X     N  Sample p
1    1965  2020  0.972772
2    1975  2010  0.982587


Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  -0.00981479
95% CI for difference:  (-0.0189290, -0.000700561)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = -2.11  P-Value = 0.035

Fisher's exact test: P-Value = 0.042
```

รูปที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์การการจุดดำระหว่างการถอดสกรูขัดและไม่ถอดขัดทำความสะอาด

สรุปผลจากการทดลอง

จากการนำข้อมูลการเกิดจุดดำของเครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข A-08 และ A-09 ด้วยการล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิด PP กับการล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิดสำหรับล้างสก

รูโดยเฉพาะ ดังตารางที่ 5.3 ไปทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ผลที่ได้ดังรูปที่ 5.5 ซึ่งมีค่า P-Value = 0.035 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) โดยค่า P-Value ที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 คือจำนวนจุดดำที่เกิดจากการล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิด PP กับการล้างกระบอกฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิดพิเศษสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.2.4 ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติก

ในกระบวนการฉีดพลาสติกนั้นอีกขั้นตอนที่จำเป็นต้องทำคือการบดก้านทางเดินพลาสติก (Runner) เพื่อนำมาผสมกับเม็ดพลาสติกใหม่ โดยกระบวนการนี้อาจส่งผลต่อการปนเปื้อนของเม็ดพลาสติก ซึ่งในการทดลองในหัวข้อนี้จะทำการทดลองโดยเครื่องบดพลาสติกที่ใช้บดร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น (โดยผ่านการทำความสะอาดตามขั้นตอน) เปรียบเทียบกับการใช้เครื่องบดเม็ดพลาสติกกับเม็ดพลาสติกชนิดเดียวไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่นๆ โดยมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

1. ใช้เครื่องฉีดพลาสติก 2 เครื่องหมายเลข A-08 และ A-09 ซึ่งเป็นเครื่องชนิดเดียวกันยี่ห้อ Toshiba มีขนาดเครื่องเท่ากับ 75 ตัน เส้นผ่านศูนย์กลางของ สกรูเท่ากับ 28 มิลลิเมตร ผลิตปี 2557
2. ใช้แม่พิมพ์ชนิดเดียวกันหมายเลข 1 และหมายเลข 2 ที่ลูกค้าทำการอนุมัติการผลิต
3. ทำการติดตั้งแม่พิมพ์หมายเลข 1 เข้ากับเครื่องหมายเลข A-08 และแม่พิมพ์หมายเลข 2 เข้ากับเครื่องหมายเลข A-09
4. ใช้เม็ดพลาสติกที่มาจาก Batch การผลิตเดียวกัน โดยที่เครื่องมายเลข A-08 ใช้เม็ดพลาสติกที่ผ่านการบดจากการใช้เครื่องบดร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นและเครื่องหมายเลข A-09 ใช้เม็ดพลาสติกที่บดจากเครื่องบดที่ไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่นและนำมาบด Runner ทันทีหลังจากฉีดชิ้นงานบริเวณด้านข้างเครื่องฉีดพลาสติก
5. ใช้พารามิเตอร์ในการฉีดที่เหมือนกันทั้ง 2 เครื่อง (พารามิเตอร์ที่กำหนดจากลูกค้า)
6. ทำการทดลองด้วยวันและเวลาเดียวกัน
7. บันทึกจำนวนชิ้นงานที่ผลิตและจำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นของแต่ละเครื่อง
8. ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 5.6 ตัวอย่างเครื่องบดพลาสติก

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

H_0: $P_1 = P_2$ ไม่มีความแตกต่างของการเกิดจุดดำระหว่างเม็ดพลาสติกที่ผ่านการบดจากการใช้เครื่องบดร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นและเม็ดพลาสติกที่บดจากเครื่องบดที่ไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่นและนำมาบด Runner ทันทีหลังจากฉีดชิ้นงานบริเวณด้านข้างเครื่องฉีดพลาสติก

H_1: $P_1 \neq P_2$ มีความแตกต่างของการเกิดจุดดำระหว่างเม็ดพลาสติกที่ผ่านการบดจากการใช้เครื่องบดร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นและเม็ดพลาสติกที่บดจากเครื่องบดที่ไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่นและนำมาบด Runner ทันทีหลังจากฉีดชิ้นงานบริเวณด้านข้างเครื่องฉีดพลาสติก

P_1 = พลาสติกที่ผ่านการบดจากการใช้เครื่องบดร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น

P_2 = พลาสติกที่บดจากเครื่องบดที่ไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่นและนำมาบด Runner ทันทีหลังจากฉีดชิ้นงานบริเวณด้านข้างเครื่องฉีดพลาสติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 5.4 จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นเพื่อยืนยันเครื่องบดพลาสติก

เครื่องบดพลาสติก	จำนวนการผลิตทั้งหมด (ชิ้น)	จำนวนจุดดำที่พบ (ชิ้น)
พลาสติกที่ผ่านการบดจากการใช้เครื่องบดร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น	2,260	68
พลาสติกที่บดจากเครื่องบดที่ไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่น	2,240	42

โดยผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติดังรูป 5.8

Test and CI for Two Proportions: C2, C1

```
Event = OK


C1      X     N  Sample p
1    2194  2260  0.970796
2    2198  2240  0.981250


Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  -0.0104535
95% CI for difference:  (-0.0193834, -0.00152373)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = -2.29  P-Value = 0.022

Fisher's exact test: P-Value = 0.025
```

รูปที่ 5.7 ผลการวิเคราะห์การการจุดดำระหว่างพลาสติกที่ผ่านการบดจากการใช้เครื่องบดร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นกับพลาสติกที่บดจากเครื่องบดที่ไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่น

สรุปผลจากการทดลอง

จากการนำข้อมูลการเกิดจุดดำของเครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข A-08 และ A-09 ด้วยพลาสติกที่ผ่านการบดจากการใช้เครื่องบดร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นและพลาสติกที่บดจากเครื่องบดที่ไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่นดังตารางที่ 5.5 ไปทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ผลที่ได้ดังรูปที่ 5.7 ซึ่งมีค่า P-Value = 0.022 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (α = 0.05) โดยค่า P-Value ที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 คือ มีความแตกต่างของการเกิดจุดดำระหว่างเม็ดพลาสติกที่ผ่านการบดจากการใช้เครื่องบดร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นและเม็ดพลาสติกที่บดจาก

เครื่องบดที่ไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่นและนำมาบด Runner ทันทีหลังจากฉีดชิ้นงานบริเวณด้านข้างเครื่องฉีดพลาสติกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.2.5 ความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก

ในกระบวนการฉีดพลาสติกนั้นเม็ดพลาสติกบางประเภทนั้นจำเป็นต้องทำการอบไล่ความชื้นเพื่อแก้ปัญหาชิ้นงานเกิดอาการเสียต่างๆ โดยกระบวนการนี้อาจส่งผลต่อการปนเปื้อนของเม็ดพลาสติกเกิดขึ้นได้ ซึ่งในการทดลองในหัวข้อนี้จะทำการทดลองโดยเครื่องใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น (โดยผ่านการทำความสะอาดตามขั้นตอน) เปรียบเทียบกับการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกกับชนิดเดียวไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่นๆ โดยมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

1. ใช้เครื่องฉีดพลาสติก 2 เครื่องหมายเลข A-08 และ A-09 ซึ่งเป็นเครื่องชนิดเดียวกันยี่ห้อ Toshiba มีขนาดเครื่องเท่ากับ 75 ตัน เส้นผ่านศูนย์กลางของ สกรูเท่ากับ 28 มิลลิเมตร ผลิตปี 2557
2. ใช้แม่พิมพ์ชนิดเดียวกันหมายเลข 1 และหมายเลข 2 ที่ลูกค้าทำการอนุมัติการผลิต
3. ทำการติดตั้งแม่พิมพ์หมายเลข 1 เข้ากับเครื่องหมายเลข A-08 และแม่พิมพ์หมายเลข 2 เข้ากับเครื่องหมายเลข A-09
4. ใช้เม็ดพลาสติกที่มาจาก Batch การผลิตเดียวกัน โดยที่เครื่องมายเลข A-08 ใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น และเครื่องหมายเลข A-09 ใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ไม่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น
5. ใช้พารามิเตอร์ในการฉีดที่เหมือนกันทั้ง 2 เครื่อง (พารามิเตอร์ที่กำหนดจากลูกค้า)
6. ทำการทดลองด้วยวันและเวลาเดียวกัน
7. บันทึกจำนวนชิ้นงานที่ผลิตและจำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นของแต่ละเครื่อง
8. ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 5.8 ตัวอย่างเครื่องบดพลาสติก

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

H_0: $P_1 = P_2$ ไม่มีความแตกต่างของการเกิดจุดดำระหว่างการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น และการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ไม่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น

H_1: $P_1 \neq P_2$ มีความแตกต่างของการเกิดจุดดำระหว่างการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น และการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ไม่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น

P_1 = การใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น

P_2 = การใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ไม่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น

สรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 5.5 จำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นเพื่อยืนยันเครื่องอบพลาสติก

เครื่องอบเม็ดพลาสติก	จำนวนการผลิตทั้งหมด (ชิ้น)	จำนวนจุดดำที่พบ (ชิ้น)
ใช้ร่วมกันกับชนิดอื่น	2,160	64
ไม่ใช้ร่วมกันกับชนิดอื่น	2,070	39

โดยผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติดังรูป 5.9

```
Test and CI for Two Proportions: C2, C1

Event = OK


C1      X     N  Sample p
1    2096  2160  0.970370
2    2131  2170  0.982028


Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  -0.0116573
95% CI for difference:  (-0.0207335, -0.00258108)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = -2.52  P-Value = 0.012

Fisher's exact test: P-Value = 0.013
```

รูปที่ 5.9 ผลการวิเคราะห์การการจุดดำระหว่างการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นและการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ไม่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น

สรุปผลจากการทดลอง

จากการนำข้อมูลการเกิดจุดดำของเครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข A-08 และ A-09 ด้วยการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นและการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ไม่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นดังตารางที่ 5.5 ไปทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ผลที่ได้ดังรูปที่ 5.10 ซึ่งมีค่า P-Value = 0.012 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) โดยค่า P-Value ที่ได้นั้นมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 คือมีความแตกต่างของการเกิดจุดดำระหว่างการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่น และการใช้เครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ไม่ผ่านการใช้ร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.3 สรุปผลในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา

จากผลการทดสอบปัจจัยนำเข้าทั้ง 4 ปัจจัยด้วยวิธีการทางสถิติพบว่าปัจจัยนำเข้าทั้งหมดได้แก่สกรูสกปรกไม่ได้ขัดทำความสะอาด วิธีในการล้างกระบอกฉีดก่อนการฉีดงานใหม่ (Purging) ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติกและความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจะนำปัจจัยเหล่านี้ไปเป็นปัจจัยที่ใช้ควบคุมการทดลองเพื่อยืนยันผลในขั้นตอนต่อไป

บทที่ 6
ระยะปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

หลังจากทำการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าปัญหาที่ทำให้เกิดของเสียประเภทจุดดำโดยผลจากระยะที่แล้วสามารถคัดกรองได้ว่าปัจจัยนำเข้าทั้ง 4 ปัจจัยได้แก่ สกรูสกปรกไม่ได้ขัดทำความสะอาด วิธีในการล้างกระบอกฉีดก่อนการฉีดงานใหม่ (Purging) ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติกและความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก โดยในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำปัจจัยดังกล่าวทั้งหมดไปทำการออกแบบการทดลองทางสถิติ

6.1 พิจารณาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

ในระยะนี้จะใช้การทดลองแบบ 2^k Factorial Design เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียประเภทจุดดำในกระบวนการฉีดพลาสติกโดยทดลองทั้งหมด 4 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับและทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จำนวนการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 32 การทดลองโดยในการทดลองจะกำหนดระดับของปัจจัยเป็น ระดับต่ำ Low (-1) และ และระดับสูง High (1) โดยระดับต่ำนั้นจะพิจารณาจากการทดลองที่ส่งผลให้เกิดจุดดำที่สูงและระดับสูงพิจารณาจากการทดลองที่ส่งผลให้เกิดจุดดำที่ต่ำโดยระดับของปัจจัยสามารถกำหนดได้ดังนี้

6.1.1 สกรูสกปรกไม่ได้ขัดทำความสะอาด

ในขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานจะเห็นได้ว่าจำนวนจุดดำที่เกิดจากการขัดทำความสะอาดสกรูจะทำให้เกิดจำนวนจุดดำในอัตราส่วนที่น้อยกว่าสกรูที่ไม่ได้ขัดทำความสะอาด ดังนั้นจึงกำหนดให้การขัดทำความสะอาดสกรูเป็นระดับสูง (1) และสกรูที่ไม่ได้ขัด ทำความสะอาดเป็นระดับต่ำ

Chulalongkorn University

6.1.2 วิธีในการล้างกระบอกฉีดก่อนการฉีดงานใหม่ (Purging)

ในขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานจะเห็นได้ว่าจำนวนจุดดำที่เกิดจากการใช้เม็ดพลาสติกชนิดพิเศษสำหรับทำความสะอาดสกรูโดยเฉพาะจะทำให้เกิดจำนวนจุดดำในอัตราส่วนที่น้อยกว่าการใช้เม็ดพลาสติกชนิด PP ดังนั้นจึงกำหนดให้การใช้เม็ดพลาสติกชนิดพิเศษสำหรับทำความสะอาดสกรูโดยเฉพาะเป็นระดับสูง (1) และการใช้เม็ดพลาสติกชนิด PP เป็นระดับต่ำ (-1)

6.1.3 ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติก

ในขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานจะเห็นได้ว่าจำนวนจุดดำที่เกิดจากเม็ดพลาสติกที่บดจากการไม่ใช้เครื่องบดร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นจะทำให้เกิดจำนวนจุดดำในอัตราส่วนที่น้อยกว่าเม็ดพลาสติกที่บดจากเครื่องบดที่ใช้ร่วมกับชนิดอื่น ดังนั้นจึงกำหนดให้เม็ดพลาสติกที่ผ่านการบดจาก

การไม่ใช้เครื่องบดร่วมกับเม็ดพลาสติกชนิดอื่นเป็นระดับสูง (1) และเม็ดพลาสติกที่บดจากเครื่องบดที่ใช้ร่วมกับชนิดอื่นเป็นระดับต่ำ (-1)

6.1.4 ความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก

ในขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานจะเห็นได้ว่าจำนวนจุดดำที่เกิดจากเครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ไม่ผ่านการใช้ร่วมกับการอบเม็ดพลาสติกชนิดอื่นจะทำให้เกิดจำนวนจุดดำในอัตราส่วนที่น้อยกว่าเกิดจากเครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ผ่านการใช้ร่วมกับพลาสติกชนิดอื่น ดังนั้นเครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ไม่ผ่านการใช้ร่วมกับการอบเม็ดพลาสติกชนิดอื่นเป็นระดับสูง (1) และเครื่องอบเม็ดพลาสติกที่ผ่านการใช้ร่วมกับการอบเม็ดพลาสติกชนิดอื่นเป็นระดับต่ำ (-1)

จากการกำหนดปัจจัยในแต่ละระดับการทดลองที่ส่งผลต่อการเกิดจุดดำโดยแต่ละปัจจัยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่ทำการทดลอง

ปัจจัยนำเข้า	ตัวย่อ	ระดับ	
		Low (-1)	High (+1)
สกรูสกปรกไม่ได้ขัดทำความสะอาด	Screw Polishing	ไม่ได้ขัดทำความสะอาด	ขัดทำความสะอาด
วิธีในการล้างกระบอกฉีดก่อนการฉีดงานใหม่ (Purging)	Purging Method	เม็ดชนิดโพลีโพรพิลีน	เม็ดชนิดพิเศษสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะ
ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติก	Crusher Method	ใช้ร่วมกับชนิดอื่น	ไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่นและทำในระบบปิด
ความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก	Hopper Method	ใช้ร่วมกับชนิดอื่น	ไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่นและทำในระบบปิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2 ตัวแปรตอบสนอง

ตัวแปรตอบสนองในการทดลองครั้งนี้คืออัตราการเกิดของเสียประเภทจุดดำที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก

6.3 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

ทำการออกแบบการทำลองโดยใช้ 2^k Factorial Design ทำการทดลองที่ 4 ปัจจัย และ 2 ระดับ (ต่ำ, สูง) โดยการทดลองนี้จะเป็น Full 2^k Factorial Design ที่ 2^4 ทำการทดลองเท่ากับ 16 การทดลองและทำซ้ำทั้งหมด 2 ครั้งในแต่ละปัจจัย ดังนั้นจะได้การทดลองทั้งหมด 32 การทดลอง

ขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

1. ใช้เครื่องฉีดพลาสติกหมายเลข A-08 ยี่ห้อ Toshiba มีขนาดเครื่องเท่ากับ 75 ตัน เส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูเท่ากับ 28 มิลลิเมตร ผลิตปี 2557
2. ใช้แม่พิมพ์ Table Base หมายเลข 1
3. ทำการติดตั้งแม่พิมพ์ Table Base หมายเลข 1 เข้ากับเครื่องหมายเลข A-08
4. ใช้เม็ดพลาสติกที่มาจาก Batch การผลิตเดียวกันในแต่ละการทดลอง
5. ใช้พนักงานตรวจสอบกลุ่มเดียวกันในแต่ละการทดลอง
6. ใช้พารามิเตอร์ในการฉีดที่เหมือนกันในแต่ละการทดลอง
7. ทำการทดลองด้วยกะการทำงานและสภาพแวดล้อมเดียวกัน
8. บันทึกจำนวนชิ้นงานที่ผลิตและจำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นของแต่ละการทดลอง
9. ทำการวิเคราะห์ทางสถิติจากการออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab

6.4 ผลการทดลอง

ทำการทดลองด้วยปัจจัยนำเข้าทั้ง 4 ปัจจัย ที่ 2 ระดับ และทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 2 ครั้งในแต่ละปัจจัย จำนวนการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 32 การทดลองโดยผลการทดลองดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองจากการรออกแบบการทดลองหาอัตราการเกิดจุดดำ

Std Order	Run Order	Center Pt	Blocks	Screw Polish	Purging	Crusher Method	Hopper Method	Black dot
13	1	1	1	-1	-1	1	1	0.0221
22	2	1	1	1	-1	1	-1	0.0141
15	3	1	1	-1	1	1	1	0.0171
8	4	1	1	1	1	1	-1	0.0122
9	5	1	1	-1	-1	-1	1	0.0278
20	6	1	1	1	1	-1	-1	0.0161

ตาราง 6.2 ผลการทดลองจากการรออกแบบการทดลองหาอัตราการเกิดจุดดำ (ต่อ)

Std Order	Run Order	Center Pt	Blocks	Screw Polish	Purging	Crusher Method	Hopper Method	Black dot
10	7	1	1	1	-1	-1	1	0.0151
28	8	1	1	1	1	-1	1	0.0211
29	9	1	1	-1	-1	1	1	0.0224
18	10	1	1	1	-1	-1	-1	0.0156
4	11	1	1	1	1	-1	-1	0.0205
11	12	1	1	-1	1	-1	1	0.0241
27	13	1	1	-1	1	-1	1	0.0239
3	14	1	1	-1	1	-1	-1	0.0251
25	15	1	1	-1	-1	-1	1	0.0281
6	16	1	1	1	-1	1	-1	0.0138
23	17	1	1	-1	1	1	-1	0.0195
31	18	1	1	-1	1	1	1	0.0171
1	19	1	1	-1	-1	-1	-1	0.0282
12	20	1	1	1	1	-1	1	0.0215
14	21	1	1	1	-1	1	1	0.0118
21	22	1	1	-1	-1	1	-1	0.0251
2	23	1	1	1	-1	-1	-1	0.0156
5	24	1	1	-1	-1	1	-1	0.0255
19	25	1	1	-1	1	-1	-1	0.0252
16	26	1	1	1	1	1	1	0.0115
7	27	1	1	-1	1	1	-1	0.0199
24	28	1	1	1	1	1	-1	0.0125
26	29	1	1	1	-1	-1	1	0.0218
32	30	1	1	1	1	1	1	0.0113
17	31	1	1	-1	-1	-1	-1	0.0281
30	32	1	1	1	-1	1	1	0.0117

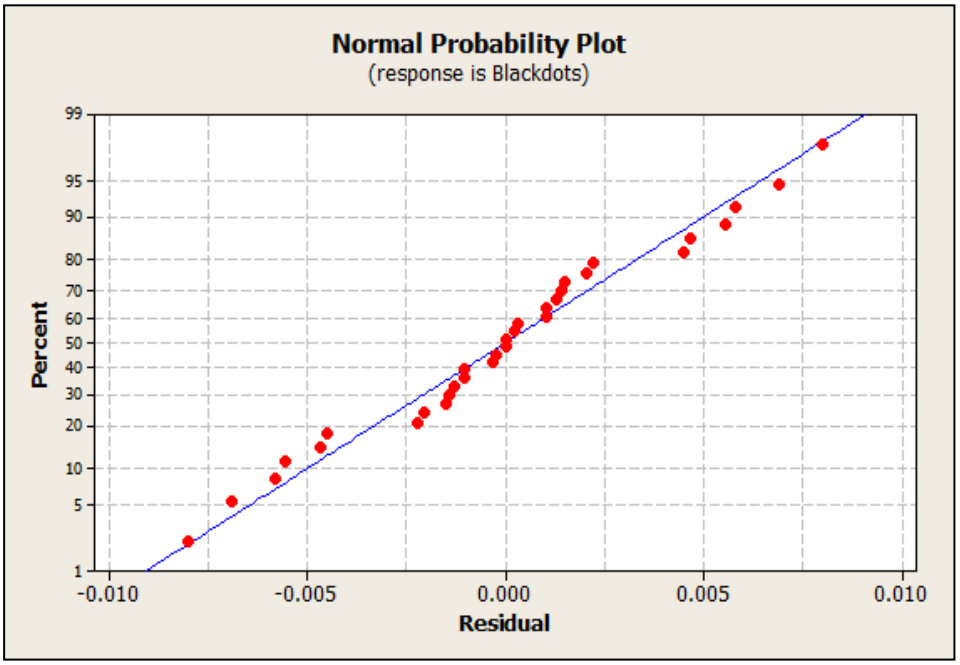
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy checking)

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองนั้นประกอบไปด้วยการทดสอบเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลองภายใต้ 3 เงื่อนไขได้แก่

สมมติฐานของความเป็นปกติ

ภายใต้สมมติฐานที่ว่าเทอมของความผิดปกติต้องมีการแจกแจงแบบปกติซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการทำ Normal Probability plot เพื่อตรวจสอบว่ากราฟมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ดังรูปที่ 6.1 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่ากราฟนั้นมีการเรียงตัวและมีแนวโน้มที่เป็นเส้นตรงซึ่งสมมติฐานนั้นถูกต้อง

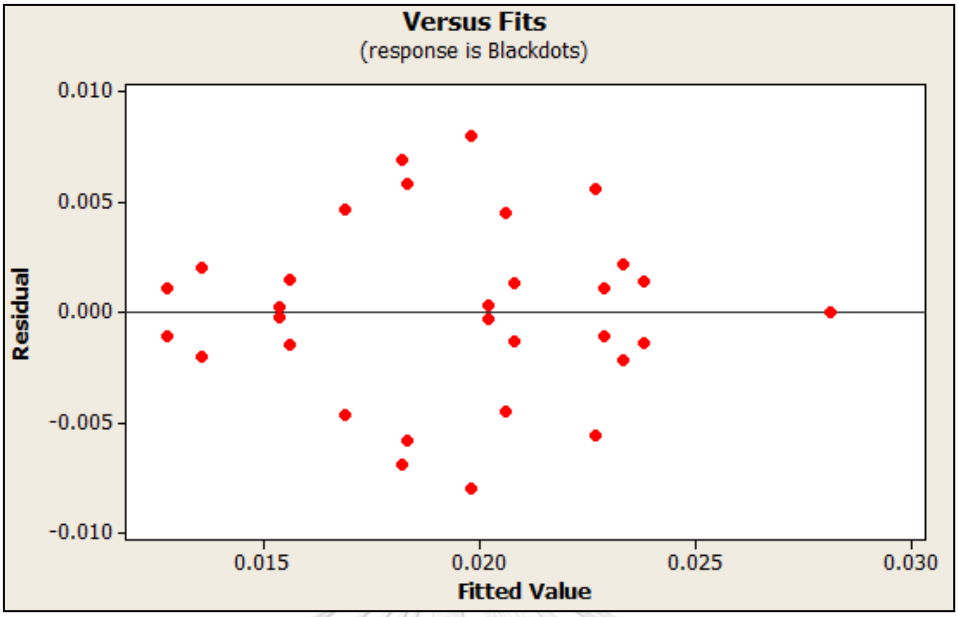


Chulalongkorn University

รูปที่ 6.1 กราฟ Normal Probability plot

สมมติฐานของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของความคาดเคลื่อน

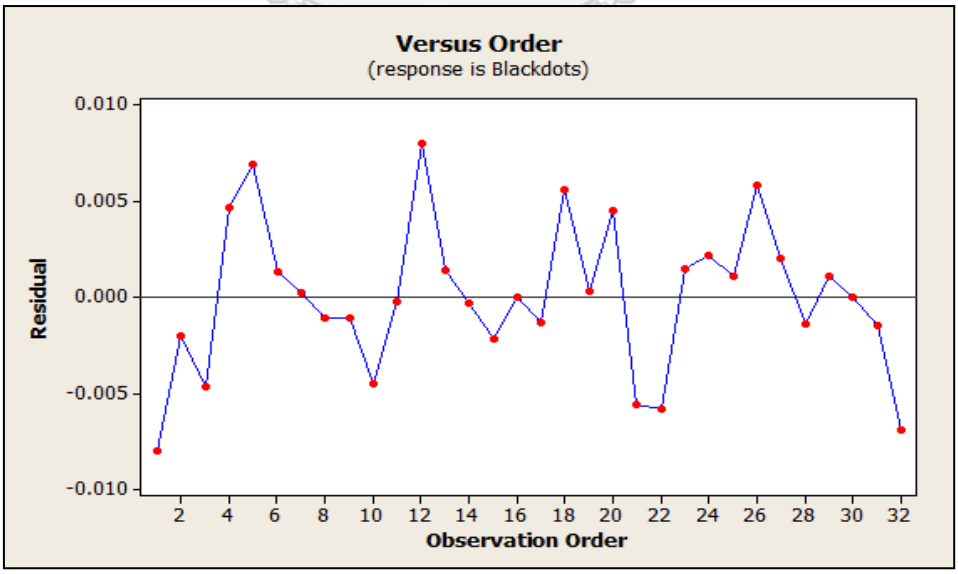
ภายใต้สมมติฐานที่ว่าเทอมของความผิดปกตินั้นต้องมีค่าเฉลี่ย (Mean) เป็น 0 และมีความแปรปรวน (Variance) คงที่ ดังรูปที่ 6.2 จากรูปจะเห็นได้ว่าจุดที่เกิดขึ้นไม่มีรูปแบบหรือความสัมพันธ์ใดๆกับตัวแปรอื่นและมีการกระจายตัวที่เท่ากัน ซึ่งสมมติฐานนั้นถูกต้อง



รูปที่ 6.2 กราฟ Versus Fitted Value

สมมติฐานของความเป็นอิสระ

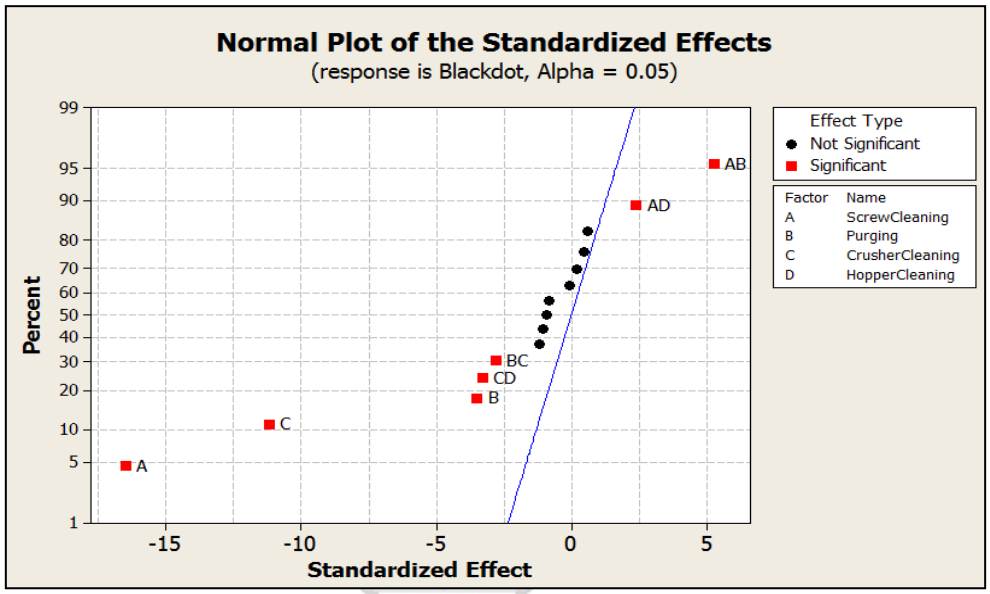
ภายใต้สมมติฐานที่ว่าเทอมของความผิดปกตินั้นต้องไม่มีความสัมพันธ์กันกล่าวคือข้อมูลแต่ละตัวต้องมีความเป็นอิสระจากกันไม่เป็นแบบแผนเดียวกันดังรูปที่ 6.3 จากรูปจะเห็นได้ว่าข้อมูลนั้นเป็นอิสระต่อกันซึ่งสมมติฐานนั้นถูกต้อง



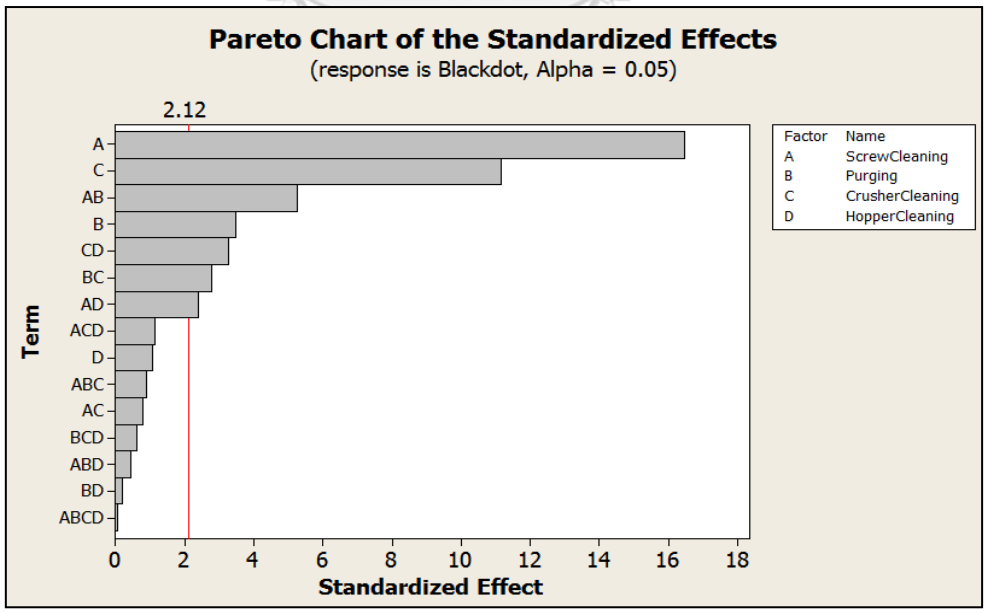
รูปที่ 6.3 กราฟ Versus the run order

6.5 สรุปผลการทดลอง

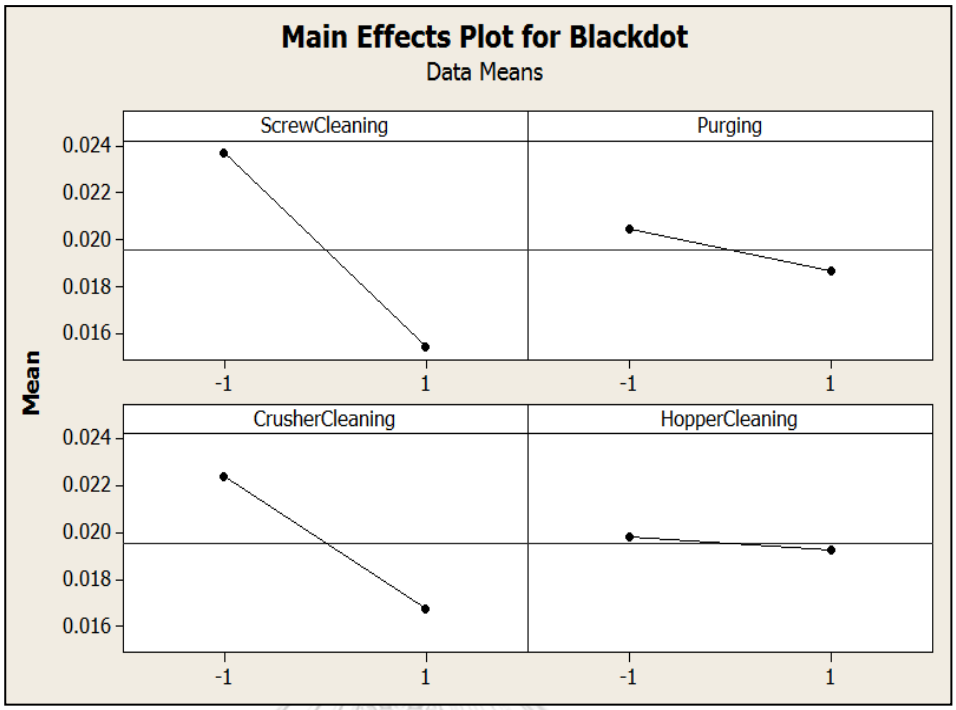
ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อพิจารณาผลของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญของตัวแปรตอบสนองในลักษณะของกราฟ Normal Probability Plot และแผนภูมิภาพพาเรโตดังรูป 6.4 และ 6.5 ตามลำดับรวมถึงแสดงผลหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองดังรูปที่ 6.6 และผลของอันตรกิริยาดังรูปที่ 6.7



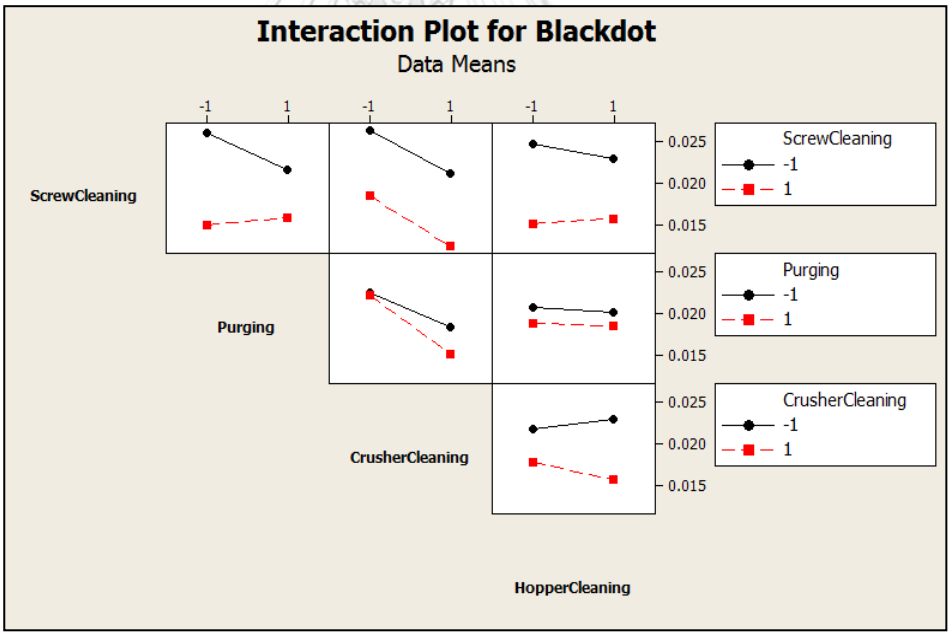
รูปที่ 6.4 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยา



รูปที่ 6.5 แผนภูมิพาเรโต แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยา



รูปที่ 6.6 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (Main Effect)



รูปที่ 6.7 ผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (Interaction)

โดยจากผลการทดลองทางสถิติสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยหลักได้แก่ การขัดทำความสะอาด สกรู (P-Value =0.000) วิธีในการทำความสะอาดกระบอกฉีด (Purging) (P-Value =0.003) ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติก (P-Value =0.000) และปัจจัยที่มีผลระหว่าง

อันตรกิริยาได้แก่การขัดทำความสะอาดสกรูและวิธีในการทำความสะอาดกระบอกฉีด (Purging) (P-Value =0.000) การขัดทำความสะอาดสกรูและความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก (P-Value =0.029) วิธีในการทำความสะอาดกระบอกฉีด (Purging) และความสะอาดของเครื่องบดพลาสติก (P-Value =0.013) ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติกและความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก (P-Value =0.005) โดยปัจจัยเหล่านี้ส่งผลกับการลดงานเสียประเภทจุดดำอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Factorial Fit: Blackdot versus ScrewPolishinh, Purging, CrusherMethod, HopperMethod

Estimated Effects and Coefficients for Blackdot (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.019544	0.000252	77.45	0.000
ScrewPolishinh	-0.008312	-0.004156	0.000252	-16.47	0.000
Purging	-0.001763	-0.000881	0.000252	-3.49	0.003
CrusherMethod	-0.005638	-0.002819	0.000252	-11.17	0.000
HopperMethod	-0.000538	-0.000269	0.000252	-1.07	0.303
ScrewPolishinh*Purging	0.002662	0.001331	0.000252	5.28	0.000
ScrewPolishinh*CrusherMethod	-0.000413	-0.000206	0.000252	-0.82	0.426
ScrewPolishinh*HopperMethod	0.001213	0.000606	0.000252	2.40	0.029
Purging*CrusherMethod	-0.001412	-0.000706	0.000252	-2.80	0.013
Purging*HopperMethod	0.000113	0.000056	0.000252	0.22	0.826
CrusherMethod*HopperMethod	-0.001663	-0.000831	0.000252	-3.29	0.005
ScrewPolishinh*Purging*CrusherMethod	-0.000463	-0.000231	0.000252	-0.92	0.373
ScrewPolishinh*Purging*HopperMethod	0.000237	0.000119	0.000252	0.47	0.644
ScrewPolishinh*CrusherMethod* HopperMethod	-0.000588	-0.000294	0.000252	-1.16	0.261
Purging*CrusherMethod*HopperMethod	0.000313	0.000156	0.000252	0.62	0.544
ScrewPolishinh*Purging* CrusherMethod*HopperMethod	-0.000037	-0.000019	0.000252	-0.07	0.942

S = 0.00142741 PRESS = 0.0001304
R-Sq = 96.68% R-Sq(pred) = 86.70% R-Sq(adj) = 93.56%

Analysis of Variance for Blackdot (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F
Main Effects	4	0.00083419	0.00083419	0.00020855	102.36
ScrewPolishinh	1	0.00055278	0.00055278	0.00055278	271.30
Purging	1	0.00002485	0.00002485	0.00002485	12.20
CrusherMethod	1	0.00025425	0.00025425	0.00025425	124.79
HopperMethod	1	0.00000231	0.00000231	0.00000231	1.13
2-Way Interactions	6	0.00010801	0.00010801	0.00001800	8.83
ScrewPolishinh*Purging	1	0.00005671	0.00005671	0.00005671	27.83
ScrewPolishinh*CrusherMethod	1	0.00000136	0.00000136	0.00000136	0.67
ScrewPolishinh*HopperMethod	1	0.00001176	0.00001176	0.00001176	5.77
Purging*CrusherMethod	1	0.00001596	0.00001596	0.00001596	7.83
Purging*HopperMethod	1	0.00000010	0.00000010	0.00000010	0.05
CrusherMethod*HopperMethod	1	0.00002211	0.00002211	0.00002211	10.85
3-Way Interactions	4	0.00000571	0.00000571	0.00000143	0.70
ScrewPolishinh*Purging*CrusherMethod	1	0.00000171	0.00000171	0.00000171	0.84
ScrewPolishinh*Purging*HopperMethod	1	0.00000045	0.00000045	0.00000045	0.22
ScrewPolishinh*CrusherMethod*HopperMethod	1	0.00000276	0.00000276	0.00000276	1.36
Purging*CrusherMethod*HopperMethod	1	0.00000078	0.00000078	0.00000078	0.38
4-Way Interactions	1	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.01
ScrewPolishinh*Purging*CrusherMethod*HopperMethod	1	0.00000001	0.00000001	0.00000001	0.01
Residual Error	16	0.00003260	0.00003260	0.00000204	
Pure Error	16	0.00003260	0.00003260	0.00000204	
Total	31	0.00098052			

รูปที่ 6.8 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง

จากรูปที่ 6.8 สามารถนำปัจจัยนำเข้าทั้ง 4 ปัจจัยมาหาความสัมพันธ์เพื่อหาตัวแบบถดถอยของปัจจัยทั้ง 4 กับอัตราส่วนการเกิดจุดดำได้จากสมการตัวแบบถดถอย (Regression Equation) ดังนี้

จำนวนจุดดำ = 0.019544 – 0.004156(ScrewPolishing) - 0.000881(Purging) – 0.002819(CrusherMethod) – 0.000269(HopperMethod)

ดังนั้นจากการทดลองนี้จึงสามารถสรุประดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยนำเข้าได้ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้า

ปัจจัยนำเข้า	ตัวย่อ	ระดับที่เลือก	วิธีที่ใช้
สกรูสกปรกไม่ได้ขัดทำความสะอาด	Screw Polishing	1	ขัดทำความสะอาด
วิธีในการล้างกระบอกฉีดก่อนการฉีดงานใหม่ (Purging)	Purging Method	1	เม็ดชนิดพิเศษสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะ
ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติก	Crusher Method	1	ไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่นและทำในระบบปิด
ความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติก	Hopper Method	1	ไม่ใช้ร่วมกับชนิดอื่นและทำในระบบปิด

โดยในส่วนของอันความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติกนั้นปัจจัยหลักไม่มีผลต่อการลดจุดดำแต่ในส่วนของอันตรกิริยาร่วมระหว่างความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติกและความสะอาดของเครื่องบดเม็ดพลาสติกนั้นส่งผลกับการลดจุดดำ (P-Value = 0.005) ดังนั้นในการลดของเสียจึงต้องใช้ร่วมกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.6 ทำการยืนยันผลจากการทดลอง

ทำการทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลองกับระดับของปัจจัยที่เลือกในการลดจุดดำโดยมีวิธีการดังนี้

1. ใช้เครื่องฉีดพลาสติก 2 เครื่องหมายเลข A-08 และ A-09 ซึ่งเป็นเครื่องชนิดเดียวกันยี่ห้อ Toshiba มีขนาดเครื่องเท่ากับ 75 ตัน เส้นผ่านศูนย์กลางของ สกรูเท่ากับ 28 มิลลิเมตร ผลิตปี 2557

2. ใช้แม่พิมพ์ชนิดเดียวกันหมายเลข 1 และหมายเลข 2 ที่ลูกค้าทำการอนุมัติการผลิต
3. ทำการติดตั้งแม่พิมพ์หมายเลข 1 เข้ากับเครื่องหมายเลข A-08 และแม่พิมพ์หมายเลข 2 เข้ากับเครื่องหมายเลข A-09
4. ใช้เม็ดพลาสติกที่มาจาก Batch การผลิตเดียวกัน
5. ใช้พารามิเตอร์ในการฉีดที่เหมือนกันทั้ง 2 เครื่อง (พารามิเตอร์ที่กำหนดจากลูกค้า)
6. ทำการทดลองที่ระดับของปัจจัยนำเข้าดังตารางที่ 6.3
7. บันทึกจำนวนชิ้นงานที่ผลิตและจำนวนจุดดำที่เกิดขึ้นของแต่ละเครื่อง
8. เปรียบเทียบกับผลการเกิดจุดดำก่อนหน้า

โดยผลของการทดสอบดังตารางที่ 6.4 ซึ่งก่อนการปรับปรุงอัตราการเกิดจุดดำอยู่ที่ 3.02 % และหลังจากการปรับปรุงอัตราการเกิดจุดดำอยู่ที่ 1.25%

ตารางที่ 6.4 จำนวนจุดดำหลังการปรับปรุง

เครื่องจักร	จำนวนที่ผลิต (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	% จุดดำ (%)
A-08	2,080	26	1.25
A-09	2,100	26	1.24
เฉลี่ย	2,090	26	1.25

6.7 สรุปผลและพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยค่าใช้จ่ายประเมินได้ดังนี้ ค่าใช้จ่ายในการถอดสกรูขัดทำความสะอาด = (ค่าเครื่องจักร (บาท*ชั่วโมง) + ค่าแรงในการถอด (บาท*ชั่วโมง) + ค่าล่วงเวลา (บาท*ชั่วโมง) + ค่าขนส่ง (เฉลี่ยบาทต่อเดือน) + ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ (บาทต่อครั้ง) + ค่าการเริ่มต้นการฉีดงานใหม่ (บาท*ชั่วโมง)) โดยค่าเครื่องจักร, ค่าแรงและค่าล่วงเวลานั้นจะคิดตามเกณฑ์มาตรฐานของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งโรงงานอื่นๆ สามารถนำค่าใช้จ่ายที่ประเมินไว้ข้างต้นไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับเงื่อนไขของแต่ละโรงงานได้

เนื่องจากค่าใช้จ่ายจากการถอดสกรูขัดทำความสะอาดค่อนข้างสูงและเสียเวลาการผลิต ผู้วิจัยเห็นว่าวิธีนี้เหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีราคาต่อหน่วยค่อนข้างสูงหรือชิ้นงานที่มียอดการผลิตจำนวนมากเช่นจากข้อมูลโรงงานกรณีศึกษาชิ้นงานฝาครอบหม้อหุงข้าว ราคาขายอยู่ที่ชิ้นละ 5.50 บาทสามารถผลิตได้วันละ 10,000 ชิ้น มีแผนการผลิตอยู่ที่เดือนละ 120,000 ชิ้นและในแต่ละวันพบปริมาณของเสียประเภทจุดดำอยู่ที่ 2.75% (ก่อนการถอดสกรูขัด) โดยเมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายในการ

ถอดสกรูล้างจะประมาณ 3,000 บาทต่อครั้งโดยหลังจากทำการปรับปรุงด้วยวิธีการต่างๆ ตามที่ทำการศึกษาเมื่อเทียบกันแล้ววิธีที่เหมาะสมสำหรับชิ้นงานและจำนวนการผลิตประเภทนี้คือการถอดสกรูขัดทำความสะอาด

วิธีที่สองคือ กระบวนการล้างกระบอกฉีดพลาสติก (Purging) โดยวิธีนี้จะให้ผลการลดจุดดำได้ ประมาณ 25% โดยที่ค่าใช้จ่ายสำหรับวิธีนี้จะเพิ่มตามส่วนของค่าเม็ดพลาสติกชนิดพิเศษที่ใช้ในกระบวนการล้างกระบอกก่อนการฉีดพลาสติกเท่านั้น ซึ่งน้อยกว่าวิธีแรกมาก ส่งผลให้วิธีนี้เหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีราคาต่อหน่วยอยู่ในระดับปานกลางและเวลาที่ใช้ในการผลิตไม่นานมาก โดยการเลือกใช้วิธีในการลดจุดดำเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพเชิงต้นทุนมากที่สุดดังแสดงในรูปที่ 6.9

- ตัวอย่างการเลือกประเภทงานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพเชิงต้นทุน

จากรูปที่ 6.9 ตัวอย่างที่ 1 จุดดำที่ประเมินได้คือ 2.75 % จากการทดลองหากใช้วิธีขัดสกรูจะลดจุดดำได้ประมาณ 50% และวิธี Purging ลดได้ประมาณ 25% ดังนั้นหากชิ้นงานตามตัวอย่าง ที่ 1 หากเลือกวิธีขัดสกรู จะมีค่าใช้จ่ายเกิดจากการขัด 3,000 บาท + ของเสีย (1,350*0.55 = 743) โดยหากเลือกวิธี Purging จะเสียค่าใช้จ่ายเฉพาะของเสียที่เกิดขึ้น

โดยค่าใช้จ่ายในการถอดขัดสกรู= (300*6) + (50*6) + (75*2) + 500 + 100 + 150 =3,000 บาท (ค่าเครื่องจักรนาทีละ 5 บาท เงินเดือนพนักงานชั่วโมงละ 50 บาท ค่าขนส่งที่ต้องเพิ่มขึ้นเฉลี่ยครั้งละ 500 บาท ค่าอุปกรณ์และสาธารณูปโภคอื่นๆ เฉลี่ยครั้งละ 100 บาท และค่าการเริ่มการฉีดงานใหม่ 30 นาทีคิดเป็นเงิน 150 บาท)

ตัวอย่างที่	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	ราคาต่อหน่วย (บาท)	% NG ที่พบ		ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น	
			วิธีขัดสกรู	วิธี Purging	วิธีขัดสกรู (บาท)	วิธี Purging (บาท)
1	100,000	0.55	1.35%	2.36%	3,743	1,298
2	40,000	12.5	1.35%	2.36%	9,750	11,800
3	120,000	5.5	1.35%	2.36%	11,910	15,576
4	15,000	2.5	1.35%	2.36%	3,506	885

หมายเหตุ : 1.ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นด้วยวิธีขัดสกรูจะต้องบวกค่าใช้จ่ายในการขัดด้วย โดยในกรณีของโรงงานกรณีศึกษาอยู่ที่ 3,000 บาทต่อครั้ง
2. % NG นั้นอาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับงานแต่ละประเภท

รูปที่ 6.9 ตัวอย่างค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นแต่ละวิธีและการเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับงานต่างชนิด

และสุดท้ายระบบการทำความสะอาดซึ่งจากเดิมมีการใช้เครื่องบดเม็ดพลาสติกและเครื่องอบเม็ดพลาสติกกับพลาสติกที่ต่างชนิดและต่างสีกัน ซึ่งในบางครั้งการทำความสะอาดที่ไม่ดีพอหรือไม่ถูกต้องซึ่งอาจส่งผลให้เม็ดพลาสติกต่างชนิดกันสามารถปนเปื้อนเข้าไปได้ดังรูปที่ 6.10 โดยในงานวิจัยนี้ โรงงานกรณีศึกษาทำการลงทุนติดตั้งเครื่องบดและเครื่องอบเม็ดพลาสติกที่เป็นระบบปิด (แยกตามชนิดของเม็ดพลาสติก เพื่อลดขั้นตอนการทำความสะอาดออกไป)และการใช้ระบบอัตโนมัติ (ทำการบดก้านพลาสติกหลังจากออกมาจากเครื่องฉีดพลาสติกและนำส่งไปยังเครื่องผสมเพื่อทำการผสมก่อนนำไปฉีดอีกครั้งซึ่งสามารถลดขั้นตอนและการปนเปื้อนเม็ดพลาสติกต่างชนิดกันที่เป็นต้นเหตุของจุดดำได้)เพื่อลดการใช้ถังผสมเม็ดพลาสติกใหม่กับเม็ดพลาสติกบดต่างชนิดกันซึ่งเป็นต้นเหตุของการปนเปื้อนส่งผลไปยังการเกิดจุดดำ ซึ่งค่าใช้จ่ายอยู่ที่ประมาณ 150,000 บาทโดยวิธีนี้เป็นการลงทุนระยาวการเปลี่ยนมาใช้ระบบปิดและระบบอัตโนมัตินี้สามารถลดได้ทั้งจุดดำที่อาจเกิดจากการทำความสะอาดที่ไม่ดีพอหรือการปนเปื้อนจากการใช้เครื่องบดเครื่องเดียวกัน และยังสามารถลดแรงงานที่ใช้ในการบด ผสมเม็ดพลาสติกและในการทำความสะอาดอีกด้วยซึ่งโรงงานกรณีศึกษาได้ประเมินจุดคุ้มทุนที่ 2 ปี โดยขั้นตอนและกระบวนการทำงานของระบบเดิมนั้นต้องทำการแยก Runner มาบดข้างนอก (ใช้พนักงาน) ดังรูป 6.11 และนำไปผสมในถังผสม (ใช้พนักงาน) ดังรูป 6.12 หลังจากนั้นนำไปเติมที่เครื่องอบ (ใช้พนักงาน) ดังรูป 6.13 โดยระบบการฉีดพลาสติกและการจัดการกับก้านพลาสติกแบบเดิมดังรูปที่ 6.14 และเปรียบเทียบกับระบบอัตโนมัติดังรูปที่ 6.15 และ 6.16

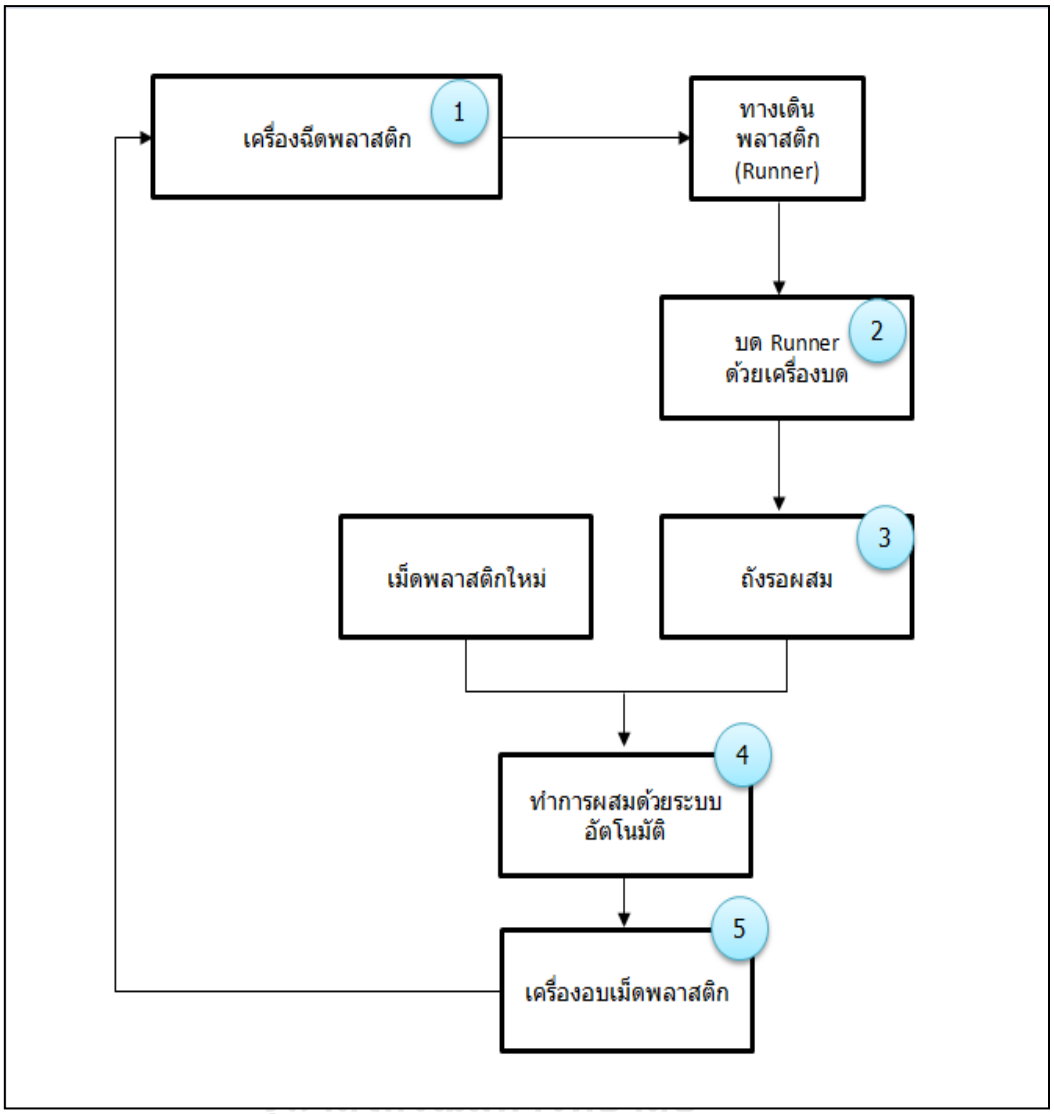
รูปที่ 6.10 ตัวอย่างเศษพลาสติกที่อาจมีการปนเปื้อนในกระบวนการถัดไป

รูปที่ 6.11 กระบวนการบดพลาสติกโดยใช้พนักงาน

รูปที่ 6.12 กระบวนผสมเม็ดพลาสติกโดยใช้พนักงาน

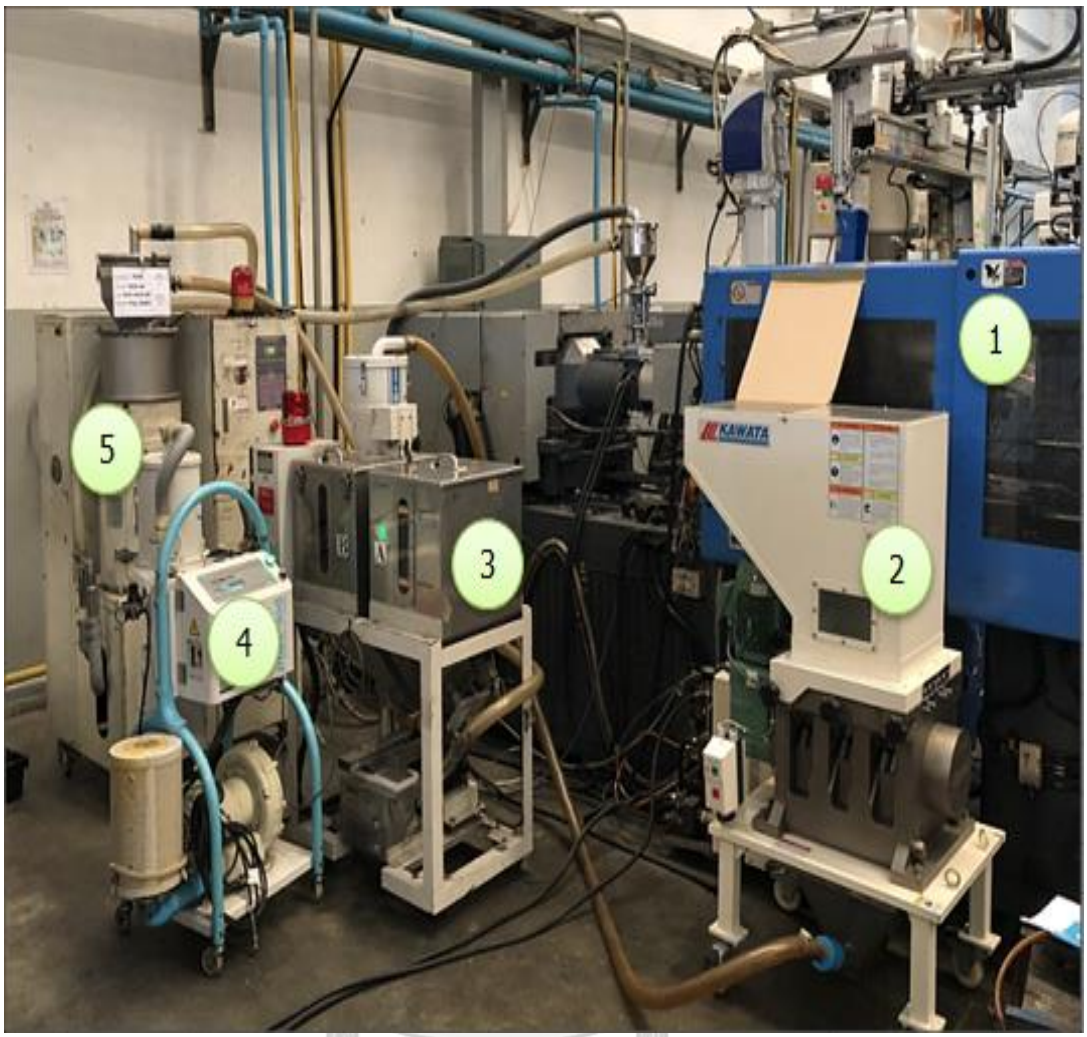
รูปที่ 6.13 กระบวนผสมอบเม็ดพลาสติกโดยใช้พนักงาน

รูปที่ 6.14 ระบบการฉีดพลาสติกและการจัดการกับก้านพลาสติกแบบเดิม



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

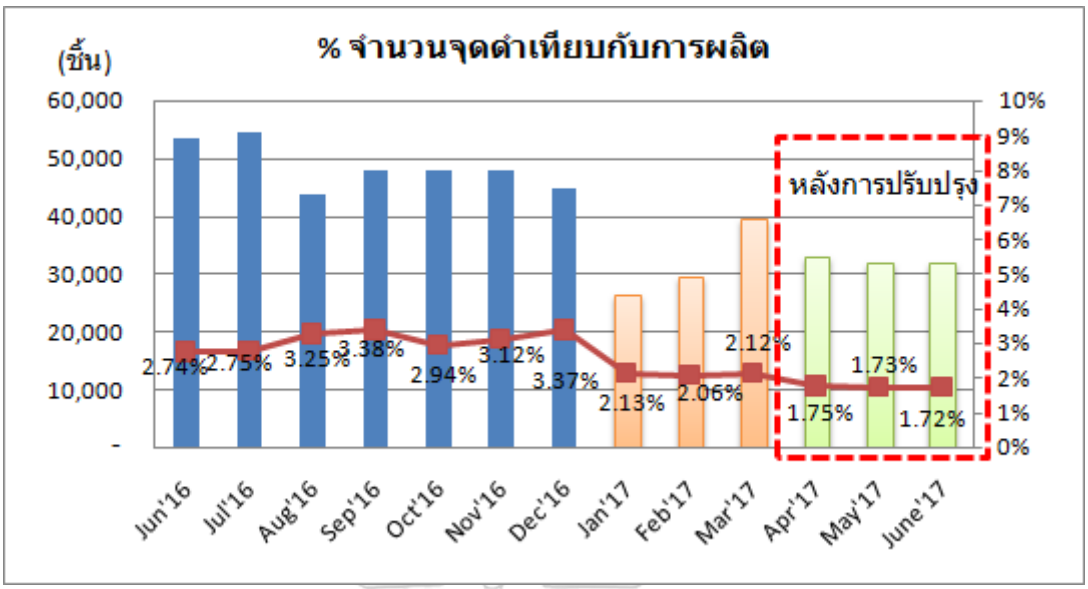
รูปที่ 6.15 กระบวนการทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ



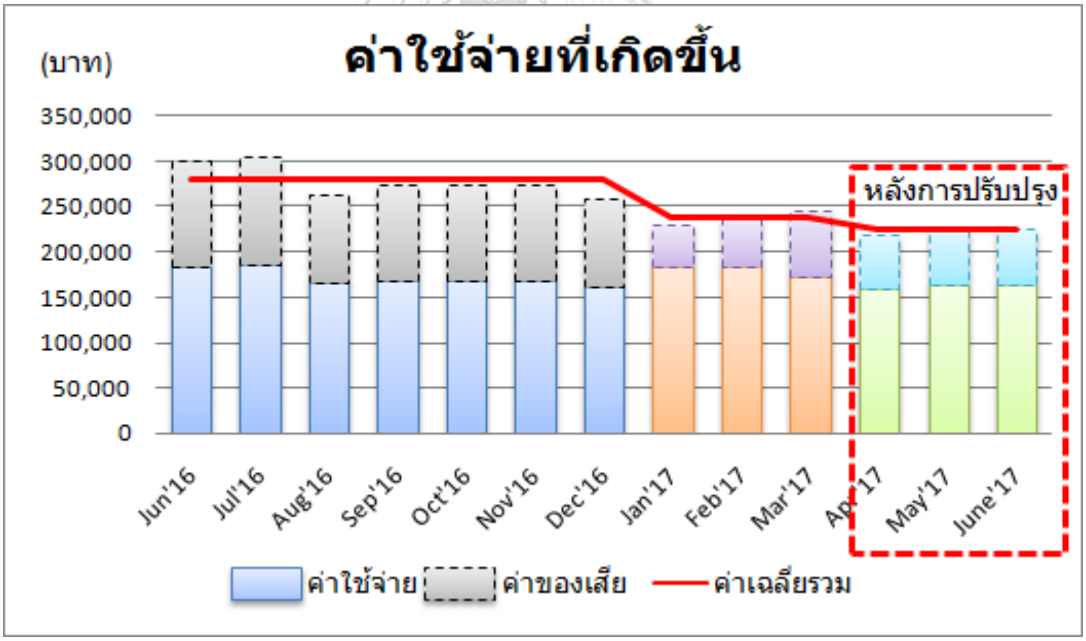
รูปที่ 6.16 กระบวนการทำงานด้วยระบบอัตโนมัติโรงงานกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลังจากการปรับปรุงกระบวนการทั้งหมดจำนวนจุดดำเฉลี่ยลดลงอยู่ที่ 1.73% ซึ่งจะเห็นได้ว่า % จุดดำจากการทดลองนั้นลดได้ทั้งหมดอยู่ที่ 1.25% ดังรูปที่ 6.17 แต่เนื่องจากทางโรงงานกรณีศึกษาเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจึงจะมองในมุมมองของค่าใช้จ่ายควบคู่กันไปด้วยโดยค่าใช้จ่ายที่ลดลงหลังจากการเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมดังรูป 6.18



รูปที่ 6.17 จำนวนจุดดำที่ลดลงหลังการปรับปรุง



รูปที่ 6.18 ค่าใช้จ่ายที่ลดลงหลังจากการเลือกใช้วิธีที่เหมาะสม

เนื่องจากระบบอัตโนมัตินั้นต้องมีการลงทุน เพื่อความเหมาะสมของจำนวนชุดอุปกรณ์ที่ต้องใช้ทั้งหมด 7 ชุดเพื่อให้สามารถใช้ระบบอัตโนมัตินี้ลดของเสียประเภทจุดดำและลดกระบวนการการใช้พนักงานในการเก็บ Runner นำ Runner ไปบด นำพลาสติกที่บดได้ไปผสมนำเม็ดที่ผสมได้ไปเติมในตู้อบ และลดขั้นตอนในการทำความสะอาดเพื่อที่จะสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าแรงพนักงานได้อีกด้วย ซึ่งค่าใช้จ่ายสำหรับชุดอุปกรณ์ระบบอัตโนมัติที่ต้องเพิ่มเข้ามาดังตารางที่ 6.5 และประมาณการจุดคุ้มทุนของการลดจุดดำและการลดพนักงานที่ใช้ในกระบวนการดังตาราง ที่ 6.6

ตารางที่ 6.5 ค่าใช้จ่ายสำหรับชุดอุปกรณ์อัตโนมัติ

อุปกรณ์	ราคาโดยประมาณ(บาท)
เครื่องบด	50,000
เครื่องอบ	50,000
ชุดควบคุม	50,000
รวมต่อชุด	150,000
เพื่อให้เหมาะสมกับโรงงานกรณีศึกษาในการลดจุดดำและลดพนักงาน ควรจะมี 7 ชุด	1,050,000

หลังจากที่นำวิธีการลดจุดดำและประเมินค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นคาดว่าสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้ถึง 144,000 บาทต่อปี และในอนาคตเมื่อนำระบบปิดและระบบอัตโนมัติมาช่วยในกระบวนการจะสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้ถึง 360,000 บาทต่อปีโรงงานกรณีศึกษายังได้กำหนดแนวทางในการควบคุมการปฏิบัติงานในกระบวนการลดจุดดำ โดยจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานและจัดฝึกอบรมพนักงานให้ตระหนักและเข้าใจถึงความสำคัญของกระบวนการ และวิธีในการแก้ไขปัญหาจุดดำ

ตารางที่ 6.6 ประมาณการจุดคุ้มทุนของการใช้ระบบอัตโนมัติและขยายผลเพื่อลดพนักงาน

ผลที่คาดว่าจะได้รับ	มูลค่าเพิ่ม(บาท/เดือน)
มูลค่าเพิ่มจากการเลือกวิธีที่เมาะสม	12,000
ค่าพนักงานที่ลดลง 2 คนหลังจากใช้ระบบอัตโนมัติ	30,000
รวมลดค่าใช้จ่ายต่อเดือน	42,000
ต้นทุนอุปกรณ์ที่ใช้	1,050,000
ประมาณการจุดคุ้มทุน	25 (เดือน)

บทที่ 7
ระยะควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

จากขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการที่ผ่านมาทำให้ทราบถึงวิธีปัจจัยนำเข้าและระดับนำเข้าที่มีผลต่อการเกิดจุดดำอย่างมีนัยสำคัญซึ่งงานวิจัยนี้จะเน้นไปที่ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นควบคู่กันไปด้วยรวมถึงวิธีการใหม่ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพเชิงต้นทุนมากที่สุด ซึ่งการควบคุมตัวแปรต่างๆ หรือการเลือกใช้วิธีให้เหมาะสมกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น นั้นจำเป็นต้องมีแนวทางในการควบคุมการปฏิบัติงานเพื่อป้องกันจุดดำที่อาจเกิดขึ้นหรือการเลือกใช้วิธีที่ผิดประเภทซึ่งอาจส่งผลให้สูญเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น

7.1 วิธีการดำเนินการควบคุม

ในระยะนี้จะใช้คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อป้องกันความผิดพลาดจากวิธีการปฏิบัติงานโดยคู่มือการปฏิบัติงานเป็นดังนี้

7.1.1 การทำความสะอาดสกรู

ในขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูนี้เนื่องจากมีการใช้วิธีการใหม่เข้ามาช่วยในการขัดสกรูจึงต้องทำขั้นตอนและวิธีการให้ถูกต้อง โดยจะใช้คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อควบคุมวิธีปฏิบัติงานดังรูปที่ 7.1-7.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บริษัท	รหัสเอกสาร : XXX-XX-XX-01	ชื่อเอกสาร : ขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด	
	แก้ไขครั้งที่ : 00	วันที่บังคับใช้ :	หน้าที่ 1 จาก 5

WORK INSTRUCTION

บริษัท

วิธีการปฏิบัติงาน

เรื่อง ขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด

รหัส: .....

ผู้จัดทำ

(.....)

หัวหน้าส่วนงาน

(วันที่)

ผู้ทบทวน

(.....)

ตัวแทนฝ่ายบริหาร (QMR)

(วันที่)

ผู้อนุมัติ

(.....)

ประธานกรรมการ

(วันที่)

รูปที่ 7.1 คู่มือขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด

บริษัท	รหัสเอกสาร : XXX-XX-XX-01	ชื่อเอกสาร : ขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด	
	แก้ไขครั้งที่ : 00	วันที่บังคับใช้ :	หน้าที่ 2 จาก 5

ประวัติการแก้ไข		
ครั้งที่แก้ไข	เริ่มใช้	รายละเอียดการแก้ไข
R00		จัดทำครั้งแรก

รูปที่ 7.2 คู่มือขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด (ต่อ)

บริษัท	รหัสเอกสาร : XXX-XX-XX-01	ชื่อเอกสาร : ขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด	
	แก้ไขครั้งที่ : 00	วันที่บังคับใช้ :	หน้าที่ 3 จาก 5

ขอบเขต

-คู่มือการทำงานนี้ใช้เป็นคู่มือที่จัดทำขันเพื่อกำหนดขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด

จุดประสงค์

- เพื่อให้การลดของเสียที่ประเภทจุดดำ
- ใช้เป็นคู่มือหรือมาตรฐานในการสอนพนักงานที่เข้ามาทำงานใหม่

คำจำกัดความ

Screw หมายถึง สกรูที่ใช้ในการฉีดพลาสติก

Wax หมายถึง ก้อนสารเคมีที่ช่วยในการขัด

อุปกรณ์

- ฐานยึดวางสกรู
- แก๊สให้ความร้อน
- แปรงทองเหลือง
- Wax สำหรับขัด
- ตาข่ายทองแดง

ผู้รับผิดชอบ

- Technician

หมายเหตุ

- พนักงาน Technician ทุกคนต้องผ่านการ Training ก่อนจึงจะอนุญาตให้ปฏิบัติงานตามมาตรฐานนี้

รูปที่ 7.3 คู่มือขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด (ต่อ)

บริษัท	รหัสเอกสาร : XXX-XX-XX-01	ชื่อเอกสาร : ขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด	
	แก้ไขครั้งที่ : 00	วันที่บังคับใช้ :	หน้าที่ 4 จาก 5

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ขั้นตอนที่ 1

1.1 ทำการถอดสกรูออกมาจากเครื่องฉีด

เพื่อความปลอดภัยควรถอดด้วยความระมัดระวังและสวมถุงมือกันความร้อน

ขั้นตอนที่ 2

2.1 นำสกรูวางบนแท่นจับยึด

2.2 ทำการเผาเศษพลาสติกที่ติดค้างอยู่ที่สกรูด้วยความร้อน

2.3 ขัดทำความสะอาดเบื้องต้นด้วยแปรงทองเหลือง

รูปที่ 7.4 คู่มือขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด (ต่อ)

บริษัท	รหัสเอกสาร : XXX-XX-XX-01	ชื่อเอกสาร : ขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด	
	แก้ไขครั้งที่ : 00	วันที่บังคับใช้ :	หน้าที่ 1 จาก 5

ขั้นตอนที่ 3

3.1 ทา Wax บริเวณผิวของสกรูบางๆ

3.2 ขัดสกรูด้วยตาข่ายทองแดง

ขั้นตอนที่ 4

4.1 เช็ดทำความสะอาดหลังจากขัดด้วยตาข่ายทองแดงเสร็จแล้ว

ขั้นตอนที่ 5

5.1 ประกอบสกรูกลับคืนสู่เครื่องฉีด

รูปที่ 7.5 คู่มือขั้นตอนการถอดสกรูขัดทำความสะอาด (ต่อ)

7.1.2 การล้างกระบอกฉีดด้วยวิธี Purging

ในขั้นตอนการล้างกระบอกฉีดด้วยวิธี Purging นี้จะมีการใช้เม็ดสำหรับล้างสกรูโดนเฉพาะเข้ามาช่วยในล้างกระบอกฉีดจึงต้องทำขั้นตอนและวิธีการให้ถูกต้อง โดยจะใช้คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อควบคุมวิธีปฏิบัติงานดังรูปที่ 7.6-7.11

บริษัท	รหัสเอกสาร : XXX-XX-XX-01	ชื่อเอกสาร : ขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging	
	แก้ไขครั้งที่ : 00	วันที่บังคับใช้ :	หน้าที่ 1 จาก 6

WORK INSTRUCTION

บริษัท

วิธีการปฏิบัติงาน

เรื่อง ขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging

รหัส: .....

ผู้จัดทำ

(.....)

หัวหน้าส่วนงาน

(วันที่)

ผู้ทบทวน

(.....)

ตัวแทนฝ่ายบริหาร (QMR)

(วันที่)

ผู้อนุมัติ

(.....)

ประธานกรรมการ

(วันที่)

รูปที่ 7.6 คู่มือขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging

บริษัท	รหัสเอกสาร : XXX-XX-XX-01	ชื่อเอกสาร : ขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging	
	แก้ไขครั้งที่ : 00	วันที่บังคับใช้ :	หน้าที่ 2 จาก 6

ประวัติการแก้ไข		
ครั้งที่แก้ไข	เริ่มใช้	รายละเอียดการแก้ไข
R00		จัดทำครั้งแรก

รูปที่ 7.7 คู่มือขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging (ต่อ)

บริษัท	รหัสเอกสาร : XXX-XX-XX-01	ชื่อเอกสาร : ขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging	
	แก้ไขครั้งที่ : 00	วันที่บังคับใช้ :	หน้าที่ 3 จาก 6

ขอบเขต

-คู่มือการทำงานนี้ใช้เป็นคู่มือที่จัดทำขันเพื่อกำหนดขั้นตอนการ Purging (การล้างสกรู)

จุดประสงค์

- เพื่อให้การลดของเสียทีประเภทจุดดำ
- ใช้เป็นคู่มือหรือมาตรฐานในการสอนพนักงานที่เข้ามาทำงานใหม่

คำจำกัดความ

Material หมายถึง เม็ดพลาดสติก

Screw หมายถึง สกรูที่ใช้ในการฉีดพลาสติก

อุปกรณ์

-เม็ดพลาสติกชนิดพเศษสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะ

ผู้รับผิดชอบ

- Technician

หมายเหตุ

- พนักงาน Technician ทุกคนต้องผ่านการ Training ก่อนจึงจะอนุญาตให้ปฏิบัติงานตามมาตรฐานนี้

รูปที่ 7.8 คู่มือขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging (ต่อ)

บริษัท	รหัสเอกสาร : XXX-XX-XX-01	ชื่อเอกสาร : ขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging	
	แก้ไขครั้งที่ : 00	วันที่บังคับใช้ :	หน้าที่ 4 จาก 6

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ขั้นตอนที่ 1

1.1จัดเตรียมเม็ดพลาสติกชนิดพเศษสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะดังรูปที่ 1 โดยปริมาณการใช้โดยประมาณดังนี้

ขนาดเครื่อง (Ton)	จำนวน (kg.)
50-90	0.2-0.5
100-150	1.0-1.5
160-220	1.5-2.0

รูปที่ 1

ขั้นตอนที่ 2

2.1 เท Materiall ที่จะล้าง ลงช่องเติม Material (ตามรูปที่ 2)

รูปที่2

รูปที่ 7.9 คู่มือขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging (ต่อ)

บริษัท	รหัสเอกสาร : XXX-XX-XX-01	ชื่อเอกสาร : ขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging	
	แก้ไขครั้งที่ : 00	วันที่บังคับใช้ :	หน้าที่ 4 จาก 6

ขั้นตอนที่ 3

3.1 เปิดเครื่อง เพื่อล้าง โดยใช้ระบบ Manul

3.2 ให้ตรวจเช็ค Heater ให้ตรงตาม Standard Parameter

ของ Material ที่อยู่ใน Barrel

3.3 ทำการ Purge Material (หรือกด Auto Purge)

ขั้นตอนที่ 4

4. 1 เครื่องจะล้าง Mat'l เดิมออกโดยสีจะจางลงหรือ

เข้มขึ้นตามMat'l ที่เราเติมลง hopper ในครั้งแรก

4. 2 Purge พลาสติกออกจากกระบอกให้หมด

โดยใช้ PP เติมลงไปหาก เป็นสีขาว จึงจะถือว่า ล้างเครื่องสะอาดแล้ว

รูปที่ 7.10 คู่มือขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging (ต่อ)

บริษัท	รหัสเอกสาร : XXX-XX-XX-01	ชื่อเอกสาร : ขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging	
	แก้ไขครั้งที่ : 00	วันที่บังคับใช้ :	หน้าที่ 6 จาก 6

REMARK

การปรับตั้งค่า Back pressure ให้ต่ำ ทำให้ได้ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดหรือในการไล่พลาสติกเดิมได้ดี ในทางกลับกัน การปรับตั้งค่า Back pressure ให้สูง เป็นการผลักดันให้ Material ไหลออกจากหัวฉีดเร็วเกินไป ซึ่งทำให้ไม่ได้ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดตามที่ต้องการ

Injection condition

Metering position	**50-100 mm.**
Back pressure	**2 - 10%**
Injection pressure	**70 - 99%**
Injection speed	**70 - 99%**
Screw rotation	**50 - 70%**

รูปที่ 7.11 คู่มือขั้นตอนการทำความสะอาดสกรูแบบ Purging (ต่อ)

7.1.3 ระบบปิดที่ใช้ในกระบวนการอบและบดพลาสติก

ในขั้นตอนนี้เป็นการใช้ระบบปิดที่เป็นระบบอัตโนมัติเพื่อลดกระบวนการทำความสะอาด ดังนั้นควรตรวจสอบชนิดของเม็ดพลาสติกให้ถูกต้อง โดยทำการตั้งค่าระบบควบคุมให้เหมาะสมกับชนิดของชิ้นงานแต่ละประเภทและจัดการบำรุงรักษาแบบป้องกันของอุปกรณ์ที่ทั้งหมด เพื่อป้องกันเครื่องจักรชำรุดจากการใช้งาน

7.2 สรุปผล

จากผลการควบคุมกระบวนการที่ผ่านมา หลังจากการควบคุมกระบวนการเพื่อให้วิธีการที่จะเลือกใช้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจึงต้องทำการควบคุมกระบวนการและจัดทำคู่มือควบคุมเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถ)ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและยังสามารถนำคู่มือนี้ไปขยายผลในการสอนพนักงานใหม่ได้อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 8
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานกรณีศึกษาซึ่งเป็นผู้ประกอบธุรกิจทางด้านการฉีดพลาสติกขึ้นรูปจากแม่พิมพ์สำเร็จรูป เพื่อปรับปรุงและวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการลดจุดดำควบคู่กันไปด้วยโดยดำเนินการตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

8.1 ระยะนิยามปัญหา (Define Phase)

ในระยะนิยามปัญหา พบว่าในกระบวนการลดจุดดำนั้นจะมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก และส่งผลกระทบกับกระบวนการอื่นๆ เช่นกำลังการผลิตไม่เพียงพอเนื่องจากเกิดการรอคอยจากกระบวนการขัดสกรู ดังนั้นจุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้จึงจะศึกษาและทำการวิจัยวิธีที่ใช้ในการลดจุดดำเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีในการแก้ไขจุดดำให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่ต่างชนิดกันออกไป

8.2 ระยะตรวจวัดปัญหา (Measure Phase)

ในบทนี้กล่าวถึงการตรวจวัดปัญหา โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gage R&R) เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของกระบวนการวัดแบบข้อมูลนับ (Attribute) การสร้างแผนที่กระบวนการผลิต (Process Map) เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนของแต่ละปัจจัยการหาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) การสร้างตารางแสดงความสัมพันธ์ของเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เพื่อค้นหาสาเหตุและปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา โดยจะดำเนินการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อทำการแก้ไขปัญหาในขั้นตอนต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8.3 ระยะวิเคราะห์สาเหตุปัญหา (Analysis Phase)

จากผลการทดสอบปัจจัยนำเข้าทั้ง 4 ปัจจัยด้วยวิธีการทางสถิติพบว่าปัจจัยนำเข้าทั้งหมดได้แก่สกรูสกปรกไม่ได้ขัดทำความสะอาด วิธีในการล้างกระบอกฉีดก่อนการฉีดงานใหม่ (Purging) ความสะอาดของเครื่องบดพลาสติกและความสะอาดของเครื่องอบเม็ดพลาสติกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยจะนำปัจจัยเหล่านี้ไปเป็นปัจจัยที่ใช้ควบคุมการทดลองเพื่อยืนยันผลในขั้นตอนต่อไป

8.4 ระยะปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)

ในกระบวนการนี้สามารถสรุปและอธิบายการเลือกประเภทการลดจุดดำที่มีเงื่อนไขต่างกันออกไปได้แก่จำนวนการผลิตต่อครั้ง ราคาต่อหน่วย เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดแต่ละประเภท เพื่อทำ

การยืนยันว่าจะใช้วิธีการถอดสกรูขัดทำความสะอาดหรือล้างสกรูฉีดด้วยเม็ดพลาสติกชนิดพิเศษสำหรับล้างสกรูโดยเฉพาะเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพเชิงต้นทุนมากที่สุด และการใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อลดกระบวรการทำความสะอาดซึ่งเป็นต้นเหตุของการนเปื้อนส่งผลให้เกิดจุดดำ อีกทั้งยังสามารถช่วยลดจำนวนการใช้พนักงานได้อีกด้วย จากระยะนี้สามารถลดอัตราการเกิดจุดดำลงเหลือ 1.25% (จากเดิม 3.02%) แต่ทางโรงงานกรณีศึกษานำค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นมาประเมินควบคู่กันไปด้วยซึ่งหลังการปรับปรุงกระบวนการและการเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมสามารถเพิ่มมูลค่าได้ประมาณ 12,000 บาทต่อเดือน หลังจากการนำระบบปิดและระบบอัตโนมัติมาใช้สามารถลดจุดดำและลดจำนวนพนักงานลงได้ โดยประเมินจุดคุ้มทุนไว้ที่ 2 ปี และคาดว่าสามารถเพิ่มมูลค่าในส่วนนี้ได้ถึง 360,000 บาทต่อปี

8.5 ระยะควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

จากผลการควบคุมกระบวนการที่ผ่านมา หลังจากการควบคุมกระบวนการเพื่อให้วิธีการที่จะเลือกใช้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจึงต้องทำการควบคุมกระบวนการและจัดทำคู่มือควบคุมเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถ)ปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและยังสามารถนำคู่มือนี้ไปขยายผลในการสอนพนักงานใหม่ได้อีกด้วย

8.6 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานกรณีศึกษาซึ่งเป็นผู้ประกอบธุรกิจทางด้านการฉีดพลาสติก

8.7 ข้อเสนอแนะ

8.7.1 การจัดเก็บอุปกรณ์ระบบอัตโนมัติ (เครื่องบดพลาสติก เครื่องอบ และชุดควบคุม)

เนื่องจากการใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อลดกระบวนการทำความสะอาดดังนั้นในการจัดเก็บชุดอุปกรณ์เหล่านี้ควรจัดเก็บในพื้นที่ปิดหรือใช้ฟิล์มพลาสติกปิดบริเวณฝุ่นนั้นมีโอกาสเข้าไปปนเปื้อนได้ดังรูป 8.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 8.1 การจัดเก็บอุปกรณ์ด้วยฟิล์มพลาสติกเพื่อป้องกันฝุ่น

8.7.2 การควบคุมฝุ่นจากพื้นที่การทำงาน

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานเปิดดังนั้นมีโอกาสฝุ่นจากภายนอกจะเข้าไปปนเปื้อนในกระบวนการได้ดังนั้นหากชิ้นงานที่มีราคาต่อหน่วยค่อนข้างสูงและอัตราการเกิดของเสียค่อนข้างสูงควรจัดทำระบบปิดสำหรับเครื่องจักรเพื่อควบคุมไม่ให้ฝุ่นจากภายนอกเข้าไปได้ ดังรูปที่ 8.2

รูปที่ 8.2 การควบคุมฝุ่นจากภายนอก

8.7.3 การวางแผนการผลิต

เนื่องจากโรงงงานกรณีศึกษานั้นมีการใช้เม็ดพลาสติกหลากหลายประเภท และหลากหลายสีซึ่งคุณสมบัติด้านการหลอมเหลวนั้นแตกต่างกันดั้งนั้นหากมีการวางแผนโดยการประสานงานกับลูกค้า

เพื่อให้สามารถวางแผนการผลิตชิ้นงานที่ใช้เม็ดพลาสติกแบบเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน ตามลำดับจะสามารถลดปัญหาจุดดำที่เกิดจากการเปลี่ยนรุ่น หรือเกิดจากการปรับตั้งค่าอุณหภูมิหลอมเหลวที่ต่างกันออกไป

8.7.4 สกรูสำรองระหว่างการถอดล้างสกรู

สำหรับการถอดล้างสกรูนั้นจะส่งผลให้เครื่องจักรนั้นไม่สามารถทำงานได้ต้องสูญเสียเวลาในการจอดรอกระบวนการล้างสกรู แต่หากในระหว่างกระบวนการล้างสกรูนี้มีสกรูสำรองก็จะสามารถฉีดงานต่อเนื่องได้และลดเวลาในส่วนนี้ลงได้ ซึ่งสกรูของเครื่องแต่ละขนาดนั้นมีราคาค่อนข้างสูงดังนั้นจึงจำเป็นต้องดูความเหมาะสมในการซื้อสกรูเพื่อนำมาสำรองไว้ใช้ในกรณีที่มีการถอดล้างสกรู

8.7.5 นำระบบอัตโนมัติไปใช้กับงานที่ไม่มีปัญหาจุดดำเพื่อลดพนักงาน

สำหรับระบบอัตโนมัตินั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับชิ้นงานที่ไม่เกิดปัญหาจุดดำหรือชิ้นงานที่เป็นสีดำได้ เพื่อลดขั้นตอนที่ใช้พนักงานมาเป็นระบบอัตโนมัติ

8.7.6 บันทึกการเกิดจุดดำเพื่อนำไปวิเคราะห์และประเมินเวลาที่เหมาะสมในการถอดล้างสกรู

หากสามารถทำการบันทึกจุดดำที่เกิดขึ้นแต่ละชิ้นนั้นว่าเกิดในช่วงเวลาใดและนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปประเมินเวลาที่เหมาะสมในการถอดล้างสกรูหรือคาดการณ์การเกิดจุดดำขึ้นได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Jirasukprasert, P., et al. (2012). A case study of defects reduction in a rubber gloves manufacturing process by applying Six Sigma principles and Dmaic problem solving methodology. Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.

Kubo, H. (2002). "Injection Molding Dictionary." Retrieved 10 October, 2010, from http://www.misumi-techcentral.com/tt/en/mold/2010/02/030-appropriate-pre-drying-of-plastic-molding-materials-revised-version.html.

Montgomery, D. C. (2008). Design and analysis of experiments, John wiley & sons.

Rattanabunditsakun, I. (2014). BLACK DOT DEFECT REDUCTION IN PLASTIC INJECTION MOULDING PROCESS. Master's Thesis Engineering Management Regional Centre for Manufacturing System Engineering Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2550). หลักการควบคุมคุณภาพ. กรุงเทพ, สานักพิมพ์ ส.ส.ท. (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น).

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2553). การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) ประมวลผลด้วย Minitab 15. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น).

จุฑาทิพย์ ทะประสพ (2551). การลดของเสียในโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรพร เสนพรหม (2550). การลดแม่แบบแก้วเสียในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปารเมศ ชุติมา (2545). การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มานะพงศ์ โชติวิรัตน์ (2550). การลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในการผลิตชิ้นงานพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รุจิรา อุไรพงษ์ (2552). การปรับปรุงค่าความชื้นของเม็ดพลาสติกคอมพาวด์ในกระบวนการผสมเม็ดพลาสติกกับสารเติมแต่งและการบรรจุภัณฑ์โดยใช้แนวทางซิกซ์ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วราภรณ์ ขำสนิท (2551). การปรับปรุงค่าพารามิเตอร์สำหรับกระบวนการฉีดพลาสติกกรณีที่มีข้อบกพร่องหลายชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม (2557). วิศวกรรมการฉีดพลาสติก. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น).

สุวรรณี สินธุ์ชัย (2547). การลดอัตราของเสียเนื่องจากผลิตภัณฑ์เป็นจุดดำของชิ้นส่วนพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายศุภโชค เส็งหนองแบน เกิดวันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ.2530 ที่จังหวัดชัยนาท สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปี 2552 หลังจบการศึกษาได้เข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกรการผลิตในบริษัทแห่งหนึ่ง ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งผู้จัดการโรงงานในบริษัทแห่งหนึ่ง ผู้เขียนได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2557

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University