การลดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติกโดยแนวทางซิกซ์ ซิกมา

นายวิทยา เจนจิวัฒนกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
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 Graduate School.

DEFECT REDUCTION IN PLASTIC PRINTING PROCESS BY SIX SIGMA APPROACH

Mr. Wittaya Jenjiwattanakul

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 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติกโดยแนวทางซิกซ์ ซิกมา
โดย	นายวิทยา เจนจิวัฒนกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ)

……... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

……กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

วิทยา เจนจิวัฒนกุล: การลดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติกโดยแนวทางซิกซ์ ซิกมา (DEFECT REDUCTION IN PLASTIC PRINTING PROCESS BY SIX SIGMA APPROACH) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.ปารเมศ ชุติมา, 103 หน้า.

งานวิจัยนี้จะเป็นการนำแนวทางซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในการลดของเสียจากกระบวนการพิมพ์ โดยยึดหลักในการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติเป็นสำคัญ ซึ่งแนวทางซิกซ์ ซิกมาจะมีระยะการทำงาน 5 ระยะ ได้แก่ ระยะการนิยามปัญหา (Define Phase) ระยะตรวจวัดปัญหา (Measurement Phase) ระยะการวิเคราะห์ปัญหา (Analysis Phase) ระยะการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการ (Improvement Phase) และระยะสุดท้ายคือ ระยะการควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

ในงานวิจัยนี้จะดำเนินการตามขั้นตอนตามระยะการทำงาน 5 ระยะ ดังนี้ 1) ระยะการนิยามปัญหา ทำการหาปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งจะพบว่ากระบวนการพิมพ์พลาสติกเป็นภาคส่วนที่มีปริมาณของเสียสูงที่สุด มีจำนวนของเสียถึง 41,759 กิโลกรัม จากยอดการผลิต 357,486 กิโลกรัมในปี 2552 หรือคิดเป็น 11.68% 2) ระยะตรวจวัด จะเริ่มด้วยการทำการตรวจสอบระบบการวัดซึ่งได้ผลการตรวจสอบผ่านเกณฑ์การยอมรับ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปัญหาด้วยแผนภูมิก้างปลาจนได้ปัจจัยมา 20 ปัจจัย ทำการคัดกรองปัจจัยต่าง ๆ ด้วย Cause & Effect Matrix หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FMEA ทำให้เหลือปัจจัยอยู่ 3 ปัจจัย 3) ระยะของการวิเคราะห์ปัญหา ทำการวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 3 ด้วยวิธีการทางสถิติ ทำให้สรุปได้ว่า ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการเกิดของเสียอย่างแท้จริง 4)ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ ใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย 5) ระยะการควบคุมกระบวนการ จะสร้างแนวทางในการควบคุมให้ปริมาณของเสียหลังการปรับปรุงอยู่ในระดับต่ำ

หลังจากการปรับปรุงได้ทำการทดสอบกระบวนการเพื่อเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง จะพบว่าภายหลังการปรับปรุงส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ของเสียลดลงเหลือ 1.53% เมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของเสียก่อนปรับปรุงซึ่งมีปริมาณ 11.68% เท่ากับว่าสามารถลดปริมาณของเสียได้ถึง 86.90%

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2554

#5170694521 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS : SIX SIGMA / DEFECT REDUCTION / PRINTING PROCESS

WITTAYA JENJIWATTANAKUL : DEFECT REDUCTION IN PLASTIC PRINTING PROCESS BY SIX SIGMA APPROACH . ADVISOR : ASSOC.PROF. PARAMES CHUTIMA ,Ph.D., 103 pp.

This research applied the Six Sigma method for defect reduction in the printing process. The method is significantly based on statistical quality control concept. The Six Sigma approach has five steps in working process, which are Define Phase, Measurement Phase, Analysis Phase, Improvement Phase and Control Phase, respectively.

This research followed the five steps according to five terms as follows : 1) Define Phase, defined the problems of the specified factory. Plastic printing process had the highest amount of defects of 41,759 Kg from the production of 357,486 Kg, or equivalent to 11.68%, in 2009. 2) Measurement Phase, started with the inspection of measurement system which had the result that met the acceptance criteria. Next, analyzed the problems by using fish bone diagram to get 20 factors. Then, screened the factors with Cause and Effect Matrix, and use FMEA technique to analyze until there were 3 factors left. 3) Analysis Phase, analyzed these 3 factors by using statistical method which verified that these factors contributed to defect occurrence. 4) Improvement Phase, used factorial experimental design to conduct experiment two times in order to get optimal value of each factor. 5) Control Phase, established guidelines to control and minimize the defect amount after an improvement.

After improving the printing process, the results before and after the improvement were compared. The percentage of defect amount decreased from 11.68% to 1.53%, which means that the improvement process could reduce 86.90% of defects.

Department : Industrial Engineering Student's Signature .....
Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year : 2011

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างดี เนื่องจากความอนุเคราะห์เป็นอย่างดีของรองศาสตร์จารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำและติดตาม ทั้งในการศึกษา การทำวิจัย การแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างสูงมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตร์จารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ ประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงรองศาสาตร์จารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และรองศาตร์จารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ตรวจสอบถึงความสมบูรณ์และข้อคิดเห็นเพิ่มเติมในการจัดทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้จัดการฝ่ายผลิตของโรงงานกรณีศึกษา ตลอดจนพนักงาน ที่ได้ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ผู้ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อนทุกคนที่คอยสนับสนุน และช่วยเหลือให้กำลังใจ จนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…… ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ....., ช

สารบัญตาราง…… ญ

สารบัญรูป...…….... ฏ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา……. …1

1.2 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน……..2

1.3 สภาพปัญหาที่พบในปัจจุบัน……...6

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย……9

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย……9

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ……..9

1.7 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย……..9

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)……...11

2.2 การประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกมา……...15

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพิมพ์พลาสติก…….29

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…… ..34

2.5 สรุปการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……36

บทที่ หน้า

3 ระยะนิยามปัญหา

3.1 บทนำ……37

3.2 ศึกษากระบวนการผลิต……37

3.3 การกำหนดปัญหา……40

3.4 กำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด……43

3.5 การจัดตั้งคณะทำงาน……44

3.6 สรุประยะนิยามปัญหา……44

4 ระยะตรวจวัดปัญหา

4.1 บทนำ……45

4.2 การตรวจวัดความแม่นยำและถูกต้องของระบบการวัด……45

4.3 การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า……49

4.4 สรุประยะตรวจวัดปัญหา……63

5 ระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

5.1 บทนำ…… 65

5.2 ปัจจัยที่จะนำมาวิเคราะห์…… 65

5.3 การทดสอบสมมติฐาน…… 66

5.4 สรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา…… 81

6 ระยะปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

6.1 บทนำ…… 82

6.2 ปัจจัยนำเข้า……82

6.3 ตัวแปรตอบสนอง……83

6.4 การออกแบบการทดลอง……83

6.5 ขั้นตอนการทดลอง……84

6.6 ผลการทดลอง……84

6.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง……87

6.8 การวิเคราะห์ผลการทดลอง……91

6.9 สรุประยะปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ……94

บทที่ หน้า

7 ระยะการควบคุมการผลิต

7.1 บทนำ……95

7.2 แนวทางการควบคุม……..95

7.3 ข้อมูลหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต…….. 97

7.4 บทสรุประยะการควบคุมการผลิต……99

8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 บทนำ……..100

8.2 บทสรุประยะนิยามปัญหา……...100

8.3 บทสรุประยะตรวจวัดปัญหา……...101

8.4 บทสรุประยะวิเคราะห์ปัญหา ……101

8.5 บทสรุประยะปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ……...102

8.6 บทสรุประยะควบคุมกระบวนการผลิต……...102

8.7 อุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย……....103

8.8 ข้อเสนอแนะ……....103

รายการอ้างอิง……104

ภาคผนวก……107

ภาคผนวก ก ค่าเปอร์เซ็นต์ของเสียของการผลิตถุงพลาสติก……108

ภาคผนวก ข ค่าการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา……112

ภาคผนวก ค การควบคุมการผลิต……...124

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……129

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	ปริมาณของเสียแต่ละเดือน ในปี 2552 ……..	2
ตารางที่ 1.2	ปริมาณของเสียแยกตามประเภท……	7
ตารางที่ 2.1	จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละ Sigma Level……..	14
ตารางที่ 2.2	ขนาดตัวอย่างในการประเมินผลระบบการตรวจสอบข้อมูลนับ…….	21
ตารางที่ 3.1	ปริมาณของเสียแยกตามประเภท……	41
ตารางที่ 3.2	ประเภทของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก……	42
ตารางที่ 4.1	เกณฑ์ยอมรับของระบบการวัด……..	47
ตารางที่ 4.2	ผลลัพธ์ของระบบการวัด……	48
ตารางที่ 4.3	ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด……..	49
ตารางที่ 4.4	แสดง Cause and Effect Matrix……..	52
ตารางที่ 4.5	แสดงลำดับปัจจัย 10 ลำดับแรก……	54
ตารางที่ 4.6	ผลการวิเคราะห์ FMEA……..	59
ตารางที่ 4.7	แสดงปัจจัยโดยเรียงลำดับตามค่า RPN……..	62
ตารางที่ 4.8	แสดงปัจจัยที่ได้คัดเลือกมา 3 ปัจจัย……..	63
ตารางที่ 5.1	ตารางผลการทดลองเนื่องจากค่าความหนืดสี……	69
ตารางที่ 5.2	ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากค่าความหนืดสี……	69
ตารางที่ 5.3	ตารางผลการทดลองเนื่องจากค่ามุมของการปาดหมึก……..	72
ตารางที่ 5.4	ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากมุมของการปาดหมึก…….	73
ตารางที่ 5.5	ตารางผลการทดลองเนื่องจากรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค……	80
ตารางที่ 5.6	ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค ……	80
ตารางที่ 6.1	ตารางแสดงระดับของปัจจัยนำเข้า……	82
ตารางที่ 6.2	แสดงผลการทดลองเรียงตาม Design Matrix จากโปรแกรม MINITAB.	85
ตารางที่ 6.3	แสดงผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง……..	91
ตารางที่ 6.4	แสดงปัจจัยและระดับที่เหมาะสม……..	94
ตารางที่ 7.1	แสดงผลเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังปรับปรุง…….	98

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1	โครงสร้างองค์กร (Organization Chart).....	4
รูปที่ 1.2	กระบวนการผลิต.....	5
รูปที่ 1.3	เปอร์เซ็นต์ของเสียในปี 2552.....	7
รูปที่ 1.4	แสดงปริมาณของเสียแยกตามประเภท.....	8
รูปที่ 2.1	เส้นโค้งปกติ (Normal Curve).....	12
รูปที่ 2.2	การควบคุมกระบวนการภายในขอบเขต 3 ซิกมา.....	12
รูปที่ 2.3	การกระจายแบบปกติ และการเคลื่อนตัวออกจากค่าเฉลี่ย 1.5σ.....	13
รูปที่ 2.4	ตัวอย่างการประยุกต์ใช้แผนภาพ SIPOC สำหรับวิเคราะห์.....	17
รูปที่ 2.5	ตัวอย่างผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram).....	24
รูปที่ 2.6	การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่ไม่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย (A) และการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย (B)	27
รูปที่ 3.1	เครื่องเป่าฟิล์มพลาสติก.....	38
รูปที่ 3.2	เครื่องพิมพ์แบบ Gravure.....	38
รูปที่ 3.3	เครื่องตัดถุงพลาสติก.....	39
รูปที่ 3.4	กระบวนการผลิต.....	40
รูปที่ 3.5	ปริมาณของเสียแยกตามประเภท.....	41
รูปที่ 4.1	แผนภูมิก้างปลา.....	51
รูปที่ 4.2	แผนภูมิพาเรโตเรียงตามคะแนนความสัมพันธ์ (Cause & Effect Matrix)...	54
รูปที่ 4.3	มุมของการปาดหมึก.....	57
รูปที่ 4.4	แผนภาพพาเรโตเรียงลาดับปัจจัยตามค่า RPN.....	62
รูปที่ 5.1	อุปกรณ์ที่ใช้วัดความหนืดของสี.....	66
รูปที่ 5.2	แผนภาพการทดลองในกระบวนการพิมพ์พลาสติก เพื่อทดสอบปัจจัยค่าความหนืดของสี	68
รูปที่ 5.3	แผนภาพการทดลองในกระบวนการพิมพ์พลาสติก เพื่อทดสอบปัจจัยมุมของการปาดหมึก	71

รูปที่ 5.4	ใบมีดปาดหมึก…….……..	72
รูปที่ 5.5	แผนภาพขั้นตอนวิธีการล้างบล๊อคแบบที่เหมาะสม……...	75
รูปที่ 5.6	การยกใบมีดปาดหมึกขึ้น……	76
รูปที่ 5.7	การใช้ผ้าเช็ดบล๊อค……	77
รูปที่ 5.8	บล๊อคขณะป้ายบลัชโซ ลงบนบล๊อค……..	77
รูปที่ 5.9	แผนภาพการทดลองในกระบวนการพิมพ์พลาสติก …….. เพื่อทดสอบปัจจัยรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค	79
รูปที่ 6.1	ผลลัพธ์ของการทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ……..	88
รูปที่ 6.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลาดับของการเก็บข้อมูล……	89
รูปที่ 6.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต……	90
รูปที่ 6.4	ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง……	92
รูปที่ 6.5	ภาพผลอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง……...	93
รูปที่ 7.1	แผนภูมิควบคุมเปอร์เซ็นต์ของเสีย ระยะเวลา 30 วัน……	98

บทที่ 1
บทนำ

1.1.ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์พลาสติกได้เข้ามามีส่วนสำคัญในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก โดยผลิตภัณฑ์พลาสติกในประเทศไทยที่สำคัญได้แก่ ถุงพลาสติก แผ่นฟิลม์ ฟอยล์ เป็นต้น จากการสำรวจในปี พ.ศ. 2552 พบว่ามีอุตสาหกรรมพลาสติกทั่วประเทศอยู่ประมาณ 3,500 โรงงาน (สำนักข่าวอาร์วายทีนาย, 20 ม.ค. 2553)โดยอุตสาหกรรมพลาสติก จัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อประเทศไทยเป็นอย่างมาก มีความเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลาย เป็นส่วนประกอบสำคัญในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นต้น มีมูลค่าการส่งออกรวมเป็นประมาณ 2,142.9 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (สำนักข่าวอาร์วายทีนาย, 20 ม.ค. 2553) ดังนั้นการพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์พลาสติกจึงจัดได้ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งหากไม่มีการพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพ และเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน ก็จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ

โดยที่อุตสาหกรรมพลาสติกนั้น จะเป็นส่วนต่อเนื่องมาจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นปลายซึ่งเป็นการผลิตเม็ดพลาสติกนั่นเอง ซึ่งในอุตสาหกรรมพลาสติกจะมีกระบวนการขึ้นรูปที่หลากหลายเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น การฉีด (Injection) การรีดหรือดึง (Extrusion) การเป่า (Blow) เป็นต้น หลังจากกระบวนการขึ้นรูปแล้ว พลาสติกจะแข็งตัวเป็นรูป จากนั้นจะทำการตกแต่งผลิตภัณฑ์ เช่นการตัดแต่ง การพ่นสี การพิมพ์ลาย เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมพลาสติก ได้รับผลกระทบจากปัญหาเศรษฐกิจ โดยที่ต้นทุนเม็ดพลาสติก มีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้เสียเปรียบด้านการแข่งขันกับคู่แข่งจากต่างประเทศ อาทิ เช่น จีน เวียดนาม เป็นต้น ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของอุตสาหกรรมพลาสติกในประเทศไทย ให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น เพื่อที่จะได้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งประเทศอื่นได้ โดยวิธีการลดของเสียในกระบวนการผลิตจึงเป็นหนึ่งในวิธีที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษา มีปริมาณของเสียอยู่ในเกณฑ์ที่สูง ดังที่แสดงในตารางที่ 1.1 ซึ่งเป็นปริมาณของเสียในปี พ.ศ. 2552 การลดของเสียจึงเป็นวิธีที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการผลิตให้แก่โรงงานกรณีศึกษา ทำให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งทางการค้าอื่นได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 1.1 ปริมาณของเสียแต่ละเดือน ในปี 2552

เดือน	ปริมาณที่ผลิต (กิโลกรัม)	ปริมาณของเสีย(กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
มกราคม	26,836.30	5,097.24	18.99
กุมภาพันธ์	32,844.70	5,830.66	17.75
มีนาคม	30,535.79	5,596.03	18.33
เมษายน	27,732.70	4,856.43	17.51
พฤษภาคม	28,896.20	4,941.95	17.10
มิถุนายน	32,577.70	5,880.26	18.05
กรกฎาคม	25,468.60	4,961.14	19.48
สิงหาคม	27,922.30	5,258.89	18.83
กันยายน	32,159.50	5,706.11	17.74
ตุลาคม	35,441.60	6,289.95	17.75
พฤศจิกายน	27,749.68	5,296.82	19.09
ธันวาคม	29,320.80	5,431.14	18.52
รวม	357,485.87	65,146.62	18.22

1.2 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน

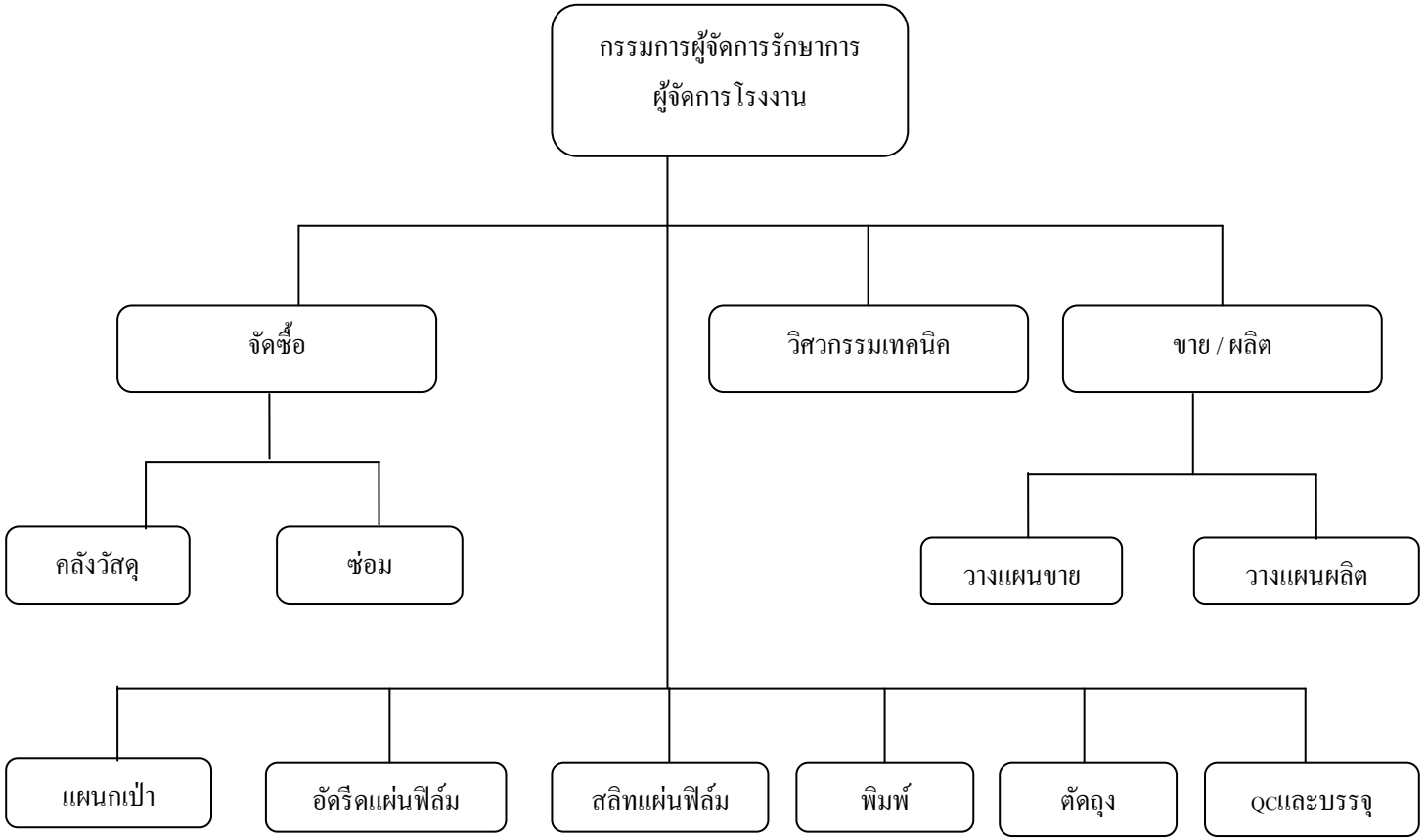
โรงงานกรณีศึกษา ก่อตั้งขึ้นมานับแต่ปี พ.ศ. 2523 โดยดำเนินธุรกิจผลิต ถุงพลาสติกสำหรับยา และ และถุงพลาสติกสำหรับอาหาร ในขั้นเริ่มต้นการตลาดและการจัดจำหน่ายเป็นการจำหน่ายให้แก่ตลาดในประเทศ ซึ่งลูกค้าเป็นบริษัทต่างชาติ (ญี่ปุ่น) และ บริษัทคนไทย เนื่องจากในอดีตโรงงานเคยทำการผลิตเมล็ดแตงโม ซึ่งต้องใช้ถุงพลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์จำนวนมาก ซึ่งในเวลานั้นต้องทำการนำเข้าจากต่างประเทศทำให้ต้นทุนการผลิตสูง จึงตัดสินใจทำการผลิตถุงพลาสติกเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบ คือ บรรจุภัณฑ์ จากนั้นมาเห็นช่องทางและโอกาสทางการตลาดว่าถุงพลาสติก หรือบรรจุภัณฑ์พลาสติกนั้นเป็นที่ต้องการของตลาดจึงเริ่มปรับเปลี่ยน พื้นที่ในโรงงานผลิตเมล็ดแตงโมมาเป็นส่วนการผลิตถุงพลาสติกมากขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งปัจจุบันได้ทำการผลิต ถุงพลาสติกสำหรับยาและถุงพลาสติกสำหรับอาหาร เท่านั้นเป็นเวลากว่า 30 ปี จากการเริ่มธุรกิจการผลิตและจัดจำหน่าย Plastic for Medical และ Plastic for Food โดยมีความสัมพันธ์ที่เหนียวแน่นกับลูกค้า ซึ่งเป็น ลูกค้ามาตั้งแต่สมัยแรกเริ่ม จนกระทั่งปัจจุบัน ไม่เพียงเฉพาะลูกค้าที่ยังคงอยู่ตั้งแต่แรกเริ่มเท่านั้น

ปัจจุบัน บริษัทกรณีศึกษามีทุนจดทะเบียน 53 ล้านบาท ได้รับรองมาตราฐาน ISO 9001/2008 และกำลังดำเนินการขอการรับรอง GMP และ HACCP ด้วยยอดการจำหน่ายกว่าหนึ่งร้อยล้านบาทต่อปี โดยบุคลากรจะประกอบด้วยระดับบริหาร 3 คน และระดับปฏิบัติการ 84 คน รวมทั้งสิ้น มีบุคลากร 87 คน

จากรูปที่ 1.1 จะเป็นลักษณะโครงสร้างองค์กรซึ่งกรรมการผู้จัดการนั้นจะรักษาการตำแหน่งผู้จัดการโรงงานด้วย จะทำการดูแล แผนกจัดซื้อ วิศวกรรมเทคนีค ฝ่ายขาย/ผลิต และจะทำหน้าที่ดูแลสายการผลิตที่อยู่ลำดับล่างสุดอีกด้วย ส่วนทางด้านแผนกจัดซื้อนั้น จะทำการดูแลงานจัดซื้อและงานซ่อม ในทางส่วนของฝ่ายขาย/ผลิต จะทำการวางแผนขายและวางแผนผลิต

ในระดับการผลิต จะแบ่งแผนกออกเป็น แผนกเป่า แผนกอัดรีดแผ่นฟิล์ม สลิทแผ่นฟิล์ม แผนกพิมพ์ แผนกตัด แผนก QC และบรรจุ โดยตามโครงสร้างองค์กร รูปที่ 1.1 แผนกเหล่านี้จะทำการดูแลโดยกรรมการผู้จัดการหรือรักษาการผู้จัดการ โรงงาน

โครงสร้างองค์กร (Organization Chart)



รูปที่ 1.1 โครงสร้างองค์กร (Organization Chart)

กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตมีขั้นตอนการผลิตแสดงดังรูปที่ 1.2 โดยอธิบายได้ดังนี้

1.จัดเตรียมส่วนผสมของเม็ดพลาสติก โดยพนักงานทำการชั่งตวงเม็ดพลาสติกและส่วนผสมอื่นๆตามสูตรที่ได้กำหนดไว้ โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักที่อยู่หน้างาน

2. นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้ เข้าเครื่องเป่าฟิล์ม และทำการเป่าฟิล์มออกมา จากนั้นจึงอัดรีดแผ่นฟิล์ม

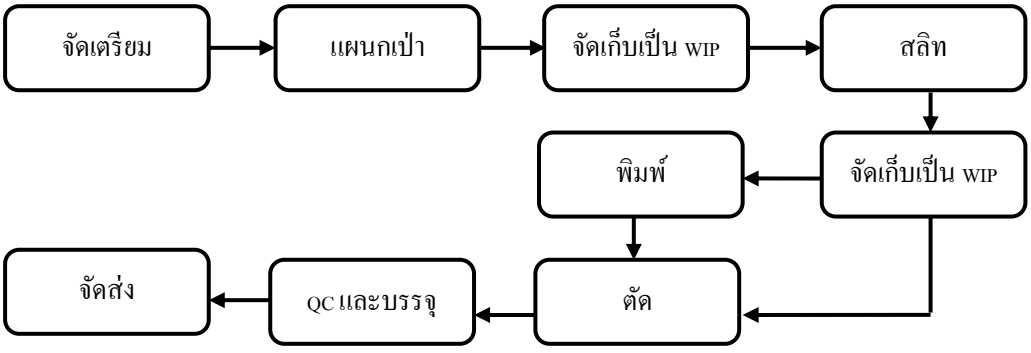
3.เมื่อได้แผ่นฟิล์มออกมาจากเครื่องเป่าแล้ว เราจะทำการสลิทแผ่นฟิล์ม เพื่อที่จะเตรียมตัวนำแผ่นฟิล์มไปผ่านกระบวนการพิมพ์ต่อไป

4.นำแผ่นฟิล์มที่ได้ไปผ่านกระบวนการพิมพ์ พิมพ์โลโกหรือตัวอักษรตามที่ลูกค้าต้องการ โดยการพิมพ์จะเป็นการพิมพ์แบบกราวัวร์

6.เมื่อทำการพิมพ์เสร็จแล้วจะนำมาเข้าเครื่องตัด โดยจะตัดให้ได้ขนาดตามที่ลูกค้าต้องการ หากบางชิ้นงานลูกค้าต้องการให้มีรอยบาก ก็จะทำการบากด้วย

7.เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนตัดแล้ว จะนำไป QC โดยจะทำการตรวจสอบหมด 100% เมื่อทำการตรวจสอบแล้วผ่านเกณฑ์คุณภาพแล้วก็จะทำการบรรจุ

8.เมื่อบรรจุเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการส่งให้ลูกค้าต่อไป



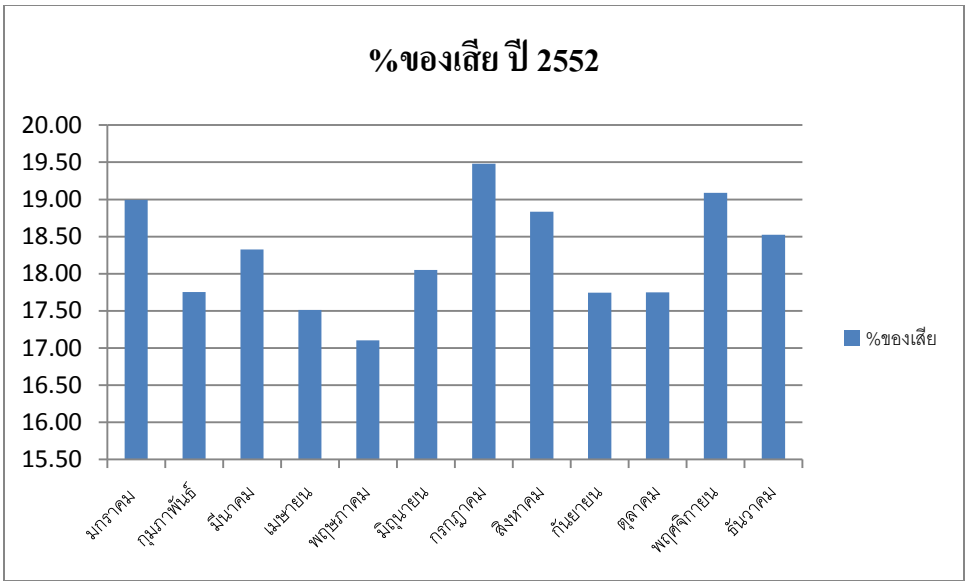
รูปที่ 1.2 กระบวนการผลิตถุงพลาสติก

1.3 สภาพปัญหาที่พบในปัจจุบัน

ในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา จะเริ่มต้นตั้งแต่แผนกเป่า แผนกตัด และแผนกพิมพ์ มีปริมาณการผลิตต่อปี 357,485.87 กิโลกรัม โดยคิดเป็นจำนวนใบได้ประมาณ 80-90 ล้านใบ เมื่อทำการสำรวจข้อมูลของเสียจากการผลิตถุงพลาสติกในปี พ.ศ.2552 แล้วพบว่ามีของเสียคิดเป็นน้ำหนักทั้งหมด 65,146.62 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 18.22% ถ้าหากคิดเป็นจำนวนใบ จะมีถุงพลาสติกที่เสียกว่า 10 ล้านใบ โดยจะสามารถแบ่งประเภทของของเสียได้ ดังนี้

- ของเสียจากการเป่า
- ของเสียจากการตัด
- ของเสียจากการพิมพ์
- ของเสียจากการตัด หัว-ท้าย
- บากเสีย
- สกปรก
- ยับ
- ผิดขนาด
- ตาปลา

เมื่อทดลองนำข้อมูลของเสียแต่ละเดือนในปี 2552 มาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำมาพลอตเป็นกราฟดังรูปที่ 1.3 โดยเมื่อพล๊อตกราฟแต่ละเดือนจะพบว่า ของเสียในแต่ละเดือนจะอยู่ในช่วง 17-19.50% คือ กล่าวคือเปอร์เซ็นต์ของเสียในแต่ละเดือนค่อนข้างคงที่



รูปที่ 1.3 เปอร์เซ็นต์ของเสียในปี 2552

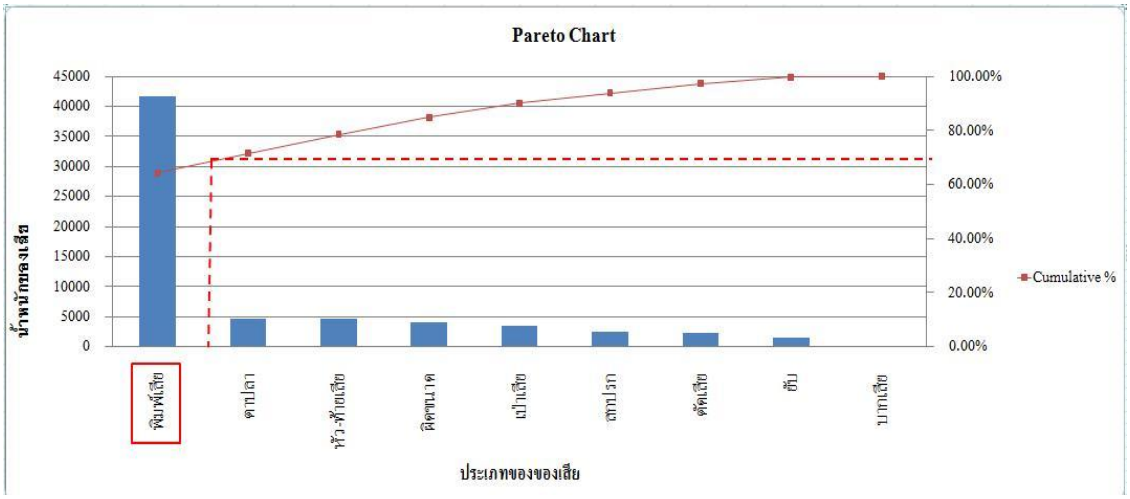
จากนั้น เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลของเสียแยกตามประเภทของเสียแล้วจะสามารถแจกแจงปริมาณของเสียได้ตามตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ปริมาณของเสียแยกตามประเภท

ประเภทของเสีย	ปริมาณของเสีย (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
เป่าเสีย	3,427.27	0.96%
พิมพ์เสีย	41,759.52	11.68%
ตัดเสีย	2,319.60	0.65%
บากเสีย	153.09	0.04%
หัว-ท้ายเสีย	4,573.33	1.28%
สกปรก	2,428.38	0.68%
ผิดขนาด	4,036.88	1.13%
ยับ	1,528.75	0.43%
ตาปลา	4,719.80	1.32%

จากตารางที่ 1.2 จะพบว่า ของเสียจากการพิมพ์มีถึง 11.68% เป็นจำนวน 41,759.52 กิโลกรัม หรือประ มาณ 8 ล้านใบ มีปริมาณมากที่สุดเป็นอันดับ 1 รองลงมาได้แก่ของเสียประเภทตาปลามี

ปริมาณ 4,719.80 กิโลกรัม หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียได้เป็น 1.32% โดยจะนำเอาข้อมูลนี้มาทำการวิเคราะห์โดยกราฟพาเรโตดังแสดงในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 ปริมาณของเสียแยกตามประเภท

จากกราฟพาเรโต เราพบว่า ประเภทของเสียที่ได้ทำการลดปริมาณของเสีย คือ ของเสียจากการพิมพ์ เนื่องจากมีปริมาณที่สูงที่สุด เมื่อเราสามารถลดของเสียประเภทนี้ได้ ทำให้สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้อีกมากขึ้น โดยการลดของเสียนี้ ได้นำแนวคิด ซิกซ์ ซิกมา เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อทำการลดของเสียประเภทนี้ ซึ่งแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มีขั้นตอนการดำเนินงานอย่างมีระบบ และยังมีการนำเอาวิธีการทางสถิติ เช่น การทดสอบสมมติฐานและการออกแบบการทดลอง (DOE) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล จึงเห็นว่าแนวคิดซิกซ์ ซิกมา เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้ในการลดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก

1.4. วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมีดังนี้

เพื่อลดเปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการผลิตถุงพลาสติก

1.5. ขอบเขตของงานวิจัยมีดังนี้

1. งานวิจัยนี้ทำการลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการพิมพ์ถุงพลาสติกเท่านั้น
2. ตัวชี้วัดที่ใช้คือ เปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก
3. ใช้โปรแกรม MINITAB ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับมีดังนี้

1. ลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก
2. เป็นแนวทางในการลดของเสียสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์อื่นๆ ของบริษัท
3. เป็นแนวทางในการลดของเสียสำหรับกระบวนการพิมพ์พลาสติกอื่นๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน

1.7. ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยมีดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. นิยามปัญหา (Define Phase)
    - ศึกษากระบวนการผลิตถุงพลาสติกและรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการผลิต
    - กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ เป้าหมาย ตัวชี้วัด และระยะเวลาของโครงการ
3. ทำการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)
    - รวบรวมข้อมูลจากกระบวนการผลิต
    - วิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gage Repeatability and Reproducibility)
    - 3.3 ระดมความคิดเพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis :FMEA
4. ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)
    - การทดสอบปัจจัยจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)
    - วิเคราะห์การทดลองเพื่อเลือกปัจจัยที่มีนัยสำคัญ นำไปทดลองขั้นต่อไป

5. ทำการปรับปรุงกระบวนการ (Improvement Phase)
    - ใช้วิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)
    - กำหนดตัวแปรของกระบวนการ และพิจารณาข้อจำกัดที่จะส่งผลต่อการทดลอง
    - พิจารณาเลือกแบบการทดลอง
    - กำหนดขั้นตอนการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล
    - ทำกาทดลองตามแผนที่วางไว้
    - วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
6. ทำการติดตามและควบคุม (Control Phase)
    - พิจารณาเลือกแผนควบคุมที่เหมาะสม
    - กำหนดวิธีการวัด พิจารณากลุ่มตัวอย่างและความถี่ในการวัด
    - เก็บรวบรวมข้อมูลหลังปรับปรุง
    - สรุปผลการปรับปรุงที่ได้ พิจารณาของเสียที่ลดลง
7. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาแนวทางในการลดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติกโดยแนวทาง ซิกซ์ ซิกมา ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากหนังสือ เอกสารการสอน วารสาร และบทความจากเว็บไซต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)

2.1.1 ความหมายของซิกซ์ ซิกมา

ความหมายของซิกซ์ ซิกมา ได้มีผู้เชี่ยวชาญหลายๆท่าน กล่าวไว้ดังนี้

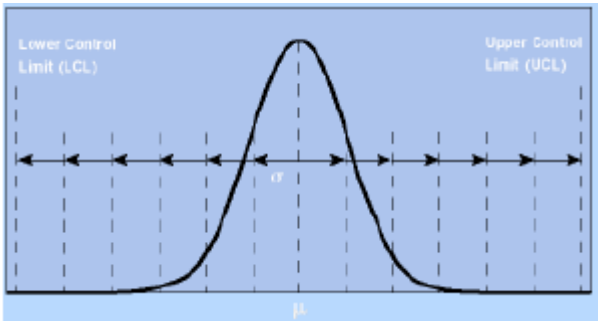
Cherry และ Seshadri (2000) ซิกซ์ ซิกมา คือวิธีการสำหรับการจัดการคุณภาพโดยมีการทำวิธีการทางสถิติมาใช้ มีวิธีแก้ปัญหาที่เป็นระบบและจะควบคุมกระบวนการด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยมีเป้าหมายในการแก้ไขต้นตอของปัญหาของความแปรปรวน และมีนิยามความหมายสำหรับกระบวนการใหม่ในระยะยาว

Harry และ Schroeder (2000) กล่าวว่า ซิกซ์ ซิกมา เป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพอย่างมากในการบริหาร ซึ่งมีเป้าหมายอยู่ที่ความผิดพลาดหรือของเสียที่น้อยกว่า 4 ใน 1 ล้านครั้งของการทำงาน โดยรวมเอาวิถีทางแห่งระบบคุณภาพแบบหลายมิติ ซึ่งประกอบด้วย รูปแบบที่เป็นมาตรฐาน การจัดการที่เหมาะสมและการตอบสนองภารกิจขององค์กร ซึ่งทำให้ทั้งลูกค้าและผู้ผลิตได้ผลตอบแทนทั้งสองฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นด้านอรรถประโยชน์ ทรัพยากร และคุณค่าของผลิตภัณฑ์

Breyfogle (2001) ได้ให้ความหมายของซิกซ์ ซิกมา คือส่วนผสมอันกลมกลืนระหว่างความฉลาดหลายๆด้านในการบริหารองค์การ โดยการพัฒนากลวิธีทางสถิติเพื่อใช้เป็นอาวุธขององค์การ โดยเป้าหมายสูงสุดของ ซิกซ์ ซิกมานี้ ได้เน้นไปที่การนำเอาซิกซ์ ซิกมา มาใช้เป็นกลยุทธ์ของกิจการมากกว่าที่จะเป็นวิธีการควบคุมคุณภาพในกระบวนการ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ซิกซ์ ซิกมา คือวิธีการและการประยุกต์ใช้กลวิธีทางสถิติในองค์การเพื่อที่จะช่วยให้องค์การสามารถทำกำไรได้เพิ่มขึ้น ได้ผลผลิตมากขึ้น สามารถนำมาใช้ได้ทั้งส่วนสินค้าและบริการ

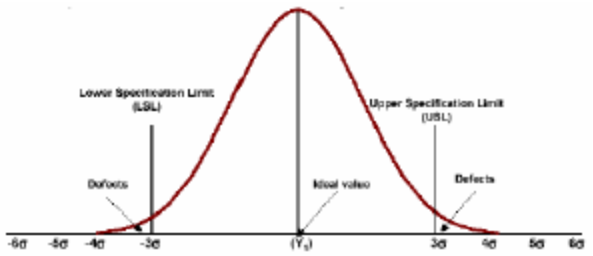
Evans และ Lindsay (2005) กล่าวว่า ซิกซ์ ซิกมา เป็นวิธีการปรับปรุงกระบวนการทางธุรกิจ เพื่อหาหนทางและกำจัดต้นเหตุของปัญหาในการเกิดของเสียและความผิดพลาด ลดรอบเวลาการผลิต และต้นทุนการผลิต ปรับปรุงผลผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีขึ้น สามารถเพิ่มการใช้ประโยชน์ในทรัพย์สินและผลตอบแทนในกระบวนการผลิตและการบริการ โดยปรับปรุงบนพื้นฐานกระบวนการแก้ปัญหา DMAIC หรือ Define Measure Analyze Improve และ Control ที่ได้มีการรวบควมเครื่องมือทางสถิติและเครื่องมือในการปรับปรุงการผลิตไว้มากมาย

ในความหมายทางสถิติ ระดับของ Sigma ที่สูงขึ้นวัดอัตราของเสียที่ลดลงและประสิทธิภาพของกระบวนการที่สูงขึ้น ภายใต้เส้นโค้งปกติ (Normal Curve) ดังแสดงในรูป 2.1



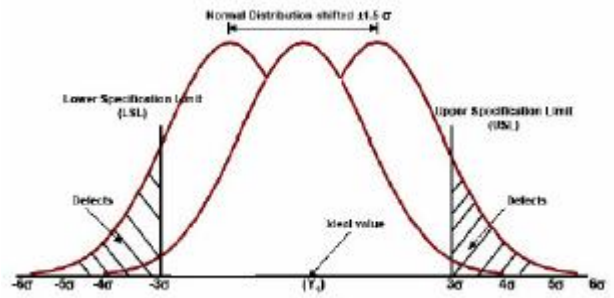
รูปที่ 2.1 เส้นโค้งปกติ (Normal Curve) (Breyfogel,2001)

เริ่มต้นในทศวรรษที่ 20 Walter Shawhart แสดง 3 ซิกมาจากค่าเฉลี่ยไปถึงจุดที่กระบวนการต้องการ และมีหลายๆมาตรฐานการวัด เช่น Zero Defect ที่เป็นวิธีการควบคุมคุณภาพต่อๆมา โดยแสดงการควบคุมของกระบวนการในขอบเขต 3 ซิกมาในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การควบคุมกระบวนการภายในขอบเขต 3 ซิกมา (Breyfogel,2001)

ระดับของการควบคุมของซิกซ์ ซิกมา เกิดจากการดำเนินกระบวนการจนกระทั่งอยู่ในสภาพเสถียร ค่าเฉลี่ยของกระบวนการจะเลื่อน (Shift) ออกไปทั้ง 2 ฝั่งของค่าเฉลี่ยเดิมของกระบวนการ เป็นระยะทาง 1.5σ (Breyfogel,2001) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่2.3การกระจายแบบปกติ และการเคลื่อนตัวออกจากค่าเฉลี่ย 1.5σ (Breyfogel,2001)

Breyfogel (2001) ได้กล่าวว่า ซิกซ์ ซิกมา ถูกพัฒนาและประยุกต์ใช้โดยใช้ความรู้ทางสถิติ ตั้งประเด็นในเชิงสถิติ และปริมาณของซิกซ์ ซิกมา ในมุมมองทางสถิติ รูปแบบของซิกซ์ ซิกมามาให้คำจำกัดความถึงโอกาสความผิดพลาดที่น้อยกว่า 3.4 Defect Per Opportunities (DPMO) หรืออัตราของความสำเร็จเท่ากับ 99.9999966% เป้าหมายของซิกซ์ ซิกมาเป็นระดับคุณภาพที่เข้มงวดมากๆและนำเสนอจุดมุ่งหมายอย่างเปิดเผยภายในองค์กร (Organizations) เทคโนโลยี (Technology) การปฏิบัติการ (Operation) กระบวนการ (Process) และโครงการ (Project) มากมาย

2.1.2 ตัววัดระดับคุณภาพ

ในการเลือกตัววัดระดับคุณภาพของกระบวนการผลิตเพื่อที่จะบ่งบอกถึงคุณภาพของกระบวนการ พรเทพ เหลือทรัพย์สุข (2549) ได้เสนอไว้หลายทางเลือก เช่น Yield, Rolled Throughput Yield, ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ Cp, Cpk อัตราส่วนของของเสียที่เกิดขึ้นต่อล้านหน่วย (Part Per Million:PPM) หรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากคุณภาพที่ไม่ดีของผลิตภัณฑ์ (Cost of Poor Quality) และค่า Sigma Quality Level เป็นต้น

ในแนวคิดซิกซ์ ซิกมานี้จะอ้างถึงค่า Sigma Quality Level เพื่อบ่งบอกถึงระดับของคุณภาพของกระบวนการ ซึ่งต่างจากคำว่า Sigma ที่หมายถึงค่า Sigma ที่หมายถึงค่าของความเบี่ยงเบน

มาตรฐานในการกระจายตัวของข้อมูลในทางสถิติ กล่าวคือค่าระดับ Sigma Quality Level ยิ่งมีค่าที่มากขึ้นจะบ่งบอกถึงโอกาสในการเกิดของของเสียในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนเท่ากับ 0.002 ชิ้นต่อหนึ่งล้านหน่วยผลิตเมื่อคิดที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ตรงจุดกึ่งกลาง และเมื่อคิดที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ตรงจุดกึ่งกลาง และเมื่อคิดที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการเลื่อนไปจากจุดกึ่งกลางเท่ากับค่า Sigma Quality Level ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละ Sigma Quality Level

Sigma Quality Level	Mean at Center		Mean Shifted 1.5s	
	Percentage	DPPM	Percentage	DPPM
1	68.27	317300	30.23	697700
2	95.45	45500	69.13	308700
3	99.73	2700	93.32	66810
4	99.9937	63	99.379	6210
5	99.999943	0.57	99.9767	233
6	99.9999998	0.002	99.99966	3.4

หรือหากคำนวณเป็นค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการจะได้ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการที่ 6 ซิกมา มีค่าเท่ากับ Cp = 2.0 และ Cpk = 1.5 (คิดคาเฉลี่ยของข้อมูลเลื่อนไปจากจุดกึ่งกลางของการกระจายเท่ากับ $\pm 1.5\sigma$)

2.2 การประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกมา

การดำเนินการตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมา แบ่งออกเป็น 5 ระยะ โดยเป็นไปตามกระบวนการ DMAIC ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดวงจรคุณภาพ PDCA ของเดมมิง นั่นคือ ระยะนิยามปัญหา (Define Phase) ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase) และระยะการติดตามควบคุม (Control Phase) ซึ่งในแต่ละระยะมีรายละเอียดและเครื่องมือที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ดังต่อไปนี้ (ไพโรจน์ บาลัน, 2549)

2.2.1 ระยะนิยามปัญหา (Define Phase)

เป็นช่วงที่มีความสำคัญที่สุดในกระบวนการ DMAIC โดยมีการกำหนดความต้องการของลูกค้าและเป้าหมายของกระบวนการ/ผลิตภัณฑ์/บริการ รวมทั้งการระบุรายละเอียดปัญหาและผลกระทบต่อธุรกิจ ซึ่งระยะนิยามปัญหานี้ กาญจนา สร้อยระย้าและคณะ(2546) ได้อธิบายรายละเอียดและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.2.1.1 รายละเอียดเอกสารโครงการ (Project Charter)

เอกสารโครงการควรประกอบด้วยรายการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- กรณีธุรกิจสำหรับการคัดเลือกโครงการ (Business Case for the Project Selection) โดยระบุถึงลำดับความสำคัญของโครงการ
- ข้อความแสดงถึงปัญหาเบื้องต้น (Preliminary Problem Statement) โดยแสดงความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับเป้าหมายหรือสิ่งที่ลูกค้าคาดหวัง ซึ่งข้อความแสดงถึงปัญหาจะต้องสัมพันธ์กับกรณีธุรกิจ และต้องสามารถวัดผลได้
- กำหนดขอบเขตของโครงการ (Project Scope) ไว้อย่างชัดเจน
- กำหนดเป้าหมายและระยะเวลาตามเป้าหมาย เพื่อใช้ติดตามผลและประเมินความคืบหน้าของโครงการ
- บทบาทและความรับผิดชอบของคณะทำงาน

2.2.1.2 ปัจจัยหลักทางคุณภาพสำหรับลูกค้า หรือ Critical to Quality (CTQ)

โดยมุ่งศึกษาความต้องการหรือสิ่งที่ลูกค้าคาดหวัง ดังนั้นงานแรกที่ต้องดำเนินการนั่นคือการระบุว่าใครคือลูกค้า และปัจจัยที่สามารถตอบสนองให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุดหรือที่เรียกว่า Voice of the Customer (VOC) ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือต่างๆที่สำคัญ เช่นการกระจายหน้าที่ทาง

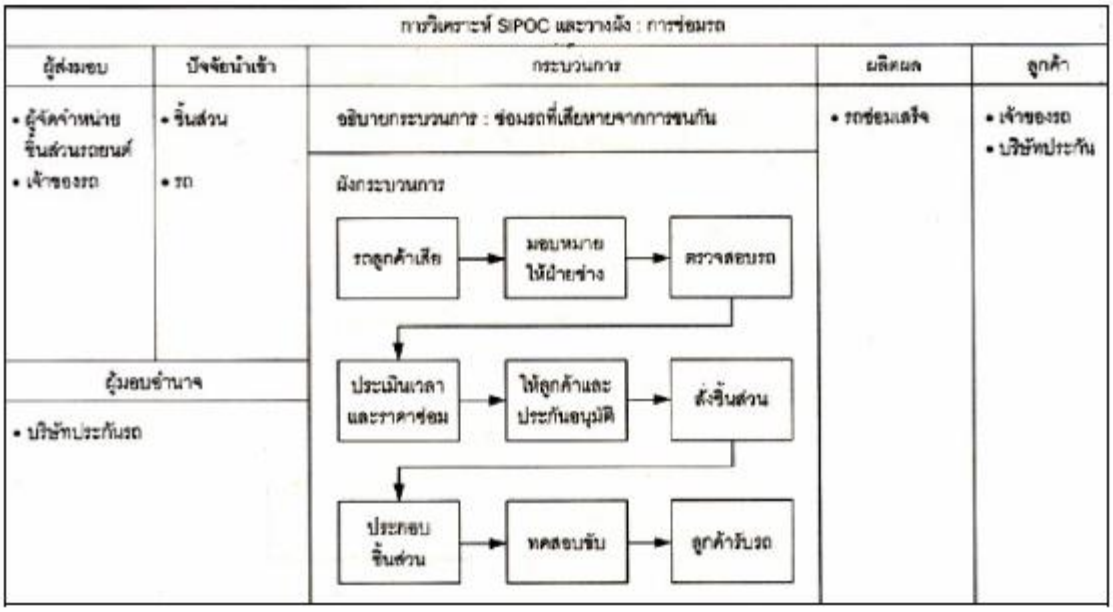
คุณภาพ (Quality Function Deployment) หรือ QFD การเทียบเคียง (Benchmarking) การสำรวจ การสัมภาษณ์ และข้อมูลประวิติที่ผ่านมานอกจากนี้ ยังได้มีการใช้แบบจำลองคาโนสำหรับวอเคราะห์เรียกว่า Kano Analysis ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดผลทางคุณภาพ (Quality Measurement Tool) เพื่อใช้สำหรับจำแนกและจัดลำดับความสำคัญความต้องการของลูกค้าที่มีผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้า นอกจากนี้ยังใช้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์จำแนกส่วนของลูกค้าเพื่อเป็นแนวทางกำหนดปัจจัยที่สามารถตอบสนองให้เกิดความพึงพอใจในแต่ละกลุ่มลูกค้า ตามลำดับความสำคัญ (Segment's Priorities)

2.2.1.3 แผนภาพ SIPOC (SIPOC Diagram)

กระบวนการประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ที่สร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการแปรรูปจากปัจจัยนำเข้าเป็นผลิตผลในรูปแบบของสินค้า/บริการและนำมาเขียนเป็นแผนภาพ SIPOC ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง นั่นคือ

- ผู้ส่งมอบ (S: Suppliers) คือ ผู้ทำหน้าที่จัดหาทรัพยากร/วัตถุดิบเพื่อป้อนเข้าสู่กระบวนการ
- ปัจจัยนำเข้า (I: Inputs) คือ ทรัพยากร/วัตถุดิบ และข้อมูล ที่จำเป็นต่อกระบวนการ
- กระบวนการ (P: Process) คือ ขั้นตอนแปรรูปปัจจัยนำเข้าให้เกิดเป็นผลิตผล
- ผลิตผล (O: Outputs) คือ ผลลัพธ์จากกระบวนการและแสดงในรูปของผลิตภัณฑ์/บริการเพื่อส่งมอบให้ลูกค้า
- ลูกค้า (C: Customer) คือ บุคคล องค์กร หรือกระบวนการถัดไปที่รับปัจจัยที่ออกจากกระบวนการก่อนหน้า

แผนภาพ SIPOC เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับระบุองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับโครงการปรับปรุงก่อนที่จะเริ่มดำเนินการและถูกใช้ในช่วงวัดผล (Measure phase) ต่อไป ซึ่งรายละเอียดแผนภาพ SIPOC จะสามารถช่วยให้มองเห็นภาพของกระบวนการธุรกิจได้ในมุมมองของกระบวนการ และให้ทราบว่าใครคือผู้ส่งมอบปัจจัยนำเข้าสู่กระบวนการ อะไรคือข้อกำหนด/คุณสมบัติ (Specification) สำหรับปัจจัยนำเข้า ใครบ้างคือลูกค้าของกระบวนการ อะไรคือความต้องการของลูกค้า แสดงไว้ในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้แผนภาพ SIPOC สำหรับวิเคราะห์

(กาญจนา สร้อยระย้า และคณะ,2546)

2.2.2 ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measure phase)

การวัด (Measure) เป็นช่วงที่มีการเก็บข้อมูลเพื่อทำการประเมินและวัดผลของการปฏิบัติงาน ตัวชี้วัดในรูปแบบต่างๆ เช่น อัตราส่วนของดีที่ผลิตได้ (Rolled Throughput Yield) โอกาสเกิดข้อบกพร่องในล้านหน่วย (DPMO) ความสามารถกระบวนการ (Process Capability) เป็นต้น และต้องการวิเคราะห์ระบบการวัดโดยการทำ GR&R จากนั้นศึกษาแหล่งที่มาของสาเหตุของปัญหารวมทั้งมีการวิเคราะห์และจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุที่เป็นไปได้เพื่อเลือกปัญหาที่คาดว่าจะมีผลกระทบรุนแรงมาทำการแก้ไข

2.2.2.1 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2549) ได้ให้ความหมายของการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Study) ไว้ว่า การกำหนดตัวพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากกระบวนการแล้วทำการวัดเพื่อการรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงพารามิเตอร์ดังกล่าว และถ้าข้อมูลอยู่ใน

ภายใต้การควบคุมก็จะทำการอนุมานทางสถิติสำหรับกระบวนการที่ศึกษาต่อไปและอาจเรียกการศึกษานี้ว่าการกำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์ (Product Characterization)

ส่วนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) หมายถึง การประเมินความผันแปรของกระบวนการ (อาจอยู่ในรูปของฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่ระบุทั้งรูปทรง ค่ากลาง และปริมาณการกระจายของการแจกแจง) และวิเคราะห์ความผันแปรนี้กับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนพิจารณาถึงแหล่งความผันแปรต่างๆเพื่อหาทางลดความผันแปรที่ศึกษาต่อไป

ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการมีขั้นตอนหลักๆดังนี้

- การทดสอบข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) ซึ่งสามารถดำเนินการได้จากการทวนสอบแบบ (Design Output) ของผลิตภัณฑ์และทบทวนข้อตกลงกับลูกค้าว่ายอมรับข้อกำหนดเฉพาะดังกล่าวหรือไม่
- การชักสิ่งตัวอย่างจากกระบวนการ ทั้งแบบระยะสั้นและระยะยาว
- การทวนสอบสภาวะเสถียรภาพของกระบวนการโดยอาศัยแผนภูมิควบคุมเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ได้จากสิ่งตัวอย่างอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติสำหรับกำหนดคุณสมบัติในด้านความสามารถตาดการณ์ได้หรือไม่
- การประเมินค่ามาตรฐานข้อกำหนด (Z-Score)
- การประเมินค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ พร้อมการวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรเพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

<u>การประเมินความสามารถของกระบวนการที่มีข้อมูลแบบนับ</u>

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2549) ได้กล่าวว่า ข้อมูลแบบนับเป็นข้อมูลที่ไม่มีคุณสมบัติอธิบายความผันแปรจึงมีความจำเป็นต้องกำหนดข้อมูลนับให้อยู่ในรูปของจำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องเพื่อการเปรียบเทียบให้อยู่ในรูปของสเกลของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Z) สำหรับการแปลงให้เป็นดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ

ในการกำหนดค่าความสามารถของกระบวนการในกรณีในการกำหนดค่าความสามารถของกระบวนการในกรณีข้อมูลแบบนี้ จะขึ้นอยู่กับเกณฑ์การตัดสินใจของผู้วิเคราะห์เป็นสำคัญ เช่น ถ้าหากต้องการประเมินถึงความสามารถของกระบวนการในรูปแบบของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บอกพร่องที่เกิดขึ้นแล้ว ก็สามารถใช้ค่าสัดส่วนโดยเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์บกพร่อง ($\bar{p}$) ก่อนเสมอโดย

$$\bar{P} = \frac{\text{จำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องโดยรวม } \sum np}{\text{จำนวนตรวจสอบโดยรวม } \sum n} \quad (1)$$

ดังนั้น ในการประเมินค่า $\bar{p}$ จะต้องประเมินจากข้อมูลโดยรวมค่าดัชนีที่ประเมินจากค่า $\bar{p}$ จึงถือเป็นดัชนีความสามารถของกระบวนการแบบระยะยาวเสมอ โดยความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการอาจจะประเมินได้ในรูปอัตราส่วนความสามารถ (P_R) หรือดัชนีความสามารถ (P_P) สำหรับความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการจะประเมินได้ในรูปดัชนีความสามารถ (P_{Pk})

$$P_{oBench} = \frac{1}{3} Z_{Bench} \quad (2)$$

โดยที่ Z_{Bench} จะได้จากกรณีกำหนดสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าเท่ากันทั้งสองด้าน

$$P_{oBench} = \frac{1}{P_p Bench} \quad (3)$$

และ $$P_{\text{Okbench}} = \frac{1}{3} Z_{Bench} \quad (4)$$

โดยที่ Z_{Bench} ได้จากการกำหนดให้สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของค่ากลางเพียงด้านเดียว

2.2.2.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis, MSA)

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2549) การวิเคราะห์ระบบวัด มีจุดประสงค์ในการวิเคราะห์ถึงแหล่งที่มาของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด เพื่อยืนยันความถูกต้องและความแม่นยำของข้อมูลที่ได้จากการวัดก่อนทำการทดลอง โดยทั่วไปจะทดสอบความแม่นยำของระบบการวัดโดยวิธีการ Gage Repeatability and Reproducibility หรือ GR&R โดยค่าความผันแปรของระบบการวัดในรูปความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของระบบการวัด สามารถแบ่งเป็น 2 องค์ประกอบ คือ

ความผันแปรภายใต้เงื่อนไขของระบบการวัด (Repeatability) หมายถึงความผันแปรของค่าวัดรอบค่าที่ควรจะเป็น (Expected Value) ของระบบการวัดที่ทำการวัดโดยการใช้พนักงานวัดคนเดียว

อุปกรณ์วัดเดียวกันในการวัดงานชิ้นเดียวกันซ้ำๆ โดยทั่วไปจะหมายถึงความผันแปรของอุปกรณ์ แต่ในบางครั้งอาจเกิดมาจากสาเหตุหลักอื่นๆเช่น ทักษะของพนักงาน หรือปัจจัยแวดล้อม

ความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของระบบการวัด (Reproducibility) หมายถึงความผันแปรที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าการวัดจากการใช้อุปกรณ์วัดตัวเดียวกัน ในการวัดงานชิ้นเดียวกันด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปมักจะหมายถึงความแตกต่างระหว่างพนักงานวัด จึงอาจเรียกว่าความผันแปรระหว่างพนักงานวัด (Appraiser Variation; AV) แต่ในบางครั้งความผันแปรนี้อาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยอื่นที่ไม่ใช่พนักงานวัด เช่น ความผันแปรระหว่างวิธีการวัด ความผันแปรระหว่างสิ่งแวดล้อม

<u>การวิเคราะห์ระบบการวัดของข้อมูลนับ (MSA for Attribute)</u>

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2549) ได้อธิบายถึง การประเมินผลและวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบเมื่อเป็นข้อมูลนับซึ่งเป็นการประเมินผลเมื่อคุณลักษณะที่ศึกษาเป็นคุณลักษณะเชิงคุณภาพ (Attribute Characteristics) เช่น รสชาติ ความสวยงาม ความเรียบร้อย หรือบางครั้งพารามิเตอร์อาจเป็นลักษณะเชิงผันแปร (Variable Characteristics) แต่ทำการนับเมื่อทำการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ หรือ GO/No GO Gauge

การศึกษาความสามารถของกระบวนการวัดแบบอาศัยข้อมูลนับ จะเป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิกัดของข้อจำกัดเฉพาะ ทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาเป็น ยอมรับหรือปฏิเสธ และผ่านหรือไม่ผ่าน จึงไม่สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ตรวจสอบได้นั้นดีหรือไม่ดีอย่างไง

การศึกษาความสามารถของกระบวนการวัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีการประเมินผลในระยะสั้น (Short Method) และวิธีการประเมินผลในระยะยาว (Long Method) การประเมินผลระยะยาวนั้นจะอาศัยกราฟแสดงสมรรถนะของระบบการวัด (Gauge Performance Curve; GPC) ที่แสดงถึงโอกาสในการตรวจสอบแล้วยอมรับคุณภาพของสิ่งตัวอย่าง ที่แต่ละค่าของสิ่งตัวอย่างมีการกำหนดในรูปค่าอ้างอิงเพื่อพิจารณาค่าไบอัสและค่ารีพีททะบิลิตี โดยทำการตัดสินใจว่าค่าไบอัสมีความแตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยอาศัยตัวสถิติทดสอบ t โดยที่

$$t = \frac{31.3 \times |\text{ค่าไบอัส}|}{\text{ค่ารีพีททะบิลิตี}} \qquad (5)$$

ค่ารีพีททะบิลิตีพิจารณาได้จากค่าความแตกต่างของค่าวัดค่าอ้างอิงที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นในการตรวจสอบแล้วยอมรับ (Pa) 0.995 กับค่าวัดค่าอ้างอิงที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นในการตรวจสอบแล้วยอมรับ (Pa) 0.005 หารด้วยตัวประกอบเพื่อการปรับค่า (Adjustment Factor) (AIAG, 2002)

การประเมินผลระบบการวัดในระยะสั้นนั้นมีวิธีในการประเมินดังนี้

1. เลือกผู้ชำนาญการซึ่งเป็นบุคคลที่มีความสามารถเป็นพิเศษในการแยกแยะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีหรือเสีย และลูกค้าให้การยอมรับในผลตรวจสอบดังกล่าว
2. กำหนดล็อตมาตรฐาน (Standard Lot) สำหรับใช้ในการตรวจสอบ เพื่อประเมินความสามารถของระบบการวัด โดยล็อตดังกล่าวควรประกอบด้วยสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดี สิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพไม่ดี และสิ่งตัวอย่างคุณภาพก้ำกึ่งอย่างละ 1 ใน 3 ของสิ่งตัวอย่างทั้งหมด โดยงานก้ำกึ่งควรประกอบด้วยงานดีแบบก้ำกึ่ง และงานไม่ดีแบบก้ำกึ่งอย่างละครึ่ง (Faster and Brettner, 1992)
3. เลือกพนักงานวัดหรือพนักงานตรวจสอบ 2-4 คน โดยพนักงานที่เลือกมาต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบคุณภาพและได้ผ่านการฝึกอบรมมาอย่างดีและผ่านการทดสอบประเมินผลแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบที่อาศัยความรู้สึก
4. กำหนดจำนวนชิ้นตัวอย่าง และจำนวนครั้งในการทดสอบซ้ำ โดยจำนวนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับจำนวนของพนักงานทดสอบดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขนาดสิ่งตัวอย่างในการประเมินผลระบบการตรวจสอบข้อมูลนับ

(Faster and Brettner, 1992)

จำนวนพนักงานตรวจสอบ	จำนวนชิ้นงานตัวอย่างที่ต่ำสุด	จำนวนทดสอบซ้ำที่ต่ำสุด
1	24	5
2	18	4
≥ 3	12	3

5. สุ่มพนักงานตรวจสอบขึ้นมาคนหนึ่งแล้วตรวจสอบตัวอย่างงานแบบสุ่มเพื่อประเมินคุณภาพของสิ่งตัวอย่างว่าผ่าน (Good-G) หรือไม่ผ่าน (No Good-NG) และทำเช่นนี้จนครบจำนวนพนักงานที่จะทำการทดสอบ

6. ประเมินด้วยดัชนีต่างๆดังนี้

$$\%\text{รีพีททะบิริตี้ของพนักงาน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}} \quad (6)$$

$$\%\text{ความไม่ไบอัสของพนักงาน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบได้เหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}} \quad (7)$$

$$\%\text{ประสิทธิผลรีพีททะบิริตี้ของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้เหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}} \quad (8)$$

$$\%\text{ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}} \quad (9)$$

7. หาค่า % รีพีททะบิลิตีของพนักงานตรวจสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้วให้ทำการอบรมพนักงานใหม่รวมทั้งประเมินผลของพนักงานใหม่เพื่อปรับปรุงค่ารีพีททะบิลิตีให้ดีขึ้น แต่หาก % ความไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (%Attribute Score) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้วจะต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบใหม่หรือต้องกำหนดให้ชิ้นงานได้รับการตรวจสอบโดยผู้ชำนาญการเฉพาะเท่านั้น สำหรับ % ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตีของการตรวจสอบ (% Screen Effective Score) และ%ปริทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ (% Attribute Effective Score) ถ้าไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดมีควมจำเป็นค้นสาเหตุจากดัชนีข้างต้น แล้วปรบปรุงคาให้ดีขึ้น

2.2.2.3 การระดมความคิด (Brainstroming)

การระดมความคิดเป็นวิธีการรวบรวมความคิดเห็นจากกลุ่มคนให้มากที่สุดภายในระยะเวลาอันสั้น การระดมความคิดเป็นวิธีการประชุมชนิดหนึ่งที่ให้ประสิทธิภาพมาก สามารถนำไปใช้ประโยชน์มากมาย เช่น ใช้ในการเลือกปัญหา หาสาเหตุของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาหรือหาข้อยุติในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยอาศัยความคิดของกลุ่มบุคคลเป็นเครื่องตัดสิน (พรเทพ เหลือทรัพย์สุข,2549)

หลักของการระดมความคิด มีดังนี้

- หัวข้อที่จะใช้ในการระดมความคิดจะต้องมีความชัดเจน

- ทำให้ผู้ร่วมระดมความคิดได้เสนอแนะมีโดยอิสระทางความคิดไม่ต้องระวังหรือกลัวที่จะถูกวิพากษ์วิจารณ์
- การเสนอแนะควรรวบรัดเพื่อการระดมความคิดที่รวดเร็ว
- เป้าหมายหลักของการระดมความคิดคือปริมาณของข้อเสนอแนะทางความคิด
- มุ่งไปที่การเพิ่มเติมข้อเสนอแนะของบุคคลอื่นรวมทั้งการเสนอแนวคิดใหม่ๆ
- บรรยากาศในการระดมความคิดควรทำให้เกิดการเสนอแนะความคิดที่สร้างสรรค์และสิ่งใหม่ๆ

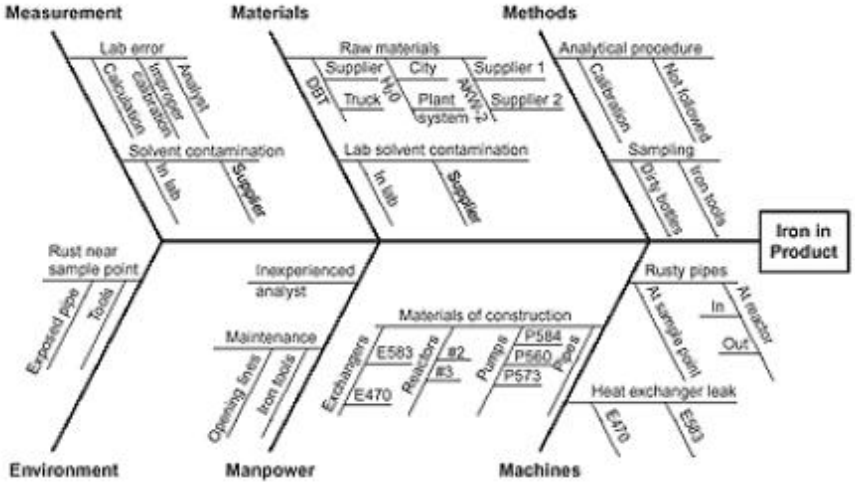
2.2.2.4 ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

พรเทพ เหลือทรัพย์สุข (2549) ได้กล่าวถึง ผังแสดงเหตุและผลเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) หรือแผนภาพโอชิกาว่า (Ishikawa Diagram) เป็นแผนภาพที่แสดงสาเหตุ (Cause) และผล (Effect) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของคุณภาพกับสาเหตุของมัน โดยการดึงเอาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดออกมาเรียบเรียงสาเหตุที่มีผลต่อคุณภาพ มีประโยชน์ในการใช้เป็นเครื่องมือในการระดมสมองจากสมาชิกภายในกลุ่ม ทำให้เห็นปัญหาอย่างเป็นระบบและทราบสาเหตุของเหตุที่เกิดขึ้น ซึ่งสาเหตุที่ได้นั้นจะละเอียดลึกซึ้งและมีขั้นตอนตามเหตุตามผล สะดวกที่จะนำสาเหตุนั้นๆไปพิจารณาแก้ไข อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปประยุกต์ในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆได้มากมาย ช่วยชี้นำหรือช่วยในการอภิปรายรวบรวมประเด็นในการอภิปรายให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์ผังก้างปลา จะพิจารณาแยกสาเหตุของปัญหาออกเป็นหัวข้อหลักทั้งหมด 6 กลุ่ม ดังนี้

- สาเหตุที่เกิดจากพนักงาน (Man)
- สาเหตุจากเครื่องจักร (Machine)
- สาเหตุจากวัตถุดิบ (Material)
- สาเหตุจากวิธีการทำงาน (Method)
- สาเหตุจากระบบการวัด (Measurement)
- สาเหตุจากสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิต (Environment)

การใช้แผนภูมิก้างปลาต้องอาศัยการระดมความคิดจากบุคคลหลายๆฝ่าย ถือเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งของการระดมความคิด (Brainstorming) อย่างไรก็ดีตามการระดมความคิดแบบใช้แผนภูมิก้างปลาถึงแม้จะให้ผลดี แต่ก็ทำได้ยากเพราะการเขียนก้างปลาให้ถูกต้องและครอบคลุมสาเหตุของปัญหาให้กว้างขึ้นนั้น จำเป็นต้องอาศัยผู้นำกลุ่มหรือประธานในการระดมความคิดที่ดีมีความสามารถและมีประสบการณ์มาก



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างผังแสดงเหตุและผลของกระบวนการผลิตเหล็ก (Cause and Effect Diagram) (ธีรพร เสนพรม,2550)

2.2.2.5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix)

พรเทพ เหลือทรัพย์สุข (2549) ได้กล่าวถึง ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลว่าเป็นตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนองที่ทำการศึกษา (KPOVs) กับปัจจัยนำเข้าที่สำคัญต่างๆที่ได้จากการระดมสมองโดยใช้ผังแสดงเหตุและผล โดยจะวิเคราะห์ถึงระดับความสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญนี้ที่มีผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองต่างๆที่พิจารณาโดยใช้ความรู้ความชำนาญและประสบการณ์ในการปฏิบัติงานของผู้ร่วมทำการระดมสมองผลลัพธ์ที่สำคัญของการทำตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลจะต้องทำแผนภูมิพาเรโตเพื่อเรียงปัจจัยตามลำดับผลกระทบที่มีต่อ

ปัญหาที่ทำการพิจารณาทำให้สามารถพิจารณาเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญในระดับต้นๆมาทำการแก้ไขก่อน หรือนำผลที่ได้มาใช้ในการประเมินแผนการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิต

ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลจะมีการกำหนดคะแนนตามความสำคัญของต่อลูกค้าและเป้าหมายเชิงกลยุทธ์ทางธุรกิจ ตัวเลขที่สูงจะแสดงถึงความสำคัญที่มากในแต่ละแถวจะแสดงตัวแปรจากผังกระบวนการหรือสาเหตุจากแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ส่วนจุดตัดของแต่ละแถวกับแต่ละคอลัมน์จะใช้สำหรับป้อนค่าระดับความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อยู่ในแถว (นอน) และคอลัมน์ ถ้าหากมีความสัมพันธ์กันมากน้ำหนักในที่นี้ก็จะมีค่าสูงขึ้น จำนวนค่าความสัมพันธ์ที่ป้อนในแต่ละช่องตามแนวนอน เมื่อนำมาคูณกับค่าความสำคัญในแถวบนแล้วรวมกับผลคูณที่ได้ไว้ในช่องขวามือสุดก็จะเป็นการบ่งบอกถึงความรุนแรงของผลกระทบที่จะมีผลต่อผลผลิต ค่าที่มีระดับคะแนนอยู่ในระดับสูงสุดจะสามารถอนุโลมได้ว่าเป็นตัวแปรหลักที่จะนำไปสู่กระบวนการผลิต (KPIVs) ซึ่งควรจับตามองและศึกษาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้น

2.2.2.6 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

ASQC (1983, อ้างถึงใน ธนากร เกียรติบรรลือ, 2551) กล่าวว่า เป็นเทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำหนด การบ่งชี้ และการขจัดปัญหา ความล้มเหลว และความผิดพลาด ต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นมาแล้วในระบบงานของการออกแบบ ของกระบวนการ และการบริการ ก่อนที่จะถึงลูกค้า ขณะที่ AIAG (2001, อ้างถึงใน กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2551) ได้ให้นิยามว่า เป็นกลุ่มของกิจกรรมเชิงระบบประการหนึ่ง (a systematic group of activities) ที่มีจุดมุ่งหมาย

(1) รับรู้และประเมินถึงแนวโน้มของข้อบกพร่อง (Potential Failure) ของผลิตภัณฑ์/กระบวนการหนึ่งและผลกระทบ (effect) จากข้อบกพร่องดังกล่าว
(2) การบ่งชี้ถึงการปฏิบัติการที่สามารถกำจัดทิ้งหรือลดโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง
(3) การดำเนินการจัดทำกระบวนการทั้งหมดให้อยู่ในรูปเอกสาร

<u>ประเภทของ FMEA</u>

โดยทั่วไปการจำแนกประเภทของ FMEA จะมีการจำแนกตามสิ่งที่มีการนำเอา FMEA ไปวิเคราะห์ความล้มเหลว ซึ่งตามข้อกำหนดของ ISO/TS 16949 จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. FMEA ในการออกแบบ (Design FMEA)
2. FMEA ในกระบวนการผลิต (Process FMEA)

2.2.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

ระยะนี้เป็นการวิเคราะห์ (Analysis) โดยมุ่งวิเคราะห์จำแนกสาเหตุปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นโดยใช้ข้อมูลที่ดีรับในช่วงก่อน เพื่อใช้ระบุปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักของความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการ โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังเช่นการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) การวิเคราะห์ความผันแปร (Analysis Of Variance) หรือ ANOVA รวมทั้งแผนภูมิพาเรโต้ แผนภูมิก้างปลา การใช้คำถาม 5 ครั้ง (5 Whys?) แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment หรือ DOE) ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ดังนั้นจึงได้นำเสนอทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบการทดลองในระยะนี้ (ไพโรจน์ บาลัน,2549)

2.2.3.1 การออกแบบทดลองเชิงสถิติ

การออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment) เป็นกระบวนการวางแผนการทดลองและนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์หลักการทางสถิติและหาข้อสรุปว่าปัจจัยนำเข้า (Input Variable) ใดมีผลต่อสิ่งที่ให้ความสนใจในผลิตภัณฑ์หรือสิ่งที่ออกมาจากระบบ (Output Response) โดยทั่วไปการทดลองจะถูกใช้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการหรือระบบ โดยส่วนใหญ่ลักษณะของกระบวนการเริ่มจากการรวมกัน ของปัจจัยนำเข้า (Input) อันประกอบด้วย เครื่องจักร คน วิธีการ วัตถุดิบ และทรัพยากรอื่นๆผ่านเข้าไปยังกระบวนการและปัจจัยป้อนเข้าเหล่านั้นจะเปลี่ยนรูปออกมาเป็นผลลัพธ์ (Output) ซึ่งแนวทางออกแบบการทดลองต่างๆ ซึ่งปารเมศ ชุติมา (2545) ได้อธิบายไว้ดังนี้

<u>การเลือกแบบการทดลอง</u>

- **แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design)**

เป็นแผนการทดลองที่ง่ายที่สุด เหมาะกับการทดลองที่แยกได้ว่าหน่วยทดลองที่นำมาใช้นั้นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรก่อนการทดลอง การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลอง

นี้จะแยกสาตุความผันแปรผันของข้อมูลทั้งหมดว่า เนื่องมาจากอิทธิพลของทรีทเมนต์แต่เพียงอย่างเดียว ไม่มีสาเหตุของปัจจัยอื่นอีก จึงเรียกข้อมูลนี้ว่าข้อมูลแจกแจงทางเดียว (One-Way Classification)

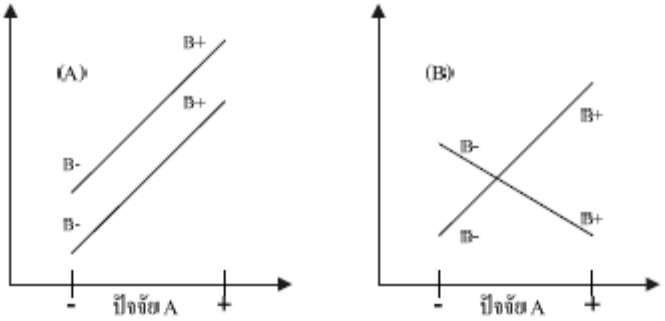
- **การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design)**

ในบางการทดลองอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับหน่วยการทดลองที่ใช้ไม่มีความสม่ำเสมอ ทำให้แผนการใช้การทดลองแบบสุ่มตลอดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากความผันแปรที่เกิดจากหน่วยทดลองรวมข้อมูลจะไม่ใช่ผลของทรีทเมนต์เพียงอย่างเดียวแต่อาจมีความผันแปรที่เกิดจากหน่วยทดลองรวมอยู่ด้วยซึ่งความแปรผันส่วนหลังนี้จะไปรวมอยู่กับความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ทำให้ยอดรวมของผลบวกกำลังสองความคลาดเคลื่อนมีค่าสูงขึ้น มีผลต่อการทดสอบทำให้ผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงต้องพยายามแยกผลอันเกิดจากอิทธิพลอื่นที่ไม่ใช่ทริทเมนต์ออกจากความแปรปรวนทั้งหมด เพื่อให้แน่ใจว่าผลที่นำมาวิเคราะห์เป็นอิทธิพลของทรีทเมนต์ (Treatment Effect) แต่เพียงอย่างเดียว

- **แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design)**

การทดลองแบบแฟคทอเรียล เป็นการศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนองในทุกๆ ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (Treatment Combination) ที่มีจำนวน 2 ปัจจัยขึ้นไปทุกๆ Treatment Combination ของปัจจัยนำเข้าทุกตัว จะได้รับการศึกษาไปพร้อมๆกัน

ผลกระทบจากปัจจัยนำเข้าจะนิยามด้วยการตรวจสอบค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองที่ศึกษาที่เกิดขึ้นโดยการเปลี่ยนระดับของปัจจัยนำเข้านี้ เรียกว่า “อิทธิพลหลัก (Main Effect)” ส่วนอิทธิพลร่วม (Interaction) จะหมายถึงค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองในระดับปัจจัยนำเข้าตัวหนึ่งจะมีค่าไม่เท่ากันในระดับต่างๆของปัจจัยนำเข้าตัวอื่นๆซึ่งแสดงๆได้โดยพิจารณาจากแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรตอบสนอง ดังรูป 2.6



รูปที่ 2.6 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่ไม่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย (A) และการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย (B) (ปารเมศ ชุติมา, 2545)

จากรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่า เส้นของ B- และ B+ จะประมาณได้ว่าขนานกัน ซึ่งลักษณะของกราฟเช่นนี้จะบ่งบอกถึงการไม่มีอันตรกิริยาซึ่งกันและกันของปัจจัยทั้งสอง ในทำนองเดียวกันจากรูปที่ 2.6B จะเห็นได้ว่า เส้นของ B- และ B+ ไม่ขนานกัน และสามารถกล่าวได้ว่าปัจจัยทั้งสองมีอันตรกิริยากัน บ่อยครั้งที่กราฟลักษณะเช่นนี้ไม่ควรนำมาใช้แทนเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติเพราะว่าการตีความจากกราฟค่อนข้างที่ขึ้นอยู่กับความคิดเห็นส่วนบุคคล ซึ่งอาจทำให้เกิดการเข้าใจผิดหรือวิเคราะห์ผิดพลาดได้

2.2.4 ระยะการแก้ไขปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase)

กาญจนา สร้อยระย้า และคณะ (2546) ได้กล่าวถึง ระยะปรับปรุง (Improve) ว่า เป็นระยะที่หาระดับที่เหมาะสม โดยการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodlogy, RSM) มีรายละเอียดดังนี้

2.2.4.1 การออกแบบการทดลองสำหรับพื้นผิวผลตอบ

ปารเมศ ชุติมา (2545) ได้อธิบายถึง วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodlogy, RSM) เป็นการรวบรวมเอาเทคนิคทั้งทางคณิตศาสตร์และทางสถิติที่มีประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลอง และการวิเคราะห์ปัญหา โดยที่ผลตอบที่สนใจขึ้นอยู่กับหลายตัวแปร และมีวัตถุประสงค์ที่จะหาค่าที่ดีที่สุดของผลตอบนี้

กราฟฟิตและวิเคราะห์พื้นผิวผลตอบจะทำได้ง่ายถ้าเราเลือกการออกแบบการทดลองที่เหมาะสม ซึ่งลักษณะของการของการออกแบบที่ต้องพิจารณาบางประการคือ

- ทำให้เกิดการแจกแจงที่เหมาะสมของข้อมูลตลอดบริเวณที่ทำการพิจารณา
- ทำให้สามารถตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง และ Lack of Fit **ได้**
- ทำให้การทดลองสามารถเกิดขึ้นได้ในบล็อก
- ทำให้การออกแบบที่มีอันดับ (Order) สูงขึ้น สามารถสร้างขึ้นได้ตามลำดับ
- ให้ค่าประมาณภายในของความผิดพลาด
- ไม่ต้องมีหลายระดับของตัวแปรอิสระ
- คำนวณพารามิเตอร์ในแบบจำลองได้ง่าย

2.2.5 ระยะติดตามควบคุม (Control Phase)

ระยะควบคุม (Control) เป็นช่วงสุดท้ายของกระบวนการ DMAIC โดยมีการจัดทำมาตรฐานสำหรับปัจจัยนำเข้า กระบวนการ และผลลัพธ์ เพื่อรักษามาตรฐานหลังจากที่ได้ดำเนินโครงการปรับปรุง โดยมีการวางแผนควบคุมกระบวนการ เพื่อมุ่งป้องกันไม่ให้ปัญหาต่างๆเกิดขึ้นซ้ำอีก ดังเช่น การปรับปรุงวิธีการทำงาน จัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน และจัดทำแผนการฝึกอบรมกำหนดตัวชี้วัดสำหรับควบคุม การตรวจสอบกระบวนการ การใช้กลไกสำหรับตรวจจับความบกพร่องและการติดตามควบคุมกระบวนการใช้แผนภูมิควบคุมหรือการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control) รวมทั้งการประเมินและสรุปผลการดำเนินโครงการ (ไพโรจน์ บาลัน,2549)

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพิมพ์พลาสติก

ในการพิมพ์พลาสติกจะใช้ระบบการพิมพ์พื้นลึกเป็นระบบการพิมพ์ที่บริเวณภาพของแม่พิมพ์อยู่ต่ำกว่าบริเวณไร้ภาพ โดยมีลักษณะเป็นร่องหรือเป็นบ่อลึกลงไปจากพื้นผิวของแม่พิมพ์ ทั้งนี้หลักการพิมพ์พื้นลึกแตกต่างจากระบบการพิมพ์อื่น คือ เมื่อจ่ายหมึกพิมพ์ให้กับแม่พิมพ์แล้ว ต้องปาดหมึกพิมพ์ส่วนเกินบริเวณผวหน้าออกให้หมดก่อนที่จะทำการพิมพ์ สามารถแบ่งระบบการพิมพ์พื้นลึกออกได้เป็น 3 ประการใหญ่ๆ คือ การพิมพ์อินทาลโย การพิมพ์กราวัวร์ และการพิมพ์แพด โดยในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการพิมพ์กราวัวร์เพียงแบบเดียว เนื่องจาก โรงงานกรณีศึกษาใช้การพิมพ์กราวัวร์ในกระบวนการพิมพ์พลาสติก ซึ่ง ไพจิตร์ นรากรไพจิตร์ และคณะ (2542) ได้อธิบายถึงกระบวนการพิมพ์กราวัวร์ไว้ดังนี้

2.3.1 กระบวนการพิมพ์กราวัวร์

การพิมพ์กราวัวร์ เป็นระบบการพิมพ์พื้นลึก หมึกพิมพ์ที่ใช้เป็นหมึกเหลว ซึ่งบรรจุในเซลล์หรือบ่อหมึกบนโมแม่พิมพ์ เมื่อทำการพิมพ์ หมึกที่อยู่ในบ่อหมึกนี้จะถ่ายโอนไปยังวัสดุใช้พิมพ์ ซึ่งอยู่ระหว่างโมแม่พิมพ์และลูกกลิ้งกดภายใต้แรงกด

การพิมพ์กราวัวร์ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะนิยมใช้พิมพ์สิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ เนื่องจากเป็นสิ่งพิมพ์ที่มีปริมาณการผลิตสูง โดยเฉพาะสิ่งพิมพ์สำหรับบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว (flexible packaging) ในระบบการพิมพ์กราวัวร์มีขั้นตอนหลักเหมือนระบบการพิมพ์ทั่วไป โดยขั้นตอนสำคัญของการพิมพ์จะได้แก่ การเตรียมพร้อมพิมพ์และการควบคุมเครื่องพิมพ์ขณะพิมพ์

<u>การเตรียมพร้อมพิมพ์</u>

การเตรียมพร้อมพิมพ์ เป็นขั้นตอนในการเตรียมเครื่องพิมพ์และวัสดุทางการพิมพ์ที่ใช้บนเครื่องพิมพ์ให้พร้อม และมีการปรับตั้งให้พร้อมเพื่อพิมพ์งานพิมพ์จริงที่ลูกค้าต้องการ การเตรียมพร้อมพิมพ์ เป็นขั้นตอนที่สำคัญ และใช้เวลาแตกต่างกันไปในแต่ละงานพิมพ์กราวัวร์ การเตรียมพร้อมพิมพ์สามารถแบ่งได้เป็นขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การติดตั้งโมแม่พิมพ์ การป้อนหมึกพิมพ์และติดตั้งใบปาดหมึก การป้อนวัสดุใช้พิมพ์ การปรับตั้งใบปาดหมึก การปรับตั้งแรงกดพิมพ์ การปรับตั้งระบบทำแห้ง และการทดลองพิมพ์

(1) การติดตั้งโมแม่พิมพ์ เนื่องจากโมแม่พิมพ์กราวัวร์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในประเทศไทยเป็นโมโลหะที่มีน้ำหนักมาก การใส่โมเข้าเครื่องพิมพ์เป็นงานที่ต้องระมัดระวังและใช้เวลามากโดยเฉพาะเครื่องพิมพ์ขนาดใหญ่ โมมีขนาดใหญ่และหนักต้องใช้กำลังมากในการเคลื่อนนำโมแม่พิมพ์ติดตั้งในเครื่องพิมพ์ ทำให้เสียเวลามากจึงมีการใช้อุปกรณ์ช่วยยกโมแม่พิมพ์ หรือในต่างประเทศมีการใช้หุ่นยนต์ เพื่อช่วยลดเวลาการติดตั้งโมแม่พิมพ์ที่หนักได้ภายในเวลาไม่นาน การติดตั้งโมแม่พิมพ์ในแต่ละหน่วนพิมพ์ ต้องคำนึงถึงลำดับสีที่ใช้ในงานพิมพ์นั้นๆด้วย เช่น ถ้างานพิมพ์นั้นมีการพิมพ์ 8 สี โดยมีสีที่ 1 เป็นสีที่พิมพ์ก่อนและสีที่ 8 เป็นสีสุดท้ายตามลำดับดังนี้ สีเขียว สีฟ้า สีดำ สีเหลือง สีม่วงแดง สีน้ำเงินเขียว และสีขาว ในการติดตั้งโมแม่พิมพ์ก็ควรติดตั้งตามลำดับด้วย

(2) การป้อนหมึกพิมพ์และติดตั้งใบปาดหมึก หมึกพิมพ์ที่ใช้สำหรับการพิมพ์กราวัวร์ เป็นหมึกเหลวที่มีทั้งหมึกพิมพ์ชุดสอดสี และหมึกผสมที่ได้เตรียมไว้แล้วเป็นสีที่มีความหนืดตามต้องการ การป้อนหมึกพิมพ์ทำโดยการเคลื่อนถังหมึกพิมพ์ที่ใช้ไปยังเครื่องพิมพ์และติดเข้ากับส่วนป้อน ถ้าถังหมึกเป็นระบบปั๊มจะปั๊มหมึกจากถังหมึกเข้าอ่างหมึก ถ้าไม่มีระบบปั๊ม ช่างพิมพ์ต้องทำการป้อนหมึกในรางหมึกด้วยตนเอง จากนั้นทำการติดตั้งใบปาดหมึกของหน่วยพิมพ์แต่ละหน่วยด้วย

(3) การป้อนวัสดุใช้พิมพ์ วัสดุใช้พิมพ์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปม้วน ช่างพิมพ์ต้องนำวัสดุใช้พิมพ์ที่ถูกต้องเฉพาะของงานนั้นๆ ป้อนเข้าเครื่องพิมพ์ โดยอาจใช้อุปกรณ์รถยกช่วยเนื่องจากม้วนวัสดุใช้พิมพ์มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ขณะเดียวกันในการร้อยผ่านสายของวัสดุใช้พิมพ์ป้อนเข้าเครื่องพิมพ์ ต้องระมัดระวังในการป้อน โดยให้วัสดุใช้พิมพ์ด้านที่เหมาะสมรับหมึกพิมพ์ โดยเฉพาะวัสดุใช้พิมพ์ที่มีการปรับสภาพผิวเพียงด้านเดียว

(4) การปรับตั้งใบปาดหมึก ต้องทำการปรับตั้งใบปาดหมึกให้มาสัมผัสกับโมแม่พิมพ์ด้วยแรงกดที่สม่ำเสมอ เพื่อปาดหมึกบริเวณกำแพงออกก่อน โดยมีมุมการปาดที่เหมาะสม มุมการปาดเป็นมุมที่เกิดระหว่างใบปาดหมึกกับเส้นสัมผัสบนโมแม่พิมพ์ โดยปกติมุมปาดหมึกที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 60 องศา ถ้ามุมการปาดไม่เหมาะสม มุมใหญ่หรือมุมเล็กเกินไปจะมีผลต่อปริมาณหมึกพิมพ์ที่ถ่ายโอนจากบ่อหมึกไปยังวัสดุใช้พิมพ์ได้ กล่าวคือ ถ้ามุมใหญ่ขึ้น การปาดหมึกมากขึ้น หมึกถ่ายโอนจะน้อยลง ขณะเดียวกัน การปรับแรงกดบนใบปาดหมึกไม่ควรมากจนทำให้ใบปาดหมึกโค้งงอ เพราะการโค้งงอของใบปาดหมึกมีผลทำให้มุมการปาดเปลี่ยนไปจากเดิม

(5) การปรับตั้งแรงกดพิมพ์ เป็นการปรับตั้งแรงกดพิมพ์ของลูกกลิ้งกดพิมพ์เพื่อกดวัสดุใช้พิมพ์ให้แนบสัมผัสกับโมแม่พิมพ์ ช่วยให้วัสดุใช้พิมพ์รับการถ่ายโอนหมึกพิมพ์จากโมแม่พิมพ์ดีขึ้น ในการปรับตั้งแรงกดพิมพ์มีปัจจัยที่ควรคำนึง ได้แก่ ลูกกลิ้งกดพิมพ์และแรงกดพิมพ์

(5.1) ลูกกลิ้งกดพิมพ์ เป็นลูกกลิ้งที่มีวัสดุแกนกลางส่วนใหญ่เป็นเหล็กแล้วหุ้มด้วยยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ มีความหนาประมาณ 12-20 มิลลิเมตร ความแข็งของยางที่ใช้มีหน่วยเป็นองศาชอร์เอ ความแข็งตั้งแต่ 60-100 องศาชอร์เอ

ความแข็งของยางที่ใช้ขึ้นอยู่กับวัสดุใช้พิมพ์ ถ้าเป็นวัสดุที่ใช้พิมพ์ที่แข็งทรงตัว จะใช้ยางที่มีความแข็งมาก และถ้าเป็นวัสดุใช้พิมพ์ที่อ่อนตัวได้ดี จะใช้ยางที่มีความแข็งน้อยลง เช่น ถ้าวัสดุใช้พิมพ์เป็นกระดาษคราฟต์ ความแข็งของยางประมาณ 90 องศาชอร์เอ ถ้าเป็นวัสดุที่ใช้พิมพ์ประเภทเซลโลเฟนหรือฟิล์มพลาสติก จะใช้ยางอ่อนที่มีความแข็งประมาณ 60 องศาชอร์เอ

(5.2) แรงกดพิมพ์ เป็นแรงที่กระทำบริเวณสัมผัสหรือนิป (nip) ระหว่างลูกกลิ้งกดพิมพ์และโมแม่พิมพ์ แรงกดพิมพ์ควรสม่ำเสมอตลอดความยาวโมแม่พิมพ์ แรงกดพิมพ์ มักดูที่แรงกดนิป ซึ่งระบุเป็นหน่วยความกว้างตลอดแนวยาวหน้าโม และมีชื่อเรียกความกว้างนี้ว่า **ความกว้างนิป (Nip Width)** เช่น 5/8 นิ้ว และ ½ นิ้ว เป็นต้น ความกว้างนิปมากหรือน้อยขึ้นกับความแข็งของยางหุ้มลูกกลิ้งกดและแรงกด ความกว้างนิปเป็นสิ่งสำคัญเพราะเป็นบริเวณของกาถ่ายโอนภาพไปยังวัสดุใช้พิมพ์

(6) การปรับตั้งระบบทำแห้ง เป็นการปรับตั้งระบบที่ช่วยให้หมึกพิมพ์แห้งตัว ซึ่งมีอยู่ในแต่ละหน่วยพิมพ์ การปรับตั้งระบบทำแห้งขึ้นอยู่กับลักษณะของเครื่องพิมพ์ที่ใช้ซึ่งต้องสัมพันธ์กับลักษณะ

การแห้งตัวของหมึกพิมพ์ ส่วนใหญ่ยังคงเป็นระบบการทำแห้งด้วยการระเหย ดังนั้น การปรับตั้งจึงเป็นการปรับเวลาทำแห้ง อุณหภูมิทำแห้งและความเร็วของลมที่ใช้ในการทำแห้ง

(7) การทดลองพิมพ์ เมื่อโมแม่พิมพ์ วัสดุใช้พิมพ์ หมึกพิมพ์ และอุปกรณ์อื่นๆ ทางการพิมพ์อยู่ในสภาพที่พร้อมแล้ว ให้ทำการทดลองพิมพ์ ซึ่งในขณะทดลองพิมพ์ ช่างพิมพ์ ต้องทำการปรับหมึกพิมพ์ใบปาดหมึก ตำแหน่งภาพพิมพ์ให้เหมาะสมจนเป็นที่พอใจ และตั้งสภาพการพิมพ์นั้นไว้ แล้วนำภาพพิมพ์ที่ได้ไปตรวจสอบงานพิมพ์ ซึ่งการตรวจสอบงานพิมพ์โดยปกติตรวจสอบโดยผู้ควบคุมคุณภาพงานพิมพ์ซึ่งจะบันทึกสภาพการพิมพ์นั้นไว้ เช่น ความหนืดหมึกพิมพ์ และความเร็วในการพิมพ์ เป็นต้น เมื่อภาพพิมพ์ที่ทดลองพิมพ์ผ่านการตรวจสอบ ผู้ควบคุมคุณภาพต้องหมั่นมาตรวจสอบเพื่อให้สภาพการพิมพ์คงสภาพเดิมตลอดงานพิมพ์ช่างพิมพ์ก็ต้องพยายามคงสภาพการพิมพ์นั้นไว้ตลอดงานพิมพ์เช่นกัน

<u>การควบคุมเครื่องพิมพ์ขณะพิมพ์</u>

หลังจากที่เตรียมพร้อมพิมพ์เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปต้องระมัดระวังในเรื่องการควบคุมให้ได้งานพิมพ์เหมือนกันตลอดตั้งแต่ต้นจนจบ สิ่งที่ต้องควบคุมในขั้นตอนนี้มีหลายประการ ได้แก่ การควบคุมวัสดุใช้พิมพ์ที่ป้น การควบคุมการพิมพ์เหลื่อม และการควบคุมสีและความสะอาด

1.การควบคุมวัสดุใช้พิมพ์ที่ป้อน วัสดุใช้พิมพ์ที่ป้อนเข้าไปยังหน่วยพิมพ์ต้องได้รับการควบคุมให้เคลื่อนด้วยความเร็วสม่ำเสมอ มีความตึงของวัสดุใช้พิมพ์สม่ำเสมอตลอดแนวหน้ากว้าง รวมทั้งเมื่อมีการป้อนวัสดุใช้พิมพ์ใหม่แทนม้วนวัสดุใช้พิมพ์ม้วนก่อนหน้าที่กำลังหมดม้วน การต่อม้วนวัสดุใช้พิมพ์ต้องกระทำด้วยความระมัดระวังและต้องควบคุมให้วัสดุใช้พิมพ์ยังคงเคลื่อนด้วยความเร็วคงที่ ไม่ควรปรับเปลี่ยนความเร็วของเครื่องพิมพ์ที่ใช้เมื่อเปลี่ยนม้วนวัสดุใช้พิมพ์เพราะการปรับเปลี่ยนความเร็วขณะพิมพ์มีผลต่อภาพพิมพ์ที่ได้ทำการเตรียมพร้อมพิมพ์ไว้แล้ว

2.การควบคุมการพิมพ์เหลื่อม หมั่นตรวจดูไม่ให้ภาพพิมพ์ เหลื่อมไปจากที่ควรเป็น โดยปกติแล้วการพิมพ์ระบบกราวัวร์นิยมใช้ระบบการพิมพ์แบบป้อนม้วน ปัญหาการพิมพ์เหลื่อมเกิดขึ้นน้อยมากหลังจากที่เครื่องพิมพ์ได้รับการปรับให้เหมาะกับการพิมพ์งานนั้นเรียบร้อยแล้ว การเกิดการพิมพ์เหลื่อมมักเกิดได้ในบางกรณี เช่น เมื่อมีการเปลี่ยนม้วน เมื่อโมแม่พิมพ์มีปัญหาต้องเปลี่ยนออกเพื่อทำโมแม่พิมพ์ใหม่ ม้วนวัสดุใช้พิมพ์ไม่เรียนเคลื่อนไม่สม่ำเสมอ การตรวจดูการพิมพ์เหลื่อมอาจดูได้จากอุปกรณ์ช่วยที่เรียกว่า สโตรโบสโคป หรือติดตั้งเครื่องควบคุมการพิมพ์เหลื่อม ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบ

เครื่องหมายพิมพ์เหลื่อมอัตโนมัติที่พิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ ถ้าเครื่องหมายพิมพ์เหลื่อมอัตโนมัติบนภาพพิมพ์ของหน่วยพิมพ์แต่ละหน่วยอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้องไป ภาพพิมพ์และโมแม่พิมพ์จะได้รับการปรับตั้งอัตโนมัติ ณ หน่วยพิมพ์นั้นๆ

3.การควบคุมสีและความสะอาด การควบคุมสีควรควบคุมหมึกพิมพ์ให้มีปริมาณและความหนืดที่เหมาะสม ไม่น้อยจนแห้งคารางหมึกพิมพ์เพราะหมึกพิมพ์กราวัวร์เป็นหมึกพิมพ์เหลวที่มีตัวทำละลายที่ระเหยได้ผสมอยู่ ตัวทำละลายอาจระเหยไปขณะพิมพ์ ต้องหมั่นตรวจความหนืดของหมึกพิมพ์ให้เหมาะสม รวมทั้งความสะอาดของภาพพิมพ์ที่ต้องคอยหมั่นดู เช่น สีกระเด็นเปรอะเปื้อน รอยพิมพ์ที่ไม่ใช่ภาพที่เกิดจากแผลบนโมแม่พิมพ์ เป็นต้น ถ้ามีแผลบนโมแม่พิมพ์ ต้องทำการหยุดเครื่องและนำโมแม่พิมพ์ไปทำการปรับปรุงแก้ไขก่อน ถ้ามีเศษหมึกควรนำหมึกพิมพ์ในรางหมึกไปกรองเศษหมึกออกก่อน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 Yam Hong See (1999)

งานวิจัยนี้ทำการลดของเสียของกระบวนการหยอดกาวที่ Flip-Chip โดยที่กระบวนการหยอดกาวนี้เป็นกระบวนการที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนของ Flip-Chip โดยปัญหาที่เกิดขึ้นคือ หากทำการหยอดกาวมากเกินไป อาจจะทำให้กาวไปเลอะพื้นที่สำคัญบริเวณตัวงาน ในทางตรงกันข้ามถ้าหากทำการหยอดกาวน้อยเกินไปก็จะทำให้ความแข็งแรงของรอยต่อนั้นลดลง ซึ่งไม่ว่าจะหยอดกาวเยอะหรือน้อยเกินไป ก็จะทำให้เกิดของเสียขึ้น ผลจากการปรับปรุงกระบวนการหยอดกาวด้วยวิธี ซิกซ์ ซิกมา สามารถลดของเสียจาก 1,800 DPPM เหลือประมาณ 550 DPPM และสามารถลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากของเสียได้ 21,246 ดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งงานวิจัยนี้จะเป็นการหาปริมาณกาวที่เหมาะสมกับการหยอดกาวเพื่อให้เกิดของเสียในระดับน้อยที่สุด จากการใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา จะเห็นผลได้ว่ามีการลดลงของเสียในระดับที่น่าพอใจ

2.4.2 Tin King Ang (1999)

ทำการศึกษาเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่เกิดจากการใช้ขนาดของแพลเลท เป็นครึ่งหนึ่งจากขนาดเดิมด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกมา 16.15 กิโลกรัม เหลือ 8 กิโลกรัมต่อแพลเลท เนื่องจากน้ำหนักทั้งหมดมีความผันแปรโดยตรงกับค่าใช้จ่ายในการขนส่ง หลังจากการดำเนินการปรับปรุง สามารถที่จะลด

น้ำหนักของแพลเลทเหลือ 7 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อคิดเป็นค่าขนส่งที่สามารถประหยัดได้เท่ากับ 124,970 ดอลลาร์สหรัฐ เป็นมูลค่าสูงมาก จะสรุปได้ว่าวิธีการซิกซ์ ซิกมา ที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จ

2.4.3 Coronado and Antony (2002)

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่นำไปสู่ความสำเร็จในการนำเอา ซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในองค์กรต่างๆ เพื่อใช้ในการปรับปรุงกลยุทธ์ทางธุรกิจโดยการเพิ่มกำไร จากการขจัดความแปรปรวนและลดของเสียในกระบวนการรวมถึงการลดค่าใช้จ่ายทางคุณภาพ ทราบถึงความต้องการและค่าคาดหวังของลูกค้าโดยนำเทคนิคและเครื่องมือทางสถิติเช่น Motorola ได้ใช้จ่ายในการให้ความรู้และอบรมพนักงาน 170 ล้านเหรียญสหรัฐ แต่สามารถที่จะประหยัดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากค่าใช้จ่ายด้านคุณภาพได้ถึง 22 ล้านเหรียญสหรัฐ จากงานวิจัยนี้ จะพบว่าการลดของเสียนั้นจะทำให้เกิดประโยชน์ต่อ องค์กรกรณีศึกษาเป็นอย่างยิ่ง

2.4.4 ภัทรา อายุวัฒน์ (2546)

งานวิจัยนี้ได้ใช้แนวทาง ซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการประกอบชุดหัวอ่านสำเร็จ อันเนื่องมาจากข้อบกพร่องต่างๆ โดยนำแนวทางซิกซ์ ซิกมา เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการรับน้ำหนักกดของชุดหัวอ่านสำเร็จ เป็น ข้อกำหนดด้านผลิตภัณฑ์ของลูกค้า โดยหน่วยวัดผลระดับการปรับปรุงการวิจัยที่กำหนด คือปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในหน่วย DPPM ซึ่งจะทำให้พบว่า แนวทาง ซิกซ์ ซิกมา สามารถนำมาใช้ในการลดของเสียได้ผลเป็นอย่างดี

2.4.5 วีรพจน์ เหล่าโพธิวิหาร (2544)

งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาทฤษฎี ปรัชญา และขั้นตอนในการนำระบบ ซิกซ์ ซิกมา มาใช้ปรับปรุงผลิตภาพ รวมถึงกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงสำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ โดยกระบวนการการจัดการโครงสร้างองค์กร การอบรม และเส้นทางของระบบ ซิกซ์ ซิกมา ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต้นทุนที่ประหยัดได้ประมาณ 353,300 เหรียญสหรัฐ ซึ่งถือว่าประหยัด ได้เกินกว่าเป้าที่ตั้งไว้ จากงานวิจัยนี้ จะเห็นว่าระบบ ซิกซ์ ซิกมานั้น ยังสามารถนำมาใช้ในการเพิ่มผลิตภาพได้อย่างดี

2.4.6 นวลพรรณ ใจงาม (2543)

งานวิจัยนี้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา โดยหลังจากการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่าอัตราส่วนข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตลดลงจาก 31,600 DPPM เป็น 7,890 DPPM หรือเทียบในระดับ ซิกซ์ ซิกมา สามารถปรับปรุงจากระดับ 3.36 เป็น 3.91 และสามารถลดค่าความเสียหายและได้รับผลประโยชน์ตอบแทนจากการปรับปรุงคุณภาพ 163,999 ดอลลาร์สหรัฐ ภายในระยะเวลาสองไตรมาส จะพบว่างานวิจัยนี้สามารถใช้แนวทาง ซิกซ์ ซิกมา มาลดของเสียได้เป็นอย่างดี

2.4.7 ทรงพล พิเชษฐวัฒนา (2546)

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงดึงระหว่าง Slider และ Flexure ของหัวอ่านข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและเสนอเงื่อนไขที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มคุณภาพของแรงดึงหัวอ่านเขียนข้อมูล การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยใช้แผนภาพและเหตุผล ซึ่งได้ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 4 ปัจจัย จากนั้นเมื่อนำปัจจัยทั้ง 4 ไปทำการทดลองพบว่ามี 3 ปัจจัยที่มีผลต่อแรงดึง ได้แก่ อัตราส่วนผสมของสารยึดเหนี่ยว อุณหภูมิการอบ และเวลาในการอบ จากนั้นจึงทำการทดลองอีกครั้งโดยเพิ่มการทำซ้ำ เพื่อหาสภาพการทำงานที่เหมาะสมที่สุดโดยไม่ขัดต่อเงื่อนไขทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับหัวอ่านเขียน ผลการทดลองพบว่าสภาพการทำงานที่เหมาะสมที่ทำให้หัวอ่านมีค่าแรงดึงที่สูง คือ อัตราส่วนผสม 4:1 อุณหภูมิ 300 องศาฟาเรนไฮต์ และเวลาในการอบ 16 นาที งานวิจัยนี้จะเป็นการนำวิธีการออกแบบการทดลองมาใช้ในการการศึกษาหาสภาพการทำงานที่เหมาะสม ซึ่งจากการทดลองแล้วพบว่า แนวทางนี้สามารถหาสภาพการทำงานที่เหมาะสมที่สุดได้

2.4.8 ภาณุ ชุดเจือจีน (2550)

งานวิจัยนี้จะนำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นจากการพ่นสีรองพื้น ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญมากในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิกา ที่มีความต้องการด้านคุณภาพของสินค้าสูงมาก โดยก่อนการปรับปรุงมีของเสียอยู่ 19,615 DPPM จะใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล การวิเคราะห์ผลกระทบของโหมดของเสีย (FMEA) เครื่องมือทางสถิติพื้นฐานเพื่อกรองปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อกระบวนการ การประยุกต์การออกแบบการทดลองและหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของกระบวนการ และการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้น หลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่า

ของเสียลดลงเหลือ 3,240 DPPM จะพบว่าแนวคิดซิกซ์ ซิกมา สามารถนำมาใช้ในการลดของเสียได้เป็นอย่างดี

2.4.9 ธีรพร เสนพรหม (2550)

งานวิจัยนี้ได้ใช้แนวคิด ซิกซ์ ซิกมา เข้ามาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกเพื่อที่จะลดของเสียจากข้อตำหนิประเภทรอยขีดข่วนของแม่แบบแก้วที่ใช้ในการผลิตเลนส์สายตาชนิดบางพิเศษ ซึ่งเป็นแม่แบบที่มีราคาสูงและไม่สามารถซ่อมแก้ไขได้เมื่อเกิดรอยตำหนิ จึงกระทบต่อต้นทุนในการผลิตเลนส์มาก โดยได้ดำเนินงานตาม 5 ขั้นตอน DMAIC ของ ซิกซ์ ซิกมา พบว่าผลหลังการปรับปรุง สัดส่วนของเสียของแม่แบบเสียลดลงจาก 0.25% หรือ 2,512 PPM เหลือ 0.083% หรือ 826 PPM ซึ่งมีค่าลดลง 66.8% เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของแม่แบบเสียก่อนการปรับปรุง สามารถลดมูลค่าความสูญเสียรวมได้เท่ากับ 2,398,621 บาทต่อปี จะเห็นได้ว่าผลของการดำเนินงานตาม DMAIC ของซิกซ์ ซิกมา สามารถลดความสูญเสียได้เป็นอย่างมาก

2.5 สรุปการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว จะเห็นได้ว่าการนำ แนวทางซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในการลดของเสียในกระบวนการต่างๆ เมื่อทำการวิเคราะห์ผลแต่ละงานวิจัยแล้ว พบว่าได้ผลออกมาเป็นที่น่าพอใจ สามารถลดของเสียเวลาได้เป็นจำนวนมาก โดยการดำเนินงานตามขั้นตอน DMAIC ของแนวทาง ซิกซ์ ซิกมา มีการนำการออกแบบการทดลองมาใช้เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการรวมไปถึงสภาพการทำงานที่เหมาะสมกับกระบวนการมากที่สุด ทั้งนี้ทั้งนั้นยังไม่พบการนำแนวทางซิกซ์ ซิกมา มาใช้กับกระบวนการพิมพ์พลาสติก ผู้วิจัยจึงได้นำแนวทางซิกซ์ ซิกมา มาใช้ในการลดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก จะทำให้ผลของงานวิจัยนี้ แสดงได้ว่าแนวทางซิกซ์ ซิกมา ก็สามารถประยุกต์ใช้กับกระบวนการพิมพ์พลาสติกได้เช่นกัน

บทที่ 3

ระยะนิยามปัญหา (Define Phase)

3.1 บทนำ

ระยะนิยามปัญหา (Define Phase) เป็นขั้นตอนเริ่มแรกของแนวทางซิกซ์ ซิกมา จัดได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแนวทางในการดำเนินการวิจัย ในขั้นตอนนี้จะประกอบไปด้วยการศึกษากระบวนการผลิต การกำหนดปัญหา กำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด โดยจะนำเทคนิคต่างๆมาประกอบการนิยามปัญหา

3.2 ศึกษากระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตจะแบ่งออกเป็น 4 แผนก ดังนี้

3.2.1 แผนกเป่า

แผนกเป่าถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการผลิตถุงพลาสติกก็ว่าได้ เป็นการนำวัตถุดิบมาแปรสภาพให้กลายเป็นถุงพลาสติก โดยจะมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการจัดเตรียมส่วนผสมของเม็ดพลาสติก โดยพนักงานทำการชั่งตวงเม็ดพลาสติกและส่วนผสมอื่นๆตามสูตรที่ได้กำหนดไว้ โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักที่อยู่หน้างาน

2. นำวัตถุดิบที่เตรียมไว้ เข้าเครื่องเป่าฟิล์ม และทำการเป่าฟิล์มออกมา จากนั้นจึงอัดรีดแผ่นฟิล์ม

3. เมื่อได้แผ่นฟิล์มออกมาจากเครื่องเป่าแล้ว เราจะทำการสลิทแผ่นฟิล์ม เพื่อที่จะเตรียมตัวนำแผ่นฟิล์มไปผ่านกระบวนการพิมพ์ต่อไป

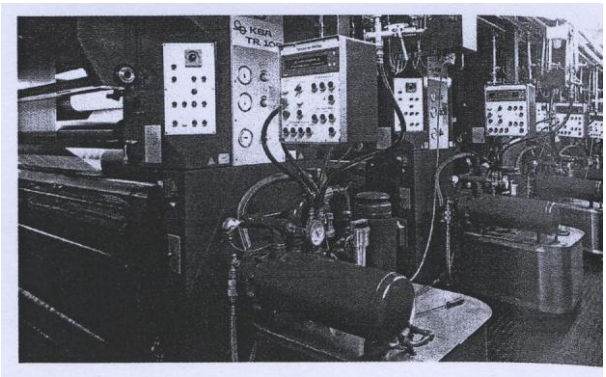
รูปที่ 3.1 เครื่องเป่าฟิล์มพลาสติก

3.2.2 แผนกพิมพ์

เนื่องด้วยลูกค้าต้องการที่จะให้ชิ้นงาน มีตราสัญลักษณ์หรือภาพต่างๆบนตัวชิ้นงาน ดังนั้น แผนกพิมพ์จึงจัดได้ว่าเป็นแผนกที่สำคัญในการเพิ่มมูลค่าของสินค้า กระบวนการต่างๆจะมีดังนี้

1. จัดเตรียมบล๊อค สี ในแบบที่ลูกค้าต้องการ พร้อมทั้งปรับตั้งค่าเครื่องจักร ให้พร้อมสำหรับเริ่มต้นกระบวนการพิมพ์พลาสติก

2. นำม้วนพลาสติกที่ได้จากแผนกเป่า เตรียมไว้ที่เครื่องพิมพ์ ซึ่งในโรงงาน กรณีศึกษาจะเป็น เครื่องพิมพ์แบบกราวัวร์ หรือกราเวียร์

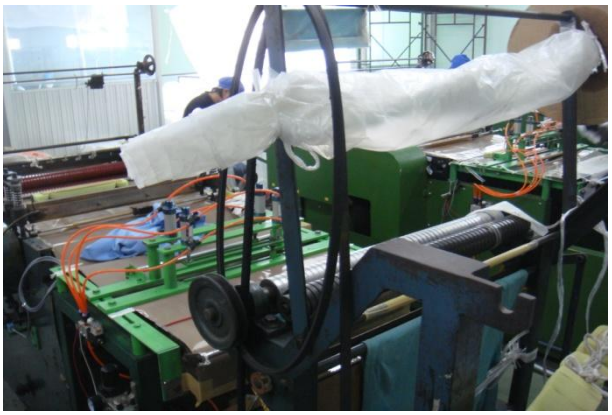


รูปที่ 3.2 เครื่องพิมพ์แบบ Gravure

3.2.3 แผนกตัด

เมื่อผ่านกระบวนการพิมพ์ ชิ้นงานจะมีลักษณะเป็นม้วน ซึ่งลูกค้าต้องการสินค้าเป็นลักษณะที่ตัดเรียบร้อยแล้ว แผนกตัดจึงมีหน้าที่ในการตัดชิ้นงานให้มีขนาดตามที่ลูกค้าต้องการจะมีขั้นตอนดังนี้

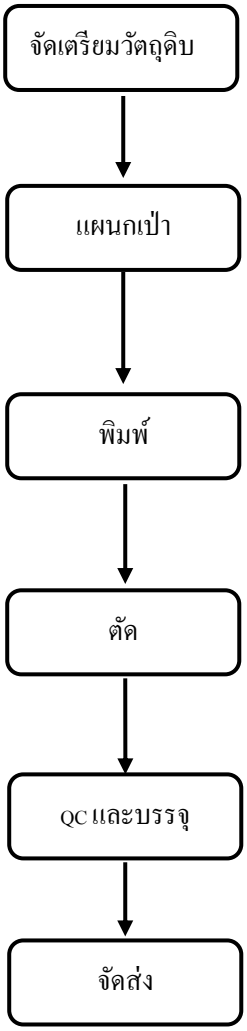
1. ปรับตั้งค่าเครื่องตัด ให้ได้ระยะการตัดตามที่ลูกค้าต้องการ
2. นำม้วนชิ้นงาน ที่ได้มาจากแผนกพิมพ์เข้าเครื่องตัด จากนั้นให้เครื่องตัดดำเนินการตัดแบบอัตโนมัติ
3. เมื่อตัดเสร็จ ทำการจัดแบ่งปริมาณตามที่ลูกค้าต้องการ พร้อมส่งแผนก QC



รูปที่ 3.3 เครื่องตัดถุงพลาสติก

3.2.4 แผนก QC

เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนตัดแล้ว จะนำไป QC โดยจะทำการตรวจสอบหมด 100% เมื่อทำการตรวจสอบแล้วผ่านเกณฑ์คุณภาพแล้วก็จะทำการบรรจุ เมื่อบรรจุเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการส่งให้ลูกค้าต่อไป



รูปที่ 3.4 แสดงกระบวนการผลิต

3.3 การกำหนดปัญหา

การกำหนดปัญหาจัดได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดเพราะจะทำให้เราทราบถึงแนวทางในการ แก้ไข ปัญหาในกระบวนการผลิตถุงพลาสติกนั้น จากการรวบรวมและศึกษาข้อมูลการผลิตจะพบว่า มีของเสียหลากหลายประเภท ซึ่งจะสามารถแบ่งประเภทของเสียได้ดังนี้

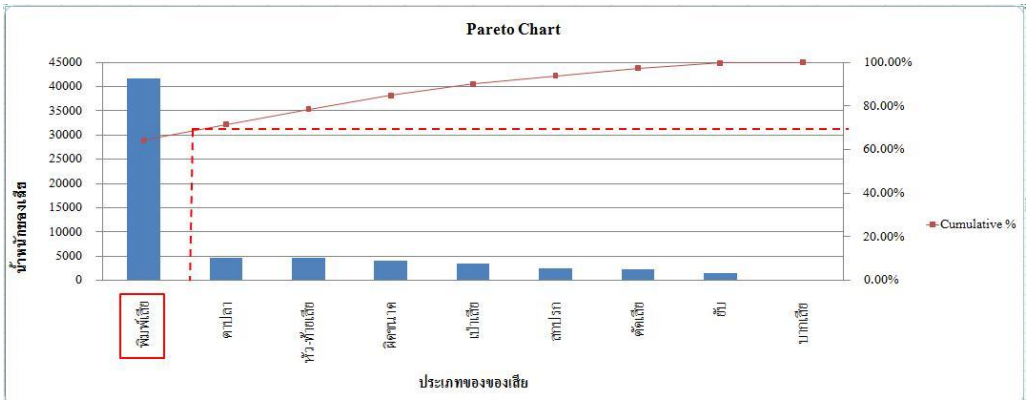
- ของเสียจากการเป่า
- ของเสียจากการตัด
- ของเสียจากการพิมพ์
- ของเสียจากการตัด หัว-ท้าย
- บากเสีย

- สกปรก
- ยับ
- ผิดขนาด
- ตาปลา

จากประเภทของเสียข้างต้นนั้น นำมาศึกษาปริมาณของเสียแยกตามประเภทตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 ของกระบวนการผลิตถุงพลาสติกแล้ว จะสามารถแสดงปริมาณของเสียได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาณของเสียแยกตามประเภท

ประเภทของเสีย	ปริมาณของเสีย (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
เป่าเสีย	3,427.27	0.96%
พิมพ์เสีย	41,759.52	11.68%
ตัดเสีย	2,319.60	0.65%
บากเสีย	153.09	0.04%
หัว-ท้ายเสีย	4,573.33	1.28%
สกปรก	2,428.38	0.68%
ผิดขนาด	4,036.88	1.13%
ยับ	1,528.75	0.43%
ตาปลา	4,719.80	1.32%

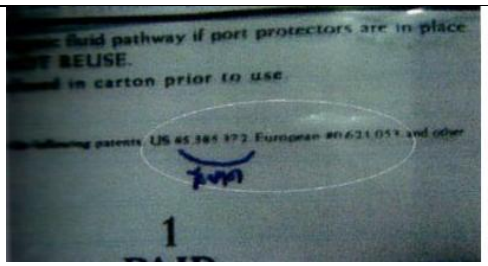
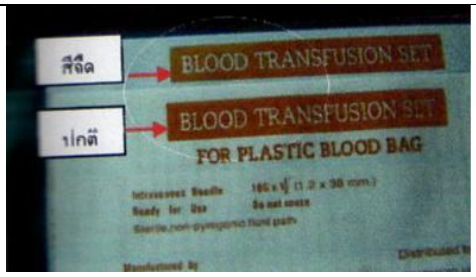


รูปที่ 3.5 ปริมาณของเสียแยกตามประเภท

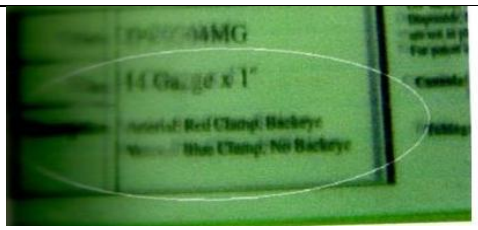
จากตารางที่3.1จะพบว่า ของเสียที่เกิดจากกระบวนการพิมพ์มีปริมาณของเสียถึง 41,759.52 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียถึง 11.68% ซึ่งเมื่อเทียบกับของเสียประเภทอื่นๆแล้ว

จัดได้ว่าของเสียจากกระบวนการพิมพ์นั้นอยู่ในระดับที่สูงมาก เมื่อพิจารณารูปที่ 3.5 แล้วจะทำให้เห็นได้ว่าปริมาณของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกมีปริมาณที่สูงโดดเด่นมาก หากคิดมูลค่าของของเสียจากกระบวนการพิมพ์แล้ว จะพบว่ามีมูลค่าถึง 278,393 บาทต่อปี มูลค่าดังกล่าวเป็นจำนวนเงินที่ต้องสูญเสียไปอย่างสูญเปล่า หากสามารถลดของเสียในส่วนของกระบวนการพิมพ์ได้จะทำให้ประหยัดต้นทุนของเสียไปได้จำนวนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การลดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ซึ่งของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกจะสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ประเภทของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก

ประเภท	รูปภาพ	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
1. ตัวอักษรขาด		3.34%
2. สีจืด		1.74%
3. สีเป็นเส้น		3.93%

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ประเภท	รูปภาพ	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
4. พิมพ์ยืด		1.56%
5. สีขึ้น		1.11%

3.4 การ กำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด

จากการศึกษาสภาพปัญหาของกระบวนการผลิตถุงพลาสติกแล้ว จะกำหนดปัญหาที่จะดำเนินการแก้ไข คือ ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ซึ่งมีปริมาณของเสีย 11.68% ดังนั้นจะกำหนดเป้าหมายคือการลดปริมาณของเสียให้เหลือ 2% ให้ได้

โดยที่ตัวเลขที่จะนำมาใช้เป็นตัวชี้วัด เพื่อแสดงปริมาณของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ภายในโรงงานกรณีศึกษา จะใช้เปอร์เซ็นต์ของเสีย ซึ่งเทียบระหว่างปริมาณของเสียกับปริมาณที่ผลิตทั้งหมดในการวัดปริมาณของเสีย

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของเสีย} = \frac{\text{ปริมาณของเสีย}}{\text{ปริมาณที่ผลิตทั้งหมด}} \times 100$$

3.5 การจัดตั้งคณะทำงาน

เนื่องจากกระบวนการผลิตนั้นมีรายเอียดต่างๆเยอะ ทางผู้วิจัยและโรงงานกรณีศึกษาจึงร่วมกันสร้างทีมงานขึ้นมา เพื่อปรับปรุงกระบวนการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยจะคัดเลือกทีมงานโดยพิจารณาตามความเหมาะสม ซึ่งทีมงานจะประกอบไปด้วย

1. ผู้จัดการฝ่ายผลิต
2. วิศวกรฝ่ายผลิต
3. วิศวกรฝ่ายคุณภาพ
4. หัวหน้าแผนกพิมพ์
5. พนักงานแผนกพิมพ์
6. ผู้วิจัย

ซึ่งทีมงานจะมีหน้าที่หลักคือ นำความรู้และประสบการณ์มาใช้ในการระดมสมอง เพื่อหาปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติก โดยเครื่องมือต่างๆ ได้แก่ แผนภูมิก้างปลา, Cause and Effect Matrix และ FMEA

3.6 สรุป ระยะนิยามปัญหา

สำหรับในระยะนิยามปัญหานั้น จะทำการศึกษากระบวนการผลิต จากนั้นจึงรวบรวมข้อมูลของเสียจากกระบวนการผลิตถุงพลาสติกแต่ละประเภทตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 ซึ่งใช้เปอร์เซ็นต์ของเสียเป็นตัวชี้วัด จะนำข้อมูลของเสียเหล่านี้ มาเรียงลำดับด้วยแผนภูมิพาเรโต จะพบว่าของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกมีปริมาณของเสียมากที่สุดและโดดเด่นมากกว่าของเสียประเภทอื่นๆ ดังนั้นในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาของเสียจากกระบวนการผลิตถุงพลาสติก จึงมุ่งเน้นไปที่การแก้ไขปัญหาของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก

บทที่ 4

ระยะตรวจวัดปัญหา (Measure Phase)

4.1 บทนำ

จากบทที่แล้วจะสามารถกำหนดปัญหาที่จะดำเนินการปรับปรุงได้ ในบทนี้ จะทำการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่คาดว่าจะส่งผลให้เกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ซึ่งจะเริ่มโดยการตรวจวัดความแม่นยำถูกต้องของระบบการวัดในการตรวจสอบของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกด้วยสายตา เพื่อให้แน่ใจได้ว่า ผลการตรวจสอบในกระบวนการพิมพ์พลาสติกนั้น มีความแม่นยำถูกต้อง

จากนั้นจะทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาระดมสมองเพื่อที่จะหาปัจจัยที่ก่อให้เกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก โดยเครื่องมือและเทคนิคต่าง ได้แก่ แผนภูมิก้างปลา Cause and Effect Matrix และ การวิเคราะห์ลักษณะบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เพื่อให้ได้ปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก

4.2 ตรวจวัดความแม่นยำและถูกต้องของระบบการวัด

เนื่องจากระบบการวัดในการตรวจสอบของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกกระทำโดยใช้สายตาในการตรวสอบ ทำให้อาจจะเกิดข้อผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนได้ ซึ่งการแก้ไขปรับปรุงปัญหาของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกนั้น ความแม่นยำและถูกต้องของระบบการวัดในการตรวจสอบของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกถือได้ว่าสำคัญมาก หากระบบการวัดไม่มีความถูกต้องและแม่นยำแล้ว จะส่งผลให้เกิดการคลาดเคลื่อนของการทดลองได้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทดสอบความแม่นยำและถูกต้องของพนักงาน ในการตรวจสอบของเสีย เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ามีความแม่นยำและถูกต้องในการวัด 100%

4.2.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำและถูกต้องของระบบการวัด

การออกแบบวิธีวิเคราะห์ความแม่นยำและถูกต้องของระบบการวัดในการตรวจสอบของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก จะปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA), 2549)

1. คัดเลือกทีมงานผู้ชำนาญการ ซึ่งต้องเป็นบุคคลที่มีความสามารถในการคัดกรองของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก และเข้าใจถึงความต้องการของลูกค้า ทำการตรวจสอบชิ้นงานที่ถูกคัดเลือกมา 20 ชิ้น
2. ให้ทีมงานผู้ชำนาญการทำการคัดเลือกชิ้นงานมา 20 ชิ้น ประกอบไปด้วยชิ้นงานที่ดี 7 ชิ้น ชิ้นงานเสีย 7 ชิ้น และชิ้นงานที่มีลักษณะก้ำกึ่งดีและเสียอีก 6 ชิ้น ซึ่งแบ่งเป็นก้ำกึ่งดีและก้ำกึ่งเสีย อย่างละ 3 ชิ้น
3. คัดเลือกพนักงานที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงที่สุด มาจำนวน 3 คน และต้องเป็นบุคคลที่มีความสามารถในการตรวจสอบของเสียได้ดีด้วย
4. สุ่มพนักงานหนึ่งคนจากที่คัดเลือกมา 3 คน ให้ตรวจสอบชิ้นงานตัวอย่างเพื่อที่จะประเมินว่าชิ้นงานเป็นชิ้นงานดีหรือเสีย
5. ให้พนักงานทั้งสามคน ทดลองตรวจสอบชิ้นงานทีละคน ซึ่งการสุ่มตัวอย่างชิ้นงานนั้นต้องเป็นแบบสุ่ม จากนั้นให้พนักงานประเมินผลการตรวจสอบชิ้นงานว่าเป็นชิ้นงานดีหรือเสีย พร้อมทั้งบันทึกผลการประเมินลงไปในแบบฟอร์มของพนักงานแต่ละคน
6. บันทึกค่าลงในแบบฟอร์ม เพื่อที่จะวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดแบบข้อมูลซึ่งจะประกอบไปด้วยดัชนีดังต่อไปนี้

%รีพีททะบิริตี้ของพนักงาน = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}}$

%ความไม่ไบอัสของพนักงาน = $\frac{\text{จำนวนครั้งที่การตรวจสอบได้เหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}}$

%ประสิทธิผลรีพีททะบิริตี้ของการตรวจสอบ= $\frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้เหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}}$

%ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ= $\frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}}$

เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัด

เกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดด้วยวิธีตรวจสอบด้วยตาเปล่า โรงงานกรณีศึกษาจะใช้เกณฑ์ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เกณฑ์ยอมรับของระบบการวัด

ดัชนี	เกณฑ์การยอมรับ
%รีพีททะบิริตี้ของพนักงาน	100%
%ความไม่ไบอัสของพนักงาน	100%
%ประสิทธิผลรีพีททะบิริตี้ของการตรวจสอบ	100%
%ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ	100%

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ของระบบการวัด

ตัวอย่างที่	คุณภาพงานที่แท้จริง	พนักงานคนที่ 1		พนักงานคนที่ 2		พนักงานคนที่ 3		พนักงานตรวจได้เหมือนกันทุกครั้งและทุกคน	พนักงานตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง
		1	2	1	2	1	2		
1	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
2	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
3	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
4	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
5	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
6	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
7	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
8	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
10	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
11	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
13	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
14	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
15	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
16	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
17	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
19	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	Y	Y
20	G	G	G	G	G	G	G	Y	Y

NG = ชิ้นงานเสีย

G = ชิ้นงานดี

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด

ดัชนี	พนักงานคนที่ 1	พนักงานคนที่ 2	พนักงานคนที่ 3	พนักงานทั้ง 3 คน
% รีพีททะบิริตี้ของพนักงาน	100%	100%	100%	
%ความไม่ไบอัสของพนักงาน	100%	100%	100%	
%ประสิทธิผลรีพีททะบิริตี้ของการตรวจสอบ				100%
%ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ				100%

จากผลการทดสอบความแม่นยำและถูกต้องของระบบการวัดของพนักงานในการตรวจสอบของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ดังตารางที่ 4.3 จะพบว่ามีค่า เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิริตี้ของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลรีพีททะบิริตี้ของการตรวจสอบ และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ มีค่าเท่ากับ 100% ทุกๆ ค่า ซึ่งจะผ่านเกณฑ์การยอมรับของระบบการวัดตามตารางที่ 4.1 ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.3 การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า

การระดมสมองจะดำเนินการโดยทีมงานที่ได้คัดเลือกผู้ที่มีความชำนาญและเกี่ยวข้องกับกระบวนการพิมพ์พลาสติกโดยตรง ซึ่งได้กำหนดไว้ในระยะนิยามปัญหาแล้ว จะประกอบไปด้วย ผู้จัดการฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายคุณภาพ หัวหน้าแผนกพิมพ์ พนักงานแผนกพิมพ์ และผู้วิจัย ซึ่งจะมีขั้นตอนดำเนินการระดมความคิดเพื่อหาปัจจัยดังนี้

- ใช้แผนภูมิก้างปลา (Cause and Effect Diagram) ในการเริ่มต้นระดมสมองเพื่อหาปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก เนื่องจากแผนภูมิก้างปลานั้นจะช่วยให้การหาปัจจัยนั้นง่ายขึ้น และยังสามารถแยกแยะปัจจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- จากนั้นนำปัจจัยที่ได้มาจากแผนภูมิก้างปลา (Cause and Effect Diagram) มาคัดกรองด้วย Cause and Effect Matrix เพื่อให้ได้ปัจจัยที่อาจจะมีผลต่อของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกโดยวิธีการเรียงลำดับคะแนน

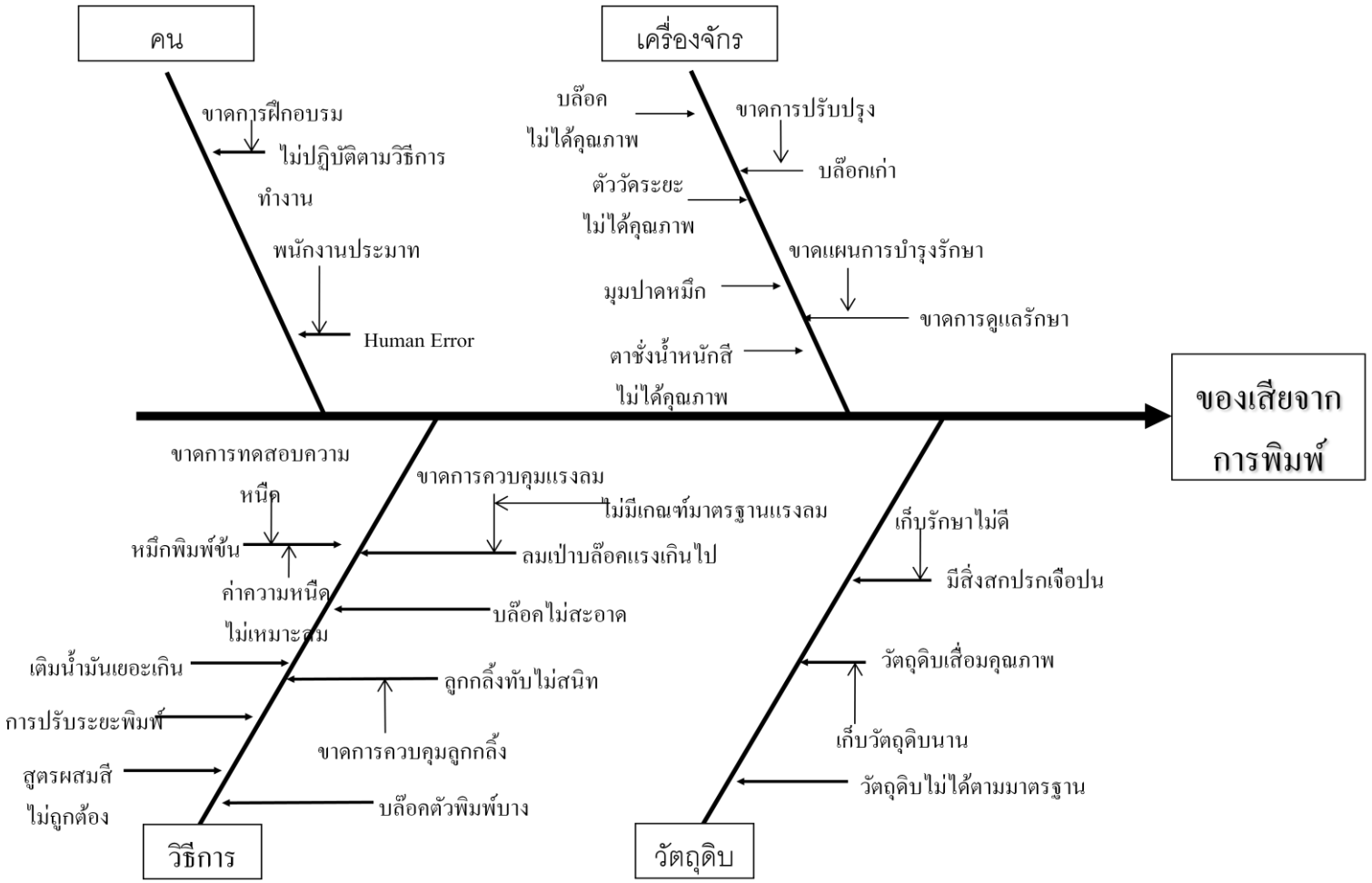
- นำปัจจัยที่ได้คัดกรองจาก Cause and Effect Matrix มาวิเคราะห์ต่อด้วยการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) โดยการระดมสมองจากทีมงานที่ได้ทำการคัดเลือกมา

4.3.1 การหาปัจจัยโดยใช้แผนภูมิก้างปลา (Cause and Effect Diagram)

ขั้นตอนนี้จะเริ่มต้นโดยการระดมสมอง รวบรวมความคิด จากทีมงานที่ได้คัดเลือกมา ซึ่งทีมงานมีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับกระบวนการพิมพ์พลาสติกของโรงงานกรณีศึกษาโดยตรง ในการแยกแยะปัญหาของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกนั้น จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. คน
2. เครื่องจักร
3. วิธีการ
4. วัตถุดิบ

จากผลของการใช้แผนภูมิก้างปลา (Cause and Effect Diagram) ดังรูปที่4.1 จะทำให้พบว่าสาเหตุของปัญหาของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก สามารถเกิดได้จากตัวพนักงานเอง จากปัญหาของเครื่องจักรหรือวิธีการทำงานไม่เหมาะสมไม่ถูกต้อง รวมไปถึงปัญหาคุณภาพของวัตถุดิบ



รูปที่ 4.1 แผนภูมิก้างปลา

4.3.2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix)

จากการระดมสมองโดยใช้แผนภูมิก้างปลา(Cause and Effect Diagram) จะได้ปัจจัยที่จะก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติกจำนวน 20 ปัจจัย จากนั้นจึงนำปัจจัยเหล่านั้นมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สาเหตุและผล โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 โดยมีการกำหนดคะแนนความสัมพันธ์มีค่า 0-10 โดยนิยามคะแนนความสัมพันธ์ ดังนี้

10 = มีผลต่อการเกิดของเสียอย่างมากที่สุด

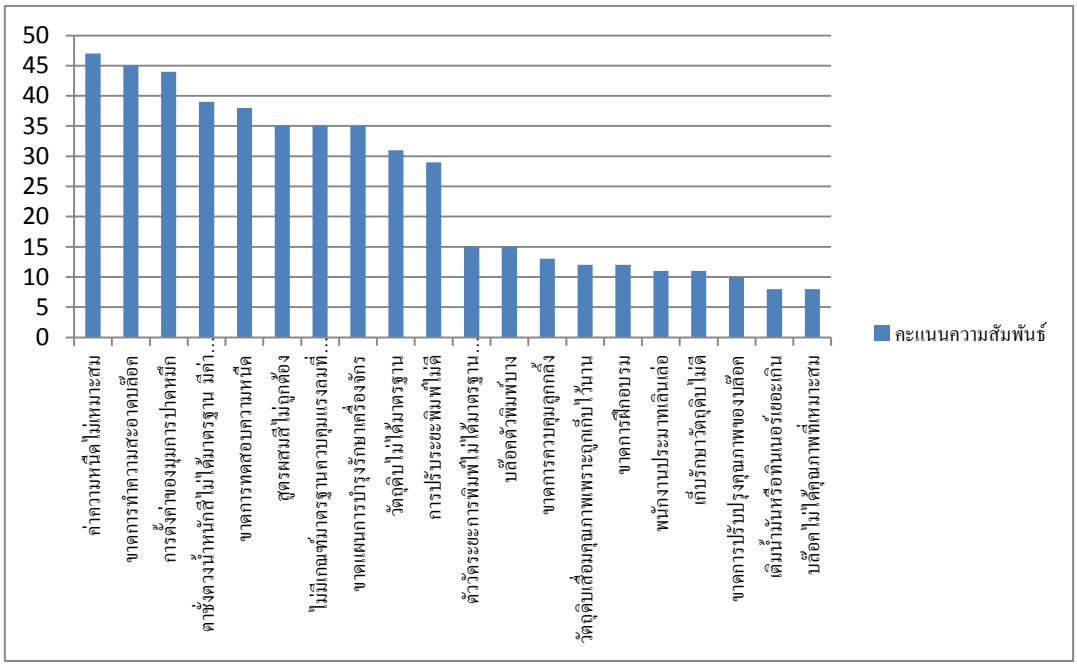
1 = มีผลต่อการเกิดของเสียอย่างน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.4 ตาราง Cause and Effect Matrix

Cause and Effect Matrix			
ลำดับที่	กลุ่มที่จำแนก	ปัจจัย	คะแนนความสัมพันธ์
1	คน	ขาดการฝึกอบรม	12
2		พนักงานประมาทเลินเล่อ	11
3	เครื่องจักร	บล๊อคไม่ได้คุณภาพที่เหมาะสม	8
4		ตัววัดระยะการพิมพ์ไม่ได้มาตรฐานคุณภาพ	15
5		การตั้งค่าของมุมการปาดหมึก	44
6		ตาชั่งตวงน้ำหนักสีไม่ได้มาตรฐาน มีค่าคลาดเคลื่อน	39
7		ขาดแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	35
8		ขาดการปรับปรุงคุณภาพของบล๊อค	10

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

Cause and Effect Matrix			
ลำดับที่	กลุ่มที่จำแนก	ปัจจัย	คะแนนความสัมพันธ์
9	วิธีการ	ไม่มีเกณฑ์มาตรฐานควบคุมแรงลมที่เป่าบล๊อค	35
10		ขาดการทดสอบความหนืด	38
11		ค่าความหนืดไม่เหมาะสม	47
12		รูปแบบวิธีการล้างบล๊อค	45
13		ขาดการควบคุมลูกกลิ้ง	13
14		เติมน้ำมันหรือทินเนอร์เยอะเกิน	8
15		สูตรผสมสีไม่ถูกต้อง	35
16		การปรับระยะพิมพ์ไม่ดี	29
17		บล๊อคตัวพิมพ์บาง	15
18	วัตถุดิบ	วัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน	31
19		วัตถุดิบเสื่อมคุณภาพเพราะถูกเก็บไว้นาน	12
20		เก็บรักษาวัตถุดิบไม่ดี	11



รูปที่ 4.2 แผนภูมิพาเรโตเรียงตามคะแนนความสัมพันธ์ (Cause & Effect Matrix)

จากแผนภูมิพาเรโต รูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า มีปัจจัยจำนวน 10 ปัจจัยที่มีค่าคะแนนความสัมพันธ์สูงกว่าปัจจัยอื่นๆ อย่างโดดเด่น จึงนำ 10 ปัจจัยนี้ ไปวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.5 แสดงลำดับปัจจัย 10 อันดับแรก

ลำดับที่	ปัจจัย	คะแนนความสัมพันธ์
1	ค่าความหนืดไม่เหมาะสม	47
2	ขาดการทำความสะอาดบล๊อค	45
3	การตั้งค่าของมุมการปาดหมึก	44
4	ตาชั่งตวงน้ำหนักสีไม่ได้มาตรฐาน มีค่าคลาดเคลื่อน	39
5	ขาดการทดสอบความหนืด	38

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

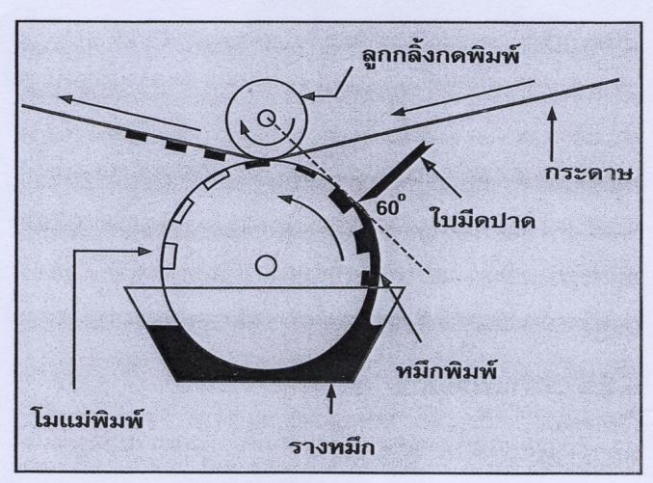
ลำดับที่	ปัจจัย	คะแนน ความสัมพันธ์
6	สูตรผสมสีไม่ถูกต้อง	35
7	ไม่มีเกณฑ์มาตรฐานควบคุมแรงลมที่เป่าบล๊อค	35
8	ขาดแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	35
9	วัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน	31
10	การปรับระยะพิมพ์ไม่ดี	29

จากตาราง 4.5 คือปัจจัย 10 ปัจจัยที่เกิดจากการเรียงลำดับคะแนนความสัมพันธ์ที่จะเกิดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติก ซึ่งแต่ละปัจจัยจะมีรายละเอียด ดังนี้

- ค่าความหนืดของสี จะมีหน่วยเป็นเวลา โดยวิธีการวัดจะใช้วิธีการปล่อยสีซึ่งเป็นของเหลวให้ไหลลง โดยใช้นาฬิกาจับเวลา เป็นตัววัดเวลาที่สีใช้ทั้งหมดในการไหล ซึ่งค่าความหนืดของสีที่มากหรือน้อยเกินไป จะส่งทำให้การกระจายตัวของสีบนชิ้นงาน ไม่ได้คุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ
- ความสะอาดของบล๊อคก่อนที่จะเริ่มกระบวนการพิมพ์พลาสติก จัดได้ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญในการป้องกันไม่ให้เกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก เพราะว่าการที่ไม่ได้ทำความสะอาดบล๊อคหรือทำความสะอาดไม่ถูกวิธี ทำให้อาจจะมีสีหรือสิ่งสกปรกตกค้าง ส่งผลให้งานพิมพ์ไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการ
- มุมของการปาดหมึก คือ มุมระหว่างใบปาดหมึกกับเส้นสัมผัสบนบล๊อค ซึ่งหากมีมุมการปาดที่มีมุมใหญ่หรือเล็กเกินไป จะทำให้ปริมาณหมึกพิมพ์ที่ถ่ายโอนไปยังชิ้นงานน้อยลง และจะส่งผลต่อคุณภาพของการพิมพ์เป็นอย่างมาก อีกทั้งยังอาจจะทำให้ใบปาดหมึกเกิดการเสียหายได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.3
- ตาชั่งตวงน้ำหนักสี ก่อนที่จะนำสีมาผสมนั้น มีความสำคัญมาก เพราะว่าหาก

ตาชั่งเกิดมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น จะส่งผลให้ไม่ได้ปริมาณของสีที่ถูกต้อง ทำให้สีที่ได้มานั้นคลาดเคลื่อนจากที่ต้องการ จนทำให้สีที่พิมพ์ลงชิ้นงานไม่ตรงตามความต้องการ

- การทดสอบความหนืดก่อนกระบวนการ นับได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง หากไม่มีการทดสอบค่าความหนืดแล้ว จะทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่า ค่าความหนืดที่ใช้ขณะผลิตอยู่นั้น เป็นค่าที่ถูกต้องเหมาะสมหรือเปล่า เพราะว่าระหว่างกระบวนการพิมพ์นั้น อาจจะมีปัจจัยภายนอกมาแทรกแซง ทำให้ค่าความหนืดคลาดเคลื่อนได้
- สูตรผสมสี จะเป็นสิ่งที่ต้องมีมาตรฐานที่แน่นอน เพราะหากไม่มีสูตรผสมสีที่แน่นอนหรือสูตรผสมสีที่ไม่ถูกต้องแล้ว ย่อมทำให้ชิ้นงานที่ได้ออกมามีสีไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า
- แรงลมที่ใช้ในการเป่าบล๊อคนั้น มีหลายระดับ ซึ่งแต่ละระดับก็จะส่งผลต่อคุณภาพของบล๊อคในกระบวนการพิมพ์พลาสติกแตกต่างกันไป
- การบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ดีนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีแผนไม่ว่าจะเป็น แผนรายสัปดาห์ รายเดือน หรือรายปี เพราะว่าหากไม่มีการบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างดีแล้ว อาจจะส่งผลให้เครื่องจักรเกิดปัญหาขัดข้องขึ้น โดยที่พนักงานที่ปฏิบัติการไม่ทราบ ส่งผลให้ชิ้นงานที่ได้ออกมา ไม่มีคุณภาพตามที่ต้องการ
- มาตรฐานคุณภาพของวัตถุดิบ สำคัญต่อการผลิตเป็นอย่างมาก ซึ่งวัตถุดิบในที่นี้จะหมายถึงผงสี หากผงสีไม่มีคุณภาพจะส่งผลให้งานพิมพ์ออกมาไม่ตรงตามคุณภาพที่ต้องการ
- การปรับระยะพิมพ์จะอยู่ในขั้นตอนการตั้งค่าเครื่องจักรก่อนเริ่มกระบวนการพิมพ์พลาสติก ซึ่งการปรับระยะพิมพ์ดีไม่ดี จะส่งผลให้งานพิมพ์บนชิ้นงาน มีการคลาดเคลื่อนจากที่ต้องการ



รูปที่ 4.3 มุมของการปาดหมึก

4.3.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

จากปัจจัยที่ได้ทำการคัดเลือกและพิจารณามาจาก Cause and Effect Matrix จำนวนทั้งสิ้น 10 ปัจจัยแล้ว ในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) จะนำทั้ง 10 ปัจจัยมาทำการศึกษาลักษณะข้อบกพร่องของปัจจัยต่างๆรวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น เพื่อคัดกรองปัจจัยให้ได้ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกที่แท้จริง เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขกระบวนการต่อไป ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) มีดังนี้

1. จัดตั้งทีมงาน เพื่อระดมสมองในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ซึ่งจะเป็นทีมเดียวกันกับทีมงานที่ได้กำหนดไว้แล้ว จะประกอบไปด้วย ผู้จัดการฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายคุณภาพ หัวหน้าแผนกพิมพ์ พนักงานแผนกพิมพ์ และผู้วิจัย
2. นำปัจจัยที่ได้ทำการคัดกรองมาจาก Cause and Effect Matrix ทั้ง 10 ปัจจัย มาทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและทำการบันทึก
3. ประเมินความร้ายแรงของผลกระทบของปัจจัยที่ศึกษา ซึ่งจะประกอบไปด้วย
    - SEV = Severity คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบ
    - OCC = Occurrence คือ ระดับโอกาสในการเกิดปัญหา
    - DET = Detection คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหา
4. ทำการศึกษาวิธีการควบคุม เพื่อป้องกันและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ไม่ให้ข้อบกพร่องต่างๆเหล่านี้ ถึงลูกค้า

5. คำนวณค่า RPN (Risk Priority Number) ซึ่งเป็นการนำค่า SEV OCC และ DET มาคูณกัน และบันทึกในตาราง FMEA

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ FMEA

Item	Key Process Input	Potential Failure Mode	SEV	Potential Cause	OCC	Current Control	DET	RPN	Action Recommended	SEV	OCC	DET	RPN
1	ค่าความหนืดของสี	ความหนืดของสีไม่เหมาะสม	9	ไม่มีค่าความหนืดของสีที่เหมาะสมและเป็นมาตรฐาน	8	ไม่มีการทดสอบความหนืด	9	648	ทำการทดลองหาค่าความหนืดที่เหมาะสมและจัดทำคู่มือปฏิบัติงาน				
2	การทำความสะอาดบล๊อค	บล๊อคไม่สะอาด	8	ไม่มีมาตรฐานในการทำความสะอาดบล๊อค	8	ไม่มีคู่มือการทำความสะอาดบล๊อค	9	576	จัดทำคู่มือการล้างบล๊อคที่ถูกต้องพร้อมทดลอง				
3	มุมของการปาดหมึก	มุมไม่เหมาะสม	8	ไม่มีค่ามุมของการปาดหมึกที่เหมาะสมและเป็นมาตรฐาน	8	ไม่มีการตรวจค่ามุมของการปาดหมึก	7	448	ทำการทดสอบหาค่ามุมของการปาดหมึกที่เหมาะสม				

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

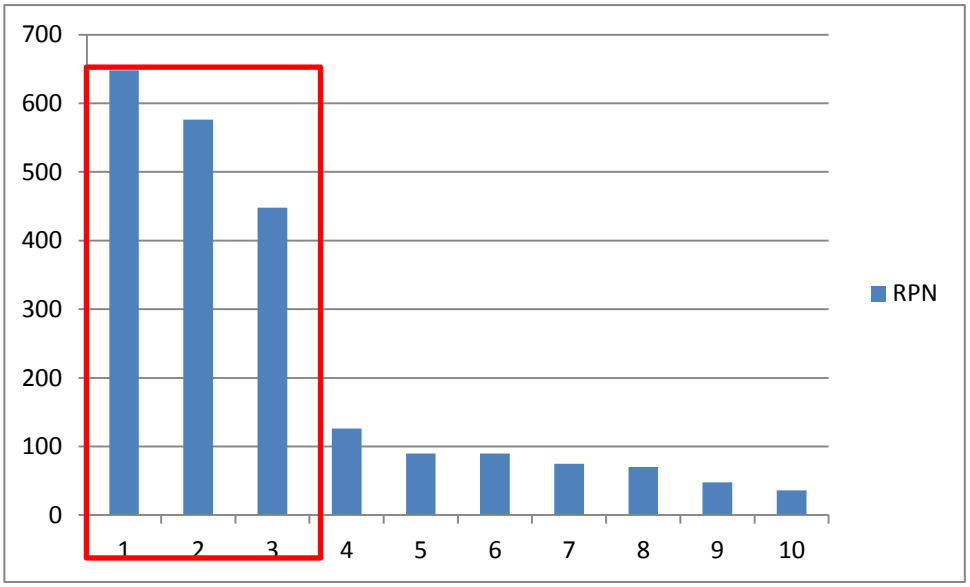
Item	Key Process Input	Potential Failure Mode	SEV	Potential Cause	OCC	Current Control	DET	RPN	Action Recommended	SEV	OCC	DET	RPN
4	ตาชั่งน้ำหนักสี	ไม่มีมาตรฐาน	6	ขาดการสอบเทียบมาตรฐานของตาชั่งเป็น	5	มีคู่มือการสอบเทียบตาชั่ง	3	90	ทำการสอบเทียบตาชั่งเป็นประจำ				
5	การทดสอบความหนืด	ไม่มีการมาตรฐานการทดสอบ	7	ไม่มีคู่มือในการทดสอบความหนืด	3	ไม่มีคู่มือการปฏิบัติงาน	6	126	จัดทำคู่มือปฏิบัติงาน				
6	สูตรผสมสี	ไม่ได้มาตรฐาน	6	ไม่มีสูตรผสมสีที่แน่นอนและเหมาะสม	4	มีคู่มือการปฏิบัติงาน	2	48	ทำการทดลองเพื่อหาสูตรผสมสีที่เหมาะสม				
7	การควบคุมแรงลม	ขาดการควบคุม	5	ไม่มีการกำหนดให้เป็นมาตรฐาน	5	มีคู่มือการปฏิบัติงาน	3	75	หามาตรฐานแรงลมที่เหมาะสม				

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

Item	Key Process Input	Potential Failure Mode	SEV	Potential Cause	OCC	Current Control	DET	RPN	Action Recommended	SEV	OCC	DET	RPN
8	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	ขาดแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	6	ไม่มีข้อกำหนดในการวางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักร	3	ขาดคู่มือการปฏิบัติงาน	5	90	จัดทำแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร				
9	คุณภาพวัตถุดิบ	ขาดการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ	7	ขาดมาตรการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ	5	มีคู่มือมาตรฐานคุณภาพวัตถุดิบ	2	70	จัดทำเอกสารควบคุมการตรวจสอบวัตถุดิบ				
10	การปรับระยะพิมพ์	ไม่มีมาตรฐาน	6	ขาดการกำหนดมาตรฐานระยะพิมพ์	3	มีคู่มือปฏิบัติงานการปรับระยะ	2	36	หาระยะพิมพ์ที่เหมาะสม				

ตารางที่ 4.7 ปัจจัยโดยเรียงลำดับตามค่า RPN

Item	Key Process Input	RPN
1	ค่าความหนืดของสี	648
2	การทำความสะอาดบล๊อค	576
3	มุมของการปาดหมึก	448
4	การทดสอบความหนืด	126
5	ตาชั่งน้ำหนักสี	90
6	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	90
7	การควบคุมแรงลม	75
8	คุณภาพวัตถุดิบ	70
9	สูตรผสมสี	48
10	การปรับระยะพิมพ์	36



รูปที่ 4.4 แผนภาพพาเรโตเรียงลำดับปัจจัยตามค่า RPN

จากการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ตารางที่ xx จะได้ค่า RPN ของแต่ละปัจจัย ซึ่งจะมีผลรวมของค่า RPN เท่ากับ 2,207 คะแนน จากนั้นจะนำปัจจัยทั้งหมดมาเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยตามค่า RPN ได้ดังตารางที่ 4.7 เมื่อนำผลคะแนน RPN ที่ผ่านการเรียงลำดับแล้วมาสร้างเป็นแผนภาพพาเรโต ดังรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า มีปัจจัยอยู่จำนวน 3 ปัจจัยที่มีผลคะแนน RPN โดดเด่นกว่าปัจจัยอื่นๆ จึงคัดเลือกปัจจัยดังกล่าวเพื่อมาทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปัจจัยที่ทำการคัดเลือกมา 3 ลำดับแรก

Item	Key Process Input	RPN
1	ค่าความหนืดของสี	648
2	การทำความสะอาดบล๊อค	576
3	มุมของการปาดหมึก	448

จากตารางที่ 4.8 จะแสดงถึง ปัจจัยที่ถูกคัดเลือกมา โดยการพิจารณาผลคะแนน RPN 3 ลำดับแรก โดยที่ปัจจัยทั้ง 3 นี้ ได้แก่ ค่าความหนืดของสี การทำความสะอาดบล๊อค และมุมของการปาดหมึก จะมีผลรวมคะแนน RPN เท่ากับ 1,672 คะแนน เมื่อเทียบกับคะแนนรวมของทุกปัจจัยซึ่งเท่ากับ 2,207 คะแนน จะสามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ถึง 75% ของคะแนนรวมทั้งหมด

4.4 สรุประยะตรวจวัดปัญหา

ในขั้นตอนนี้ จะเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความสามารถของระดับพนักงาน โดยคัดเลือกตัวแทนพนักงานมา จะมีดัชนีในการวัดพนักงาน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิริตี้ของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลรีพีททะบิริตี้ของการตรวจสอบ และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ ซึ่งจะมีเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือ 100% การตรวจสอบนี้ทำเพื่อให้เกิดความมั่นใจในระบบการตรวจสอบของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก

โดยพนักงาน จากการตรวจสอบความสามารถพนักงานจะได้ผลการตรวจสอบของพนักงานมีค่า 100% ในทุกๆดัชนี จึงสามารถสรุปได้ว่า ความสามารถของระบบการวัดของพนักงานอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

จากนั้นจะทำการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหาของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ซึ่งจะดำเนินการด้วยการระดมสมองจากทีมงานที่ได้ทำการคัดเลือกมา โดยจะใช้แผนภูมิก้างปลาในการเริ่มต้นหาสาเหตุของปัญหา จากการใช้แผนภูมิก้างปลาจะทำให้ได้ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลให้เกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกมาทั้งสิ้น 20 ปัจจัย จากนั้นนำ 20 ปัจจัยมาทำการคัดกรองโดยใช้ Cause and Effect Matrix จากการเรียงลำดับคะแนนความสำคัญ จะทำให้เหลือปัจจัยอยู่ 10 ปัจจัย จึงนำปัจจัยเหล่านี้ไปวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ เรียงลำดับความสำคัญจากคะแนน RPN จะทำให้พบว่ามีปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติกทั้งสิ้น 3 ปัจจัย คือ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค แล้วจึงทำปัจจัยที่ได้ผ่านการคัดกรองเหล่านี้ไปวิเคราะห์ในบทต่อไปเพื่อเป็นการยืนยันว่าปัจจัยเหล่านี้ มีผลต่อคุณภาพการผลิตอย่างแท้จริง

บทที่ 5

ระยะวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

5.1 บทนำ

ในบทนี้ จะเป็นการนำปัจจัยที่ผ่านการคัดเลือกมาจากบทที่ 4 มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ จะประกอบไปด้วยการตั้งสมมติฐาน ทดสอบสมมติฐาน และสรุปผลการทดลอง เพื่อที่จะนำผลของการวิเคราะห์แต่ละปัจจัยมายืนยัน ปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย ที่ผ่านการระดมและรวบรวมความคิดจากทีมงาน การใช้แผนภูมิก้างปลา การใช้ Cause and Effect Matrix รวมไปถึงการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ว่าปัจจัยเหล่านี้ มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก

ซึ่งปัจจัยที่ได้ผ่านการคัดกรองจากเครื่องมือต่างๆนั้น เกิดจากการรวบรวมความคิดจากทีมงาน ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เพื่อให้สามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดว่า ปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และขั้นตอนการล้างบล๊อค มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์อย่างแท้จริง

5.2 ปัจจัยที่จะนำมาวิเคราะห์

จากบทที่แล้ว ในระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา เมื่อได้วิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบแล้ว จะสามารถสรุปได้ว่ามีปัจจัยที่อาจจะก่อให้เกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก จำนวน 3 ปัจจัย ได้แก่

1. ความหนืดของสี
2. มุมของการปาดหมึก
3. ขั้นตอนวิธีการล้างบล๊อค

จะนำปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยไปทดสอบสมมติฐานเพื่อสรุปผลว่าแต่ละปัจจัยนั้นมีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติก โดยจะทำการทดสอบโดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม พร้อมกำหนดค่าที่ต่างกัน เพื่อจะทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ จากนั้นทำการวิเคราะห์และสรุปผลของการทดสอบสมมติฐาน

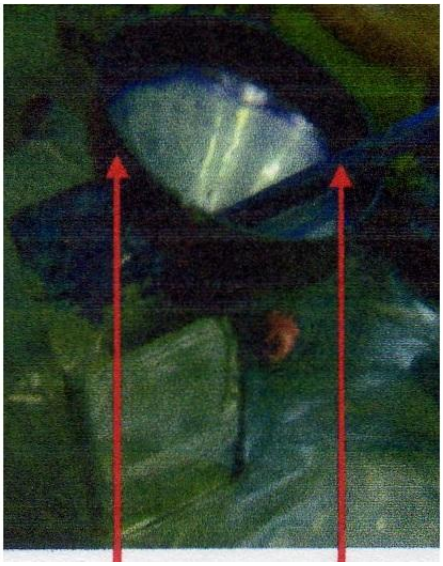
5.3 การทดสอบสมมติฐาน

ในที่นี้การทดสอบสมมติฐาน จะทำเพื่อยืนยันว่า ปัจจัยที่ผ่านการคัดกรองโดยเครื่องมือต่างๆ นั้น มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติกจริงๆ เนื่องจากตัวลักษณะชิ้นงานไม่ได้มีหน่วยนับเป็นชิ้น แต่จะนับเป็นกิโลกรัม วัตถุดิบที่ใช้ในการพิมพ์นั้นจะมีลักษณะเป็นม้วน ดังนั้นการกำหนดจำนวนตัวอย่างที่จะใช้ในการทดลองจะกำหนดให้เท่ากับ 100 กิโลกรัม เพื่อความสะดวกในการจัดหาชิ้นงานมาทำการทดลอง

5.3.1 ความหนืดของสี

ในที่นี้หมายถึงสีที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ ซึ่งการเตรียมสีเพื่อใช้ในกระบวนการพิมพ์พลาสติกจะใช้ผงสีที่ได้มีการเตรียมไว้แล้วผสมกับทินเนอร์ที่จะทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย ซึ่งปริมาณของทินเนอร์ที่ผสมนั้นจะมีผลต่อความหนืดของสี หากผสมทินเนอร์ในปริมาณน้อย สีก็จะมีความหนืดสูง แต่ถ้าผสมทินเนอร์ในปริมาณมากจะส่งผลให้สีมีความหนืดต่ำ

โดยวิธีการวัดความหนืดของสี จะใช้อุปกรณ์มีลักษณะเป็นถ้วยพร้อมรูให้ของเหลวไหลผ่านได้ โดยกำหนดให้สีไหลแล้วเทียบกับเวลา โดยใช้นาฬิกาจับเวลา ดังนั้นการทดสอบสมมติฐาน จะทำการทดสอบได้โดยการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของเสีย ระหว่างความหนืด 20 และ 60 วินาที



รูปที่ 5.1 อุปกรณ์ที่ใช้วัดความหนืดของสี

ขั้นตอนการทดลองกระบวนการพิมพ์พลาสติก เพื่อทดสอบปัจจัยค่าความหนืดของสีมีดังนี้

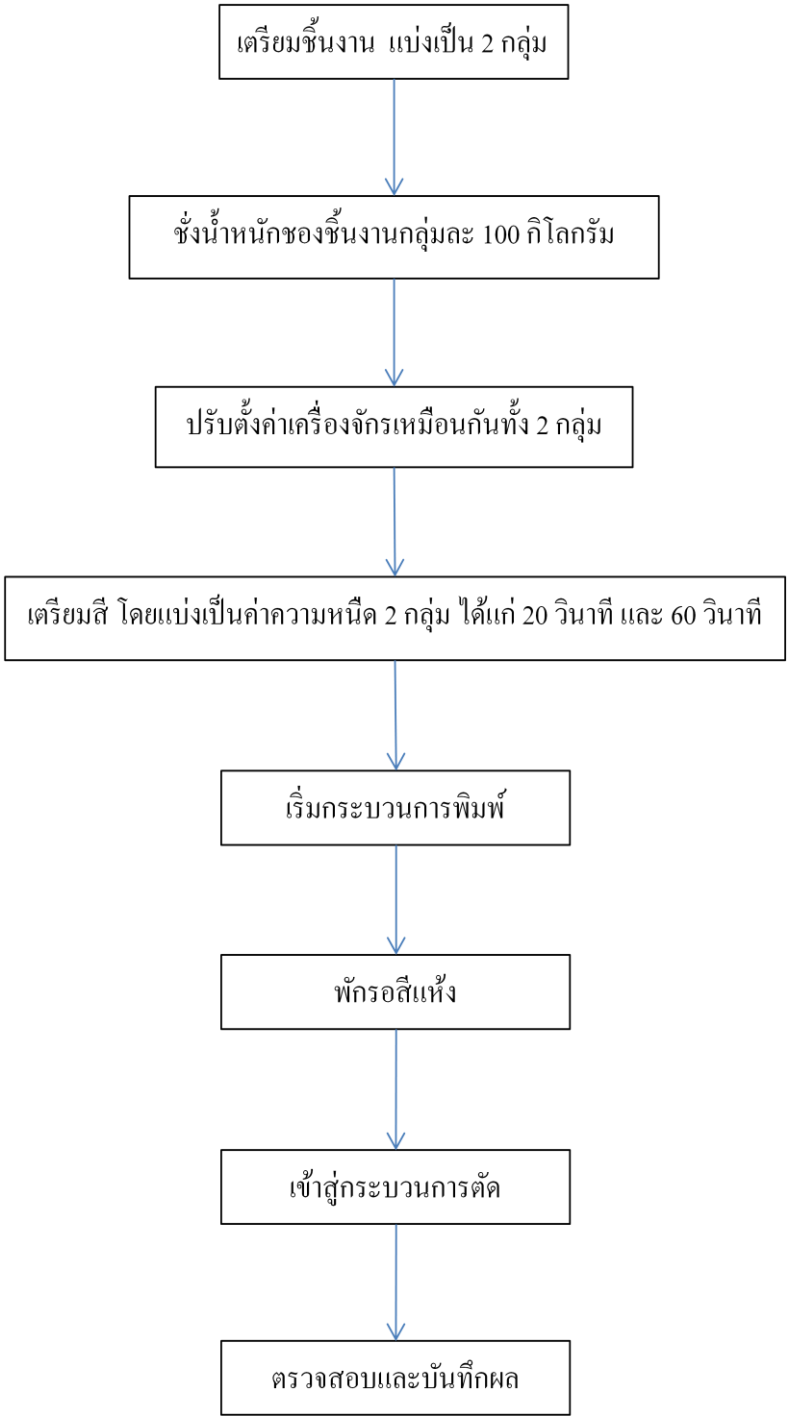
1.ทำการเตรียมชิ้นงานเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง ซึ่งจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะมีปริมาณชิ้นงานประมาณ กลุ่มละ 100 กิโลกรัม

2. กำหนดสภาวะปัจจัยต่างๆ ของทั้ง 2 กลุ่มให้เหมือนกัน รวมไปถึงชิ้นงานเป็นชนิดเดียวกัน เครื่องจักรเครื่องเดียวกัน และพนักงานคนเดียวกัน

3. ทำการเตรียมสีไว้เป็น 2 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีค่าความหนืดของสีแตกต่างกัน กลุ่มที่ 1 จะมีค่าความหนืดของสีเท่ากับ 20 วินาที และ กลุ่มที่ 2 จะมีค่าความหนืดเท่ากับ 60 วินาที

4. เริ่มกระบวนการพิมพ์พลาสติกที่ค่าความหนืดทั้ง 2 ค่า ทีละกลุ่ม

5. ทำการตรวจสอบชิ้นงานว่าดีหรือเสีย พร้อมทั้งบันทึกผล



รูปที่ 5.2 แผนภาพการทดลองในกระบวนการพิมพ์พลาสติก
เพื่อทดสอบปัจจัยค่าความหนืดของสี

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

H_0: $P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกในแต่ละ ค่าความหนืด

H_1: $P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกในแต่ละความหนืด

P_1 = เปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกที่ค่าความหนืด 20 วินาที

P_2 = เปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกที่ค่าความหนืด 60 วินาที

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองเนื่องจากค่าความหนืดสี

ระดับความหนืดของสี	จำนวนทั้งหมด	จำนวนของเสีย	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
20 วินาที	100 กิโลกรัม	3.37 กิโลกรัม	3.37 %
60 วินาที	100 กิโลกรัม	14.73 กิโลกรัม	14.73%

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากค่าความหนืดสี

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	337	10000	0.033700
2	1473	10000	0.147300

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: -0.1136
95% CI for difference: (-0.121395, -0.105805)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -28.56 P-Value = 0.000

Fisher's exact test: P-Value = 0.000

เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้ว นำผลการทดลองจากตารางที่ 5.1 มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม MINITAB จะทำให้ได้ผลดังตารางที่ 5.2 ซึ่งจะพบว่า ผลการวิเคราะห์ทางสถิติมีค่า P-Value = 0.000 ทำให้ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปได้ว่าค่าความหนืดของสีมีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.3.2 มุมของการปาดหมึก

มุมของการปาดหมึกในที่นี้คือ มุมระหว่างใบปาดหมึกกับเส้นสัมผัสบนบล๊อค ซึ่งใบปาดหมึกจะมีหน้าที่ถ่ายโอนสีลงสู่บล๊อค โดยมุมของการปาดหมึกนั้น จัดได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ซึ่งหากมีมุมการปาดที่มีมุมใหญ่หรือเล็กเกินไป จะทำให้ปริมาณหมึกพิมพ์ที่ถ่ายโอนไปยังฟิล์มน้อยลง อีกทั้งอาจจะส่งผลให้ใบปาดหมึกเสื่อมสภาพก่อนกำหนดได้ พร้อมส่งผลต่อคุณภาพของการพิมพ์เป็นอย่างมาก

วิธีการทดสอบสมมติฐานปัจจัยมุมของการปาดหมึก จะเริ่มต้นโดยการกำหนดมุมของการปาดหมึกที่มีค่าต่ำและสูงจำนวน 2 ค่า คือ 60 องศา และ 75 องศา จากนั้นทำการทดสอบ วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบระหว่าง มุมของการปาดหมึกที่ 60 และ 75 องศา

<u>ขั้นตอนการทดลองกระบวนการพิมพ์พลาสติก เพื่อทดสอบปัจจัยมุมของการปาดหมึกมีดังนี้</u>

1.ทำการเตรียมชิ้นงานเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง ซึ่งจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะมีปริมาณชิ้นงานประมาณ กลุ่มละ 100 กิโลกรัม

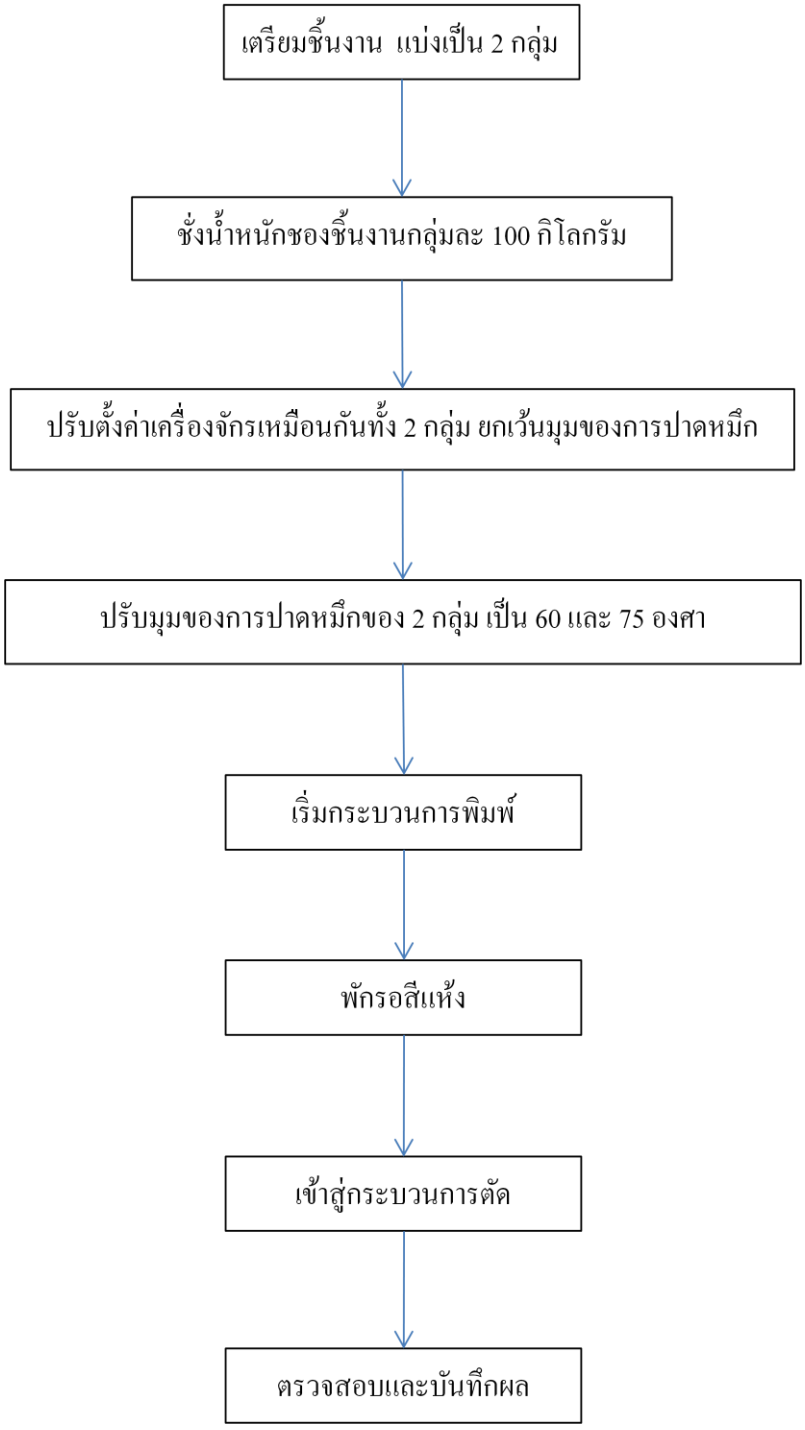
2. กำหนดสภาวะปัจจัยต่างๆ ของทั้ง 2 กลุ่มให้เหมือนกัน รวมไปถึงชิ้นงานเป็นชนิดเดียวกัน เครื่องจักรเครื่องเดียวกัน และพนักงานคนเดียวกัน

3. ทำการปรับตั้งค่ามุมของการปาดหมึก ของแต่ละกลุ่มการทดลองให้เป็นค่าที่แตกต่างกันดังนี้

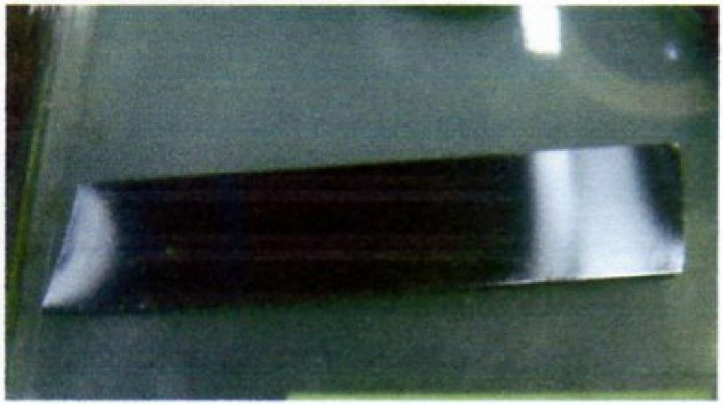
- กลุ่มที่ 1 มุมของการปาดหมึกเท่ากับ 60 องศา
- กลุ่มที 2 มุมของการปาดหมึกเท่ากับ 75 องศา

4. เริ่มกระบวนการพิมพ์พลาสติก ทั้งหมด 2 ครั้ง ที่ค่ามุมของการปาดหมึกทั้ง 2 ค่า

5. ทำการตรวจสอบชิ้นงานว่าดีหรือเสีย พร้อมทั้งบันทึกผล



รูปที่ 5.3 แผนภาพการทดลองในกระบวนการพิมพ์พลาสติก
เพื่อทดสอบปัจจัยมุมของการปาดหมึก



รูปที่ 5.4 ใบมีดปาดหมึก

<u>สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ</u>

H_o: $P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกในแต่ล ค่ามุมของการปาดหมึก

H_1: $P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกในแต่ละค่ามุมของการปาดหมึก

P_1 = เปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกที่มุมของการปาดหมึก 60 องศา

P_2 = เปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกที่มุมของการปาดหมึก 75 องศา

<u>ผลการทดลอง</u>

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองเนื่องจากค่ามุมของการปาดหมึก

ค่ามุมของการปาดหมึก	จำนวนทั้งหมด	จำนวนของเสีย	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
60 องศา	100 กิโลกรัม	1.45 กิโลกรัม	1.45%
75 องศา	100 กิโลกรัม	9.78 กิโลกรัม	9.78%

ตารางที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากมุมของการปาดหมึก

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	145	10000	0.014500
2	978	10000	0.097800

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: -0.0833
95% CI for difference: (-0.0895757, -0.0770243)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -26.02 P-Value = 0.000

Fisher's exact test: P-Value = 0.000

เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้ว นำผลการทดลองจากตารางที่ 5.3 มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม MINITAB จะทำให้ได้ผลดังตารางที่ 5.4 ซึ่งจะพบว่า ผลการวิเคราะห์ทางสถิติมีค่า P-Value = 0.000 ทำให้ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปได้ว่ามุมของการปาดหมึกมีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.3.3 ขั้นตอนการล้างบล๊อค

ความสะอาดของบล๊อคนั้นเป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการพิมพ์พลาสติก สิ่งเจือปนต่างๆ ที่ตกค้างอยู่ที่บล๊อค จะส่งผลให้กระบวนการพิมพ์พลาสติก ไม่ได้คุณภาพตามต้องการ ทำให้ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกเกิดขึ้น เนื่องจากบล๊อคนั้น มีลักษณะเป็นร่องหากทำการล้างโดยวิธีธรรมดา เช่น ใช้น้ำเปล่าชะล้างนั้น อาจจะทำให้ไม่ได้ผลเท่าที่ควร

ในที่นี้ จึงทำการทดสอบปัจจัยขั้นตอนการล้างบล๊อค โดยแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่ใช้วิธีการล้างบล๊อคแบบง่าย โดยใช้วิธีผ้าเช็ด และกลุ่มที่ใช้วิธีการล้างแบบมีขั้นตอนที่เหมาะสม ทำการทดสอบ และนำผลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มนี้

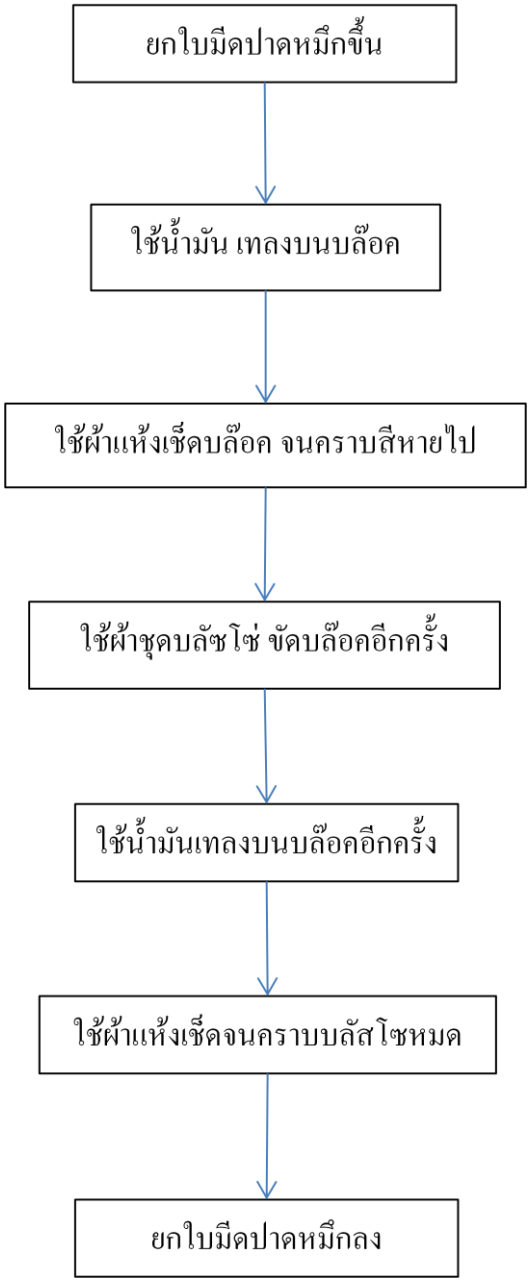
ขั้นตอนการล้างบล๊อคแบบมีขั้นตอนที่เหมาะสมมีดังนี้

1.ยกใบปาดหมึกขึ้นมา ให้อยู่ในระยะที่สามารถทำความสะอาดบล๊อคได้สะดวกดังรูปที่ 5.6

2. ใช้น้ำมันที่เตรียมไว้ เทลงบนบล๊อคให้ทั่ว จากนั้นใช้ผ้าสะอาดแห้งทำการเช็ดให้ทั่วบล๊อค จนกว่าสีที่ติดอยู่จะหายไป หากเช็ดจนแห้งแล้วสีที่ตกค้างยังไม่หมดไป ให้ทำการเทน้ำมันเพิ่ม และเช็ดจนกว่าสีจะหายไปหมด ดังรูปที่ 5.7

3. ทำการขัดบล๊อค โดยใช้ผ้าชุบน้ำยาบลัชโซ่ จากนั้นค่อยๆขัดบนบล๊อค ดังรูปที่ 5.8

4. จากนั้นใช้น้ำมันเทลงบนบล๊อค และใช้ผ้าสะอาดแห้งเช็ดอีกครั้ง จนไม่มีน้ำยาบลัชโซ่ตกค้างบนบล๊อค



รูปที่ 5.5 แผนภาพขั้นตอนวิธีการล้างบล๊อคแบบที่เหมาะสม

<u>ขั้นตอนการทดลองกระบวนการพิมพ์พลาสติก เพื่อทดสอบปัจจัยขั้นตอนการล้างบล๊อคมีดังนี้</u>

1.ทำการเตรียมชิ้นงานเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง ซึ่งจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะมีปริมาณชิ้นงานประมาณ กลุ่มละ 100 กิโลกรัม

2. กำหนดสภาวะปัจจัยต่างๆ ของทั้ง 2 กลุ่มให้เหมือนกัน รวมไปถึงชิ้นงานเป็นชนิดเดียวกัน เครื่องจักรเครื่องเดียวกัน และพนักงานคนเดียวกัน

3. ในแต่ละกลุ่มการทดลอง ก่อนเริ่มกระบวนการพิมพ์พลาสติก จะใช้วิธีการล้างบล๊อคที่มีขั้นตอนแตกต่างกัน ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 ใช้การล้างบล๊อคแบบง่าย
- กลุ่มที 2 ใช้การล้างบล๊อคแบบมีขั้นตอนที่เหมาะสม

4. เริ่มกระบวนการพิมพ์พลาสติก ทั้งหมด 2 การทดลอง ที่มีขั้นตอนการล้างบล๊อคที่แตกต่างกัน

5. ทำการตรวจสอบชิ้นงานว่าดีหรือเสีย พร้อมทั้งบันทึกผล

รูปที่ 5.6 การยกใบมีดปาดหมึกขึ้น

รูปที่ 5.7 การใช้ผ้าเช็ดบล๊อค

รูปที่ 5.8 บล๊อคขณะป้ายบลัซโซ ลงบนบล๊อค

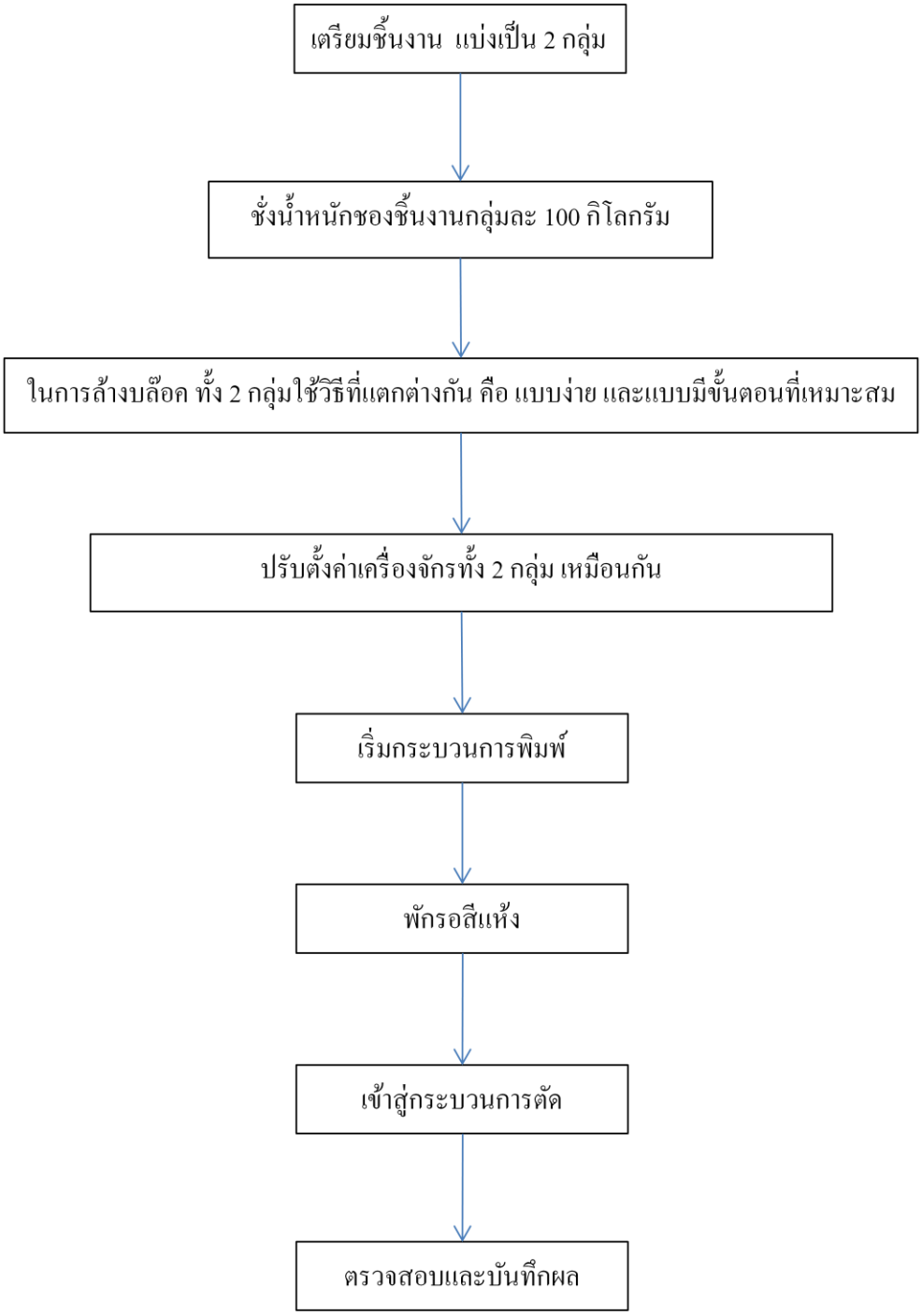
<u>สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ</u>

H_0: $P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกในแต่ละ แบบของขั้นตอนการล้างบล๊อค

H_1: $P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของเปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกในแต่ละ แบบของขั้นตอนการล้างบล๊อค

P_1 = เปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกที่การล้างบล๊อคแบบง่าย

P_2 = เปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกที่การล้างบล๊อคแบบมีขั้นตอนที่เหมาะสม



รูปที่ 5.9 แผนภาพการทดลองในกระบวนการพิมพ์พลาสติก
เพื่อทดสอบปัจจัยรูปแบบวิธีการล้างบล๊อ

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.5 ผลการทดลองเนื่องจากรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค

รูปแบบวิธีการล้างบล๊อค	จำนวนทั้งหมด	จำนวนของเสีย	เปอร์เซ็นต์ของเสีย
แบบง่าย	100 กิโลกรัม	10.84 กิโลกรัม	10.84%
แบบมีขั้นตอนที่เหมาะสม	100 กิโลกรัม	3.62 กิโลกรัม	3.62%

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเนื่องจากรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	1084	10000	0.108400
2	362	10000	0.036200

Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference: 0.0722
95% CI for difference: (0.0650915, 0.0793085)
Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 19.91 P-Value = 0.000

Fisher's exact test: P-Value = 0.000

เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้ว นำผลการทดลองจากตารางที่ 5.3 มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม MINITAB จะทำให้ได้ผลดังตารางที่ 5.4 ซึ่งจะพบว่า ผลการวิเคราะห์ทางสถิติมีค่า P-Value = 0.000 ทำให้ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และสรุปได้ว่ารูปแบบวิธีการล้างบล๊อคมีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.4 สรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เป็นการนำปัจจัยที่ได้ผ่านการคัดกรองจากเครื่องมือทางสถิติต่างๆ ในระยะตรวจวัดปัญหา โดยมีปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบขั้นตอนวิธีการล้างบล๊อค ซึ่งจะนำปัจจัยเหล่านี้มาทดสอบเพื่อยืนยันว่า ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอย่างแท้จริง

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา จะกระทำโดยนำปัจจัยมาทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยวิธี Two Proportions โดยใช้โปรแกรม MINITAB ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยในแต่ละปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ จะต้องกำหนดค่าความแตกต่างเพื่อนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบ ซึ่งจากการทดสอบสมมติฐาน จะทำให้สรุปได้ว่า ปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบขั้นตอนวิธีการล้างบล๊อค มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 6
ระยะปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

6.1 บทนำ

เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาแล้วจนทำให้สามารถทราบได้อย่างแน่ชัดแล้วว่าปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยมีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติกอย่างแท้จริง จากนั้นในระยะนี้จะเป็นขั้นตอนของการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ จะทำการปรับปรุงปัจจัยที่ได้ทำการคัดเลือกและวิเคราะห์มาแล้ว ทั้ง 3 ปัจจัย ได้แก่ ความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และ ขั้นตอนการล้างบล๊อค เพื่อให้ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกในระดับที่ต่ำที่สุด ซึ่งจะเริ่มต้นโดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล แล้วจึงทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ทำการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง และหาค่าที่เหมาะสมจากการทดลอง

6.2 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญจะหมายถึงปัจจัยที่ได้ผ่านการคัดเลือกและทดสอบมาแล้ว ว่ามีผลต่อการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการเพื่อลดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ประกอบไปด้วย 3 ปัจจัย คือ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค การกำหนดระดับของปัจจัยของทั้ง 3 ปัจจัย จะกำหนดจากสภาพการผลิตจริงในปัจจุบันที่สามารถทำได้จริง ตามตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ระดับของปัจจัยนำเข้า

ลำดับ	ปัจจัย	ระดับ				หน่วย
		1	2	3	4	
1	ค่าความหนืดสี	20	30	40	50	วินาที
2	มุมของการปาดหมึก	55	60	65	-	องศา
3	ขั้นตอนวิธีการล้างบล๊อค	ง่าย	ขั้นตอนที่เหมาะสม	-	-	-

6.3 ตัวแปรตอบสนอง

สำหรับการทดลองนี้ ผู้วิจัยจะสนใจพิจารณาของเสียจากกระบวนการผลิตถุงพลาสติก โดยมุ่งเน้นไปที่ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก โดยที่ตัวแปรตอบสนองจะเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ที่วัดจากจำนวนของเสียโดยพนักงานที่ถูกคัดเลือก

6.4 การออกแบบการทดลอง

สำหรับการทดลองในงานวิจัยนี้ จะใช้การออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล จะปัจจัยทั้งหมด 3 ปัจจัย มีระดับปัจจัยทั้งหมด 9 ระดับ ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการออกแบบการทดลองจะเป็นมีขั้นตอนดังนี้

6.4.1 การทดลองซ้ำ (Replication)

การทดลองซ้ำคือ การนำการทดลองมาดำเนินการซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการทดลองซ้ำจะต้องมีระดับของปัจจัยทุกๆอย่างเหมือนกัน โดยการทดลองซ้ำจะช่วยในการประมาณค่าความผิดพลาดของการทดลองได้ อีกทั้งยังสามารถทำให้ผลการทดลองมีความแม่นยำถูกต้องมากขึ้น

6.4.2 การสุ่ม (Randomization)

สุ่มการทดลองจะหมายถึง ลำดับของการทดลองในแต่ละการทดลองเป็นแบบสุ่ม ซึ่งการสุ่มจะสามารถช่วยลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจจะเกิดขึ้นกับการทดลองได้ ซึ่งในการออกแบบการทดลองนี้จะใช้โปรแกรม MINITAB ในการสุ่ม

6.4.3 จำนวนการทดลอง

จากจำนวนปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย และ ระดับปัจจัยทั้งหมด 9 ระดับ และมีการทำซ้ำ 2 ครั้ง จะสรุปได้ว่าการทดลองครั้งนี้จะมีจำนวนการทดลองทั้งหมด 48 การทดลอง

6.5 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองทั้งหมด 48 การทดลอง ในแต่ละการทดลองนั้น จะต้องมีการกำหนดปัจจัยภายนอกอื่นๆ ที่ไม่ใช่ปัจจัย 3 ปัจจัยที่เราต้องการศึกษา ให้อยู่ในลักษณะที่เหมือนกัน เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทดลอง ซึ่งสิ่งต่างๆที่ต้องทำการควบคุมจะมีดังนี้

- ใช้พนักงานคนเดียวกันปฏิบัติงานทุกๆการทดลอง
- ใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ เหมือนกันในทุกๆการทดลอง
- ชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองเป็นชนิดเดียวกันในทุกๆการทดลอง
- ในแต่ละการทดลองนั้น จะใช้ชิ้นงานในการทดลองปริมาณ 100 กิโลกรัม ทุกๆการทดลอง ซึ่งในที่นี้ ไม่สามารถใช้วิธีการคำนวณตัวอย่างได้ เนื่องจากไม่ได้มีลักษณะการนับเป็นจำนวนชิ้น จากการปรึกษากับทางโรงงานกรณีศึกษาแล้ว ทางโรงงานกรณีศึกษา จะสามารถยอมรับให้ ปริมาณตัวอย่างในการทดลอง 1 ครั้ง มีปริมาณได้มากที่สุด 100 กิโลกรัม
- พนักงานที่ใช้ตรวจสอบชิ้นงาน จะใช้พนักงานที่ได้ผ่านการตรวจสอบระบบการวัดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกมาแล้วในบทที่ 4

ซึ่งในแต่ละการทดลองนั้น จะกำหนดระดับของแต่ละปัจจัยตาม ตารางที่ 6.2 ที่ทำการสุ่มโดยใช้โปรแกรม MINITAB โดยการดำเนินการทดลองจะดำเนินการตามลำดับที่เรียงไว้ ในช่อง “Run Order” เมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นในแต่ละครั้ง จะใช้พนักงานตรวจสอบที่ได้ทำการคัดเลือกและทดสอบมาแล้วทำการตรวจสอบ พร้อมทำการบันทึกผล

6.6 ผลการทดลอง

จากการดำเนินการทดลองตามการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล ทั้งสิ้น 48 การทดลอง เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก อันได้แก่ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค ซึ่งจะได้ผลการทดลองตามที่ปรากฏในช่อง “ Y_{ij} ” ตามตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองเรียงตาม Design Matrix จากโปรแกรม MINITAB

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	ความหนืด	มุมปาดหมึก	รูปแบบ วิธีการล้างบล๊อค	Y_{ij}
42	1	1	1	40	65	ง่าย	13.54
7	2	1	1	30	55	ขั้นตอนที่เหมาะสม	7.35
5	3	1	1	20	65	ขั้นตอนที่เหมาะสม	6.94
2	4	1	1	20	55	ง่าย	12.42
45	5	1	1	50	60	ขั้นตอนที่เหมาะสม	4.83
36	6	1	1	30	65	ง่าย	9.72
17	7	1	1	40	65	ขั้นตอนที่เหมาะสม	4.63
13	8	1	1	40	55	ขั้นตอนที่เหมาะสม	5.83
18	9	1	1	40	65	ง่าย	10.33
10	10	1	1	30	60	ง่าย	8.24
24	11	1	1	50	65	ง่าย	8.89
37	12	1	1	40	55	ขั้นตอนที่เหมาะสม	7.14
35	13	1	1	30	65	ขั้นตอนที่เหมาะสม	2.94
43	14	1	1	50	55	ขั้นตอนที่เหมาะสม	6.92
39	15	1	1	40	60	ขั้นตอนที่เหมาะสม	3.15
5	16	1	1	30	60	ขั้นตอนที่เหมาะสม	1.06
20	17	1	1	50	55	ง่าย	12.53
15	18	1	1	40	60	ขั้นตอนที่เหมาะสม	3.53
40	19	1	1	40	60	ง่าย	6.40
48	20	1	1	50	65	ง่าย	10.38
21	21	1	1	50	60	ขั้นตอนที่เหมาะสม	4.53
23	22	1	1	50	65	ขั้นตอนที่เหมาะสม	7.32
3	23	1	1	20	60	ขั้นตอนที่เหมาะสม	4.21
19	24	1	1	50	55	ขั้นตอนที่เหมาะสม	8.34

ตารางที่ 6.2 (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	ความหนืด	มุมปาดหมึก	รูปแบบวิธีการล้างบล๊อค	Y_{ij}
27	25	1	1	20	60	ขั้นตอนที่เหมาะสม	2.53
11	26	1	1	30	65	ขั้นตอนที่เหมาะสม	3.23
6	27	1	1	20	65	ง่าย	9.21
47	28	1	1	50	65	ขั้นตอนที่เหมาะสม	11.93
8	29	1	1	30	55	ง่าย	9.63
46	30	1	1	50	60	ง่าย	9.55
30	31	1	1	20	65	ง่าย	11.09
34	32	1	1	30	60	ง่าย	5.32
1	33	1	1	20	55	ขั้นตอนที่เหมาะสม	7.98
26	34	1	1	20	55	ง่าย	13.06
4	35	1	1	20	60	ง่าย	9.45
41	36	1	1	40	65	ขั้นตอนที่เหมาะสม	8.54
29	37	1	1	20	65	ขั้นตอนที่เหมาะสม	7.36
32	38	1	1	30	55	ง่าย	8.44
31	39	1	1	30	55	ขั้นตอนที่เหมาะสม	8.10
16	40	1	1	40	60	ง่าย	6.84
14	41	1	1	40	55	ง่าย	8.72
33	42	1	1	30	60	ขั้นตอนที่เหมาะสม	1.21
22	43	1	1	50	60	ง่าย	8.25
44	44	1	1	50	55	ง่าย	9.87
12	45	1	1	30	65	ง่าย	8.35
28	46	1	1	20	60	ง่าย	9.76
25	47	1	1	20	55	ขั้นตอนที่เหมาะสม	6.34
38	48	1	1	40	55	ง่าย	8.12

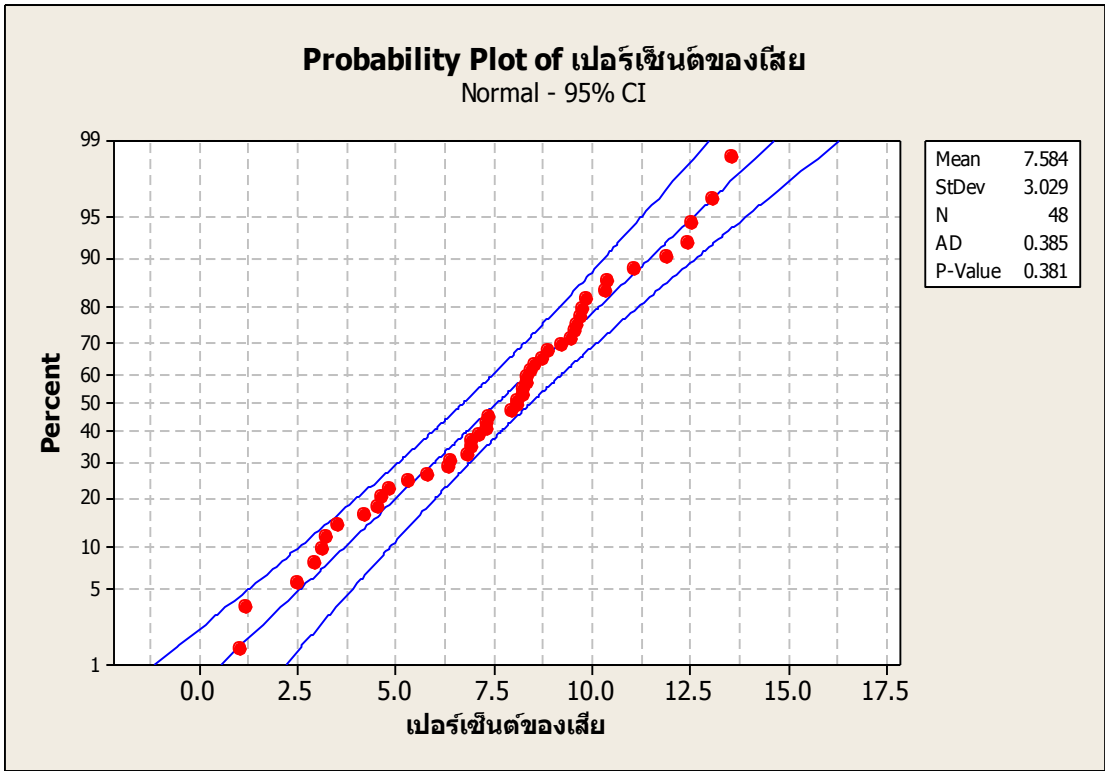
6.7 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ก่อนที่จะทำวิเคราะห์ผลการทดลองนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้มาจากการทดลอง ซึ่งการตรวจสอบความผิดพลาดนั้น จะตรวจสอบข้อมูลจากการทดลองว่าเป็นไปตามหลักการ $\varepsilon \sim NID(0, \sigma^2)$ หรือเปล่า ซึ่งการทดสอบว่าข้อมูลมีความคลาดเคลื่อน จะมีสมมติฐานในการทดสอบความถูกต้องของข้อมูลอยู่ 3 ข้อ คือ สมมติฐานของการแจกแจงปกติ สมมติฐานของความเป็นอิสระ และสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน โดยการทดสอบจะดำเนินการด้วยโปรแกรม MINITAB

6.7.1 การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ

การทดสอบนี้ จะทำโดยนำค่าส่วนตกค้าง (Residual)ของค่าตัวแปรตอบสนองมาพิจารณาว่ามีการแจกแจงลักษณะใด โดยการพล็อตกราฟ หากกราฟที่มีการแจกแจงปกติควรจะมีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง และทำการทดสอบความเป็นปกติ แล้วมีค่า P-Value มากกว่า 0.05

จากการทดสอบข้อมูลด้วยโปรแกรม MINITAB จะได้กราฟดังรูปที่ 6.1 จะเห็นได้ว่า มีการกระจายตัวในลักษณะเป็นเส้นตรง และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.385 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลจากผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานของการแจกแจงปกติ

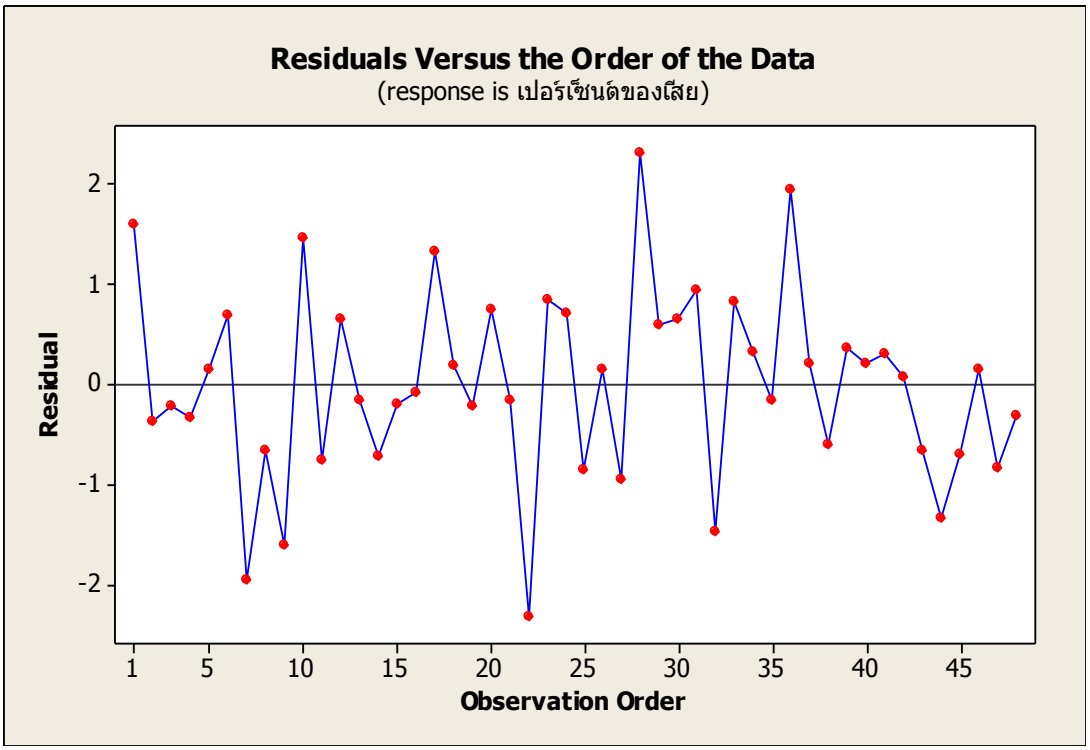


รูปที่ 6.1 ผลลัพธ์ของการทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ

6.7.2 การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระ

การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระนั้น จะพิจารณาจากความสัมพันธ์แผนภาพการกระจายตัวระหว่างค่าส่วนตกค้าง (Residual) กับลำดับของการเก็บข้อมูล(Observation Order) ซึ่งการพิจารณาความเป็นอิสระนั้น ข้อมูลไม่ควรมีลักษณะที่เป็นแนวโน้ม หรือมีรูปแบบที่ชัดเจน ควรจะเป็นการกระจายตัวที่ไม่มีรูปแบบ ซึ่งเป็นการแสดงว่าข้อมูลเป็นอิสระต่อกัน

จากรูปที่ 6.2 เมื่อพิจารณาแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูลแล้ว จะแสดงให้เห็นว่ามีลักษณะการกระจายตัวที่เป็นอิสระต่อกัน ไม่มีแนวโน้มและรูปแบบที่แน่นอน จะสรุปได้ว่าข้อมูลเป็นอิสระต่อกัน

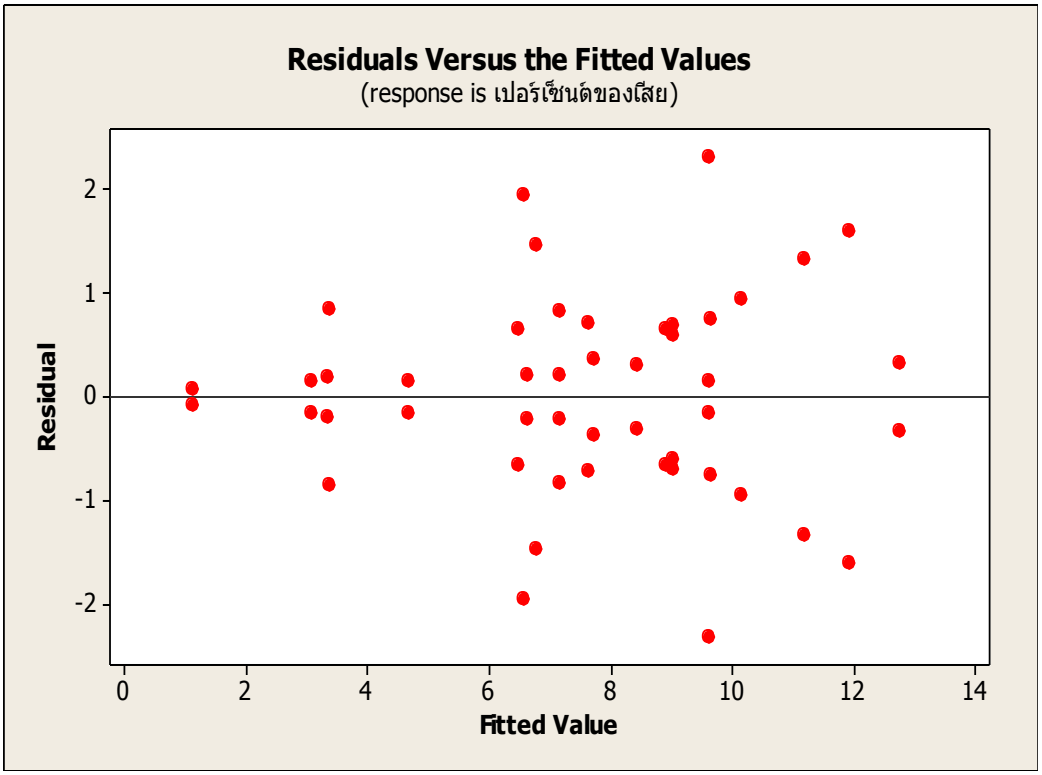


รูปที่ 6.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูล

6.7.3 การทดสอบสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

วิธีการทดสอบสมมติฐานของความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน จะสามารถทำได้โดยการสร้างแผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย ซึ่งหากข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนแล้ว ในแผนภาพการกระจายข้อมูลที่เป็นแนวโน้มต้องไม่มีการกระจายตัวเป็นรูปแบบที่แน่ชัด

จากรูปที่ 6.3 จะเห็นว่า การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างนั้น มีลักษณะการกระจายตัวไม่เป็นรูปแบบที่แน่ชัด จะสรุปได้ว่าข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน



รูปที่ 6.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต

จากผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองตามข้อกำหนดทั้ง 3 ข้อแล้ว จะสรุปได้ว่า ข้อมูลมีสมมติฐานที่ถูกต้องตามข้อกำหนด ได้แก่ ข้อมูลมีการกระจายเป็นแบบปกติ ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน และข้อมูลมีความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน

6.8 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

สำหรับการวิเคราะห์ผลการทดลอง จะทำโดยนำผลการทดลองตามตารางที่ 6.2 มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม MINITAB ซึ่งจะสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง

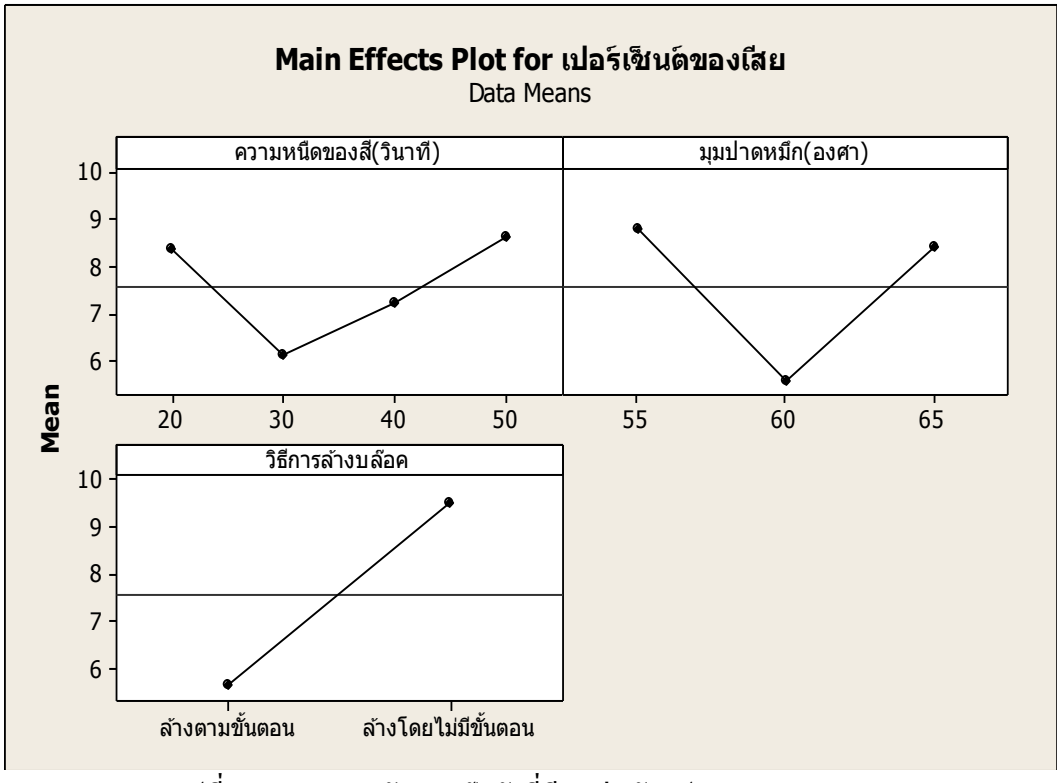
Source	Sum of square	DF	Mean Square	F	P
ความหนืดของสี	46.725	3	15.575	8.84	0.000
มุมปาดหมึก	100.239	2	50.119	28.45	0.000
วิธีการล้างบล๊อค	176.986	1	176.986	100.46	0. 000
ความหนืดของสี*มุมปาดหมึก	20.319	6	3.386	1.92	0.118
ความหนืดของสี*วิธีการล้างบล๊อค	9.175	3	3.058	1.74	0.186
มุมปาดหมึก*วิธีการล้างบล๊อค	6.514	2	3.257	1.85	0.179
ความหนืดของสี*มุมปาดหมึก*วิธีการล้างบล๊อค	29.000	6	4.833	2.74	0.036
Error	42.284	24	1.762		
Total	431.241	47			

จากตารางที่ 6.3 จะเป็นผลการวิเคราะห์ของการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล ซึ่งทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง โดยโปรแกรม MINITAB การวิเคราะห์นั้นจะทำโดยการพิจารณาค่า P-Value จะเริ่มจากการพิจารณาปัจจัยหลักที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ได้แก่ ความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และ รูปแบบวิธีการล้างบล๊อค ซึ่งการพิจารณาค่า P-Value นั้น หากค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05 จะทำให้สรุปได้ว่าปัจจัยนั้นมีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก

เมื่อสังเกตในช่อง “P” ในตารางที่ 6.3 ซึ่งเป็นช่องที่แสดงถึงค่า P-Value จะพบว่า ค่า P-Value ของปัจจัย ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค มีค่าน้อยกว่า 0.05 จะ

สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยหลักเหล่านี้มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

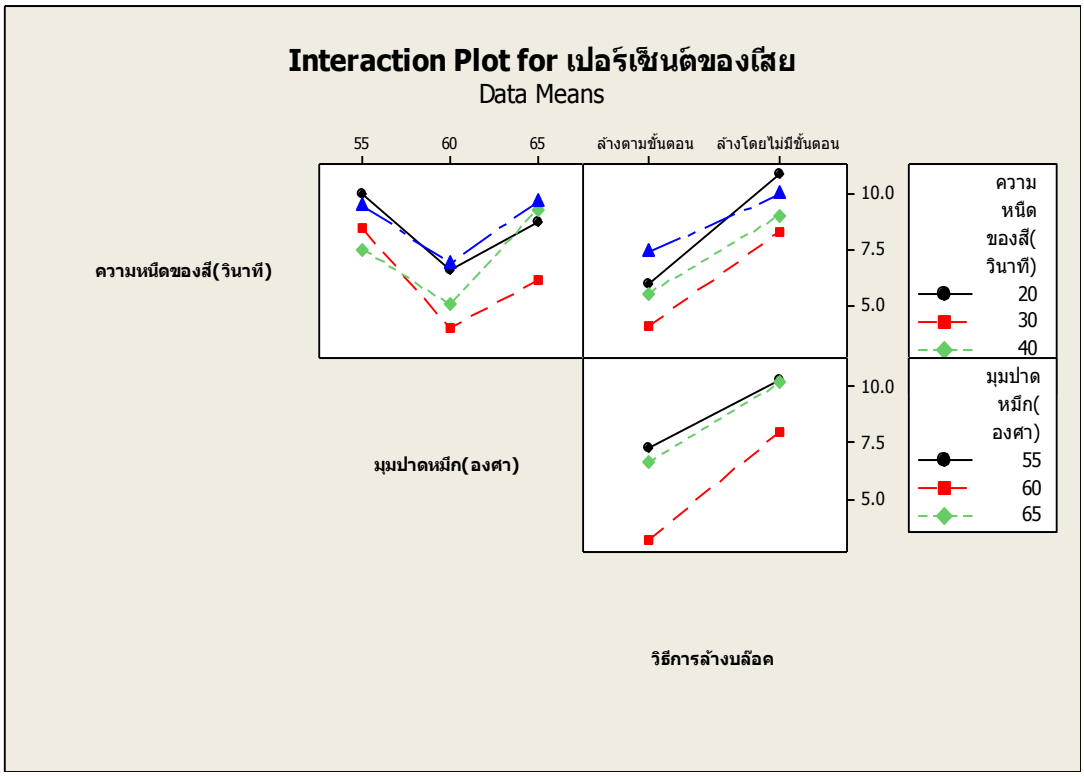
จากนั้นจะพิจารณาในส่วนของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย ทุกๆคู่แล้ว จะพบว่า ค่า P-Value มากกว่า 0.05 ทำให้สรุปได้ว่า อันตรกิริยาระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัยไม่มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก และเมื่อพิจารณาส่วนของอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย 3 ปัจจัย จะพบว่ามีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 นั้นหมายความว่า อันตรกิริยาระหว่างปัจจัย 3 ปัจจัยนั้นมีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก



รูปที่ 6.4 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

จากรูปที่ 6.4 ซึ่งเป็นภาพที่แสดงผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง ด้วยโปรแกรม MINITAB จะเป็นการยืนยันผลการทดลองว่าปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก โดยที่ระดับความหนืดของสี 20 วินาที ถึง 50 วินาที จะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์ของเสียมีค่าเพิ่มขึ้นมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น แต่จะพบว่าที่ค่าวามหนืดของสี 30 วินาทีจะทำให้เปอร์เซ็นต์ของเสียลดลง ในส่วนมุมของการปาดหมึกนั้น ซึ่งได้ทำการทดสอบที่ค่า 55 องศา ถึง 65 องศา จะพบว่าที่มุม

ของการปาดหมึก 60 องศา จะมีเปอร์เซ็นต์ของเสียน้อยที่สุด ขณะที่รูปแบบวิธีการล้างบล๊อคนั้นจะเห็นได้ว่าการล้างบล๊อคแบบมีขั้นตอนที่เหมาะสมมีเปอร์เซ็นต์ของเสียน้อยกว่าการล้างบล๊อคแบบง่ายๆ หรือไม่มีขั้นตอนการล้าง



รูปที่ 6.5 ภาพผลอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

จากการพิจารณารูปที่ 6.5 ซึ่งจะแสดงผลของอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง จะเห็นได้ว่า ระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย จะไม่ส่งผลอันตรกิริยาต่อกันเลย แต่จะพบอันตรกิริยาระหว่าง 3 ปัจจัย

ตารางที่ 6.4 ปัจจัยและระดับที่เหมาะสม

ลำดับ	ปัจจัย	ระดับปัจจัยที่เหมาะสม	หน่วย
1	ค่าความหนืดของสี	30	วินาที
2	มุมของการปาดหมึก	60	องศา
3	รูปแบบวิธีการล้างบล๊อค	แบบมีขั้นตอนที่เหมาะสม	-

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย จะสามารถสรุปได้ว่าค่าของระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด และมีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกน้อยที่สุด คือ ค่าความหนืดของสี 30 วินาที มุมของการปาดหมึก 60 องศา และรูปแบบวิธีการล้างบล๊อคเป็นแบบมีขั้นตอนที่เหมาะสม

6.9 สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

จากที่เราได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย คือ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค ว่ามีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอย่างแท้จริงแล้ว ในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยเหล่านี้มาทำการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล ที่มีการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง มีจำนวนการทดลองทั้งสิ้น 48 การทดลอง เพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม ซึ่งจากการทดลองพบว่าปัจจัยทั้งหมดมีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ โดยจะมีระดับปัจจัยที่เหมาะสมคือ ค่าความหนืดของสี 30 วินาที มุมของการปาดหมึก 60 องศา และ รูปแบบวิธีการล้างบล๊อคแบบมีขั้นตอนที่เหมาะสม

บทที่ 7

ระยะการควบคุมการผลิต

7.1 บทนำ

จากขั้นตอนต่างๆที่ได้ดำเนินการมานั้น ทำให้ทราบถึงสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา จนถึงค่าที่เหมาะสมที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหาของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ดังนั้นขั้นตอนต่อไป ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของแนวทาง ซิกซ์ ซิกมา คือ ระยะการควบคุมการผลิต (Control Phase) จะเป็นการนำแนวทางที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา ไปปฏิบัติจริงในกระบวนการผลิต พร้อมทั้งมีแนวทางในการควบคุมให้กระบวนการผลิตสามารถเป็นไปตามแนวทางที่ได้กำหนดไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกขึ้นมาอีก

7.2 แนวทางการควบคุม

ในที่นี้จะกล่าวถึงการควบคุมการผลิต เพื่อให้กระบวนการผลิตเป็นไปตามข้อกำหนดต่างๆ ตามที่ได้ศึกษามาแล้วนั้น ซึ่งปัจจัยที่จะต้องมีแนวทางการควบคุม ได้แก่ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และ ขั้นตอนวิธีการทำความสะอาดบล๊อค

7.2.1 ค่าความหนืดของสี

ค่าความหนืดของสี เป็นปัจจัยที่สามารถทำการเพิ่มหรือลดได้ โดยวิธีการปรับเพิ่มทินเนอร์ ซึ่งมีหน้าที่เป็นตัวทำละลาย อีกทั้งการตรวจสอบสามารถทำได้อย่างง่ายๆ ด้วยเครื่องมือตรวจสอบค่าความหนืด ซึ่งใช้ปริมาณในการตรวจสอบไม่มาก ทั้งนี้ในการตรวจสอบค่าความหนืดทุกครั้ง จะต้องทำการบันทึกค่าความหนืดลงใบบันทึกทุกครั้ง

จากการทดลองหาค่าความหนืดที่จะทำให้ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอยู่ในระดับต่ำ จะได้ค่าความหนืดที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิต เท่ากับ 30 วินาที ดังนั้นในแนวทางการควบคุมค่าความหนืดของสี จะมีหน้าที่ในการควบคุมค่าความหนืดของสีให้มีค่าเท่ากับ 30 วินาที ตลอดกระบวนการพิมพ์พลาสติก ซึ่งจะมีแนวทางดังนี้

1. จัดทำคู่มือการตรวจวัดความหนืดของสีก่อนจะเริ่มกระบวนการพิมพ์พลาสติก

2. ทำการบันทึกค่าความหนืดของสีทุกครั้งที่มีการวัด โดย หัวหน้าแผนกพิมพ์จะต้องทำการตรวจสอบอยู่ตลอดเวลา
3. จัดการฝึกอบรมพนักงานเป็นประจำ

7.2.2 มุมของการปาดหมึก

มุมของการปาดหมึก เป็นปัจจัยที่สามารถปรับตั้งค่าได้ที่เครื่องจักร การปรับตั้งค่ามุมของการปาดหมึกจะต้องดำเนินการในช่วงการปรับตั้งเครื่องจักรก่อนเริ่มกระบวนการพิมพ์พลาสติก เมื่อผ่านกระบวนการพิมพ์พลาสติกแล้ว มีความเป็นไปได้ที่ค่ามุมของการปาดหมึกอาจจะมีการคลาดเคลื่อน ดังนั้นก่อนเริ่มกระบวนการพิมพ์พลาสติกทุกครั้ง จำเป็นอย่างยิ่งที่จะมีการตั้งค่ามุมของการปาดหมึกทุกครั้ง

จากการทดลองในบทก่อน จะทำให้ทราบว่าค่ามุมของการปาดหมึกที่จะส่งผลให้เกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกน้อยที่สุด คือ 60 องศา ดังนั้นแนวทางการควบคุมการผลิตในส่วนของปัจจัยมุมของการปาดหมึกจะต้องควบคุมให้ค่ามุมของการปาดหมึกคงที่ เท่ากับ 60 องศา ซึ่งจะมีแนวทางดังนี้

1. จัดทำคู่มือการปรับตั้งค่ามุมของการปาดหมึกก่อนจะเริ่มกระบวนการพิมพ์พลาสติก
2. ทำการเทียบวัดค่ามุมของการปาดหมึกทุกครั้งก่อนเริ่มกระบวนการพิมพ์พลาสติก โดยหัวหน้าแผนกพิมพ์จะต้องทำการตรวจสอบอยู่ตลอดเวลา
3. จัดการฝึกอบรมพนักงานเป็นประจำ

7.2.3 รูปแบบวิธีการล้างบล๊อค

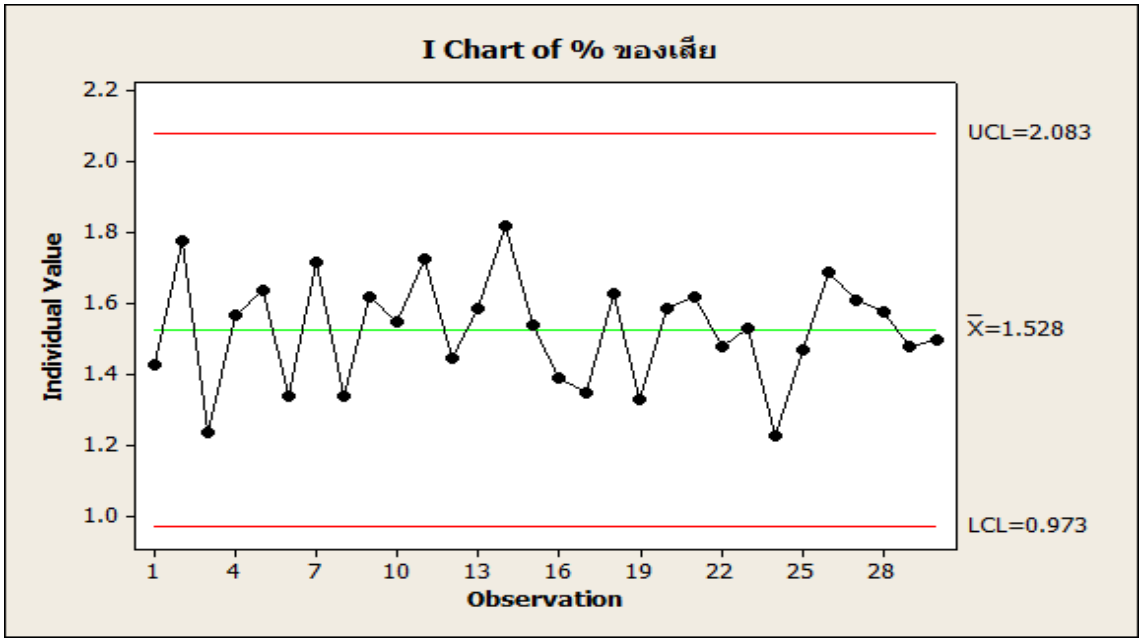
จากระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา ทำให้พบว่าความสะอาดของบล๊อค จะมีผลต่อของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ทางทีมงานจึงได้กำหนดขั้นตอนการล้างบล๊อคที่เหมาะสมขึ้นมา โดยการรวบรวมความรู้และประสบการณ์ของทีมงาน เนื่องจากการทำความสะอาดบล๊อคแบบเดิมดำเนินการแบบง่ายๆ เพียงใช้ผ้าเช็ดบล๊อค

จากผลการทดลอง จะช่วยยืนยันได้ว่า รูปแบบวิธีการล้างบล๊อคที่ได้กำหนดขึ้นมานั้น มีผลทำให้ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกต่ำลง การรักษาระดับของเสียให้อยู่ในระดับต่ำ จะต้องกำหนดแนวทางในการควบคุมกระบวนการพิมพ์พลาสติก ดังนี้

1. จัดทำคู่มือปฏิบัติงาน รูปแบบวิธีการล้างบล๊อคแบบมีขั้นตอนที่เหมาะสม
2. จัดการฝึกอบรมพนักงานเป็นประจำ

7.3 ข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

จากการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงปัญหาของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก โดยใช้แนวทาง ซิกซ์ ซิกมา ทั้ง 5 ขั้นตอน ได้แก่ ระยะนิยามปัญหา (Define Phase) ระยะตรวจวัดปัญหา (Measure Phase) ระยะวิเคราะห์ปัญหา (Analysis Phase) ระยะปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase) และระยะควบคุมกระบวนการ (Control Phase) เมื่อเสร็จสิ้นการดำเนินการแล้ว กระบวนการพิมพ์พลาสติกจะปฏิบัติงานภายใต้แผนการควบคุมกระบวนการที่ได้กำหนดขึ้นมาเพื่อควบคุมและป้องกันไม่ให้ของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกมีค่าเพิ่มขึ้น โดยจะเก็บข้อมูลของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกเป็นระยะเวลา 30 วัน ซึ่งจะนำข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของเสียในแต่ละวันมาพล๊อตใน Control Chart ดังรูปที่ 7.1 จะพบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ของแต่ละวันจะไม่สูงเกินกว่า UCL (Upper Center Line) และไม่ต่ำกว่า LCL (Lower Center Line) อีกทั้งมีค่าเฉลี่ยต่อเดือนเพียง 1.53% จากนั้นจะนำมาเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของเสียก่อนการปรับปรุงกระบวนการ ดังตารางที่ 7.1



รูปที่ 7.1 แผนภูมิควบคุมเปอร์เซ็นต์ของเสีย ระยะเวลา 30 วัน

ตารางที่ 7.1 ผลเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังปรับปรุง

ประเภท	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ความหนืดของสี (วินาที)	ไม่ระบุ	30
มุมการปาดหมึก (องศา)	ไม่ระบุ	60
ขั้นตอนการล้างบล๊อค	วิธีการแบบง่าย	มีวิธีการแบบขั้นตอนที่เหมาะสม
เปอร์เซ็นต์ของเสีย(%)	11.68	1.53
มูลค่าของเสีย (ต่อเดือน)(บาท)	278,000	36,500

จากตารางที่ 7.1 พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ของเสียที่ลดลงจาก 11.68% เหลือเพียง 1.53% หมายความว่ามีปริมาณของเสียลดลงถึง 86.9% อีกทั้งยังสามารถลดมูลค่าของเสียได้จาก 278,000 บาทต่อเดือน เหลือเพียง 36,500 บาทต่อเดือน สามารถลดต้นทุนของเสียได้เป็นจำนวน 241,500 บาทต่อเดือน

7.4 สรุประยะการควบคุมกระบวนการผลิต

จากการดำเนินการเพื่อปรับปรุงกระบวนการจากขั้นตอนก่อนๆ จะทำให้ได้ ค่าที่เหมาะสมในการควบคุมให้ปริมาณของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นในระยะควบคุมกระบวนการผลิตจะมีหน้าที่ในการควบคุมให้ปริมาณของเสียอยู่ในระดับต่ำต่อไป และป้องกันไม่ให้ปริมาณของเสียเพิ่มขึ้น โดยการออกมาตรการต่างๆ ในการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ได้แก่ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค

แนวทางในการควบคุมปัจจัย จะสามารถทำได้โดยการสร้างคู่มือการปฏิบัติงาน การให้พนักงานบันทึกค่าของปัจจัยต่างๆลงในแบบฟอร์ม รวมไปถึงการจัดอบรมพนักงานเพื่อให้พนักงานตระหนักและเข้าใจในแนวทางการควบคุมปัจจัยต่างๆ ซึ่งจากการทดลองเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของเสียเป็นระยะเวลา 1 เดือน ภายใต้มาตรการการควบคุมกระบวนการผลิตแล้ว จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ของเสียมีปริมาณถึง 86.9%

บทที่ 8

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 บทนำ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการนำแนวทาง ซิกซ์ ซิกมา ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ระยะนั่นคือ ระยะนิยามปัญหา (Define Phase) ระยะการตรวจวัดปัญหา (Measure Phase) ระยะการวิเคราะห์ปัญหา (Analysis Phase) ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase) และ ระยะการควบคุมกระบวนการผลิต (Control Phase) มาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก

จากการดำเนินการตามขั้นตอนของ ซิกซ์ ซิกมา จะทำให้ทราบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก คือ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค ซึ่งจากการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล จะพบว่า ระดับปัจจัยของค่าความหนืดของสีเท่ากับ 30 วินาที ระดับปัจจัยมุมของการปาดหมึก เท่ากับ 60 องศา และรูปแบบวิธีการล้างบล๊อคเป็นแบบที่มีขั้นตอนที่เหมาะสม จากการเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงแล้วพบว่า มีเปอร์เซ็นต์ของเสียลดลงจาก 11.68% เหลือ 1.53% โดยบทสรุปรายละเอียดแต่ละขั้นตอนจะมีดังนี้

8.2 บทสรุประยะนิยามปัญหา

สำหรับในระยะนิยามปัญหานั้น จะทำการศึกษากระบวนการผลิต จากนั้นจึงรวบรวมข้อมูลของเสียจากกระบวนการผลิตถุงพลาสติกแต่ละประเภทตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 ซึ่งใช้เปอร์เซ็นต์ของเสียเป็นตัวชี้วัด จะนำข้อมูลของเสียเหล่านี้ มาเรียงลำดับด้วยแผนภูมิพาเรโต จะพบว่าของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกมีปริมาณของเสียมากที่สุดและโดดเด่นมากกว่าของเสียประเภทอื่นๆ ดังนั้นในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาของเสียจากกระบวนการผลิตถุงพลาสติก จึงมุ่งเน้นไปที่การแก้ไขปัญหาของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก

8.3 บทสรุประยะตรวจวัดปัญหา

ในขั้นตอนนี้ จะเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความสามารถของระดับพนักงาน โดยคัดเลือกตัวแทนพนักงานมา จะมีดัชนีในการวัดพนักงาน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์รีพีททะบิริตี้ของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ความไม่ไบอัสของพนักงาน เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลรีพีททะบิริตี้ของการตรวจสอบ และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลความไม่ไบอัสของการตรวจสอบ ซึ่งจะมีเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือ 100% การตรวจสอบนี้ทำเพื่อให้เกิดความมั่นใจในระบบการตรวจสอบของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกโดยพนักงาน จากการตรวจสอบความสามารถพนักงานจะได้ผลการตรวจสอบของพนักงานมีค่า 100% ในทุกๆดัชนี จึงสามารถสรุปได้ว่า ความสามารถของระบบการวัดของพนักงานอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

จากนั้นจะทำการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหาของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ซึ่งจะดำเนินการด้วยการระดมสมองจากทีมงานที่ได้ทำการคัดเลือกมา โดยจะใช้แผนภูมิก้างปลาในการใช้แผนภูมิก้างปลาจะทำให้ได้ปัจจัยที่คเริ่มต้นหาสาเหตุของปัญหา จากการาดว่าจะส่งผลให้เกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกมาทั้งสิ้น 20 ปัจจัย จากนั้นนำ 20 ปัจจัยมาทำการคัดกรองโดยใช้ Cause and Effect Matrix จากการเรียงลำดับคะแนนความสำคัญ จะทำให้เหลือปัจจัยอยู่ 10 ปัจจัย จึงนำปัจจัยเหล่านี้ไปวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ เรียงลำดับความสำคัญจากคะแนน RPN จะทำให้พบว่ามีปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติกทั้งสิ้น 3 ปัจจัย คือ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค แล้วจึงทำปัจจัยที่ได้ผ่านการคัดกรองเหล่านี้ไปวิเคราะห์ในบทต่อไปเพื่อเป็นการยืนยันว่าปัจจัยเหล่านี้ มีผลต่อคุณภาพการผลิตอย่างแท้จริง

8.4 บทสรุประยะวิเคราะห์ปัญหา

ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เป็นการนำปัจจัยที่ได้ผ่านการคัดกรองจากเครื่องมือทางสถิติต่างๆ ในระยะตรวจวัดปัญหา โดยมีปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบขั้นตอนวิธีการล้างบล๊อค ซึ่งจะนำปัจจัยเหล่านี้มาทดสอบเพื่อยืนยันว่า ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอย่างแท้จริง

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา จะกระทำโดยนำปัจจัยมาทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติด้วยวิธี Two Proportions โดยใช้โปรแกรม MINITAB ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยในแต่ละ

ปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ จะต้องกำหนดค่าความแตกต่างเพื่อนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบ ซึ่งจากการทดสอบสมมติฐาน จะทำให้สรุปได้ว่า ปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบขั้นตอนวิธีการล้างบล๊อค มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

8.5 บทสรุประยะปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

จากที่เราได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย คือ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค ว่ามีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอย่างแท้จริงแล้ว ในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยเหล่านี้มาทำการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล ที่มีการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง มีจำนวนการทดลองทั้งสิ้น 48 การทดลอง เพื่อหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม ซึ่งจากการทดลองพบว่าปัจจัยทั้งหมดมีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอย่างมีนัยสำคัญ โดยจะมีระดับปัจจัยที่เหมาะสมคือ ค่าความหนืดของสี 30 วินาที มุมของการปาดหมึก 60 องศา และ รูปแบบวิธีการล้างบล๊อคแบบมีขั้นตอนที่เหมาะสม

8.6 บทสรุประยะควบคุมกระบวนการผลิต

จากการดำเนินการเพื่อปรับปรุงกระบวนการจากขั้นตอนก่อนๆ จะทำให้ได้ ค่าที่เหมาะสมในการควบคุมให้ปริมาณของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติกอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นในระยะควบคุมกระบวนการผลิตจะมีหน้าที่ในการควบคุมให้ปริมาณของเสียอยู่ในระดับต่ำต่อไป และป้องกันไม่ให้ปริมาณของเสียเพิ่มขึ้น โดยการออกมาตรการต่างๆ ในการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียจากกระบวนการพิมพ์พลาสติก ได้แก่ ค่าความหนืดของสี มุมของการปาดหมึก และรูปแบบวิธีการล้างบล๊อค

แนวทางในการควบคุมปัจจัย จะสามารถทำได้โดยการสร้างคู่มือการปฏิบัติงาน การให้พนักงานบันทึกค่าของปัจจัยต่างๆลงในแบบฟอร์ม รวมไปถึงการจัดอบรมพนักงานเพื่อให้พนักงานตระหนักและเข้าใจในแนวทางการควบคุมปัจจัยต่างๆ ซึ่งจากการทดลองเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของเสียเป็นระยะเวลา 1 เดือน ภายใต้มาตรการการควบคุมกระบวนการผลิตแล้ว จะพบว่าเปอร์เซ็นต์ของเสียมีปริมาณถึง 86.9%

หลังจากระยะควบคุมกระบวนการผลิตเสร็จสิ้นแล้ว เปอร์เซ็นต์ของเสียที่วัดได้ในแต่ละวัน จะมีปริมาณไม่เกิน 2.08 % ซึ่งเป็นค่า UCL จากรูปที่ 7.1 ซึ่งเป็นการยืนยันว่าการนำแนวทางซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในการลดของเสียในกระบวนการพิมพ์พลาสติกประสบผลสำเร็จ

8.7 อุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย

1. เนื่องด้วยการซื้อขายของสินค้าชนิดนี้ จะใช้หน่วยเป็นกิโลกรัม อีกทั้งในกระบวนการพิมพ์พลาสติก ไม่ได้มีลักษณะการผลิตเป็นชิ้นๆ ดังนั้นทำให้ไม่สามารถคำนวณหากลุ่มตัวอย่างได้ จึงจำเป็นต้องกำหนดกลุ่มตัวอย่างตามความสะดวกในการจัดหาชิ้นงาน

2. โรงงานกรณีศึกษา เป็นโรงงานขนาดเล็ก มีพนักงานไม่เยอะมาก ซึ่งส่งผลให้เกิดความยากลำบากและล่าช้า ในการประชุมทีมงานที่ได้คัดเลือกมาทำการวิจัย

3. อุปกรณ์ในการตรวจวัดบางชนิด ไม่อยู่ในสภาพใช้การได้ บางชนิดก็หาย ขาดการบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ส่งผลให้เมื่อถึงเวลาจะใช้เครื่องมือเหล่านี้ ก็ไม่สามารถใช้งานได้

8.8 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานขนาดเล็ก ทำให้ขาดความพร้อมในหลายๆด้าน เช่น บุคลากร อุปกรณ์เครื่องมือ เป็นต้น จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ควรมีการจัดอบรบเพื่อพัฒนาบุคลากร ให้มีทัศนคติในการทำงานเชิงบวก ไม่ปล่อยปะละเลย ในเรื่องที่จำเป็น เช่น การบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ การเก็บรักษาอุปกรณ์ไม่ให้หายไป

2. ทำการจ้างพนักงานเพิ่ม เพื่อให้มีการทดแทนกันได้ จะทำให้มีเวลาในการพัฒนาศักยภาพของพนักงานเดิมที่ทำงานอยู่แล้ว

3. ควรมีการจัดซื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ให้มีความทันสมัยมากขึ้น เพื่อให้การทำงานมีความสะดวกสบาย พร้อมทั้งมีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัลยา วานิชย์บัญชา. การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),2549.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) : ประมวลผลด้วย MINITAB กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),2549.

โกศล ดีศีลธรรม : เส้นทางสู่คุณภาพระดับ Six Sigma. วารสารเทคนิค 226 (ส.ค.46): 175-182.

ธีรพร เสนพรหม. การลดแม่แบบแก้วเสียในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ทรงพล พิเชษฐวัฒนา. การประยุกต์การออกแบบการทดลองในการปรับปรุงคุณภาพของแรงดึงหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิ ชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

นวลพรรณ ใจงาม. การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ปารเมศ ชุติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย,2545 .

ไพจิตร์ นรากรไพจิตร์, พันเอกอุดม ควรผดุง และสุภาวดี ธีรธรรมากร. เอกสารการสอนชุดวิชา กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2542.

ไพโรจน์ บาลัน. การจัดการกระบวนการตามหลัก Six Sigma. กรุงเทพมหานคร: อีไอแสควร์,2549.

พรเทพ เหลือทรัพย์สุข. สถิติสำหรับ Six Sigma ง่ายนิดเดียว. กรุงเทพมหานคร : อีไอแสควร์,2549.

ภัทรา อายุวัฒน์. การลดของเสียที่เกิดจากค่าการรับน้ำหนักกดของชุดหัวอ่านสำเร็จไม่ได้ ตามข้อกำหนดในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ภาณุ ชุดเจือจีน. การลดของเสียจากการพ่นสีรองพื้นในกระบวนการผลิตกล่องนาฬิกาโดยแนวทางซิกซ์ ซิกมา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

วรภัทร์ ภู่เจริญ, กาญจนา สร้อยระย้า และ ธนกฤต จรัสรุ่งชวลิต. ชำแหละ Six Sigma. กรุงเทพมหานคร :ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2546.

วิยะดา ตันวัฒนากูล. การควบคุมคุณภาพในเชิงสถิติ. ภาควิชาสถิติ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2538.

วีรพจน์ เหล่าไพธิวิหาร. การปรับปรุงผลิตภาพโดยใช้ระบบ SIX SIGMA ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ บริษัทซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด. สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาการจัดการอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2544

ภาษาอังกฤษ

Breyfogle III, F.W. Implementing Six Sigma Smart Solution Using Statistical Method. USA.: John Wiley and Son, 1999.

Cherry, J. and Seshadri, S. Six Sigma: Using statistics to reduce process variability and costs in radiology. Radiology Management 22:6 (2000): 42-45

Coronado , R.B. and Antony, J. Critical success factors for the successful implementation Of six sigma projects in organizations, 2002

Evans, J. R. and Lindsay, W.M. An introduction to six sigma & process improvement. Mason, Ohio: Thomson/South-Western, 2005.

Harry, M. and Schroeder R. Six Sigma: The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations. New York: Currency Book, 2000.

Montgomery, D. C. Design and analysis of experiments. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2005.

Tin Kin Ang, Reduce cost of size pallet by Six Sigma, 1999

Yam Hong See, Six Sigma : Reduce defect from glue process in flip-chip, 1999

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ค่าเปอร์เซ็นต์ของเสียของการผลิตถุงพลาสติก

ตาราง ก.1 ข้อมูลของเสียแยกตามประเภทของเสียของการผลิตถุงพลาสติก

ตาราง ก.1 ข้อมูลของเสียแยกตามประเภทของเสียของการผลิตถุงพลาสติก

ประเภทของเสีย	มกราคม		กุมภาพันธ์		มีนาคม		เมษายน	
	KGS	%	KGS	%	KGS	%	KGS	%
เป่าเสีย	165.50	0.62	259.26	0.79	261.67	0.86	165.96	0.60
พิมพ์เสีย	3,731.95	13.91	4,171.93	12.70	3,653.97	11.97	2970.70	10.71
ตัดเสีย	158.80	0.59	179.86	0.55	194.26	0.64	180.90	0.65
บากเสีย	6.71	0.03	1.73	0.01	7.11	0.02	51.22	0.18
หัว-ท้าย เสีย	326.24	1.22	367.58	1.12	342.27	1.12	391.40	1.41
สกปรก	161.15	0.60	185.63	0.57	208.27	0.68	187.21	0.68
ผิดขนาด	234.62	0.87	305.81	0.93	317.44	1.04	349.22	1.26
ยับ	74.9	0.28	29.69	0.09	138.82	0.45	95.82	0.35
ตาปลา	337.37	1.26	329.17	1.00	372.22	1.22	464.00	1.67
จำนวนของเสียทั้งหมด	26,836.30	100	32,844.7	100	30535.79	100	27732.7	100

ตาราง ก.1 (ต่อ)

ประเภทของเสีย	พฤษภาคม		มิถุนายน		กรกฎาคม		สิงหาคม	
	KGS	%	KGS	%	KGS	%	KGS	%
เป้าเสีย	266.43	0.92	359.28	1.10	254.23	1.00	429.10	1.54
พิมพ์เสีย	3,228.90	11.17	3,853.56	11.83	2,573.98	10.11	3,151.56	11.29
ตัดเสีย	197.98	0.69	199.00	0.61	189.63	0.74	193.64	0.69
บากเสีย	3.15	0.01	8.59	0.03	5.41	0.02	4.43	0.02
หัว-ท้าย เสีย	326.37	1.13	409.26	1.26	323.18	1.27	396.05	1.42
สกปรก	161.82	0.56	199.28	0.61	254.61	1.00	144.88	0.52
ผิดขนาด	351.10	1.22	383.94	1.18	344.23	1.35	385.81	1.38
ยับ	127.43	0.44	147.14	0.45	196.65	0.77	135.05	0.48
ตาปลา	278.77	0.96	320.21	0.98	619.22	2.43	418.37	1.50
จำนวนของเสียทั้งหมด	28,896.20	100	32,577.7	100	25468.6	100	27,922.3	100

ตาราง ก.1 (ต่อ)

ประเภทของเสีย	กันยายน		ตุลาคม		พฤศจิกายน		ธันวาคม	
	KGS	%	KGS	%	KGS	%	KGS	%
เป้าเสีย	286.97	0.89	372.74	1.05	235.98	0.85	370.15	1.26
พิมพ์เสีย	3,568.64	11.10	4,044.87	11.41	3,381.10	12.18	3,428.36	11.69
ตัดเสีย	219.00	0.68	216.13	0.61	200.92	0.72	189.48	0.65
บากเสีย	7.39	0.02	3.02	0.01	52.09	0.19	2.24	0.01
หัว-ท้าย เสีย	380.07	1.18	522.40	1.47	402.52	1.45	385.99	1.32
สกปรก	268.22	0.83	210.16	0.59	243.53	0.88	203.62	0.69
ผิดขนาด	333.26	1.04	352.33	0.99	372.89	1.34	306.23	1.04
ยับ	163.13	0.51	143.78	0.41	120.65	0.43	155.69	0.53
ตาปลา	479.43	1.49	424.52	1.20	287.14	1.03	389.38	1.33
จำนวนของเสียทั้งหมด	32,159.50	100	35,441.60	100	27,749.68	100	29,320.8	100

ภาคผนวก ข
ค่าการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา

ตาราง ข.1 แบบฟอร์มการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราความสำคัญต่อผลกระทบ
ตาราง ข.2 ผลการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราความสำคัญต่อผลกระทบ
ตาราง ข.3 เกณฑ์การให้คะแนนตามระดับความรุนแรงของปัญหา (Severity : S)
ตาราง ข.4 เกณฑ์การให้คะแนนตามความถี่ของสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา (Occurrence:O)
ตาราง ข.5 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหา (Detective:D)
ตาราง ข.6 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ FMEA

ตาราง ข.1 แบบฟอร์มการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย

ลำดับ	ปัจจัย	คะแนนความสัมพันธ์										
1	ขาดการฝึกอบรม	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	ประมาทเลินเล่อ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	บล๊อคไม่ได้คุณภาพที่เหมาะสม	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	ตัววัดระยะพิมพ์ไม่ได้มาตรฐาน คุณภาพ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	การตั้งค่าของมุมของการปาดหมึก	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	ตาชั่งตวงน้ำหนักสีไม่ได้มาตรฐาน มีค่าคลาดเคลื่อน	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	ขาดแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	ขาดการปรับปรุงคุณภาพบล๊อค	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	ไม่มีเกณฑ์มาตรฐานในการควบคุมแรงลมที่เป่าบล๊อค	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	ขาดการทดสอบความหนืด	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ตาราง ข.1 (ต่อ)

ลำดับ	ปัจจัย	คะแนนความสัมพันธ์										
11	ค่าความหนืดไม่เหมาะสม	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	รูปแบบวิธีการทำความสะอาดบล๊อค	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	ขาดการควบคุมลูกกลิ้ง	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	เติมทินเนอร์เยอะเกิน	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	สูตรผสมสีไม่ถูกต้อง	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	การปรับระยะพิมพ์ไม่ดี	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	บล๊อคตัวพิมพ์บาง	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	วัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	วัตถุดิบเสื่อมคุณภาพเพราะเก็บไว้นาน	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	เก็บรักษาวัตถุดิบไม่ดี	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ตาราง ข.2 ผลการให้คะแนนปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราความสำคัญต่อผลกระทบ

ลำดับ	ปัจจัย	คะแนนความสัมพันธ์					
		ผู้จัดการฝ่ายผลิต	วิศวกรฝ่ายผลิต	วิศวกรฝ่ายคุณภาพ	หัวหน้าแผนกพิมพ์	พนักงานแผนกพิมพ์	รวม
1	ขาดการฝึกอบรม	3	4	3	2	0	12
2	ประมาทเลินเล่อ	4	3	3	1	0	11
3	บล๊อคไม่ได้คุณภาพที่เหมาะสม	1	0	2	2	3	8
4	ตัววัดระยะพิมพ์ไม่ได้มาตรฐานคุณภาพ	4	2	3	1	5	15
5	การตั้งค่าของมุมของการปาดหมึก	8	10	9	9	8	44
6	ตาชั่งตวงน้ำหนักสีไม่ได้มาตรฐาน มีค่าคลาดเคลื่อน	9	8	9	7	6	39
7	ขาดแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	7	7	6	7	8	35
8	ขาดการปรับปรุงคุณภาพบล๊อค	1	3	1	3	2	10

ตาราง ข.2 (ต่อ)

ลำดับ	ปัจจัย	คะแนนความสัมพันธ์					
		ผู้จัดการฝ่ายผลิต	วิศวกรฝ่ายผลิต	วิศวกรฝ่ายคุณภาพ	หัวหน้าแผนกพิมพ์	พนักงานแผนกพิมพ์	รวม
9	ไม่มีเกณฑ์มาตรฐานในการควบคุมแรงลมที่เป่าบล๊อค	6	7	8	8	9	35
10	ขาดการทดสอบความหนืด	8	7	9	7	7	38
11	ค่าความหนืดไม่เหมาะสม	10	10	9	10	8	47
12	รูปแบบวิธีการทำความสะอาดบล๊อค	10	9	9	8	9	45
13	ขาดการควบคุมลูกกลิ้ง	4	3	1	2	3	13
14	เติมทินเนอร์เยอะเกิน	3	2	2	1	0	8
15	สูตรผสมสีไม่ถูกต้อง	8	6	8	7	6	35
16	การปรับระยะพิมพ์ไม่ดี	5	7	7	4	6	29
17	บล๊อคตัวพิมพ์บาง	3	1	5	2	4	15
18	วัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน	8	6	5	7	5	31

ตาราง ข.2 (ต่อ)

ลำดับ	ปัจจัย	คะแนนความสัมพันธ์					
		ผู้จัดการฝ่ายผลิต	วิศวกรฝ่ายผลิต	วิศวกรฝ่ายคุณภาพ	หัวหน้าแผนกพิมพ์	พนักงานแผนกพิมพ์	รวม
19	วัตถุดิบเสื่อมคุณภาพเพราะเก็บไว้นาน	2	2	1	3	4	12
20	เก็บรักษาวัตถุดิบไม่ดี	4	1	3	1	2	11

ตาราง ข.3 เกณฑ์การให้คะแนนตามระดับความรุนแรงของปัญหา (Severity : S)

ผลกระทบ	เกณฑ์ :ความร้ายแรงของผลกระทบ	ระดับ
ความเสียหายร้ายแรงในการผลิตโดยปราศจากสัญญาณเตือน	มีระดับความร้ายแรงของปัญหาสูง มีความผิดพลาดที่มีผลกระทบ 100% ผลิตภัณฑ์เสียหายต้องทิ้งหมด โดยไม่มีสัญญาณเตือนก่อน	10
ความเสียหายร้ายแรงในการผลิตโดยมีสัญญาณเตือนก่อน	มีระดับความร้ายแรงของปัญหาสูง มีความผิดพลาดที่มีผลกระทบ 100% ผลิตภัณฑ์เสียหายต้องทิ้งหมด โดยมีสัญญาณเตือนแล้ว	9
สูงมาก	เกิดผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ทั้ง 100% มีการคัดทิ้งทั้งหมด ในกรณีที่ลูกค้าไม่พอใจมาก	8
สูง	เกิดผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ มีการคัดทิ้ง น้อยกว่า 80% ในกรณีที่ลูกค้าไม่พอใจ	7
พอสมควร	เกิดผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ มีการคัดทิ้งน้อยกว่า 50% ในกรณีที่ลูกค้าไม่พอใจ	6
ต่ำ	เกิดผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ มีการคัดทิ้งน้อยกว่า 20% ในกรณีที่ลูกค้าไม่พอใจ	5
ต่ำมาก	เกิดผลกระทบกับผลิตภัณฑ์ มีการคัดทิ้งน้อยกว่า 5% ในกรณีที่ลูกค้าไม่พอใจ	4
น้อย	เกิดการร้องเรียนจากลูกค้า	3
น้อยมาก	เกิดการร้องเรียนจากลูกค้า ที่มีความละเอียดในงานสูง	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ	1

ตาราง ข.4 เกณฑ์การให้คะแนนตามความถี่ของสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา (Occurrence :O)

ความน่าจะเป็นของความผิดพลาด	ระดับความเป็นไปได้ของความผิดพลาด	ระดับ
สูงมาก : ความผิดพลาดไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้	1 ใน 2 (มากกว่า 50%)	10
	1 ใน 3 (33.33%)	9
สูง : โดยทั่วไปมีส่วนเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการที่คล้ายกันจนถึงกระบวนการต่อหน้าที่ ซึ่งเกิดขึ้นบ่อย	1 ใน 8 (12.5%)	8
	1 ใน 20 (5%)	7
พอสมควร : โดยทั่วไปมีส่วนเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการที่คล้ายกันจนถึงกระบวนการก่อนหน้านี้ ซึ่งมีการเกิดขึ้นของความผิดพลาดแต่ไม่ใช่ในสัดส่วนที่มาก	1 ใน 80 (1.25%)	6
	1 ใน 400 (0.25%)	5
	1 ใน 2000 (0.05%)	4
ต่ำ : ความผิดพลาดอย่างเดียวที่มีความเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการที่คล้ายกัน	1 ใน 15,000 (0.0067%)	3
ต่ำมาก ความผิดพลาดเพียงหนึ่งเดียวที่เกี่ยวเนื่องกับกระบวนการที่เหมือนกัน	1 ใน 150,000 (0.00067%)	2
น้อยมาก ความผิดพลาดที่ไม่น่าจะเป็นไปได้	1 ใน 1,500,000 (0.00067%)	1

ตาราง ข.5 เกณฑ์การให้คะแนนระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหา (Detective: D)

การตรวจจับ	แนวโน้มในการตรวจพบสาเหตุของความเสียหาย	ระดับ
เกือบจะเป็นไปไม่ได้	ไม่ทราบว่าจะหาการควบคุมใดมาป้องกันความเสียหาย	10
ห่างไกลมาก	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้ ยังห่างไกลมากที่จะป้องกันความผิดพลาด	9
ห่างไกล	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้ ยังห่างไกลที่จะป้องกันความผิดพลาด	8
ต่ำมาก	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้ ยังอีกต่ำมากที่จะป้องกันความผิดพลาด	7
ต่ำ	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้ ยังอีกต่ำที่จะป้องกันความผิดพลาด	6
ปานกลาง	การควบคุมในตอนนี้ พอสมควรที่จะป้องกันความผิดพลาด	5
ค่อนข้างสูง	การควบคุมในตอนนี้ ค่อนข้างสูงที่จะป้องกันความผิดพลาด	4
สูง	การควบคุมในตอนนี้ สูงพอที่จะป้องกันความผิดพลาด	3
สูงมาก	การควบคุมในตอนนี้ สูงมากพอที่จะป้องกันความผิดพลาด	2
เกือบแน่นอน	การควบคุมนี้เกือบแน่นอนแล้ว ที่จะป้องกันความผิดพลาด	1

ตารางที่ ข.6 ผลการวิเคราะห์ FMEA

Item	Key Process Input	Potential Failure Mode	SEV	Potential Cause	OCC	Current Control	DET	RPN	Action Recommended	SEV	OCC	DET	RPN
1	ค่าความหนืดของสี	ความหนืดของสีไม่เหมาะสม	9	ไม่มีค่าความหนืดของสีที่เหมาะสมและเป็นมาตรฐาน	8	ไม่มีการทดสอบความหนืด	9	648	ทำการทดลองหาค่าความหนืดที่เหมาะสมและจัดทำคู่มือปฏิบัติงาน				
2	การทำความสะอาดบล๊อค	บล๊อคไม่สะอาด	8	ไม่มีมาตรฐานในการทำความสะอาดบล๊อค	8	ไม่มีคู่มือการทำความสะอาดบล๊อค	9	576	จัดทำคู่มือการล้างบล๊อคที่ถูกต้องพร้อมทดลอง				
3	มุมของการปาดหมึก	มุมไม่เหมาะสม	8	ไม่มีค่ามุมของการปาดหมึกที่เหมาะสมและเป็นมาตรฐาน	8	ไม่มีการตรวจค่ามุมของการปาดหมึก	7	448	ทำการทดสอบหาค่ามุมของการปาดหมึกที่เหมาะสม				

ตารางที่ ข.6 (ต่อ)

Item	Key Process Input	Potential Failure Mode	SEV	Potential Cause	OCC	Current Control	DET	RPN	Action Recommended	SEV	OCC	DET	RPN
4	ตาชั่งน้ำหนักสี	ไม่มีมาตรฐาน	6	ขาดการสอบเทียบมาตรฐานของตาชั่งเป็น	5	มีคู่มือการสอบเทียบตาชั่ง	3	90	ทำการสอบเทียบตาชั่งเป็นประจำ				
5	การทดสอบความหนืด	ไม่มีการมาตรฐานการทดสอบ	7	ไม่มีคู่มือในการทดสอบความหนืด	3	ไม่มีคู่มือการปฏิบัติงาน	6	126	จัดทำคู่มือปฏิบัติงาน				
6	สูตรผสมสี	ไม่ได้มาตรฐาน	6	ไม่มีสูตรผสมสีที่แน่นอนและเหมาะสม	4	มีคู่มือการปฏิบัติงาน	2	48	ทำการทดลองเพื่อหาสูตรผสมสีที่เหมาะสม				
7	การควบคุมแรงลม	ขาดการควบคุม	5	ไม่มีการกำหนดให้เป็นมาตรฐาน	5	มีคู่มือการปฏิบัติงาน	3	75	หามาตรฐานแรงลมที่เหมาะสม				

ตารางที่ ข.6 (ต่อ)

Item	Key Process Input	Potential Failure Mode	SEV	Potential Cause	OCC	Current Control	DET	RPN	Action Recommended	SEV	OCC	DET	RPN
8	แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	ขาดแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร	6	ไม่มีข้อกำหนดในการวางแผนบำรุงรักษาเครื่องจักร	3	ขาดคู่มือการปฏิบัติงาน	5	90	จัดทำแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร				
9	คุณภาพวัตถุดิบ	ขาดการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ	7	ขาดมาตรการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ	5	มีคู่มือมาตรฐานคุณภาพวัตถุดิบ	2	70	จัดทำเอกสารควบคุมการตรวจสอบวัตถุดิบ				
10	การปรับระยะพิมพ์	ไม่มีมาตรฐาน	6	ขาดการกำหนดมาตรฐานระยะพิมพ์	3	มีคู่มือปฏิบัติงานการปรับระยะ	2	36	หาระยะพิมพ์ที่เหมาะสม				

ภาคผนวก ค
การควบคุมการผลิต

ตาราง ค.1 แบบฟอร์ม บันทึกควบคุมการทำงาน
ตาราง ค.2 คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction)

ตาราง ค.1 แบบฟอร์ม บันทึกควบคุมการทำงาน

แบบฟอร์มบันทึก เพื่อควบคุมคุณภาพ						
Date	Order.No.	ปริมาณ (Kg)	ค่าความหนืด ของสี	มุมของการ ปาดหมึก	พนักงาน	หัวหน้างาน

ตาราง ค.2 คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction)

Work Instruction			
Doc No.	WI001	Page	Effective Date:
เรื่อง :	คู่มือการควบคุมค่าความหนืด		

1. วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นคู่มือประกอบการทำงาน ในขั้นตอนการควบคุมค่าความหนืดสี ให้มีค่าเท่ากับ 30 วินาที เพื่อให้ของเสียอยู่ในระดับต่ำ

2.หน้าที่ความรับผิดชอบ

พนักงานแผนกพิมพ์

3.อุปกรณ์การทำงาน

3.1 ถ้วยสำหรับวัดความหนืดของสี

3.2 นาฬิกาจับเวลา

3.3 แบบฟอร์มบันทึกค่าความหนืด

4.ขั้นตอนการทำงาน

4.1 ผสมสีตามสัดส่วนที่ได้กำหนดไว้

4.2 เตรียมถ้วยสำหรับวัดความหนืดของสี

4.3 เตรียมนาฬิกาสำหรับจับเวลา

4.4 เทสีที่เตรียมไว้ใส่ถ้วยวัดความหนืด

4.5 ใช้นาฬิกาจับเวลา จนกว่าสีจะไหลจากถ้วยหมด

4.6 ทำการทดลองซ้ำอีก ครั้ง

4.7 ทำการบันทึกผล

Remark: หากพบปริมาณของเสียเพิ่มมากขึ้น ให้รีบแจ้งหัวหน้าแผนก

ตาราง ค.2 (ต่อ)

Work Instruction			
Doc No.	WI002	Page	Effective Date:
เรื่อง :	คู่มือการควบคุมมุมของการปาดหมึก		

1. วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นคู่มือประกอบการทำงาน ในขั้นตอนการควบคุมมุมของการปาดหมึก ให้มีค่าเท่ากับ 60 องศา เพื่อควบคุมปริมาณของเสียอยู่ในระดับต่ำ

2.หน้าที่ความรับผิดชอบ

พนักงานแผนกพิมพ์

3.อุปกรณ์การทำงาน

3.1 ไม้ฉากสำหรับวัดมุม 60 องศา

4.ขั้นตอนการทำงาน

4.1 หมุนวงล้อด้านข้างของเครื่องพิมพ์

4.2 ยกใบมีดปาดหมึกขึ้นมา

4.3 ใช้ไม้ฉากเทียบมุมระหว่างใบมีดปาดหมึกกับเส้นสัมผัสของบล๊อค ให้ได้มุม 60 องศา

4.4 ทำการบันทึกยืนยันว่า มุมของการปาดหมึกเท่ากับ 60 องศา

Remark: หากพบปริมาณของเสียเพิ่มมากขึ้น ให้รีบแจ้งหัวหน้าแผนก

ตาราง ค.2 (ต่อ)

Work Instruction			
Doc No.	WI003	Page	Effective Date:
เรื่อง :	คู่มือการปฏิบัติงานล้างบล๊อค		

1. วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นคู่มือประกอบการทำงาน ในขั้นตอนการล้างบล๊อคอย่างถูกต้อง ให้บล๊อคอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน และไม่ก่อให้เกิดของเสีย

2.หน้าที่ความรับผิดชอบ

พนักงานแผนกพิมพ์

3.อุปกรณ์การทำงาน

3.1 ผ้าแห้ง

3.2 น้ำมันก๊าดสำหรับเทบนบล๊อค

3.3 น้ำยาบลัสโซ

4.ขั้นตอนการทำงาน

4.1 ยกใบมีดปาดหมึกขึ้นมา

4.2 เทน้ำมันลงบนบล๊อค แล้วใช้ผ้าแห้งเช็ดให้สะอาด

4.3 ใช้น้ำยาบลัสโซป้ายลงบนบล๊อค แล้วใช้ผ้าแห้งเช็ดให้สะอาด

4.4 ทำตามข้อ 4.2 อีกครั้งหนึ่ง

4.5 ยกใบมีดปาดหมึกลง

Remark: หากพบปริมาณของเสียเพิ่มมากขึ้น ให้รีบแจ้งหัวหน้าแผนก

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวิทยา เจนจิวัฒนกุล สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2550 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา พ.ศ. 2551