การลดความสูญเปล่าในแผนกเป่าพลาสติก กรณีศึกษา โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

WASTE REDUCTION IN A BLOW MOLDING DEPARTMENT: A CASE STUDY OF A PLASTIC PACKAGING FACTORY

นางสาวทิพาวรรณ เรืองชาติชัย

MS. TIPAWAN REANGCHADCHAI

นางสาววรรณวิภา วังเย็น

MS. WANVIPA WANGYEN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WASTE REDUCTION IN A BLOW MOLDING DEPARTMENT: A CASE STUDY OF A PLASTIC PACKAGING FACTORY

MS. TIPAWAN REANGCHADCHAI
MS. WANVIPA WANGYEN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การลดความสูญเปล่าในแผนกเป่าพลาสติก กรณีศึกษา โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก
WASTE REDUCTION IN A BLOW MOLDING DEPARTMENT : A CASE STUDY OF A PLASTIC PACKAGING FACTORY

นักศึกษา นางสาวทิพาวรรณ เรืองชาติชัย รหัสประจำตัว 59010537
นางสาววรรณวิภา วังเย็น รหัสประจำตัว 59011175

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(รศ.ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การลดความสูญเปล่าในแผนกเป่าพลาสติก กรณีศึกษาโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก
นักศึกษา	นางสาวทิพาวรรณ เรืองชาติชัย นางสาววรรณวิภา วังเย็น
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2562
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness, %OEE) ในพื้นที่การผลิตโซน 3 ซึ่งมุ่งเน้นไปที่การลดความสูญเปล่าที่ส่งผลให้ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรมีค่าต่ำ โดยประยุกต์ใช้ประยุกต์ใช้เทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการ เช่น แผนภาพแสดงเหตุและผล กราฟ ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการศึกษาปัญหาเป็น 2 ส่วน คือ ปัญหาอัตราการเดินเครื่องจักรต่ำ และ ปัญหาอัตราคุณภาพต่ำ เนื่องจากเป็น 2 ปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในปัจจุบัน ด้านปัญหาอัตราการเดินเครื่องจักรต่ำ ผู้วิจัยได้นำหลักการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (Single-Minute Exchange of Die, SMED) ซึ่งเป็นเทคนิคการผลิตแบบลีน มาประยุกต์ใช้ในการลดเวลาที่เครื่องจักรหยุดการผลิตเนื่องจากการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถลดเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำการผลิตจาก 282 นาที/ครั้ง เหลือ 119 นาที/ครั้ง ซึ่งลดเวลาไปได้ 163 นาที/ครั้ง หรือ 57.80% จากเวลาก่อนการปรับปรุง และเมื่อคำนวณอัตราการเดินเครื่องจักรโดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ 1 ครั้ง/กะ และทำการปรับตั้งหลังเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ 1 ครั้ง/กะ (การปรับตั้งหลังเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ใช้เวลาเฉลี่ย 145 นาที) จะส่งผลให้อัตราการเดินเครื่องจักรเพิ่มขึ้นจาก 60.83% เป็น 83.47% หรือเพิ่มขึ้น 22.64% ในด้านอัตราคุณภาพต่ำผู้วิจัยได้นำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments, DOE) ซึ่งเป็นเครื่องมือทางสถิติ มาประยุกต์ใช้ในการลดของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน ซึ่งพบว่าอุณหภูมิโซน 6 เป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดจุดดำบนชิ้นงานในการผลิตบรรจุภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นขนาด 6 ลิตร สีเหลือง ยิ่งอุณหภูมิโซน 6 มีค่ามากจะส่งผลให้มีปริมาณจุดดำบนชิ้นงานมากตามไปด้วย หลังจากผู้วิจัยได้หาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปรับตั้งที่ก่อให้เกิดจุดดำน้อยที่สุดและนำอุณหภูมิดังกล่าวไปใช้ สามารถลดปริมาณของเสียจากจุดดำบนชิ้นงานจากเฉลี่ย 9.86% เหลือ 2.60%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Waste Reduction in a Blow Molding Department : a Case Study of a Plastic Packaging Factory
Student	Ms. Tipawan Reangchadchai Ms. Wanvipa Wangyen
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic year	2019
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Sittiporn Pimsakul

ABSTRACT

This research aims to increase the Overall Equipment Effectiveness (%OEE) of Zone 3 production area. Focusing on reducing waste that leads to low Overall Equipment Effectiveness. We applied industrial engineering tools and techniques for problem analysis such as cause and effect diagram ,graph. The researcher has divided the study into 2 parts, which are the problem of low availability and low quality rate. Because they are the two main problems in the present that directly affect the Overall Equipment Effectiveness. In low availability part, the researchers have used lean manufacturing tools Single-Minute Exchange of Die (SMED) to reduce downtime due to product color changing. This study can reduce the downtime from 282 minutes / time to 119 minutes / time, which reduces the time by 163 minutes / time or 57.80% from the original time. If the machine has product color changing 1 time / shift and the adjustment after product color changing 1 time / shift (average of adjustment after product color changing is 145 minutes), Overall Equipment Effectiveness will increase from 60.83% to 83.47% or increase up 22.64%. In low quality rates part, the researchers have applied statistical tools as the Design of Experiments (DOE) to reduce black dot waste. The study found that temperature in Zone 6 is the main factor that causes black dot in the production of yellow 6-liter lubricant packaging. The higher zone 6 temperature, the product will have more black dots. After the researcher found the suitable setting temperature which cause the lowest black dot and used it in real production. We can reduce the black dot waste from an average of 9.86% to 2.60%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การลดความสูญเปล่าในแผนกเป่าพลาสติก กรณีศึกษา โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกสามารถสำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง คณะผู้จัดทำขอขอบคุณการสนับสนุนจากบุคคลผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน

รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณเป็นอย่างสูงสำหรับคำแนะนำในการดำเนินงาน รวมถึงการปรับปรุงแก้ไข ตลอดระยะเวลาการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

รองศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล ยวงใย และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รณน เจียรตระกูล คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณสำหรับความรู้และคำชี้แนะในทุกๆด้าน

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล รองศาสตราจารย์วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม และ ดร.ละอองดาว เตชะวิญญูธรรม สำหรับความรู้และคำแนะนำในการออกแบบการทดลอง

ขอขอบพระคุณผู้บริหารและพนักงานของโรงงานกรณีศึกษา ที่ให้โอกาสคณะผู้วิจัยได้เข้าไปศึกษาภายในโรงงาน ซึ่งคณะผู้วิจัยได้รับทั้งความรู้ใหม่ๆ ความร่วมมือ และการสนับสนุนมาโดยตลอด

ขอขอบคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านสำหรับความรู้ที่ได้รับตลอดการศึกษาในปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัว รวมไปถึงบุคคลผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามตลอดจนเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจจนสามารถดำเนินโครงงานปริญญานิพนธ์ได้เสร็จสมบูรณ์

นางสาวทิพาวรรณ เรืองชาติชัย
นางสาววรรณวิภา วังเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... **ก**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... **ข**
กิตติกรรมประกาศ ..... **ค**
สารบัญ ..... **ง**
สารบัญตาราง ..... **ช**
สารบัญรูป ..... **ซ**

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานการวิจัย 3
1.5 แผนการดำเนินงาน 3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 ประเภทของพลาสติกและกรรมวิธีขึ้นรูป 5
2.1.1 ประเภทของพลาสติก 5
2.1.2 กรรมวิธีขึ้นรูป 5
2.1.3 กรรมวิธีขึ้นรูปแบบเป่ากลวง 7
2.2 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 9
2.3 เทคนิคการผลิตแบบลีน 10
2.3.1 ความหมายและความสำคัญของการผลิตแบบลีน 10
2.3.2 ความสูญเปล่า 11
2.3.3 เครื่องมือสำหรับการผลิตแบบลีน 12
2.3.4 การปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว 12
2.4 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร 13
2.5 การออกแบบการทดลอง 14
2.5.1 ความหมายของการออกแบบการทดลอง 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

2.5.2 รูปแบบของการทดลอง 15
2.5.3 โปรแกรมมินิแทบ 15
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา 18
3.2 การศึกษาปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา 19
3.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 22
3.3.1 ปัญหาอัตราการเดินเครื่องจักรต่ำ 22
3.3.2 ปัญหาอัตราคุณภาพต่ำ 43
3.4 การดำเนินการปรับปรุง 54
3.4.1 การปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว 54
3.4.2 การออกแบบการทดลอง 55

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว 61
4.1.1 การแยกงานภายในและภายนอกออกจาก 61
4.1.2 การเปลี่ยนงานภายในให้เป็นงานภายนอก 64
4.1.3 การเปลี่ยนทุกกิจกรรมให้ง่ายต่อการปรับแต่ง 65
4.2 การออกแบบการทดลอง 71
4.2.1 การออกแบบการทดลองเพื่อคัดกรองปัจจัย 71
4.2.2 การตรวจสอบก่อนการทดลอง 73
4.2.3 ผลการทดลอง 80
4.2.4 การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง 83
4.2.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ 85
4.2.6 การดำเนินการทดลองเพื่อยืนยันผล 87

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปขั้นตอนการดำเนินงาน 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน 89
5.3 ข้อเสนอแนะ 90
5.4 อภิปรายผลการดำเนินงาน 90

เอกสารอ้างอิง 95
ภาคผนวก ผ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดการดำเนินงานของโครงงาน 4
ตารางที่ 2.1 รูปแบบการทดลองที่นิยมใช้ในปัจจุบัน 15
ตารางที่ 3.1 การใช้เม็ดพลาสติกในแต่ละโซน 20
ตารางที่ 3.2 การคำนวณอัตราการเดินเครื่องจักรโซน 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562 ใหม่ 25
ตารางที่ 3.3 ประเภทของเสียที่เกิดมากที่สุด 3 อันดับแรกของแต่ละโซน 46
ตารางที่ 3.4 สินค้าส่งคืนภายในจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานในโซน 3 48
ตารางที่ 3.5 สินค้าส่งคืนภายนอกจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานในโซน 3 48
ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างตารางสำหรับบันทึกงานย่อยและเวลาในกิจกรรมเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ 55
ตารางที่ 3.7 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง 57
ตารางที่ 3.8 การกำหนดระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 59
ตารางที่ 4.1 การแยกงานภายในและภายนอกกิจกรรมเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ (ก่อนการปรับปรุง) 62
ตารางที่ 4.2 กำลังการบดและจำนวนของเครื่องบดพลาสติกภายในแผนกเป่าปัจจุบัน 68
ตารางที่ 4.3 กิจกรรมเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ (หลังการปรับปรุง) 70
ตารางที่ 4.4 ลำดับการทดลองแบบสุ่ม 73
ตารางที่ 4.5 ใบตรวจสอบเพื่อควบคุมการทดลอง 74
ตารางที่ 4.6 จำนวนชิ้นงานที่เกิดจุดดำบนชิ้นงานในแต่ละการทดลอง 81
ตารางที่ 4.7 ของเสียประเภทอื่นๆที่พบในการทดลองนอกจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน 82
ตารางที่ 4.8 ประเภทของเสียอื่นๆ ที่พบในการทดลอง สาเหตุและวิธีแก้ไขในปัจจุบัน 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 เครื่องเป่าขึ้นรูปภาชนะกลวง 7
รูปที่ 2.2 รูปแบบการปรับตั้งอุณหภูมิของกระบอกสกรู 8
รูปที่ 2.3 ช่วงอุณหภูมิของกระบอกสกรู 9
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการปรับตั้งอุณหภูมิของกระบอกสกรูสำหรับ PP 9
รูปที่ 3.1 สัดส่วนกลุ่มตลาดลูกค้า 18
รูปที่ 3.2 ปริมาณการผลิตสะสมแยกตามแผนก (ข้อมูลเดือนมกราคม-กรกฎาคม พ.ศ.2562) 19
รูปที่ 3.3 แผนผังแผนกเป่าพลาสติก 19
รูปที่ 3.4 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562) 21
รูปที่ 3.5 อัตราการเดินเครื่องจักร (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562) 21
รูปที่ 3.6 ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562) 21
รูปที่ 3.7 อัตราคุณภาพ (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562) 22
รูปที่ 3.8 สาเหตุการหยุดการผลิตของเครื่องเป่าพลาสติกในโซน 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562 26
รูปที่ 3.9 รายละเอียดการปรับตั้งของโซน 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562 27
รูปที่ 3.10 รายละเอียดการไล่สีของโซน 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562 27
รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ตัก 28
รูปที่ 3.12 แท่งเหล็กกลวง 28
รูปที่ 3.13 ค้อนหัวตรง 28
รูปที่ 3.14 แปรงทองเหลือง 29
รูปที่ 3.15 ถุงพลาสติก 29
รูปที่ 3.16 เม็ดไล่สี 29
รูปที่ 3.17 รถตะแกรง 30
รูปที่ 3.18 อุปกรณ์ทำความสะอาด 30
รูปที่ 3.19 เครื่องชั่งน้ำหนัก 30
รูปที่ 3.20 พนักงานช่างทำการปิดระบบท่อส่งเม็ดพลาสติก 31
รูปที่ 3.21 พนักงานช่างนำเศษบดออกจากกรวยเติมเศษบด 31
รูปที่ 3.22 พนักงานช่างนำเม็ดแม่สีที่ตักจากกรวยเติมเม็ดแม่สีใส่ถุง 32
รูปที่ 3.23 พนักงานช่างนำรถเข็นสำหรับเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ช่างมาที่เครื่องจักร 32
รูปที่ 3.24 ไล่สีแบบเป่าเป็นขวดเพื่อไล่สีเดิม 33
รูปที่ 3.25 พนักงานช่างกดหยุดการทำงานของเครื่องจักร 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.26 พนักงานช่างทำความสะอาดภายในกรวยเติมแต่ละอัน 34
รูปที่ 3.27 พนักงานช่างทำความสะอาดบริเวณภายนอกกรวยเติมแต่ละอัน 34
รูปที่ 3.28 พนักงานช่างตักเศษบดจากถังสำหรับใส่เศษบดใส่ถุง 35
รูปที่ 3.29 พนักงานช่างตักเศษบดจากลิ้นชักเครื่องบดใส่ถุง 35
รูปที่ 3.30 พนักงานช่างทำความสะอาดภายในถังใส่เศษบด 35
รูปที่ 3.31 พนักงานช่างทำความสะอาดภายในเครื่องบดพลาสติก 36
รูปที่ 3.32 พนักงานช่างทำความสะอาดสายพานลำเลียง 36
รูปที่ 3.33 พนักงานประจำเครื่องทำความสะอาดบริเวณโดยรอบเครื่องจักร 37
รูปที่ 3.34 พนักงานประจำเครื่องนำรถตะแกรงสำหรับตากพลาสติกมาที่เครื่องจักร 37
รูปที่ 3.35 แถบใสสำหรับดูปริมาณเม็ดพลาสติกภายในกรวยเติมเม็ดพลาสติก 38
รูปที่ 3.36 พนักงานช่างทำการผสมเม็ดไล่สีและชั่งน้ำหนัก 38
รูปที่ 3.37 พนักงานช่างนำเม็ดไล่สีที่ผสมไปเติมใส่กรวยเติมเม็ดพลาสติก 38
รูปที่ 3.38 พนักงานประจำเครื่องหยิบพลาสติกจากหัวดาย 39
รูปที่ 3.39 พนักงานประจำเครื่องนำพลาสติกมาตากที่รถตะแกรง 39
รูปที่ 3.40 พนักงานช่างทำการถอดที่รองแผ่นกรองและแผ่นตาข่ายกรองออก 40
รูปที่ 3.41 ที่รองแผ่นกรองที่ยังไม่ได้ทำความสะอาด 40
รูปที่ 3.42 ที่รองแผ่นกรองที่ทำความสะอาดแล้ว 40
รูปที่ 3.43 พนักงานประจำเครื่องหยิบก้อนเม็ดไล่สีจากหัวดาย 41
รูปที่ 3.44 ก้อนเม็ดไล่สีที่ออกมาจากหัวดาย 41
รูปที่ 3.45 พนักงานประจำเครื่องนำพลาสติกที่เหลือมาตากที่รถตะแกรง 42
รูปที่ 3.46 พนักงานช่างปิดสกรูเพื่อหยุดการไหลของพลาสติก 42
รูปที่ 3.47 พนักงานช่างประกอบที่รองแผ่นกรองเข้ากับตัวสับแผ่นกรอง 42
รูปที่ 3.48 ข้อมูลสถิติผลิตภัณฑ์เสียในโซน 3 (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562) 44
รูปที่ 3.49 ข้อมูลของเสียแยกประเภทในโซน 1 (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562) 44
รูปที่ 3.50 ข้อมูลของเสียแยกประเภทในโซน 2 (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562) 45
รูปที่ 3.51 ข้อมูลของเสียแยกประเภทในโซน 3 (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562) 46
รูปที่ 3.52 ตัวอย่างจุดดำบนชิ้นงาน 47
รูปที่ 3.53 สถิติของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานของโซน 3 ในแต่ละเดือน 47
รูปที่ 3.54 แผนภาพแสดงเหตุและผลของปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.55 จำนวนครั้งของการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ของเครื่องจักรในโซน 3 54
รูปที่ 3.56 ปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานในผลิตภัณฑ์แต่ละขนาดและแต่ละสี 56
รูปที่ 3.57 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์น้ำมันขนาด 6 ลิตรสีเหลือง 56
รูปที่ 3.58 ของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน ของแต่ละเครื่องจักรในโซน 3 และแต่ละสี .. 57
รูปที่ 3.59 สถิติของเสียของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา 58
รูปที่ 3.60 ตำแหน่งอุณหภูมิของเครื่องเป่าพลาสติก 59
รูปที่ 4.1 การเตรียมรถตะแกรง 64
รูปที่ 4.2 การจัดทำเอกสารเบิกรถตะแกรง 64
รูปที่ 4.3 การเตรียมเม็ดไล่สี 65
รูปที่ 4.4 การไล่สีแบบเด็ดก้อนพลาสติก (ก่อนการปรับปรุง) 66
รูปที่ 4.5 การไล่สีแบบเป่าเป็นขวด (หลังการปรับปรุง) 66
รูปที่ 4.6 จำนวนเครื่องบดพลาสติกภายในแผนกเป่า (ข้อมูล พ.ศ.2547- พ.ศ.2562) 67
รูปที่ 4.7 ลักษณะการวาง (ก่อนการปรับปรุง) 68
รูปที่ 4.8 ลักษณะการวาง (หลังการปรับปรุง) 69
รูปที่ 4.9 ผลการออกแบบลำดับการทดลอง 72
รูปที่ 4.10 เม็ดพลาสติกที่ใช้ในการทดลอง 75
รูปที่ 4.11 เม็ดสีที่ใช้ในการทดลอง 75
รูปที่ 4.12 เศษบดที่ใช้ในการทดลอง 76
รูปที่ 4.13 พนักงานประจำเครื่องทำความสะอาดพื้นที่บริเวณรอบเครื่องจักร 76
รูปที่ 4.14 พนักงานประจำเครื่องทำความสะอาดถังวัตถุดิบ 76
รูปที่ 4.15 พนักงานประจำเครื่องทำความสะอาดสายพานลำเลียง 77
รูปที่ 4.16 พนักงานประจำเครื่องทำความสะอาดเครื่องบดพลาสติก 77
รูปที่ 4.17 พนักงานช่างทำความสะอาดกรวยเติมวัตถุดิบ 77
รูปที่ 4.18 พนักงานช่างทำความสะอาดพิน-ดาย 78
รูปที่ 4.19 พนักงานช่างทำความสะอาดหัวดาย 78
รูปที่ 4.20 พนักงานช่างนำแผ่นกรองที่ใช้งานแล้วออกมา 78
รูปที่ 4.21 พนักงานประจำเครื่องเจาะจุดดำออกจากชิ้นงาน 79
รูปที่ 4.22 ควบคุมค่าความเร็วรอบสกรูที่ 250±10 RPM 79
รูปที่ 4.23 พนักงานช่างใส่แผ่นกรองบริเวณปากสกรู 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 4.24 ใบมีดเครื่องบดระยะห่างใบมีด 0.5 เซนติเมตร 80
รูปที่ 4.25 กราฟ Normal Probability Plot 83
รูปที่ 4.26 กราฟ Probability Plot of Residual 84
รูปที่ 4.27 กราฟ Versus Fitted Value 84
รูปที่ 4.28 กราฟ Versus Order 85
รูปที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลอง 86
รูปที่ 4.30 ผลของปัจจัยต่อปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน 86
รูปที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์หาค่าปรับตั้งที่เหมาะสมโดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimization 87
รูปที่ 4.32 การทดลองเพื่อยืนยันผลค่าปรับตั้งที่ได้จากการวิเคราะห์ 87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

บทนี้จะกล่าวเกี่ยวกับความเป็นมาและความสำคัญในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ โดยผู้วิจัยได้บรรยายถึงข้อมูลทั่วไปและปัญหาที่พบในโรงงานกรณีศึกษา รวมไปถึงแนวทางการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาโดยใช้เทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการ ซึ่งมีรายละเอียดประกอบด้วย

1. ความเป็นมาและความสำคัญ
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย
3. ขอบเขตของการวิจัย
4. ขั้นตอนการดำเนินงานการวิจัย
5. แผนการดำเนินงาน
6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกเป็นอุตสาหกรรมกลางน้ำที่มีอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกเป็นต้นน้ำ และมีอุตสาหกรรมที่ใช้พลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมน้ำมันหล่อลื่นเป็นปลายน้ำ โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชั้นนำในประเทศไทย มีกลุ่มลูกค้าซึ่งเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำที่หลากหลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ส่งผลให้มีการใช้ปัจจัยการผลิตทั้งในด้านของวัตถุดิบ เครื่องจักร และพลังงานที่ใช้ในการผลิตเป็นจำนวนมาก ซึ่งปัจจัยการผลิตเหล่านี้ย่อมส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต การใช้ปัจจัยการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดจึงเป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญ

จากการศึกษาแผนกเป่าพลาสติกซึ่งเป็นแผนกที่มีกำลังการผลิตสูงสุด พบว่าแผนกเป่าพลาสติกมีจำนวนเครื่องเป่าพลาสติกทั้งหมด 73 เครื่อง (ข้อมูล ณ วันที่ 15 เดือนสิงหาคม พ.ศ.2562) ซึ่งเครื่องเป่าพลาสติกแต่ละเครื่องมีความหลากหลายแตกต่างกันทั้งในด้านของรุ่นเครื่องจักร ขนาดเครื่องจักร อะไหล่ที่ใช้ วัตถุดิบที่ใช้ ขนาด และลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต โดยเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ประเภทเครื่องสำอาง สินค้าอุปโภค จะอยู่ในพื้นที่การผลิตโซน 1 และ 2 และเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ประเภทน้ำมันหล่อลื่นและเคมีภัณฑ์จะอยู่ในพื้นที่โซน 3 จากการศึกษาประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness, %OEE) พบว่าพื้นที่การผลิตโซน 3 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรต่ำมากที่สุด นอกจากนี้พื้นที่ดังกล่าวยังเป็นพื้นที่ที่มีการใช้วัตถุดิบสูงสุดอีกด้วย หลังจากการศึกษาปัจจัยองค์ประกอบของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรซึ่งได้แก่ อัตราการเดินเครื่องจักร ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราคุณภาพ พบว่าสาเหตุหลักที่ส่งผลให้ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในโซน 3 มีค่าต่ำคืออัตราการเดินเครื่องจักร และสาเหตุรองลงมาคืออัตราคุณภาพ เนื่องจากอัตราการเดินเครื่องจักรและอัตราคุณภาพในโซน 3 มีค่าต่ำกว่าเป้าหมายจึงส่งผลให้ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในโซน 3 ต่ำตามไปด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาอัตราการเดินเครื่องจักรและอัตราคุณภาพเพื่อเพิ่มค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร โดยนำเทคนิคการผลิตแบบลีน ได้แก่ หลักการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (Single-Minute Exchange of Die, SMED) และเครื่องมือทางสถิติ ได้แก่ การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments, DOE) มาประยุกต์ใช้เพื่อลดความสูญเปล่าที่ส่งผลให้อัตราการเดินเครื่องจักรและอัตราคุณภาพมีค่าต่ำ ซึ่งการปรับปรุงนี้จะส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาสามารถใช้เครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น สูญเสียวัตถุดิบ และพลังงานจากการผลิตของเสียลดลง และเมื่อสามารถใช้ปัจจัยการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะทำให้สูญเสียต้นทุนการผลิตลดลง เพิ่มโอกาสในการแข่งขันและโอกาสในการทำกำไร รวมถึงเพื่อความสามารถในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างทันเวลามากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประยุกต์ใช้ทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุและลดความสูญเปล่าที่ส่งผลให้ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรมีค่าต่ำกว่าเป้าหมาย
2. เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการผลิตแบบลีนในการลดเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำการผลิต
3. เพื่อประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติในการลดของเสียในกระบวนการผลิต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาและปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในพื้นที่การผลิตโซน 3 แผนกเป่าพลาสติก โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก
2. ปรับปรุงขั้นตอนการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ในสายการผลิตขวดน้ำมันหล่อลื่นขนาด 1 ลิตร โดยนำหลักการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วมาใช้ในการปรับปรุง
3. หาค่าการปรับตั้งที่ทำให้เกิดปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานน้อยที่สุด ในสายการผลิตขวดน้ำมันหล่อลื่นขนาด 6 ลิตร สีเหลือง โดยนำหลักการออกแบบการทดลองมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุง
4. มุ่งเน้นลดปริมาณของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิต ไม่รวมของเสียจากการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนชนิดเม็ดพลาสติก การเปลี่ยนแม่พิมพ์ และการปรับตั้งเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการทำงานในสายการผลิต โดยเก็บรวบรวมรายละเอียดของการทำงานจากการสังเกตการณ์ทำงานจริง สอบถามผู้เชี่ยวชาญ หัวหน้างาน พนักงานที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงศึกษาเอกสาร สถิติ ข้อมูลย้อนหลังที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต และ ทฤษฎี หลักการ งานวิจัยต่างๆ ทางวิศวกรรมอุตสาหการเพื่อให้สามารถมองเห็นปัญหาในกระบวนการทำงาน และแนวทางให้การปรับปรุงปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

2. กำหนดปัญหาในการศึกษา โดยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่พบเบื้องต้น และพิจารณาเลือกปัญหาที่ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขมากที่สุด รวมถึงพิจารณาดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมที่จะใช้ในการประเมินผลการดำเนินการปรับปรุง

3. ศึกษาสภาพปัจจุบันของปัญหา โดยเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจุบัน สถิติย้อนหลัง และกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้อง

4. วิเคราะห์และออกแบบการปรับปรุงกระบวนการ โดยวิเคราะห์สาเหตุความสูญปล่าที่ส่งผลทำให้เกิดปัญหาอัตราการเดินเครื่องจักรและปัญหาอัตราคุณภาพต่ำโดยใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด และกำหนดแนวทางการปรับปรุงเพื่อปรับปรุงสาเหตุของความสูญเปล่า โดยนำเทคนิคการผลิตแบบลีน ได้แก่ การปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงขั้นตอนการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์เพื่อปรับปรุงปัญหาอัตราการเดินเครื่องจักรต่ำ และนำเครื่องมือทางสถิติ ได้แก่ การออกแบบการทดลองมาประยุกต์ใช้ในการลดของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน เพื่อปรับปรุงปัญหาอัตราคุณภาพต่ำ

5. ทำการทดลองและปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยให้พนักงานปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานตามที่ออกแบบ และเก็บรวบรวมข้อมูลผลการดำเนินงาน เพื่อเปรียบเทียบการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง เมื่อพบข้อบกพร่องในการปรับปรุงจึงทำการแก้ไข พัฒนา การปรับปรุงให้เหมาะสมมากขึ้น

6. สรุปผลของการปรับปรุงและจัดทำรูปเล่มรายงานปริญญานิพนธ์

1.5 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยนี้เริ่มดำเนินงานตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ.2562 และสิ้นสุดเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2563 ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินงานดังแสดงในตารางที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดการดำเนินงานของโครงงาน

การดำเนินงาน	หัวข้อปัญหา	พ.ศ.2562					พ.ศ.2563				
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษากระบวนการทำงาน											
2. กำหนดปัญหาในการศึกษา											
3. ศึกษาสภาพปัจจุบันของปัญหา	1										
	2										
4. วิเคราะห์และออกแบบการปรับปรุงกระบวนการ	1										
	2										
5. ทำการทดลองและปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ	1										
	2										
6. สรุปผลของการปรับปรุงและจัดทำรูปเล่มรายงาน											

หมายเหตุ หัวข้อปัญหา 1 = อัตราการเดินเครื่องจักรต่ำ

หัวข้อปัญหา 2 = อัตราคุณภาพต่ำ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เนื่องจากผลของงานวิจัยนี้ยังมิได้นำไปใช้ครบทุกองค์ประกอบ ดังนั้นประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือเป็นแนวทางดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น
2. เวลาที่เครื่องจักรหยุดทำการผลิตลดลง
3. ของเสียในกระบวนการผลิตลดลง
4. โรงงานกรณีศึกษาสามารถนำการปรับปรุงไปปรับใช้กับเครื่องจักรในสายการผลิตอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดทำโครงงานปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ มีแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่นำมาปรับใช้ในการทำโครงงาน ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ประเภทของพลาสติกและกรรมวิธีขึ้นรูป
2. เครื่องมือควบคุมคุณภาพ
3. การผลิตแบบลีน
4. ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร
5. การออกแบบการทดลอง
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของพลาสติกและกรรมวิธีขึ้นรูป

วีรพจน์ ลือประสิทธิ์ (2535) ได้ให้ความหมายพลาสติกว่า พลาสติกเป็นวัสดุที่เกิดจากการสังเคราะห์จากหน่วยเล็กๆ ที่เรียกว่า โมโนเมอร์ (Monomer) ให้ประกอบเป็นโซ่เรียกว่าโพลีเมอร์ (Polymer) โดยปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรด์เซชั่น (Polymerization)

2.1.1 ประเภทของพลาสติก

ชาญวุฒิ ตั้งจิตวิทยา และ สาโรช ฐิติเกียรติพงศ์ (2521) ได้แบ่งพลาสติกออกเป็น 2 ประเภท คือ พลาสติกประเภทคืนรูป และพลาสติกประเภทคงรูป ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังนี้

- พลาสติกประเภทคืนรูป (Thermoplastic) คือพลาสติกที่มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นโซ่ตรงยาว การเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิเมอร์น้อยมาก จึงสามารถหลอมเหลวได้ และเมื่อผ่านแรงอัดที่มากจะไม่ทำลายโครงสร้างเดิม พลาสติกประเภทนี้จึงสามารถนำมาขึ้นรูปใหม่ (Recycle) ได้

- พลาสติกประเภทคงรูป (Thermosetting Plastic) เป็นพลาสติกที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและทนต่อปฏิกิริยาเคมีได้ดี ไม่สามารถทำให้หลอมเหลวได้ด้วยความร้อน แต่เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการสลายตัวหรือไหม้ ดังนั้นจึงไม่สามารถนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ได้ ตัวอย่างของพลาสติกประเภทคงรูป

2.1.2 กรรมวิธีขึ้นรูป

วีรพจน์ ลือประสิทธิ์ (2535) ได้กล่าวว่า กรรมวิธีในการขึ้นรูปพลาสติกนั้นมีหลายวิธีการขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก และลักษณะรูปทรงของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีกรรมวิธีที่สำคัญ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรรมวิธีขึ้นรูปแบบฉีด (Injection Molding) เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันแพร่หลายที่สุด ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ผลิตโดยวิธีนี้มีตั้งแต่ เครื่องใช้ในบ้าน เช่น ตะกร้า แก้วน้ำ ภาชนะต่างๆ เครื่องใช้สำนักงาน เช่น ตัวเรือนเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ไปจนถึงชิ้นส่วนรถยนต์ ชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กรรมวิธีคือการหลอมพลาสติกในกระบอกแล้วฉีดอัดเข้าไปในแม่พิมพ์ (Mold) ปล่อยให้ขึ้นรูปแล้วถอดชิ้นงานออก

- กรรมวิธีขึ้นรูปแบบอัดรีด (Extrusion Molding) ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ผลิตโดยวิธีนี้ ได้แก่ ท่อน้ำพีวีซี ท่อพีอี สายไฟ รางน้ำ รองเท้า ขวดน้ำ กรรมวิธีคือใช้สกรูหมุนพลาสติกให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกันที่จุดหลอมเหลวของพลาสติก หลังจากนั้นก็ใช้แรงสกรูขับส่งพลาสติกที่หลอมเหลวอยู่ในกระบอกให้ความร้อนผ่านดาย ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ปลายกระบอกให้ออกมาอย่างต่อเนื่อง จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นท่อหรือราง ซึ่งมีรูปร่างตามแม่พิมพ์ที่ใช้ นอกจากนี้ยังต้องมีอุปกรณ์ช่วย เช่น ตัวปรับขนาด ถังหล่อเย็น เครื่องดึง และเครื่องตัดหรือม้วน

- กรรมวิธีขึ้นรูปแบบเป่ากลวง (Blow Molding) เป็นกรรมวิธีที่ใช้สำหรับผลิตภาชนะกลวง เช่น ถังใส่น้ำมัน ขวดแชมพู น้ำยาซักล้าง ขวดใส่ยา และขวดพลาสติกขนาดเล็กชนิดต่างๆ กรรมวิธีทั่วไปคือ ใช้หัวดายสร้างหลอดพลาสติกหลอมเหลวที่เรียกว่า พาริสัน แล้วใช้แม่พิมพ์หนีบพาริสันพร้อมกับเป่าลมเข้าไปข้างในหลอด ให้พลาสติกยืดตัวเต็มแม่พิมพ์ เมื่อปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวลงจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นภาชนะกลวงที่มีรูปร่างคล้ายแม่พิมพ์

- กรรมวิธีขึ้นรูปแบบเป่าพอง (Inflation Molding) เป็นกรรมวิธีที่เหมาะสำหรับการผลิตแผ่นฟิล์มโพลีเอทิลีน หรือ ฟิล์มโพลีโพรพีลีน ซึ่งจะนำไปใช้งานทำเป็นถุงหิ้วหรือใช้ห่อหุ้ม กรรมวิธีการผลิตคือ การใช้เครื่องขับดันพลาสติกให้ผ่านแม่พิมพ์ แล้วใช้ลมเป่าภายในให้พองออก และใช้ลมเป่าด้านนอกเพื่อให้พลาสติกเย็นตัว หลังจากนั้นรีดเข้าหากันเพื่อม้วนเก็บหรือผ่านกระบวนการตัดและเชื่อมให้เป็นถุงอย่างต่อเนื่องก็ได้

- กระบวนการรีด (Calendering) เป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับการผลิตแผ่นฟิล์มพีวีซี ผ้าใบพลาสติก หนังเทียม เป็นต้น กรรมวิธีคือให้ความร้อนแก่วัตถุดิบด้วยลูกกลิ้งที่กำลังหมุน หลังจากนั้นส่งต่อไปรีดด้วยลูกกลิ้งเย็นหลายๆ ชั้นจนได้เป็นแผ่นบางๆ ตามต้องการแล้วจึงม้วนเก็บ

- กรรมวิธีขึ้นรูปแบบสุญญากาศ (Vacuum Thermo Forming) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกรรมวิธีนี้ ได้แก่ แก้วบาง กล่องใส่อาหาร ชามใส่สลัดผัก รางใส่ไข่ไก่ อ่างล้างหน้า อ่างอาบน้ำ ผนังชั้นในของตู้เย็น เป็นต้น กรรมวิธีคือนำเอาแผ่นพลาสติกมาให้ความร้อนจนถึงจุดอ่อนตัว แล้วนำมาขึ้นรูปให้แม่พิมพ์ตัวผู้กดทับ ซึ่งการให้ความร้อนอาจใช้ชุดฮีทเตอร์หรือรังสีอินฟราเรด

- กรรมวิธีขึ้นรูปแบบหมุนหล่อ (Rotational Molding) ใช้สำหรับผลิตชิ้นงานพลาสติกตั้งแต่ขนาดเล็ก เช่น ตุ๊กตา ไปจนถึงลังขนาดใหญ่ กรรมวิธีคือนำเอาพลาสติกเหลวหรือพลาสติกผงมาใส่ลงในแม่พิมพ์ซึ่งหมุนได้ทั้ง 2 แกนพร้อมๆ กันในห้องร้อนด้วยความเร็วรอบไม่สูงมากนัก หลังจากนั้นย้ายไปหมุนในห้องที่มีลมเย็นหรือน้ำเย็นพ่นแล้วจึงย้ายออกไปถอดชิ้นงานออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

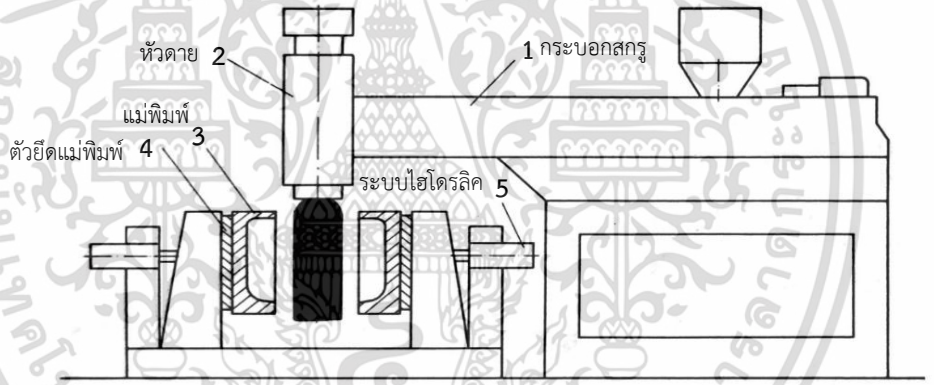
2.1.3 กรรมวิธีขึ้นรูปแบบเป่ากลวง

เนื่องจากงานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกด้วยกรรมวิธีขึ้นรูปแบบเป่ากลวงผู้วิจัยจึงขออธิบายเกี่ยวกับกรรมวิธีดังกล่าวโดยละเอียด

บรรเลง ศรนิล (2540) ได้อธิบายว่ากรรมวิธีขึ้นรูปแบบเป่ากลวง (Blow Molding) เป็นกรรมวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่มีลักษณะกลวง โดยใช้เครื่องเป่าขึ้นรูปภาชนะกลวง (Blow Molding Machine) ในการดำเนินการผลิต ซึ่งเครื่องเป่าขึ้นรูปภาชนะกลวงดังกล่าวมีรายละเอียดดังนี้

2.1.3.1 <u>ส่วนประกอบของเครื่องเป่าขึ้นรูปภาชนะกลวง</u>

1. กระบอกสกรู (Extruder) มีหน้าที่ในการหลอมละลายและลำเลียงพลาสติกมาที่หัวดาย
2. หัวดาย (Die head) มีหน้าที่ในการฉีดพลาสติกออกจากกระบอกสกรู
3. แม่พิมพ์ (Mold) มีหน้าที่กำหนดรูปร่างในการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์
4. ตัวยึดแม่พิมพ์ (Mold Clamp) มีหน้าที่ยึดแม่พิมพ์ให้ติดกับชุดเปิด-ปิดแม่พิมพ์
5. ระบบไฮโดรลิค (Hydraulic System) มีหน้าที่ส่งกำลังเคลื่อนชุดเปิด-ปิดแม่พิมพ์



รูปที่ 2.1 เครื่องเป่าขึ้นรูปภาชนะกลวง

2.1.3.2 <u>การปรับตั้งอุณหภูมิของเครื่องเป่าขึ้นรูปแบบภาชนะกลวง</u>

SHS Extrusion Training (2018) ได้กล่าวว่าในกระบวนการผลิตด้วยกรรมวิธีขึ้นรูปแบบเป่ากลวง (Blow Molding) นั้น การปรับตั้งอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการปรับตั้งอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดปัญหาในการผลิต เช่น การหลอมเหลวที่ไม่สม่ำเสมอ ชิ้นงานไม่ได้ขนาดที่ต้องการ ชิ้นงานเกิดการบิดตัว ใช้เวลานานในการเย็นตัว พลาสติกย้อย จุดดำ การเสื่อมสภาพของวัตถุดิบ และอื่นๆ อีกมากมาย เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว จึงต้องทำการปรับตั้งอุณหภูมิให้เหมาะสม ซึ่งในการปรับตั้งอุณหภูมิของเครื่องเป่าขึ้นรูปแบบภาชนะกลวงนั้น จะทำการควบคุมและปรับตั้งอุณหภูมิของกระบอกสกรู (Barrel) โดยกระบอกสกรูจะปรับตั้งอุณหภูมิแต่ละช่วงแตกต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ช่วงป้อนพลาสติก (Feed Zone) เป็นช่วงแรกของกระบอกสกรูที่รับพลาสติกมาจากกรวยเติมเม็ดพลาสติก (Hopper) และเป็นช่วงที่ต้องไม่ให้พลาสติกเกิดการหลอมเหลวเพื่อไม่ให้เกิดการอุดตันภายในกระบอกสกรู แต่ไม่ควรปรับตั้งอุณหภูมิให้ต่ำเกินไป เพราะอาจทำให้อากาศภายในกระบอกสกรูเกิดการควบแน่นและปนเปื้อนไปกับพลาสติกได้ จึงควรปรับตั้งอุณหภูมิของกระบอกสกรูให้ต่ำกว่าอุณหภูมิหลอมเหลวของพลาสติกเล็กน้อย

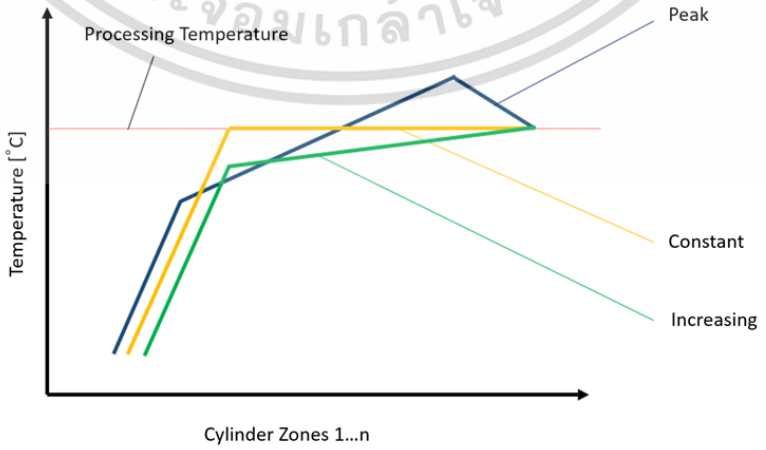
2. ช่วงหลอมพลาสติก (Melting Zone) เป็นบริเวณที่อยู่ถัดจากช่วงป้อนพลาสติก ทำหน้าที่รับพลาสติกที่ยังไม่หลอมเหลวมาจากช่วงป้อนพลาสติก เพื่อทำการหลอมให้กลายเป็นพลาสติกเหลว จึงควรปรับตั้งอุณหภูมิของกระบอกสกรูให้สูงกว่าอุณหภูมิหลอมเหลวของพลาสติก (Melting Temperature)

3. ช่วงส่งพลาสติกออก (Metering Zone) ช่วงส่งพลาสติกออก ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของพลาสติกเหลวให้เป็นอุณหภูมิในการผลิต (Processing Temperature) ซึ่งส่วนใหญ่มีรูปแบบการปรับตั้งอุณหภูมิ (Temperature Profile) ดังนี้

- แบบอุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Rising Temperature Profile) มีลักษณะคือปรับตั้งอุณหภูมิให้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงอุณหภูมิในการผลิต โดยปรับตั้งอุณหภูมิตั้งแต่ช่วงหลอมพลาสติกถึงช่วงส่งพลาสติกออก

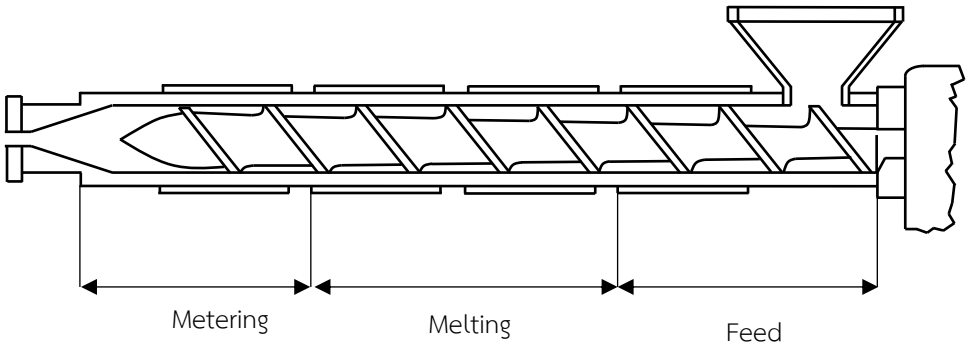
- แบบอุณหภูมิคงที่ (Constant Temperature Profile) มีลักษณะคือปรับตั้งอุณหภูมิให้คงที่ ซึ่งมักจะปรับตั้งค่าให้เป็นอุณหภูมิในการผลิตเลย โดยจะเริ่มปรับตั้งอุณหภูมิตั้งแต่ช่วงหลอมพลาสติกถึงช่วงส่งพลาสติกออก

- แบบอุณหภูมิสูงสุด (Temperature Profile with Peak) มีลักษณะคือปรับตั้งอุณหภูมิแบบอุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Rising Temperature Profile) ในช่วงหลอมพลาสติกถึงช่วงส่งพลาสติกออก โดยตอนท้ายของช่วงส่งพลาสติกออกจะทำการเพิ่มอุณหภูมิจนสูงกว่าอุณหภูมิในการผลิต (Peak Temperature) จากนั้นจึงลดอุณหภูมิลงมาจนถึงอุณหภูมิในการผลิต



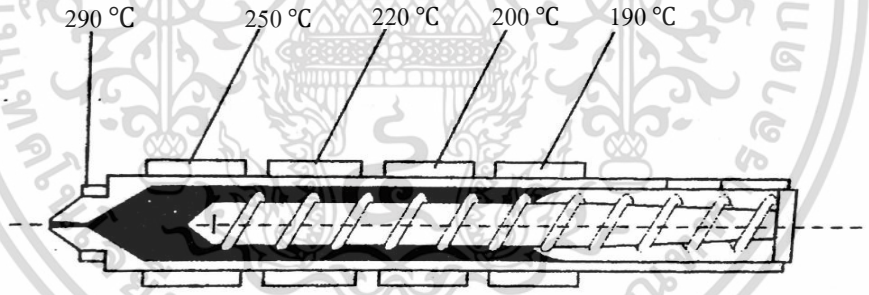
รูปที่ 2.2 รูปแบบการปรับตั้งอุณหภูมิของกระบอกสกรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ช่วงอุณหภูมิของกระบอกสกรู

วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม (ม.ป.ป.) ได้กล่าวว่าวิธีที่นิยมใช้กันมากในการปรับตั้งอุณหภูมิของกระบอกสกรู (Barrel) คือ การใช้อุณหภูมิเริ่มต้นต่ำๆ และค่อยๆสูงขึ้น (จากท้ายกระบอกสกรูไปยังปากกระบอกสกรู) เพื่อป้องกันพลาสติกบริเวณท้ายกระบอกสกรูหลอมเหลวจนเกิดการอุดตัน ซึ่งการปรับตั้งอุณหภูมิบริเวณท้ายกระบอกสกรูควรต่ำกว่าอุณหภูมิหลอมเหลวของพลาสติก จากนั้นจึงค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิในช่วงต่อๆไปให้สูงขึ้นจนถึงบริเวณปากกระบอกสกรู ซึ่งเป็นบริเวณที่ควรมีอุณหภูมิสูงกว่าทุกจุด อีกทั้งไม่ควรตั้งค่าอุณหภูมิทุกจุดสูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดที่พลาสติกรับได้เพราะจะส่งผลให้พลาสติกเสื่อมสภาพ



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการปรับตั้งอุณหภูมิของกระบอกสกรูสำหรับ PP

2.2 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ

สิทธิพร พิมพ์สกุล (2560) ได้กล่าวว่า เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (Quality Tools) หรือเครื่องมือสำหรับการควบคุมคุณภาพ (Quality Control Tools) สามารถใช้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล จัดระเบียบข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล อธิบายความหมายของข้อมูล และสนับสนุนการตัดสินใจ เครื่องมือสำหรับการควบคุมคุณภาพที่สำคัญ 7 ประการ ได้แก่

- แผนผังพาเรโต้ (Pareto Diagram) หมายถึงกราฟแท่งที่ทำหน้าที่ต่างๆ ได้แก่ ใช้ในการจัดหมวดหมู่ของข้อมูล ใช้จัดเรียงลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มของข้อมูล ใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แผนผังการไหลของกระบวนการ (Process Flowchart) คือแผนผังแสดงขั้นตอนหรือกิจกรรมทั้งหมดของกระบวนการผลิตสินค้าหรือบริการ ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่างๆภายในกระบวนการผลิต ซึ่งจะช่วยเพิ่มความเข้าใจในสถานะปัจจุบันและจุดอ่อนของกระบวนการผลิต

- ใบรายงานการตรวจสอบ (Check Sheet) คือเครื่องมือที่อยู่ในรูปแบบของแบบฟอร์มหรือตารางที่ออกแบบไว้ล่วงหน้า จุดประสงค์ที่สำคัญของการจัดทำใบรายงานการตรวจสอบคือเพื่อให้พนักงานปฏิบัติการสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้อย่างครบถ้วน ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ สะดวกเข้าใจง่าย และเพื่อเน้นจุดที่สำคัญหรือจุดที่ต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ

- ฮีสโตแกรม (Histogram) หมายถึงเครื่องมือคุณภาพที่มีลักษณะเป็นแผนภาพหรือกราฟแท่งที่ใช้แสดงการกระจาย/ความผันแปรของข้อมูล หรือแสดงการแจกแจงความถี่ของข้อมูล

- แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram หรือ XY Graph) คือเครื่องมือหรือกราฟจุดที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ของ 2 ตัวแปร (สหสัมพันธ์) แผนผังการกระจายสร้างขึ้นจากแนวคิดว่า การปรับเปลี่ยนค่าของตัวแปรตัวหนึ่งจะส่งผลให้ตัวแปรอีกตัวหนึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นข้อมูลบนแกน X และ Y ของแผนผังการกระจายจึงเป็นข้อมูลเชิงปริมาณทั้งคู่

- แผนภาพแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือ แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) หรือแผนผังอิชิกาว่า (Ishikawa Diagram) เป็นแผนภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาหรือผลลัพธ์ (Effect) และสาเหตุ (Cause) ที่ทำให้เกิดปัญหาหรือผลลัพธ์นั้นๆ แผนผังแสดงสาเหตุและผลเป็นเครื่องมือคุณภาพที่ช่วยชี้ให้เห็นถึงสาเหตุหลักและสาเหตุรองของปัญหา

- แผนภูมิควบคุม (Control Charts) หมายถึงแผนภูมิหรือกราฟเส้นที่ใช้สำหรับเฝ้าติดตามค่าของตัวแปรที่ต้องการควบคุมคุณภาพว่ามีความผันแปรเกินพิกัด (ขีดจำกัด) ที่กำหนดไว้หรือไม่และความผันแปรนี้มีแนวโน้มอย่างไร

2.3 เทคนิคการผลิตแบบลีน

สิทธิพร พิมพ์สกุล (2560) ได้อธิบายว่า ในปัจจุบันสินค้ามีวงจรชีวิตหรืออายุที่สั้นลง ลูกค้ามีความต้องการที่หลากหลายมากขึ้น การผลิตสินค้าในยุคโลกาภิวัตน์และความต้องการข้อมูลข่าวสารที่มากขึ้น การดำเนินงานทางธุรกิจโดยพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-Commerce / E-business) เพิ่มมากขึ้น ถือเป็นแรงผลักดันที่สำคัญที่ทำให้องค์กรต่างๆให้ความสำคัญกับการลดระยะเวลาในการผลิตสินค้าและการตอบสนองความต้องการลูกค้าอย่างรวดเร็ว ระบบการผลิตที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้คือ ระบบการผลิตแบบลีน (Lean)

2.3.1 ความหมายและความสำคัญของการผลิตแบบลีน

การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) เป็นปรัชญาแนวคิดและวิธีการของระบบการผลิตสำหรับการผลิตสินค้าหรือบริการที่มุ่งเน้นที่การลดเวลาตั้งแต่การรับใบสั่งซื้อจากลูกค้าจนถึงการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าด้วยวิธีการลดหรือกำจัดความสูญเปล่า (Waste หรือ Muda)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคการผลิตแบบลีนนั้นเป็นเทคนิคที่สำคัญที่ใช้ในการจัดการกระบวนการเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้แก่องค์กร โดยมุ่งเน้นที่การกำจัดความสูญเปล่า (Waste) หรือกิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าในกระบวนการ (Non-value Added Activities) และการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) จุดมุ่งหมายที่สำคัญของเทคนิคการผลิตแบบลีนคือเพื่อผลิตสินค้าหรือบริการที่มี คุณภาพดีที่สุด (Highest Quality) เวลารวมในการผลิตสั้นที่สุด (Shortest Lead Time) และต้นทุนต่ำที่สุด (Lowest Cost)

การผลิตแบบลีนเป็นระบบการผลิตที่มีแนวคิดเหมือนกับการผลิตในหลาย ๆ ระบบที่อาจมีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (JIT) ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) ระบบการผลิตแบบฟอร์ด (Ford Production System) หรือ ระบบการผลิตแบบอจิล (Agile Production System)

2.3.2 ความสูญเปล่า

หลักการพื้นฐานของการผลิตแบบลีน (Lean) ได้แก่ การผลิตเฉพาะสินค้าหรือชิ้นส่วนที่ลูกค้าต้องการตามปริมาณ (จำนวน) ที่ลูกค้าต้องการและในช่วงเวลาที่ลูกค้าต้องการ โดยมุ่งเน้นที่การลดหรือการกำจัดกระบวนการหรือกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่าหรือความสูญเปล่า

ความสูญเปล่า (Waste) หมายถึงกิจกรรมหรือส่วนประกอบในขั้นตอนการผลิตที่เพิ่มเวลาในการปลิต เพิ่มต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการผลิต แต่ไม่เพิ่มมูลค่าหรือหน้าที่ให้กับสินค้าหรือบริการ ซึ่งความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ ประกอบด้วย

- การผลิตเกินจำนวนหรือการผลิตที่มากเกินไป (Overproduction) หมายถึง การผลิตสินค้าในจำนวนที่มากกว่าที่ลูกค้าต้องการ เร็วกว่าที่ต้องการ และล่วงหน้ากว่าที่ต้องการ

- การรอคอย (Waiting) เป็นความสูญเปล่าที่อาจเกิดขึ้นได้หลายกรณี เช่น พนักงานรอเครื่องจักรที่เสียหรือรอเครื่องจักรที่กำลังผลิตชิ้นงานอื่นอยู่ เครื่องจักรรอพนักงานที่ปฏิบัติงานล่าช้าหรือทำงานไม่เป็นมาตรฐาน พนักงานรอพนักงานเนื่องจากการจัดสรรงานที่ไม่สมดุลกันหรือความเร็วในการปฏิบัติงานที่ไม่เท่ากัน พนักงานและเครื่องจักรรอวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนที่ถูกจัดส่งมาอย่างล่าช้า

- การผลิตของเสีย (Defect) หมายถึง การผลิตสินค้าที่นำไปสู่กิจกรรมต่างๆที่ไม่เพิ่มมูลค่า เช่น การตรวจสอบ ซ่อมแซม และแก้ไขวัตถุดิบ ชิ้นงาน หรือสินค้าสำเร็จรูป เนื่องจากมีของเสียหรือชิ้นงานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า

- การเคลื่อนไหว (Motion) หมายถึง การเคลื่อนไหวที่มากเกินความจำเป็น เป็นความสูญเปล่าที่เกิดจากพนักงานทำงานด้วยท่าทางที่ไม่เหมาะสม มีการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนย้ายของพนักงานที่มากเกินความจำเป็น และไม่ก่อให้เกิดประโยชน์กับการผลิตสินค้าหรือบริการ

- การขนส่ง (Transportation) หมายถึง การขนส่ง ขนย้ายวัสดุที่มากเกินไป หรือเกินความจำเป็น เป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายวัสดุ ชิ้นส่วน หรือสินค้าสำเร็จรูปจากจุดหนึ่งไปยังอีกที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าต่อตัวสินค้ามากนัก แต่มีผลทำให้ต้นทุนการขนส่งเพิ่มสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระบวนการส่วนเกิน (Extra Processing) หมายถึง ความสูญเปล่าที่เกิดจากขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่มากเกินความจำเป็น เป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานไม่เพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าหรือบริการ แต่เพิ่มเวลาและต้นทุนในการผลิต

- สินค้าคงคลัง (Inventory) หมายถึง วัสดุ วัตถุดิบ งานระหว่างกระบวนการผลิต ชิ้นส่วนประกอบ และสินค้าสำเร็จรูปที่ถูกผลิตและจัดเก็บไว้มากเกินกว่าความต้องการของลูกค้าโดยทั่วไป สินค้าคงคลังจะถูกจัดเก็บไว้เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่ไม่แน่นอนหรือไม่ได้คาดหวัง หรือจัดเก็บสินค้าคงคลังไว้ในจำนวนมาก เนื่องจากความไม่แน่นอนของกระบวนการผลิตหรือความไม่น่าเชื่อถือของผู้ส่งมอบวัตถุดิบ

2.3.3 เครื่องมือสำหรับการผลิตแบบลีน

แนวคิดของการผลิตแบบลีนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในองค์กรหนึ่ง ๆ ให้ประสบความสำเร็จได้ต้องเกิดจากความเข้าใจในความสัมพันธ์ของวิธีการเทคนิคหรือเครื่องมือต่างๆ ของการผลิตแบบลีน (Lean Tools) และการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาวะหรือสิ่งแวดล้อมของแต่ละกระบวนการผลิตหรือกระบวนการการให้บริการ เครื่องมือลีนหรือเทคนิคลีน (Lean Tools or Lean Techniques) ที่สำคัญประกอบด้วย 9 เทคนิคดังนี้ (Russell and Taylor, 2014)

1. ทรัพยากรการผลิตที่ยืดหยุ่น (Flexible Resource)
2. การจัดแผนผังแบบเซลลูลาร์ (Cellular Layout)
3. ระบบดึง (Pull System)
4. คัมบัง (Kanban)
5. การผลิตแบบล็อตขนาดเล็ก (Small Lot Production)
6. การปรับตั้งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (Quick Changeover)
7. คุณภาพที่แหล่งกำเนิด (Quality at the Source)
8. การบำรุงรักษาทวีผล (Total Productive Maintenance, TPM)
9. เครือข่ายผู้ส่งมอบวัตถุดิบ (Supplier Network)

2.3.4 การปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้นำหลักการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุง จึงขออธิบายถึงเครื่องมือดังกล่าวเพิ่มเติม เฉลิมชัยรัตน โสภาจิรสิน (2552) ได้กล่าวว่า หลักการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (Single-Minute Exchange of Die, SMED) เป็นทฤษฎีและเทคนิคที่ช่วยให้สามารถดำเนินการติดตั้งและปรับเปลี่ยนเครื่องจักรได้ภายในเวลาที่เป็นเลขหลักเดียว เป็นวิธีที่มีประสิทธิผลที่สุดที่ทำให้เวลาในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรสั้นลง ทำให้เกิดความสูญเปล่าในการเปลี่ยนรุ่นการผลิตลดลง มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนรุ่นการผลิต ลดเวลาในการส่งมอบสินค้า คุณภาพของสินค้าดีขึ้นและมีผลิตภาพสูงขึ้น ซึ่งส่งเสริมความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งมีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขั้นตอนที่ 1 แยกแยะระหว่างการปรับแต่งภายใน (Internal Setup) และการปรับแต่งภายนอก (External Setup) ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการทำการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว เพื่อให้เห็นว่าขั้นตอนใดถูกปฏิบัติได้ในระหว่างเครื่องจักรหยุด ขั้นตอนใดปฏิบัติได้ในขณะเครื่องจักรทำงาน

- ขั้นตอนที่ 2 แปลงการปรับแต่งภายในให้เป็นการปรับแต่งภายนอก พิจารณาการปฏิบัติการใหม่อีกครั้ง เพื่อดูว่ามีขั้นตอนใดที่ถูกเข้าใจผิดว่าเป็นการปรับแต่งภายในบ้างหรือไม่ และหาทางแปลงขั้นตอนต่างๆ ที่อยู่ในส่วนของการปรับแต่งภายในนี้ให้เป็นการปรับแต่งภายนอก

- ขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงการปรับแต่งเครื่องจักรในทุกแง่มุมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ในขั้นตอนนี้การปรับแต่งภายในและภายนอกจะได้รับการปรับปรุง โดยต้องพิจารณาหน้าที่และจุดประสงค์ของการปฏิบัติการอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่ง และนำหลักการหลายๆ อย่างมาใช้เพื่อลดเวลาลง

2.4 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

ประจวบ นำนาผล (2555) ได้กล่าวว่าเครื่องจักรที่ดีไม่ใช่เป็นเพียงเครื่องจักรที่ไม่เสีย เปิดสวิตช์เมื่อใดทำงานได้เมื่อนั้น หากแต่ต้องเป็นเครื่องจักรที่เปิดขึ้นมาแล้วทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ เดินเครื่องได้เต็มกำลังความสามารถ แต่ถ้าเครื่องจักรใช้งานได้ตลอดเวลาและเดินเครื่องได้เต็มกำลัง แต่ชิ้นงานที่ผลิตออกมาไม่มีคุณภาพก็คงไม่มีประโยชน์อะไร ดังนั้นเรื่องคุณภาพของงานที่ออกมาจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะใช้ในการพิจารณาเครื่องจักร และที่สำคัญเครื่องจักรที่ดีต้องใช้งานได้อย่างปลอดภัย ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness, %OEE) จึงเป็นตัวที่ใช้บ่งบอกสมรรถนะของโรงงานที่ใช้เครื่องจักรเป็นหลักในกระบวนการผลิต) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากผลคูณระหว่างอัตราการเดินเครื่องจักร ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราคุณภาพ

- อัตราการเดินเครื่องจักร (Availability) เป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าเครื่องจักรทำงานได้ตลอดเวลาหรือไม่ สิ่งที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเดินเครื่องจักร เช่น เครื่องจักรเสีย การเปลี่ยนแม่พิมพ์ การเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ การปรับตั้งเครื่องจักร ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังสมการที่ 2.1

$$\text{อัตราการเดินเครื่องจักร} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง (Operating Time)}}{\text{เวลาที่มีในการทำงาน (Loading Time)}} \qquad (2.1)$$

- ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency) เป็นตัวบ่งบอกว่าเครื่องจักรสามารถใช้งานได้เต็มกำลังหรือไม่ ซึ่งความสูญเสียที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเดินเครื่องเช่น เครื่องสะดุด การลดความเร็วของเครื่องจักร ความผันแปรของรอบเวลาการผลิตของเครื่องจักร ทำให้เครื่องจักรสามารถผลิตได้ต่ำกว่าที่ควรผลิตได้ตามเวลามาตรฐาน ซึ่งมีวิธีการคำนวณประสิทธิภาพการเดินเครื่อง ดังสมการที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time)}}{\text{เวลาเดินเครื่อง (Operating Time)}} \quad (2.2)$$

- อัตราคุณภาพ (Quality Rate) เป็นตัวบ่งบอกว่าเครื่องจักรผลิตของเสียหรือไม่ ปริมาณของเสียจึงถือเป็นความสูญเสียที่ส่งผลกระทบต่ออัตราคุณภาพ ซึ่งมีวิธีการคำนวณอัตราคุณภาพ ดังสมการที่ 2.3

$$\text{อัตราคุณภาพ} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิที่เกิดมูลค่า (Valued−Net Operating Time)}}{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time)}} \quad (2.3)$$

2.5 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments, DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติชั้นสูงที่ใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการให้เป็นไปตามความต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นการทดลองแบบลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่า (One Factor at a Time) ซึ่งจะให้ผลตอบที่เราต้องการได้ช้าและสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์ รวมถึงต้องเก็บข้อมูลจำนวนมาก และยังไม่เหมาะสมสำหรับกระบวนการที่เกิดอันตรกิริยาระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง ดังนั้นการออกแบบการทดลองจึงเป็นวิธีการหาคำตอบที่ดีสำหรับการทดลอง (อุดมพงษ์ เกศศรีพงษ์ศา, 2556)

2.5.1 ความหมายของการออกแบบการทดลอง

ปารเมศ ชุติมา (2547) ได้ให้ความหมายว่า การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (Statistical Design of Experiments) หมายถึง กระบวนการในการได้มาซึ่งข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีทางสถิติ ซึ่งจะทำให้สามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุผลได้ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ประการ คือ การออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ หลักการพื้นฐาน 3 ประการสำหรับการออกแบบการทดลอง คือ

1. เรพลิเคชัน (Replication) คือการทำการทดลองซ้ำ ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ ประการแรกคือเรพลิเคชันทำให้ผู้ทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ ประการที่สอง ถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งในการทดลอง ดังนั้นเรพลิเคชันทำให้ผู้ทดลองสามารถหาตัวประมาณค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณค่าผลกระทบนี้

2. แรนดอมไมเซชัน (Randomization) คือการทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (Random) วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูล (หรือความผิดพลาด) จะต้องเป็นตัวแปรแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ แรนดอมไมเซชันจะทำให้สมมติฐานนี้เป็นจริง การแรนดอมการทดลองทำให้สามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจจะปรากฏในการทดลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บล็อกกิง (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง (Precision) ให้แก่การทดลอง การบล็อกปัจจัยบางส่วนอาจจะหมายถึงส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซ็ตทั้งหมดของวัสดุ การเปรียบเทียบเงื่อนไขที่น่าสนใจต่างๆ ภายในแต่ละบล็อกจะเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกิง

2.5.2 รูปแบบของการทดลอง

โสภิตา ท้วมมี (2550) ได้กล่าวว่า รูปแบบของการทดลองนั้นมีให้เลือกหลายรูปแบบ ซึ่งหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น เวลาที่มีให้ในการวิเคราะห์ ระดับความถูกต้องในการวิเคราะห์ และงบประมาณที่ใช้ เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 รูปแบบการทดลองที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

รูปแบบการทดลอง	ลักษณะการทดลอง	เวลาวิเคราะห์	ความถูกต้อง	งบประมาณ
Single Factor	การทำการทดลองสำหรับหนึ่งปัจจัย โดยปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่คาดว่ามีผลกระทบสูงสุดต่อปัญหา	รวดเร็ว	ปานกลาง	น้อย
Factorial Design	การทดลองที่มีมากกว่าหนึ่งปัจจัยและเป็นการทดลองเต็มรูปแบบ	ใช้เวลานาน	มากที่สุด	มาก
2^k Design	การทดลองที่มีมากกว่าหนึ่งปัจจัยและเป็นการทดลองเต็มรูปแบบ แต่กำหนดระดับของแต่ละปัจจัยอยู่ที่ปัจจัยละ 2 ระดับเท่านั้น	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
2^{k-p} Design	การทดลองที่มีมากกว่าหนึ่งปัจจัยแต่ไม่ทำการทดลองแบบเต็มรูปแบบทั้งหมด	รวดเร็ว	น้อย	น้อย

2.5.3 โปรแกรมมินิแทบ

อุดมพงษ์ เกศศรีพงษ์ศา (2556) ได้กล่าวว่า โปรแกรมมินิแทบ (Minitab) เข้ามามีบทบาทสำหรับผู้ใช้สถิติในส่วนของการประมวลผลและการแสดงผลข้อมูลในลักษณะของตัวเลขและผลในลักษณะของกราฟ ประกอบกับเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาและมีบทบาทสำหรับการออกแบบการทดลอง ซึ่งความสามารถด้านฟังก์ชั่นและกราฟของโปรแกรมมินิแทบมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Basic Statistics เป็นฟังก์ชั่นพื้นฐานทางสถิติซึ่งประกอบด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน นอกจากนี้ยังมีชุดคำสั่งในการหาช่วงความเชื่อมั่น และการทดสอบสมมติฐาน (Confidence Interval และ Hypothesis Testing) โดยทั้งผลลัพธ์บน Session และกราฟ

- Regression Analysis เป็นฟังก์ชั่นการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ทั้งรูปแบบสมการเส้นตรง สมการกำลัง หรือรูปแบบอื่นๆที่ต้องการ รวมถึงการเก็บค่าเศษเหลือ (Residual) และ กราฟประกอบการวิเคราะห์

- ANOVA เป็น ฟังก์ชั่นการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยสามารถวิเคราะห์ปัจจัยตั้งแต่ 1 ปัจจัย 2 ปัจจัย หรือมากกว่า รวมถึงการแสดงผลกราฟปัจจัยอิทธิพลหลักและปัจจัยอิทธิพลร่วม

- Statistical Quality Tools เป็นฟังก์ชั่นสนับสนุนงานทางด้านการวิเคราะห์ด้านคุณภาพ ประกอบด้วยเรื่องหลัก 4 เรื่อง คือ Quality Tools ,Control Charts ,Capability Analysis และ Measurement System

- Design of Experiment เป็นชุดคำสั่งในการออกแบบการทดลอง สำหรับคำสั่งการออกแบบการทดลองในโปรแกรม Minitab จะช่วยเหลือตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การจัดเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ผลที่ได้และกราฟประกอบการแปลผล รวมถึงการหาการตั้งค่าเพื่อผลลัพธ์ที่ต้องการ (Response Optimizer)

- Reliability เป็นฟังก์ชั่นสำหรับวิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์โดยอาศัยหลักการทางสถิติ โดยมีฟังก์ชั่นช่วยในการหาฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น (fit distribution) แบบต่างๆ และทำการวิเคราะห์ผ่านฟังก์ชั่นโดยอาศัยหลักการความน่าจะเป็น

- Simulation and Distribution เป็นคำสั่งช่วยในการสุ่มชุดข้อมูลผ่านฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น (distribution) เพื่อประโยชน์ในการทำการทดสอบโมเดลหรือการวิเคราะห์ที่ต้องการ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนัฏฐา คล่องอักขระ และ สุดาวดี โปร่งธุระ (2555) ได้ทำการศึกษาเพื่อลดของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพในสายการผลิตไก่จ๊อห้าดาวของบริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการผลิตแบบลีน พบว่ามีความสูญเปล่าจากการรอคอย ของเสีย และการผลิตมากเกินไป ผู้วิจัยจึงใช้แผนผังแสดงสาเหตุและผลเพื่อหาสาเหตุของความสูญเปล่า จากนั้นใช้แผนภาพพาเรโตในการระบุลักษณะข้อบกพร่องที่สำคัญที่สุดเพื่อนำไปแก้ไขปัญหา หลังจากดำเนินการแก้ไขปัญหา สามารถลดของเสียลงจาก 1.03% เป็น 0.76% เพิ่มกำลังการผลิตจาก 12.56 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง เป็น 13.89 กิโลกรัม/คน/ชั่วโมง และจำนวนพนักงานในสายการผลิตไก่จ๊อห้าดาวลดลงจาก 50 คนเป็น 75 คน ส่งผลให้ประสิทธิภาพของสายการผลิตไก่จ๊อเพิ่มขึ้น

วัชรากร อรุณวิราม และ บุญชัย แซ่สิ้ว (2558) ได้ทำการลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง และเทคนิคของการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว เนื่องจากกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษามีความสูญเปล่าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดจากการปรับแต่งเครื่องจักรที่ใช้เวลานานและมีของเสียจำนวนมาก หลังการปรับปรุงพบว่าสัดส่วนของเสียเหลือ 1.68% สามารถลดระยะเวลาและขั้นตอนการปรับแต่งเครื่องจักรลง 6 ขั้นตอนโดยลดเวลาการปรับแต่งเครื่องจักรจากก่อนปรับปรุง 345 นาที เหลือ 281 นาที/การผลิต 1,000 ชิ้น นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มอัตราการผลิตได้ในปริมาณ 266 ชิ้น/วัน เมื่อปรับปรุงแล้วกำลังการผลิตจะเพิ่มขึ้น 17.04% หรือคิดมูลค่าเพิ่มขึ้น 1,048,891 บาท/ปี

ปาพจนี ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา (2561) ได้ทำการศึกษาเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองปัญหาของเสียที่พบมากที่สุด คือ ปัญหาชิ้นงานฉีดไม่เต็ม จึงใช้หลักการ 4M ในการวิเคราะห์หาสาเหตุ พบว่าเกิดจากการปรับตั้งค่าของเครื่องฉีดพลาสติก จึงใช้หลักการออกแบบการทดลอง 2^k เชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ เพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดของเสีย จากนั้นทำการวิเคราะห์ระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้หลักการการวิเคราะห์ผลตอบสนองที่เหมาะสม ซึ่งการนำค่าของปัจจัยมาใช้ปรับตั้งค่าเครื่องฉีดพลาสติกในกระบวนการสามารถลดของเสียได้ถึง 88.05% ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ที่ 50%

กฤษฎา รุ่งธรรมมานนท์ และ พงษ์พัฒน์ ศรีเหรา (2562) ได้ทำการศึกษากระบวนการเป่าขึ้นรูปพลาสติก วิเคราะห์สาเหตุ หาแนวทางและปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียในการผลิตชิ้นงานแกลลอนเชลล์สีเหลือง ขนาด 6 ลิตร เกี่ยวกับปัญหาจุดดำ โดยทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิต เลือกหัวข้อของเสียด้วยแผนภูมิแท่งและวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยแผนภูมิแสดงเหตุและผล และมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียโดยวิธีดังนี้ 1. การถอดขัดล้างสกรู และ 2. น้ำยาล้างทำความสะอาดสกรู หลังจากที่ได้นำแนวทางไปทำการปรับปรุงแก้ไขแล้ว สามารถลดปริมาณของเสียจากก่อนปรับปรุง 21.30% ของการผลิตทั้งหมด ลดลงเหลือ 16.41% ของการผลิตทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

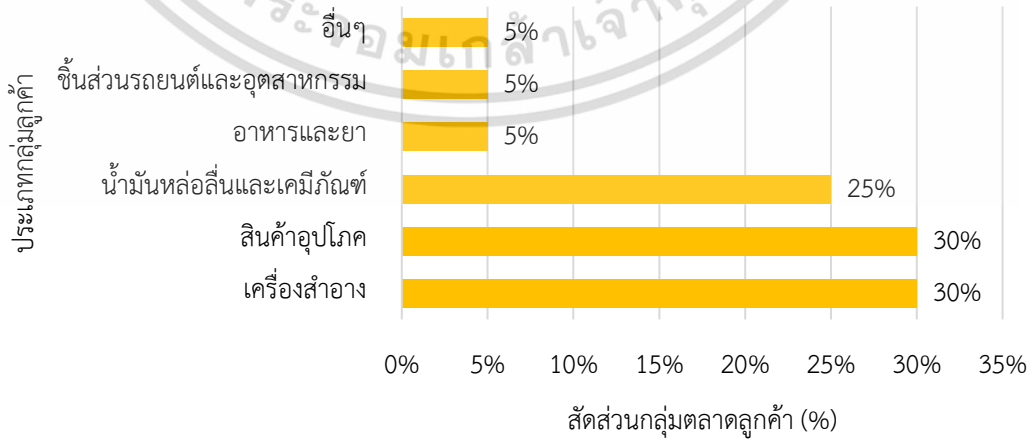
บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

บทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลโรงงานกรณีศึกษา การศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและวิธีการในการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงปัญหาดังกล่าวโดยใช้เทคนิคการผลิตแบบลีนและเครื่องมือทางสถิติเข้ามาช่วยในการปรับปรุง ซึ่งในบทนี้จะมีหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา
2. การศึกษาปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา
3. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา
4. การดำเนินการปรับปรุง

3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาก่อตั้งขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.1981 มีความเชี่ยวชาญในการออกแบบและผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกของไทย มีจุดเด่นในด้านการเป็น “One Stop Shop”หรือร้านค้าครบวงจร คือมีความสามารถในการตอบสนองความต้องการลูกค้าอย่างครบวงจรตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ ผลิตแม่พิมพ์ ผลิตบรรจุภัณฑ์ ตกแต่งบรรจุภัณฑ์ และจัดส่งถึงลูกค้า มีลักษณะการผลิตเป็นแบบผลิตตามคำสั่งซื้อ (Make to Order) ที่แผนการผลิตจะกำหนดจากความต้องการของลูกค้า ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่โรงงานกรณีศึกษาผลิตมีความหลากหลายตามกลุ่มตลาดลูกค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยสัดส่วนกลุ่มตลาดลูกค้าสามารถแสดงดังแสดงในรูปที่ 3.1

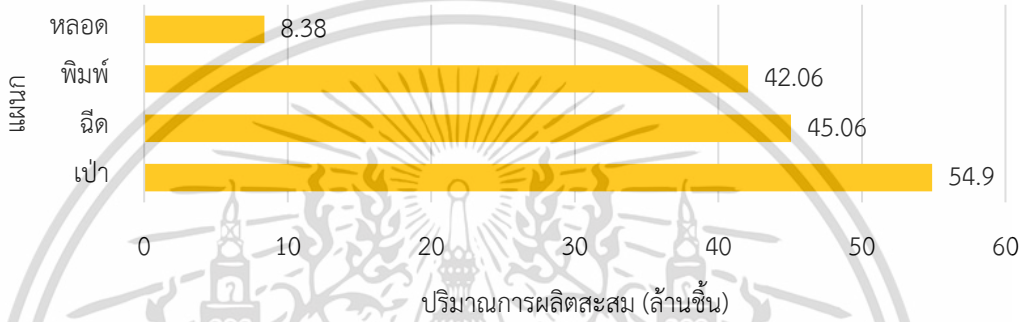


รูปที่ 3.1 สัดส่วนกลุ่มตลาดลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

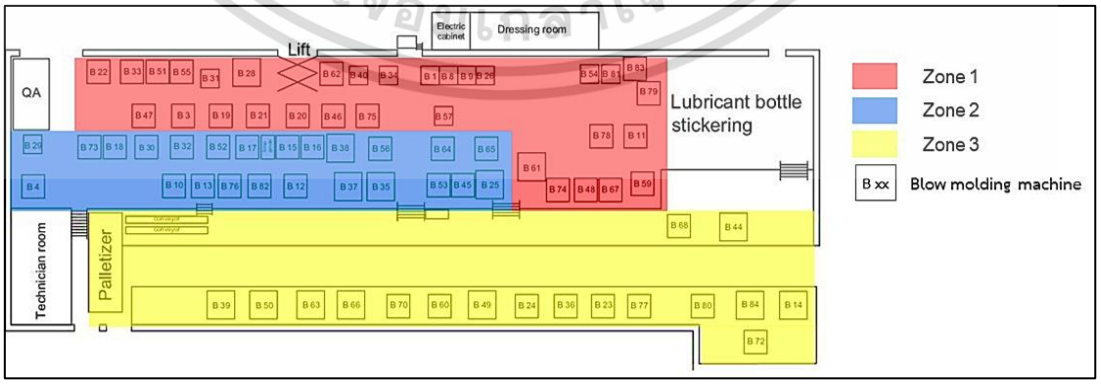
3.2 การศึกษาปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษามีการแบ่งแผนกและผังโรงงานตามกระบวนการผลิต (Process Layout) ซึ่งมีส่วนการผลิตทั้งหมด 4 แผนก คือ แผนกเป่า แผนกฉีด แผนกพิมพ์ และแผนกหลอด จากข้อมูลปริมาณการผลิตสะสมแยกตามแผนกตั้งแต่เดือนมกราคม-กรกฎาคม พ.ศ.2562 พบว่าแผนกเป่าเป็นแผนกที่มีปริมาณการผลิตสูงสุดเมื่อเทียบกับอีก 3 แผนก นอกจากนี้แผนกเป่ายังเป็นแผนกที่มีจำนวนเครื่องจักร และจำนวนพนักงานที่มากที่สุดอีกด้วย ผู้วิจัยจึงเลือกทำการศึกษากระบวนการทำงานและพิจารณาปัญหาภายในแผนกเป่าเพื่อให้การศึกษาเกิดประโยชน์มากที่สุด



รูปที่ 3.2 ปริมาณการผลิตสะสมแยกตามแผนก (ข้อมูลเดือนมกราคม-กรกฎาคม พ.ศ.2562)

แผนกเป่ามีการแบ่งพื้นที่การผลิตออกเป็น 3 โซน คือ โซน 1 โซน 2 และ โซน 3 ดังรูปที่ 3.3 โดยโซนที่ 1 และ 2 มีการผลิตสินค้าประเภทบรรจุภัณฑ์ของเครื่องสำอางและสินค้าอุปโภคเป็นหลัก ในขณะที่โซน 3 มีการผลิตบรรจุภัณฑ์ของน้ำมันหล่อลื่นและเคมีภัณฑ์เป็นหลัก โซน 1 มีเครื่องเป่าพลาสติกจำนวน 32 เครื่อง โซน 2 มีเครื่องเป่าพลาสติกจำนวน 24 เครื่อง และโซน 3 มีเครื่องเป่าพลาสติกจำนวน 17 เครื่อง รวมมีเครื่องเป่าพลาสติกทั้งหมด 73 เครื่อง



รูปที่ 3.3 แผนผังแผนกเป่าพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากมีลักษณะการผลิตเป็นแบบผลิตตามคำสั่งซื้อ (Make to Order) ทำให้สินค้าที่ผลิตมีความหลากหลายทั้งในด้านรูปร่าง ขนาด และสีสัน ซึ่งขนาดหรือน้ำหนักสินค้าจะเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อต้นทุนของสินค้า เนื่องจากหากสินค้ามีขนาดหรือน้ำหนักที่มากจะส่งผลให้ใช้เม็ดพลาสติกในการผลิตที่มากตามไปด้วย โดยต้นทุนด้านเม็ดพลาสติกถือเป็น 70% ของต้นทุนรวมของสินค้า ซึ่งปริมาณเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผลิตต่อชิ้นจะเท่ากับน้ำหนักผลิตภัณฑ์รวมกับน้ำหนักเศษหัวท้ายที่ตัดแต่งออก เมื่อพิจารณาปริมาณเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นร่วมกับจำนวนสินค้าที่ผลิตเฉลี่ยต่อเดือนในแต่ละโซน (ข้อมูลเฉลี่ยเดือนมกราคม-กันยายน พ.ศ.2562) ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การใช้เม็ดพลาสติกในแต่ละโซน

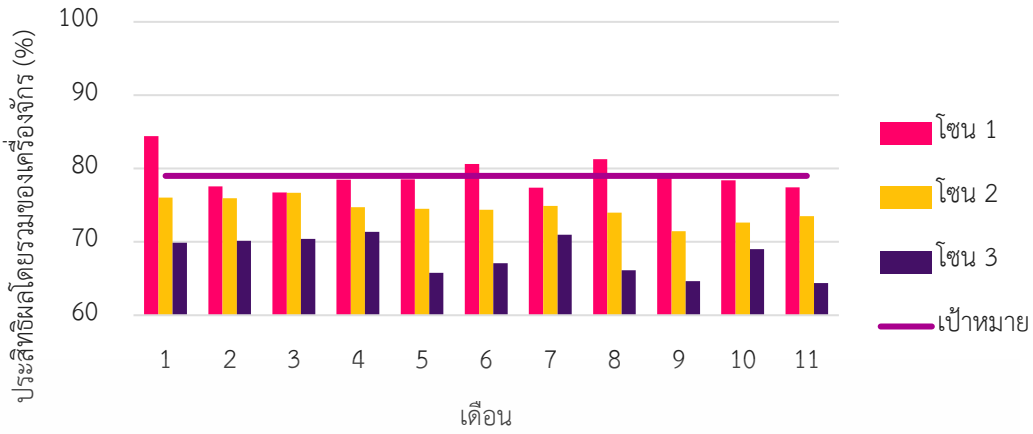
โซน	ปริมาณเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผลิตเฉลี่ย (กรัม/ชิ้น)	จำนวนสินค้าที่ผลิตเฉลี่ย* (ชิ้น/เดือน)	ปริมาณเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผลิตต่อโซนเฉลี่ย (กรัม/เดือน)
1	62	2,413,389	148,630,150
2	90	2,881,724	260,084,080
3	196	2,223,111	436,463,126

*หมายเหตุ จำนวนสินค้าที่ผลิตเฉลี่ยพิจารณาเฉพาะผลิตภัณฑ์ดี

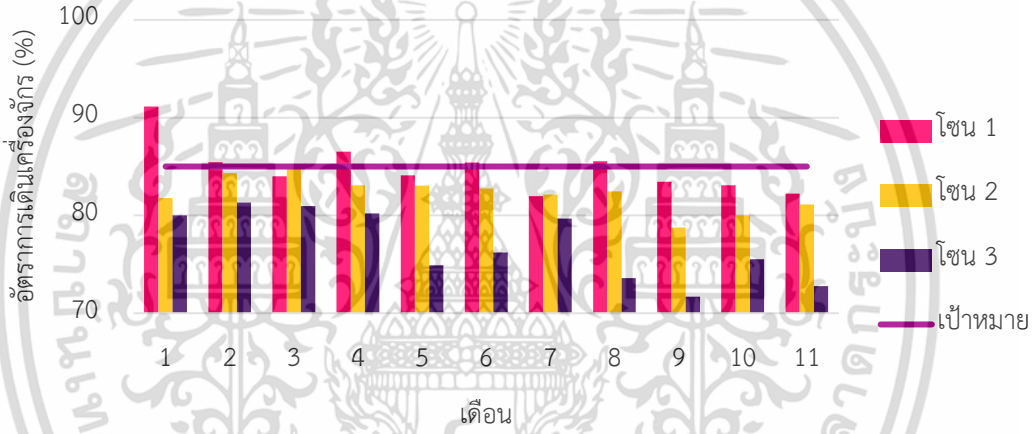
จะพบว่าแม้โซน 3 จะมีจำนวนสินค้าที่ผลิตต่ำกว่าโซนอื่น แต่เนื่องจากสินค้าที่ผลิตมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อชิ้นหรือปริมาณเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นที่มาก ทำให้โซน 3 มีปริมาณเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผลิตต่อโซนเฉลี่ยมากที่สุดสูงถึง 436 ล้านกรัม/เดือนเป็นผลให้โซน 3 มีต้นทุนด้านวัตถุดิบทางตรงสูงสุดรองลงมาคือโซน 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อโซน 3 มีการใช้วัตถุดิบในการผลิตเยอะ เป็นผลทำให้มีการใช้พลังงานในการผลิตมากขึ้นตามไปด้วย

จากการศึกษาประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness, %OEE) ซึ่งเป็นผลคูณระหว่างอัตราการเดินเครื่องจักร ประสิทธิภาพการเดินเครื่องและอัตราคุณภาพโรงงานกรณีศึกษามีค่าเป้าหมายประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรอยู่ที่ 79% จากรูปที่ 3.4 จะพบว่าส่วนใหญ่ทุกโซนจะมีค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรต่ำกว่าเป้าหมาย โดยเฉพาะโซน 3 ที่มีค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรต่ำสุดมาตลอดในทุกเดือนอย่างเห็นได้ชัด

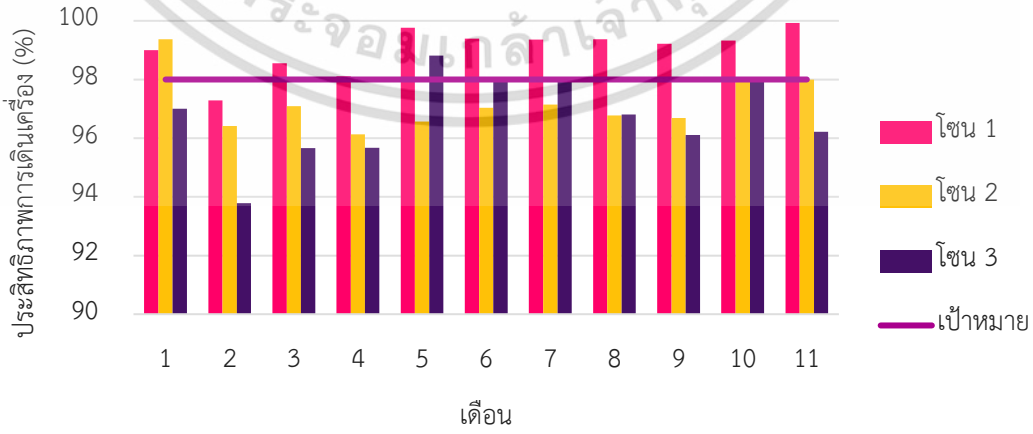
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)

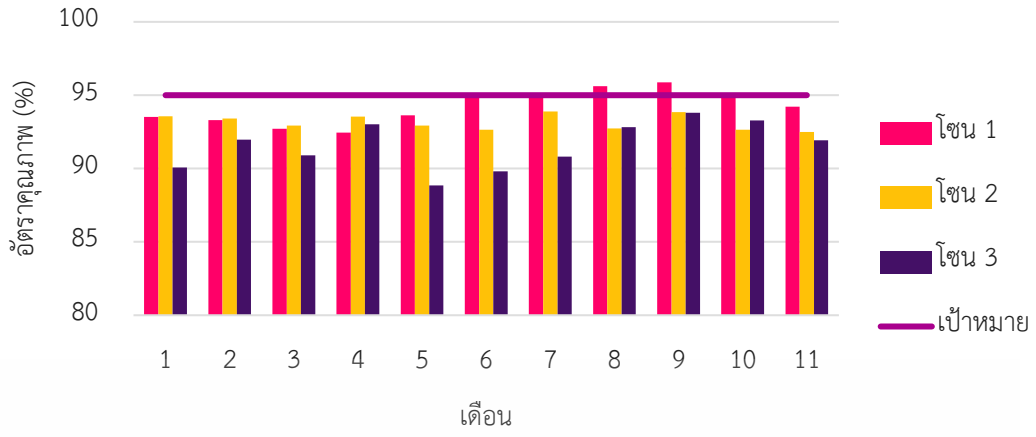


รูปที่ 3.5 อัตราการเดินเครื่องจักร (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)



รูปที่ 3.6 ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 อัตราคุณภาพ (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)

เมื่อทำการพิจารณาองค์ประกอบของประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรซึ่งได้แก่ อัตราการเดินเครื่อง ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราคุณภาพ ดังรูปที่ 3.5 , 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ พบว่าพื้นที่ทำการผลิตทุกโซนล้วนมีปัญหาในเรื่องอัตราการเดินเครื่องจักรและอัตราคุณภาพที่ต่ำกว่าเป้าหมาย ซึ่งโซน 3 มีค่าต่ำสุดมาโดยตลอด ดังนั้นจากข้อมูลสนับสนุนทั้งในด้านของปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกเฉลี่ยในแต่ละโซน ข้อมูลประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร รวมถึงองค์ประกอบของประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร ผู้วิจัยจึงเลือกทำการศึกษาในเรื่องของอัตราการเดินเครื่องจักรและอัตราคุณภาพ โดยเลือกศึกษาในโซน 3 เนื่องจากเป็นโซนที่มีปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกเฉลี่ยสูงสุดแต่มีประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร อัตราการเดินเครื่องจักรรวมถึงอัตราคุณภาพต่ำสุด ซึ่งในการปรับปรุงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องปรับปรุงตัวที่มีค่าต่ำสุดก่อน เนื่องจากจะส่งผลมากที่สุดในการทำให้ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถทำได้ง่ายกว่าการทำให้ตัวแปรที่มีค่าสูงอยู่แล้วให้มีค่าสูงขึ้นไปอีก ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงตัวที่มีค่าต่ำสุดหรือปัญหาอัตราการเดินเครื่องจักรที่มีค่าปัจจุบันต่ำอย่างเห็นได้ชัดเป็นอันดับแรก และทำการปรับปรุงปัญหาอัตราคุณภาพซึ่งเป็นปัญหาอันดับรองลงมาตามลำดับ

3.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากปัญหาที่พบ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เพื่อนำไปสู่การหาแนวทางการปรับปรุงต่อไป โดยได้แบ่งการวิเคราะห์ปัญหาออกเป็น 2 ส่วนคือ ปัญหาอัตราการเดินเครื่องจักรต่ำ และ ปัญหาอัตราคุณภาพต่ำ

3.3.1 ปัญหาอัตราการเดินเครื่องจักรต่ำ

อัตราการเดินเครื่องจักรเป็นสิ่งที่แสดงถึงความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร หากเครื่องจักรมีความพร้อมใช้งานที่ต่ำ จะส่งผลกระทบต่อแผนการผลิตที่วางไว้ ทำให้เกิดการผลิตไม่ทัน และยังส่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อต้นทุนที่สูญเสียไปในระหว่างที่รอให้เครื่องจักรพร้อมใช้งาน ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาอัตราการเดินเครื่องจักรของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อนำไปวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงต่อไป ซึ่งอัตราการเดินเครื่องจักรของโรงงานกรณีศึกษาจะพิจารณาเฉพาะเวลาที่เครื่องจักรผลิตได้งานออกมา โดยจะไม่พิจารณากะที่ไม่มีออเดอร์ร่วมด้วย ดังสมการที่ 3.1

$$\text{อัตราการเดินเครื่องจักร} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงที่ผลิตได้งาน}}{\text{จำนวนชั่วโมงการทำงาน}} \times 100\% \quad (3.1)$$

ผู้วิจัยได้สังเกตพบว่าการคำนวณอัตราการเดินเครื่องจักรของโรงงานกรณีศึกษาจะทำการคิดแยกออเดอร์และหารเฉลี่ยเลยตามสมการที่ 3.2 รวมถึงกำหนดให้จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อออเดอร์เป็นเวลา 1 กะหรือ 12 ชั่วโมงตลอดตามสมการที่ 3.3 ซึ่งการคำนวณดังกล่าวเป็นการคำนวณที่ไม่สะท้อนสภาพความเป็นจริง

<u>การคำนวณปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา</u>

$$\text{อัตราการเดินเครื่องจักรต่อกะ} = \frac{\text{อัตราการเดินเครื่องจักรออเดอร์ } A + \text{อัตราการเดินเครื่องจักรออเดอร์ } B + \ldots}{\text{จำนวนออเดอร์}} \quad (3.2)$$

$$\text{โดย} \quad \text{อัตราการเดินเครื่องจักรต่อออเดอร์} = \frac{\text{เวลาที่ผลิตได้งาน } \mathbf{1} \text{ ออเดอร์}}{\text{เวลา } \mathbf{1} \text{ กะ}} \times 100\% \quad (3.3)$$

ผู้วิจัยได้พบว่าการคำนวณอัตราการเดินเครื่องจักรต่อกะนั้น ควรนำเวลาที่ทำการผลิตในกะเดียวกันมารวมกันโดยไม่ต้องหารเฉลี่ย และหารเวลาใน 1 กะแทนตามสมการที่ 3.4 นอกจากนี้หากในกะนั้นมีทั้งเวลาที่มีออเดอร์และไม่มีออเดอร์ ไม่ควรนำเวลาที่ไม่มีออเดอร์มาคำนวณด้วย แต่ควรใช้เวลาการผลิตตามแผนของออเดอร์นั้นตามสมการที่ 3.5

<u>การคำนวณที่ผู้วิจัยแนะนำ</u>

$$\text{อัตราการเดินเครื่องจักรต่อกะ} = \frac{\text{เวลาที่ผลิตได้งานออเดอร์ } A + \text{เวลาที่ผลิตได้งานออเดอร์ } B + \ldots}{\text{เวลา } \mathbf{1} \text{ กะ}} \times 100\% \quad (3.4)$$

$$\text{โดย} \quad \text{อัตราการเดินเครื่องจักรต่อออเดอร์} = \frac{\text{เวลาที่ผลิตได้งาน } \mathbf{1} \text{ ออเดอร์}}{\text{เวลาการผลิตตามแผน } \mathbf{1} \text{ ออเดอร์}} \times 100\% \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างสถานการณ์

ในช่วงเวลา 1 กะ (12 ชั่วโมง) เครื่องจักร X มีการผลิต 2 ออเดอร์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เดียวกัน ต่างกันเพียงเลขที่สั่งผลิตจึงไม่มีการหยุดเครื่องจักร โดยมีรายละเอียดการผลิตดังนี้ ออเดอร์ที่ 1 ทำการผลิตทั้งหมด 9 ชั่วโมง ออเดอร์ที่ 2 ทำการผลิตทั้งหมด 3 ชั่วโมง จงคำนวณหาอัตราการเดินเครื่องจักรต่อกะ (กำหนดให้ทั้ง 2 ออเดอร์ใช้เวลาการผลิตเท่ากับเวลาการผลิตตามแผน)

<u>การคำนวณปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา</u>

- ออเดอร์ที่ 1 มีอัตราการเดินเครื่องจักรต่อออเดอร์ 9/12*100 = 75%
- ออเดอร์ที่ 2 มีอัตราการเดินเครื่องจักรต่อออเดอร์ 3/12*100 = 25%

<u>ดังนั้น</u> เครื่องจักร X จะมีอัตราการเดินเครื่องจักรเฉลี่ยต่อกะ (25%+75%) / 2 = 50%

ซึ่งจะพบว่าทั้งอัตราการเดินเครื่องจักรต่อออเดอร์และอัตราการเดินเครื่องจักรเฉลี่ยต่อกะที่คิดได้นั้นมีค่าต่ำมาก แม้เครื่องจักรดังกล่าวจะทำการผลิตผลิตภัณฑ์ตลอดทั้งกะโดยไม่หยุดก็ตาม

<u>การคำนวณที่ผู้วิจัยแนะนำ</u>

- ออเดอร์ที่ 1 มีอัตราการเดินเครื่องจักรต่อออเดอร์ 9/9 *100 = 100%
- ออเดอร์ที่ 2 มีอัตราการเดินเครื่องจักรต่อออเดอร์ 3/3 *100 = 100%

<u>ดังนั้น</u> เครื่องจักร X จะมีอัตราการเดินเครื่องจักรเฉลี่ยต่อกะ [(9+3) / 12] * 100 = 100%

จะพบว่าวิธีการคำนวณข้างต้นสามารถสะท้อนสภาพความเป็นจริงของอัตราการเดินเครื่องจักรที่เครื่องจักรทำการผลิตโดยไม่มีการหยุดทำการผลิตตลอดทั้งกะ อย่างไรก็ตามการคำนวณที่ผู้วิจัยแนะนำนั้น จำเป็นต้องมีการวางแผนเวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละออเดอร์ล่วงหน้าเพื่อที่จะสามารถนำเวลาดังกล่าวมาคำนวณอัตราการเดินเครื่องจักรที่สะท้อนความเป็นจริงได้

เนื่องจากผู้วิจัยพบว่าวิธีการคำนวณอัตราการเดินเครื่องจักรของโรงงานกรณีศึกษาไม่สะท้อนความเป็นจริงของการทำงานของเครื่องจักร ผู้วิจัยจึงได้ทำการคำนวณค่าอัตราการเดินเครื่องจักรใหม่เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำมาใช้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น แต่เนื่องจากมีเวลาที่จำกัดทำให้ผู้วิจัยสามารถคำนวณได้เพียงอัตราการเดินเครื่องจักรของเครื่องจักรในโซน 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562 ซึ่งจากสมการที่ 3.1 จะพบว่าอัตราการเดินเครื่องจักรนั้นแปรผันตรงตามจำนวนเวลาที่ผลิตได้งาน ซึ่งการคำนวณหาจำนวนเวลาที่ผลิตได้งานนั้น สามารถพิจารณาจากเวลาที่มีในการทำงานลบด้วยเวลาที่เครื่องจักรหยุดผลิตได้ด้วยเช่นกัน

ดังนั้นการคำนวณในครั้งนี้จึงคำนวณหาเวลาที่ผลิตได้งานของเครื่องจักรในโซน 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562 จากเวลาที่มีในการทำงานในเดือนนั้นลบด้วยเวลาที่เครื่องจักรหยุดผลิตในเดือนนั้น โดยเวลาที่มีในการทำงานนี้ก่อนที่จะนำมาคำนวณได้หักเวลาที่ไม่มีออเดอร์ออกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากได้เวลาที่ผลิตได้งานออกมาจึงนำไปหารกับเวลาที่มีในการทำงานเพื่อให้ได้อัตราการเดินเครื่องจักรซึ่งได้ผลดังตารางที่ 3.2

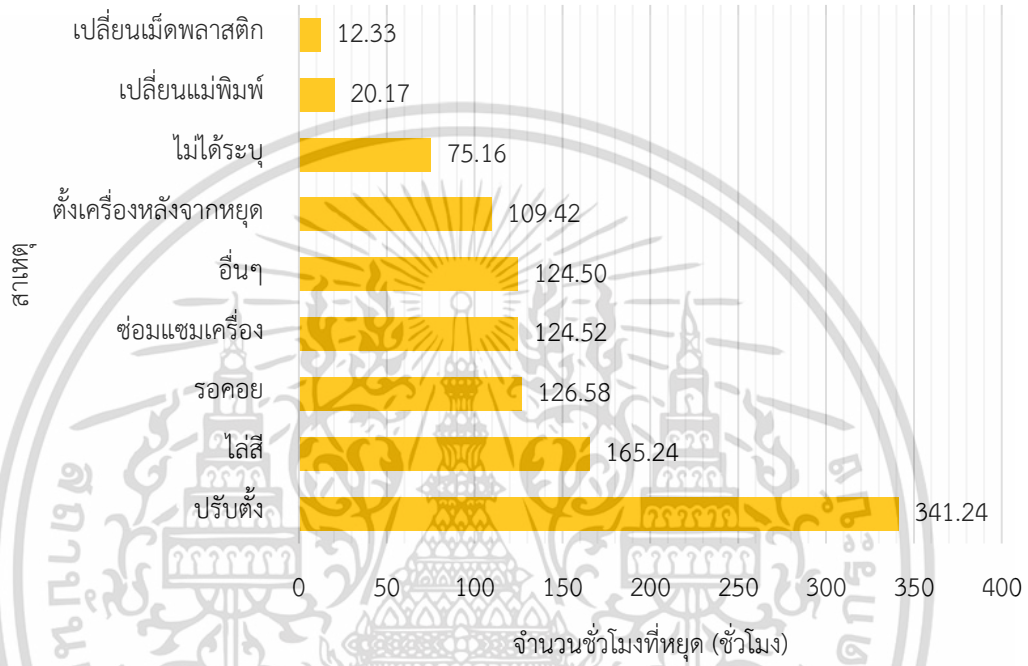
ตารางที่ 3.2 การคำนวณอัตราการเดินเครื่องจักรโซน 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562 ใหม่

เครื่องจักร	เวลาที่มีในการทำงาน (ชั่วโมง)	เวลาที่เครื่องจักรหยุดผลิต (ชั่วโมง)	เวลาที่ผลิตได้งาน (ชั่วโมง)	อัตราการเดินเครื่องจักร (%)
14	557	177.25	379.75	68.18%
23	299	52.09	246.91	82.58%
24	86	43.49	42.50	49.42%
36	371	75.00	296.00	79.78%
39	633	51.33	581.67	91.89%
43	48	1.58	46.42	96.70%
44	139.67	11.33	128.34	91.89%
49	672	75.16	596.83	88.81%
50	652	77.16	574.83	88.16%
60	720	160.74	559.25	77.67%
63	178.83	102.17	76.66	42.87%
66	642.17	128.91	513.25	79.92%
68	634	55.75	578.25	91.21%
70	291.58	72.75	218.83	75.05%
72	51.5	29.50	22.00	42.72%
77	337	94.91	242.09	71.84%
80	702	54.50	647.50	92.24%
84	608.5	156.25	452.25	74.32%
			เฉลี่ย	76.96%

จากผลการคำนวณในตารางที่ 3.2 พบว่าหลังจากคำนวณใหม่อัตราการเดินเครื่องจักรเฉลี่ยของเครื่องจักรในโซน 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562 มีค่า 76.96% ซึ่งได้ค่ามากกว่าการคำนวณตามวิธีการคำนวณปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาที่ได้ 72.78% อย่างไรก็ดีค่าที่ได้จากการคำนวณทั้งจากวิธีที่ผู้วิจัยแนะนำและวิธีการคำนวณของโรงงานกรณีศึกษาเป็นเพียงค่าที่ยึดจากใบรายงานการผลิต ทำให้มีการพิจารณาเพียงเวลาที่สูญเสียในช่วงวันที่มีการผลิต ไม่ได้พิจารณาถึงเวลาที่สูญเสียไปจากการหยุดเครื่องจักรเกิน 1 วัน ทำให้ค่าที่ได้ยังสูงกว่าความเป็นจริง ซึ่งถึงแม้สูงกว่าความเป็นจริง แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

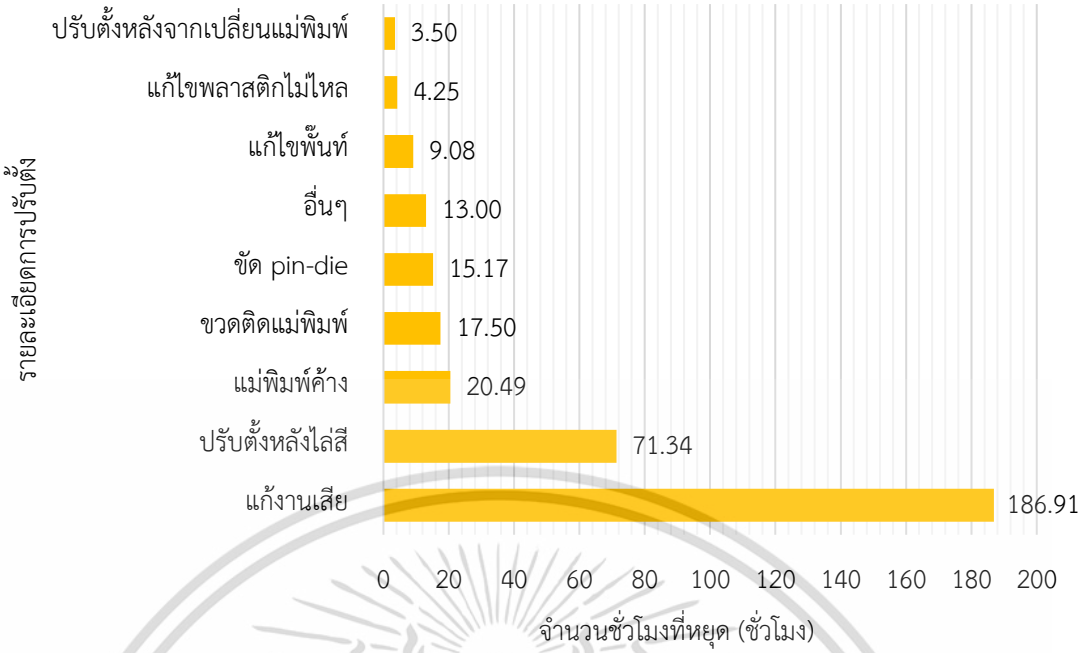
ค่าที่ได้ของทั้ง 2 วิธียังคงต่ำกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 85% อยู่มาก การปรับปรุงจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งตัวแปรที่ส่งผลให้อัตราการเดินเครื่องจักรต่ำนั้นคือเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำการผลิต ยิ่งเครื่องจักรหยุดการผลิตนานก็จะส่งผลให้อัตราการเดินเครื่องจักรยิ่งต่ำลง ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เครื่องเป่าพลาสติกในโซน 3 หยุดทำการผลิตจนเป็นเหตุให้อัตราการเดินเครื่องจักรในโซน 3 มีค่าต่ำกว่าเป้าหมาย ซึ่งสัดส่วนสาเหตุดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 สาเหตุการหยุดการผลิตของเครื่องเป่าพลาสติกในโซน 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562

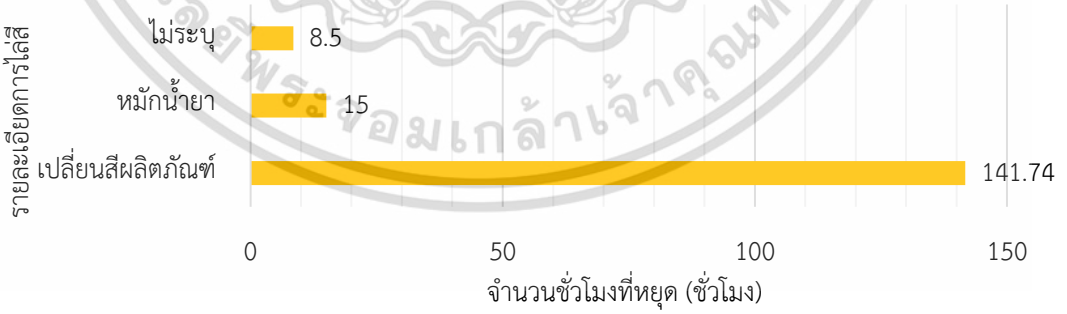
จะพบว่าสาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรหยุดการผลิตเป็นอันดับหนึ่งคือการปรับตั้ง รองลงมาคือการไล่สี การรอคอย การซ่อมแซมเครื่อง อื่นๆ การตั้งเครื่องหลังจากหยุด ไม่ได้ระบุ เปลี่ยนแม่พิมพ์ และเปลี่ยนเม็ดพลาสติก ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษากิจกรรมปรับตั้งซึ่งเป็นสาเหตุอันดับหนึ่งที่ทำให้เครื่องจักรหยุดการผลิต โดยมีรายละเอียดกิจกรรมปรับตั้งดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 รายละเอียดการปรับตั้งของโซน 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562

จากรูปที่ 3.9 พบว่าการปรับตั้งมีกิจกรรมที่หลากหลาย อันดับหนึ่งคือการแก้งานเสีย ซึ่งภายในกิจกรรมแก้งานเสียนี้ก็แยกย่อยชนิดงานเสียไปอีกหลายประเภท โดยในการปรับตั้งในแต่ละประเภทล้วนมีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่แตกต่างกัน ใช้เวลาที่แตกต่างกัน และมีตัวแปรอื่นๆ ที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก ทำให้ผู้วิจัยไม่ได้เลือกทำการศึกษาในสาเหตุดังกล่าว และทำการ พิจารณารายละเอียดของสาเหตุการหยุดการผลิตของเครื่องจักรในอันดับรองลงมาซึ่งก็คือ การไล่สี ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 รายละเอียดการไล่สีของโซน 3 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562

เมื่อพิจารณารายละเอียดกิจกรรมที่เกิดขึ้นในสาเหตุการไล่สีดังรูปที่ 3.10 พบว่ามีกิจกรรมทั้งหมดเพียง 3 กิจกรรมได้แก่ การเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ การหมักน้ำยาทิ้งไว้ และไม่ระบุ ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษากิจกรรมที่เกิดขึ้นมากสุดเป็นอันดับหนึ่งคือการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูญเสียเวลาไปมากสุด นอกจากนี้ยังมีขั้นตอนการทำงานในแต่ละครั้งที่ชัดเจนเหมือนๆกัน ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาขั้นตอนการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ของเครื่องเป่าพลาสติกในโซน 3 อย่างละเอียด เพื่อใช้วิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุง ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

<u>อุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรมเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์</u>

1. อุปกรณ์ตัก ใช้สำหรับตักเม็ดแม่สีและเศษบด

รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ตัก

2. แท่งเหล็กกลวง ใช้ในการเปิดตัวสับแผ่นกรองเพื่อนำแผ่นกรองออกมาทำความสะอาด

รูปที่ 3.12 แท่งเหล็กกลวง

3. ค้อนหัวตรง ใช้ในการตอกแท่งเหล็กกลวง เพื่อเปิดตัวสับแผ่นกรอง

รูปที่ 3.13 ค้อนหัวตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แปรงทองเหลือง ใช้สำหรับขัดทำความสะอาดที่รองแผ่นกรอง

รูปที่ 3.14 แปรงทองเหลือง

5. ถุงพลาสติก ใช้สำหรับผสมเม็ดไล่สี ใส่เศษบด ใส่ขวดและก้อนพลาสติกไล่สี

รูปที่ 3.15 ถุงพลาสติก

6. เม็ดไล่สียี่ห้อ Z CLEAN ใช้สำหรับล้างสีของผลิตภัณฑ์เดิมและสิ่งสกปรกออกจากสกรู

รูปที่ 3.16 เม็ดไล่สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. รถตะแกรง ใช้สำหรับตากก้อนพลาสติกจากการไล่สีให้เย็นและแข็งตัว

รูปที่ 3.17 รถตะแกรง

8. อุปกรณ์ทำความสะอาด ใช้ในการทำความสะอาดกรวยเติมเม็ดพลาสติก เครื่องบดพลาสติก สายพานลำเลียง รวมถึงพื้นที่บริเวณรอบเครื่องจักร

รูปที่ 3.18 อุปกรณ์ทำความสะอาด

9. เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักเพื่อผสมเม็ดไล่สี

รูปที่ 3.19 เครื่องชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ขั้นตอนการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์</u>

1. ปิดการส่งเม็ดพลาสติกเข้ากรวยเติมเม็ดพลาสติก

1.1 เมื่องานที่ผลิตอยู่ใกล้ครบออเดอร์ พนักงานช่างจะทำการปิดระบบท่อส่งเม็ดพลาสติกเพื่อหยุดการส่งเม็ดพลาสติกเข้าสู่กรวยเติมเม็ดพลาสติก

รูปที่ 3.20 พนักงานช่างทำการปิดระบบท่อส่งเม็ดพลาสติก

2. ตักเศษบดและเม็ดแม่สีออกจากกรวยเติมเศษบดและกรวยเติมเม็ดสี

2.1 พนักงานช่างเปิดฝากรวยเติมเศษบด

2.2 พนักงานช่างตักเศษบดออกจากกรวยเติมเศษบดจนหมด

2.3 พนักงานช่างปิดฝากรวยเติมเศษบด

2.4 พนักงานช่างเปิดฝากรวยเติมเม็ดแม่สี

2.5 พนักงานช่างตักเม็ดแม่สีออกจากกรวยเติมเม็ดแม่สีจนหมด

2.6 พนักงานช่างปิดฝากรวยเติมเม็ดแม่สี

รูปที่ 3.21 พนักงานช่างนำเศษบดออกจากกรวยเติมเศษบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.22 พนักงานช่างนำเม็ดแม่สีที่ตักจากกรวยเติมเม็ดแม่สีใส่ถุง

3. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์

3.1 พนักงานช่างเดินหารถเข็นสำหรับเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ช่าง

3.2 พนักงานช่างนำรถเข็นสำหรับเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ช่างมาที่เครื่องจักร

รูปที่ 3.23 พนักงานช่างนำรถเข็นสำหรับเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ช่างมาที่เครื่องจักร

4. ไล่สีแบบเป่าเป็นขวดเพื่อไล่สีเดิม

4.1 พนักงานช่างเดินเครื่องจักรเพื่อไล่สีแบบเป่าเป็นขวดจนสีของผลิตภัณฑ์เดิมเจือจาง

4.2 พนักงานประจำเครื่องเตรียมถุงสำหรับใส่ขวดจากการไล่สี

4.3 พนักงานประจำเครื่องนำขวดจาการไล่สีใส่ถุง

4.4 เมื่อพนักงานประจำเครื่องนำขวดจากการเป่าไล่สีใส่ถุงจนเต็ม จะทำการผูกปากถุง และนำขวดใส่ถุงใบใหม่จนหมด

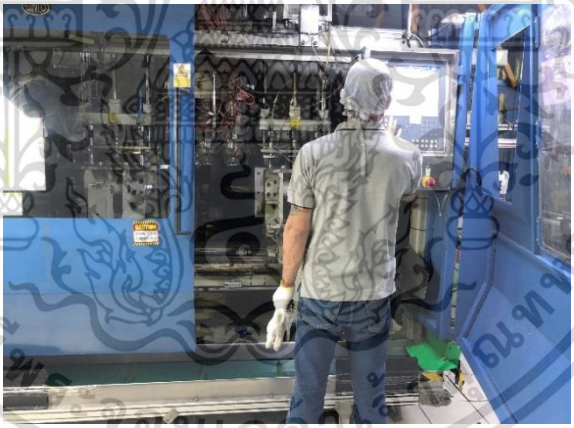
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.24 ไล่สีแบบเป่าเป็นขวดเพื่อไล่สีเดิม

5. กดหยุดการทำงานของเครื่องจักร แต่ไม่ปิดระบบให้ความร้อน

5.1 เมื่อสีของผลิตภัณฑ์เดิมจาง พนักงานช่างจะกดหยุดการทำงานของเครื่องจักร แต่ไม่ปิดระบบให้ความร้อน เพื่อที่จะได้ไม่ต้องทำการละลายพลาสติกใหม่ตอนไล่สีพลาสติกออกจากเครื่องจักร

5.2 เมื่อพนักงานช่างหยุดการทำงานของเครื่องจักร พนักงานประจำเครื่องจะนำถุงขวดจากการไล่สีในขั้นตอนที่ 4 ไปที่แผนกบดผสม



รูปที่ 3.25 พนักงานช่างกดหยุดการทำงานของเครื่องจักร

6. ทำความสะอาดกรวยเติมเศษบดและกรวยเติมเม็ดแม่สี

6.1 พนักงานช่างเตรียมอุปกรณ์ทำความสะอาด

6.2 พนักงานช่างเปิดฝากรวยเติมเศษบด

6.3 พนักงานช่างใช้เครื่องดูดฝุ่นทำความสะอาดภายในกรวยเติมเศษบด

6.4 เมื่อพนักงานช่างทำความสะอาดเสร็จจึงปิดฝากรวยเติมเศษบด

6.5 พนักงานช่างเปิดฝากรวยเติมเม็ดแม่สี

6.6 พนักงานช่างใช้เครื่องดูดฝุ่นทำความสะอาดภายในกรวยเติมเม็ดแม่สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.7 เมื่อพนักงานช่างทำความสะอาดเสร็จจึงปิดฝากรวยเติมเม็ดแม่สี

6.8 พนักงานช่างใช้เครื่องเป่าลมเป่าทำความสะอาดบริเวณภายนอกกรวยเติมแต่ละอัน

รูปที่ 3.26 พนักงานช่างทำความสะอาดภายในกรวยเติมแต่ละอัน

รูปที่ 3.27 พนักงานช่างทำความสะอาดบริเวณภายนอกกรวยเติมแต่ละอัน

7. ทำความสะอาดเครื่องบดพลาสติก

7.1 พนักงานช่างเปิดฝาถังสำหรับใส่เศษบดจากเครื่องบดพลาสติก

7.2 พนักงานช่างตักเศษบดจากถังใส่ถุง หากเต็มถุงจะนำถุงใบใหม่มาใส่ แล้วทำการตักใส่ถุงจนเศษบดในถังหมด

7.3 พนักงานช่างนำถุงเศษบดวางบริเวณด้านข้างเครื่องจักร

7.4 พนักงานช่างเปิดฝาเครื่องบดพลาสติก

7.5 พนักงานช่างนำลิ้นชักสำหรับใส่เศษบดในเครื่องบดออกมา

7.6 พนักงานช่างตักเศษบดจากลิ้นชักใส่ถุง จนเศษบดในลิ้นชักหมด

7.7 พนักงานช่างนำถุงเศษบดวางบริเวณด้านข้างเครื่องจักร

7.8 พนักงานช่างใช้เครื่องดูดฝุ่นทำความสะอาดภายในถังใส่เศษบด

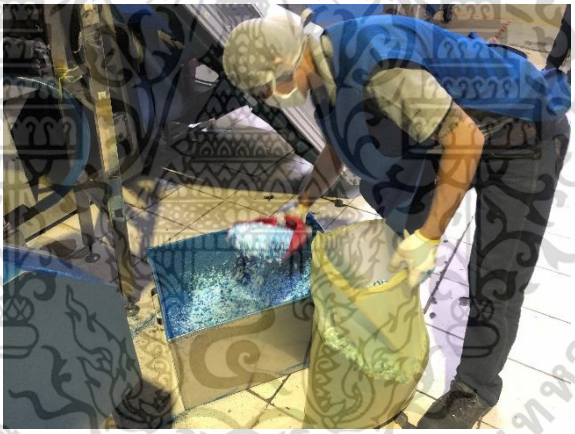
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.9 เมื่อพนักงานช่างทำความสะอาดเสร็จจึงปิดฝาถังสำหรับใส่เศษบดจากเครื่องบดพลาสติก

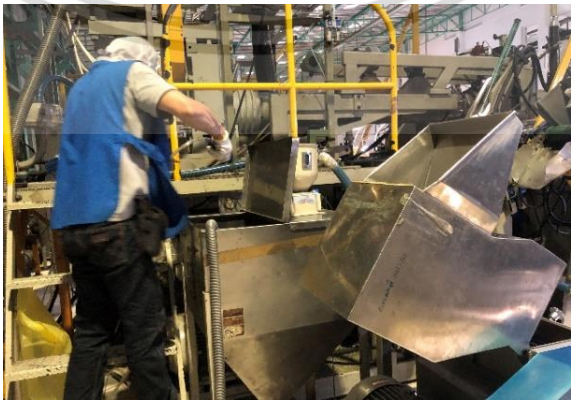
7.10 พนักงานช่างใช้เครื่องดูดฝุ่นทำความสะอาดภายในเครื่องบดพลาสติก

7.11 เมื่อพนักงานช่างทำความสะอาดเสร็จจึงใส่ลิ้นชักสำหรับใส่เศษบดในเครื่องบดเข้าที่เดิม

รูปที่ 3.28 พนักงานช่างตักเศษบดจากถังสำหรับใส่เศษบดใส่ถุง



รูปที่ 3.29 พนักงานช่างตักเศษบดจากลิ้นชักเครื่องบดใส่ถุง



รูปที่ 3.30 พนักงานช่างทำความสะอาดภายในถังใส่เศษบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.31 พนักงานช่างทำความสะอาดภายในเครื่องบดพลาสติก

8. ทำความสะอาดสายพานลำเลียง

8.1 พนักงานช่างทำความสะอาดสายพานลำเลียงด้วยเครื่องเป่าลม

8.2 พนักงานช่างหยุดการทำงานของสายพานลำเลียง

รูปที่ 3.32 พนักงานช่างทำความสะอาดสายพานลำเลียง

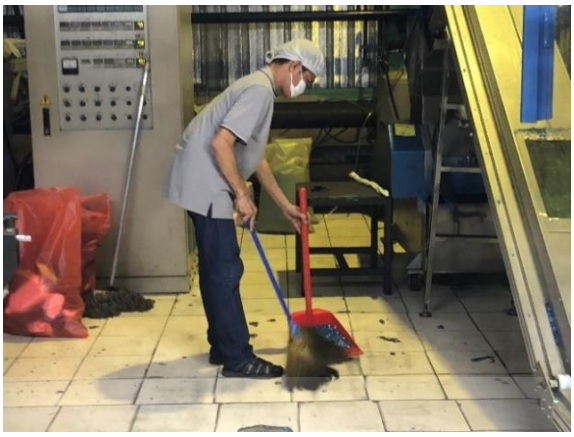
9. ทำความสะอาดบริเวณรอบเครื่องจักร

9.1 พนักงานประจำเครื่องเตรียมอุปกรณ์ทำความสะอาด

9.2 พนักงานช่างและพนักงานประจำเครื่องทำความสะอาดรอบเครื่องจักร

9.3 พนักงานช่างและพนักงานประจำเครื่องเก็บอุปกรณ์ทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 พนักงานประจำเครื่องทำความสะอาดบริเวณโดยรอบเครื่องจักร

10. เตรียมพื้นที่หน้าเครื่อง

10.1 พนักงานและช่างทำการจัดพื้นที่หน้าเครื่องให้พร้อมสำหรับนำรถตะแกรงเข้ามา

11. เตรียมรถตะแกรงสำหรับตากพลาสติก

11.1 พนักงานประจำเครื่องเดินหารถตะแกรงสำหรับตากพลาสติก

11.2 พนักงานประจำเครื่องนำรถตะแกรงสำหรับตากพลาสติกมาที่ข้างเครื่องจักร

รูปที่ 3.34 พนักงานประจำเครื่องนำรถตะแกรงสำหรับตากพลาสติกมาที่เครื่องจักร

12. เตรียมเม็ดไล่สี

12.1 เมื่อพนักงานช่างดูที่แถบใสข้างกรวยเติมเม็ดพลาสติก หากเม็ดพลาสติกใกล้หมด จะทำการผสมเม็ดไล่สีกับคอมปาวด์ในถุงพลาสติก

12.2 พนักงานช่างนำถุงเม็ดไล่สีที่ผสมไปชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.35 แถบใสสำหรับดูปริมาณเม็ดพลาสติกภายในกรวยเติมเม็ดพลาสติก

รูปที่ 3.36 พนักงานช่างทำการผสมเม็ดไล่สีและชั่งน้ำหนัก

13. เติมเม็ดไล่สีใส่กรวยเติมเม็ดพลาสติก

13.1 พนักงานช่างนำถุงเม็ดไล่สีที่ผสมไปเติมใส่กรวยเติมเม็ดพลาสติก

รูปที่ 3.37 พนักงานช่างนำเม็ดไล่สีที่ผสมไปเติมใส่กรวยเติมเม็ดพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. เปิดสกรูและทำการเด็ดก้อนพลาสติกไปตากและนำใส่ถุง

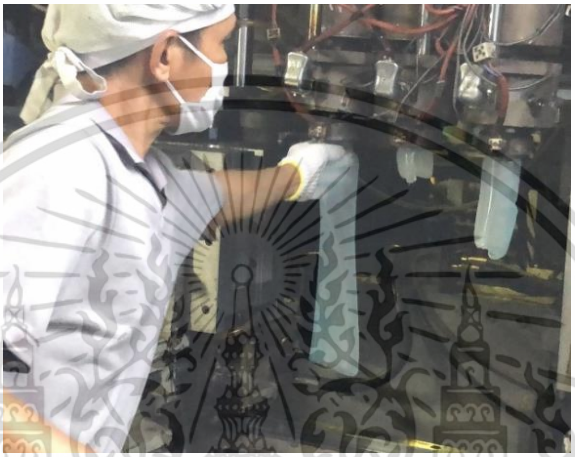
14.1 พนักงานประจำเครื่องทำการเปิดสกรูให้พลาสติกไหลออกมา

14.2 พนักงานประจำเครื่องหยิบพลาสติกจากหัวดาย

14.3 พนักงานประจำเครื่องนำพลาสติกมาตากที่รถตะแกรงให้พลาสติกเย็นและแข็งตัว

14.4 พนักงานประจำเครื่องนำพลาสติกที่เย็นตัวใส่ถุง หากเต็มถุงจะนำถุงใบใหม่มาใส่

14.5 พนักงานประจำเครื่องทำขั้นตอนที่ 14.2-14.4 ซ้ำจนสีพลาสติกจาง



รูปที่ 3.38 พนักงานประจำเครื่องหยิบพลาสติกจากหัวดาย

รูปที่ 3.39 พนักงานประจำเครื่องนำพลาสติกมาตากที่รถตะแกรง

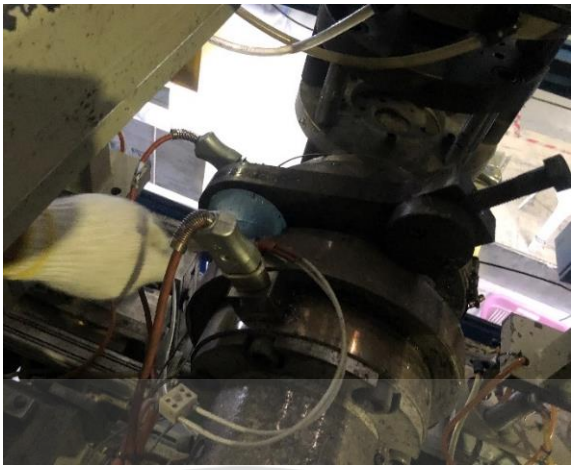
15. ปิดสกรูและถอดที่รองแผ่นกรองและแผ่นตาข่ายกรองออก

15.1 พนักงานช่างปิดสกรู

15.2 พนักงานช่างเดินขึ้นไปบนเครื่องจักร

15.3 พนักงานช่างทำการถอดที่รองแผ่นกรองและแผ่นตาข่ายกรองออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

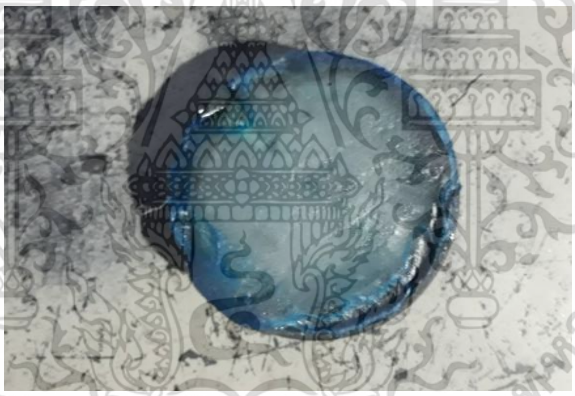


รูปที่ 3.40 พนักงานช่างทำการถอดที่รองแผ่นกรองและแผ่นตาข่ายกรองออก

16. ทำความสะอาดที่รองแผ่นกรอง

16.1 พนักงานช่างแกะพลาสติกที่เกาะที่รองแผ่นกรองออก

16.2 พนักงานช่างแกะแผ่นตาข่ายกรองออกจากที่รองแผ่นกรอง



รูปที่ 3.41 ที่รองแผ่นกรองที่ยังไม่ได้ทำความสะอาด

รูปที่ 3.42 ที่รองแผ่นกรองที่ทำความสะอาดแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. เปิดสกรูและทำการเด็ดก้อนเม็ดไล่สีไปตากแล้วนำใส่ถุง

17.1 พนักงานประจำเครื่องทำการเปิดสกรูให้พลาสติกไหลออกมา

17.2 พนักงานประจำเครื่องหยิบก้อนเม็ดไล่สีจากหัวดาย

17.3 พนักงานประจำเครื่องนำก้อนเม็ดไล่สีมาตากที่รถตะแกรงให้เย็นตัว

17.4 พนักงานประจำเครื่องนำก้อนเม็ดไล่สีที่เย็นตัวใส่ถุง หากเต็มถุงจะนำถุงใบใหม่มาใส่

17.5 พนักงานประจำเครื่องทำขั้นตอนที่ 17.2-17.4 ซ้ำจนก้อนเม็ดไล่สีหมด

รูปที่ 3.43 พนักงานประจำเครื่องหยิบก้อนเม็ดไล่สีจากหัวดาย

รูปที่ 3.44 ก้อนเม็ดไล่สีที่ออกมาจากหัวดาย

18. ทำการเด็ดก้อนพลาสติกไปตากแล้วนำใส่ถุง

18.1 พนักงานประจำเครื่องหยิบพลาสติกจากหัวดาย

18.2 พนักงานประจำเครื่องนำพลาสติกมาตากที่รถตะแกรงให้พลาสติกแข็งตัว

18.3 พนักงานประจำเครื่องนำพลาสติกที่แข็งตัวใส่ถุง หากเต็มถุงจะนำถุงใบใหม่มาใส่

18.4 พนักงานประจำเครื่องทำขั้นตอนที่ 18.1-18.3 ซ้ำจนสีหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.45 พนักงานประจำเครื่องนำพลาสติกที่เหลือมาตากที่รถตะแกรง

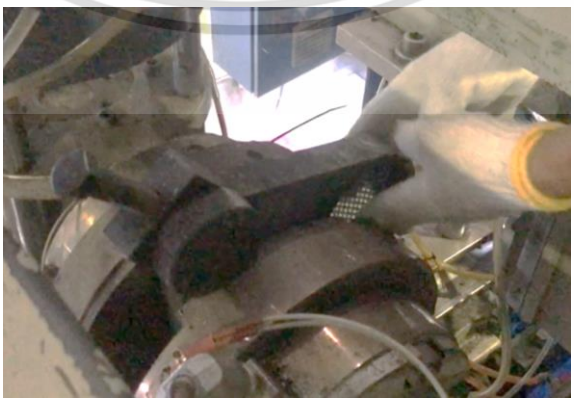
19. ปิดสกรู

19.1 พนักงานช่างปิดสกรูเพื่อหยุดการไหลของพลาสติก

รูปที่ 3.46 พนักงานช่างปิดสกรูเพื่อหยุดการไหลของพลาสติก

20. ประกอบที่รองแผ่นกรองเข้ากับตัวสับแผ่นกรอง

20.1 พนักงานช่างประกอบที่รองแผ่นกรองเข้ากับตัวสับแผ่นกรอง



รูปที่ 3.47 พนักงานช่างประกอบที่รองแผ่นกรองเข้ากับตัวสับแผ่นกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากศึกษาขั้นตอนการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ของเครื่องเป่าพลาสติกในโซน 3 โดยละเอียด ผู้วิจัยพบว่าการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์มีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่มาก นอกจากนี้ยังขาดการแบ่งงานภายในและงานภายนอกที่ชัดเจน ทำให้เกิดการสูญเสียเวลาในการผลิตไปมาก ซึ่งการสูญเสียดังกล่าวถือเป็นหนึ่งในความสูญเปล่าจากกระบวนการที่มากเกินความจำเป็น (Overprocessing) ผู้วิจัยจึงนำเทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (Single-Minute Exchange of Die ,SMED) ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคนิคของเทคนิคการผลิตแบบลีนมาใช้เพื่อลดความสูญเปล่าดังกล่าว

3.3.2 ปัญหาอัตราคุณภาพต่ำ

อัตราคุณภาพ (Quality Rate) เป็นตัวบ่งชี้ว่าเครื่องจักรมีความสามารถในการผลิตของดีมากน้อยแค่ไหน ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเป็นสิ่งที่ทำให้อัตราคุณภาพต่ำลง ของเสียจึงเป็นหนึ่งในความสูญเปล่าที่สำคัญ การผลิตของเสียจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิตไปโดยเปล่าประโยชน์ การปรับปรุงเพื่อกำจัดความสูญเปล่าดังกล่าวจึงเป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษานิยามอัตราคุณภาพของโรงงานกรณีศึกษา พบว่าอัตราของดีคืออัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ดีต่อผลิตภัณฑ์ที่ผลิตทั้งหมด โดยพิจารณาเฉพาะผลิตภัณฑ์เสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต ไม่พิจารณาผลิตภัณฑ์เสียที่เกิดขึ้นจากการปรับตั้งเครื่องร่วมด้วย และวิธีการคำนวณอัตราคุณภาพของโรงงานกรณีศึกษามีสูตรการคำนวณดังสมการที่ 3.6

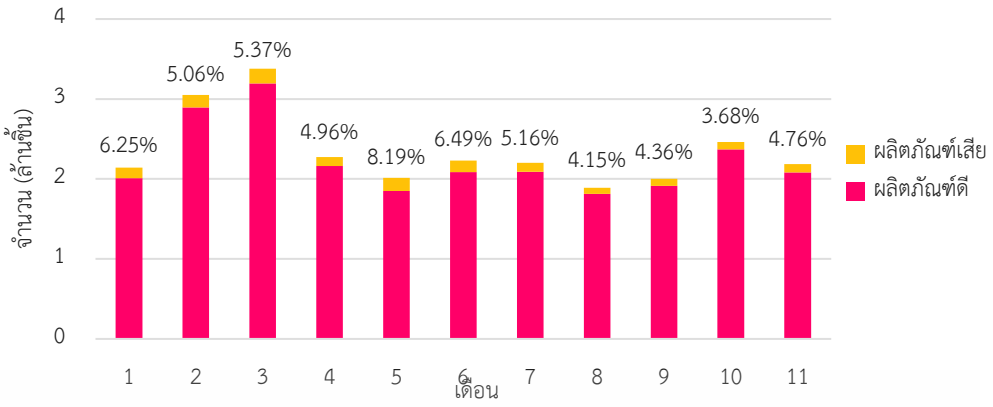
$$\text{อัตราคุณภาพ} = \frac{\text{ผลิตภัณฑ์ดี}^{**} + \text{งานดีไม่เต็มแพ็คระหว่างกะ} + \text{งานรอตัดแต่ง} - \text{ยอดยกมา}}{\text{ผลิตภัณฑ์รวม}^{*}} \quad (3.6)$$

*ผลิตภัณฑ์รวม=ผลิตภัณฑ์ดี+ผลิตภัณฑ์เสีย+งานดีไม่เต็มแพ็คระหว่างกะ+งานรอตัดแต่ง-ยอดยกมา

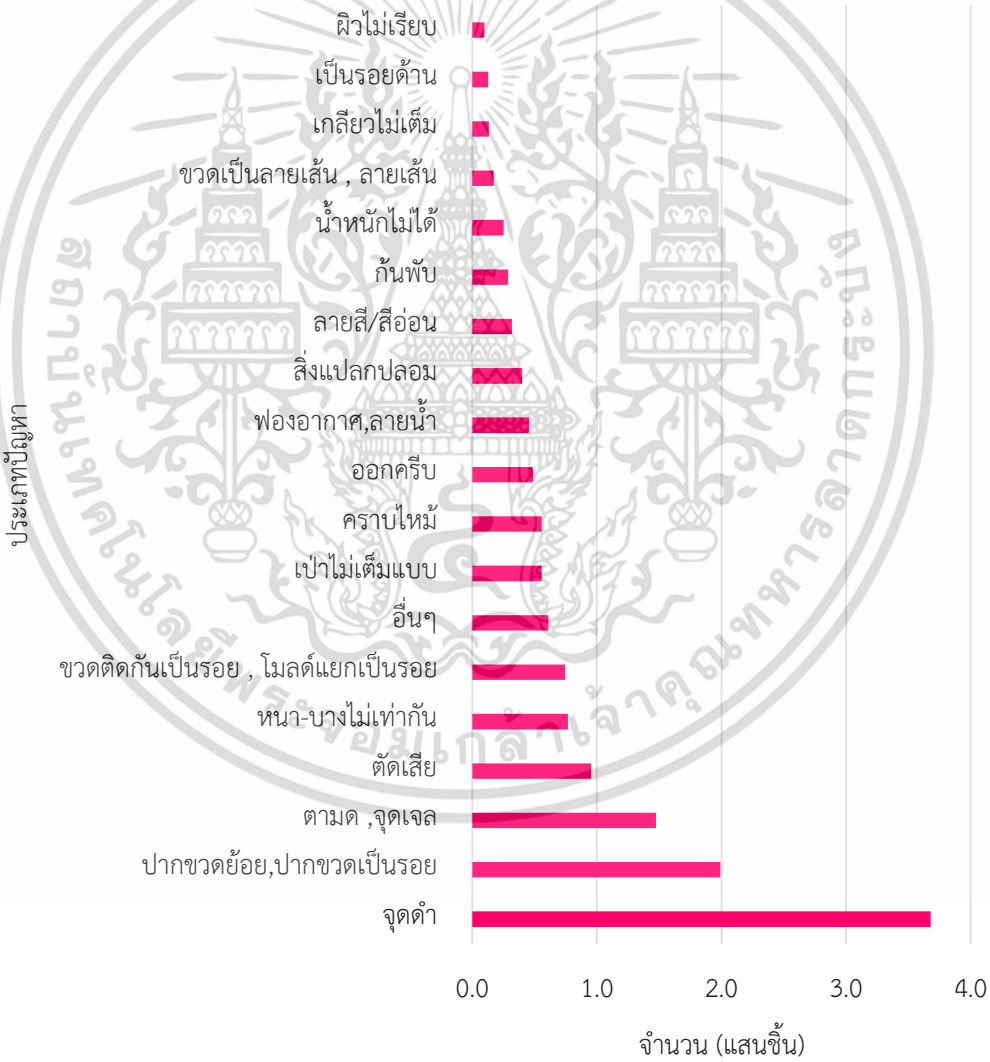
**ผลิตภัณฑ์ดี=จำนวนเศษ+(จำนวนถุงXจำนวนบรรจุต่อถุง)+(จำนวนกล่องXจำนวนบรรจุต่อกล่อง)

หลังจากศึกษานิยามและวิธีการคำนวณอัตราของดีผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เสียที่ถูกผลิตขึ้นในโซน 3 ซึ่งโซน 3 มีปริมาณผลิตภัณฑ์ดี ผลิตภัณฑ์เสีย และเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์เสียดังแสดงในรูปที่ 3.48 และโซน 3 มีของเสียเกิดขึ้นแยกตามประเภทของของเสียได้ดังรูปที่ 3.51 แต่เนื่องจากประเภทของเสียที่เกิดขึ้นในอันดับต้นๆของโซน 3 มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันมาก ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลของเสียในโซนอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.49 และรูปที่ 3.50 มาพิจารณาร่วมด้วย เพื่อที่การปรับปรุงจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโซนอื่นได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

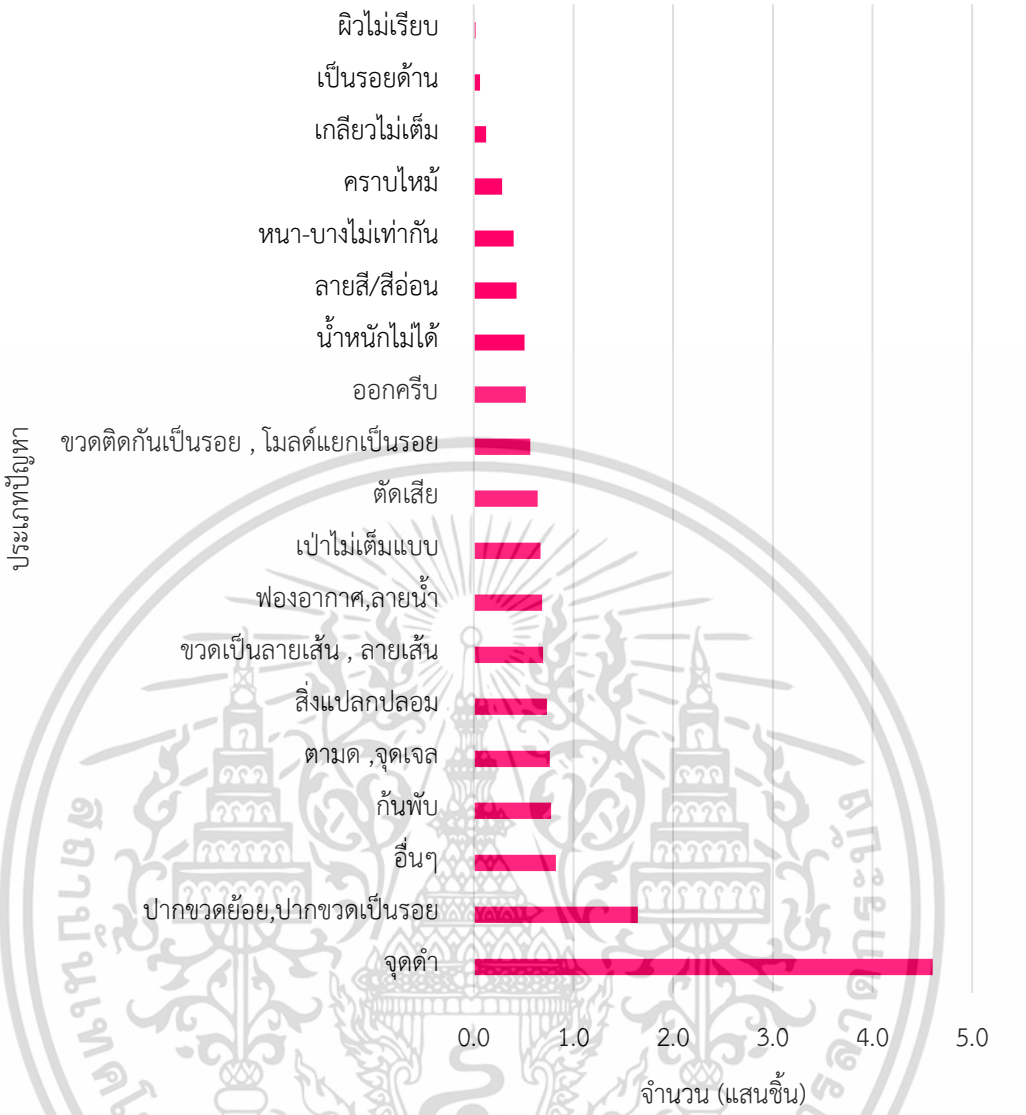


รูปที่ 3.48 ข้อมูลสถิติผลิตภัณฑ์เสียในโซน 3 (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)



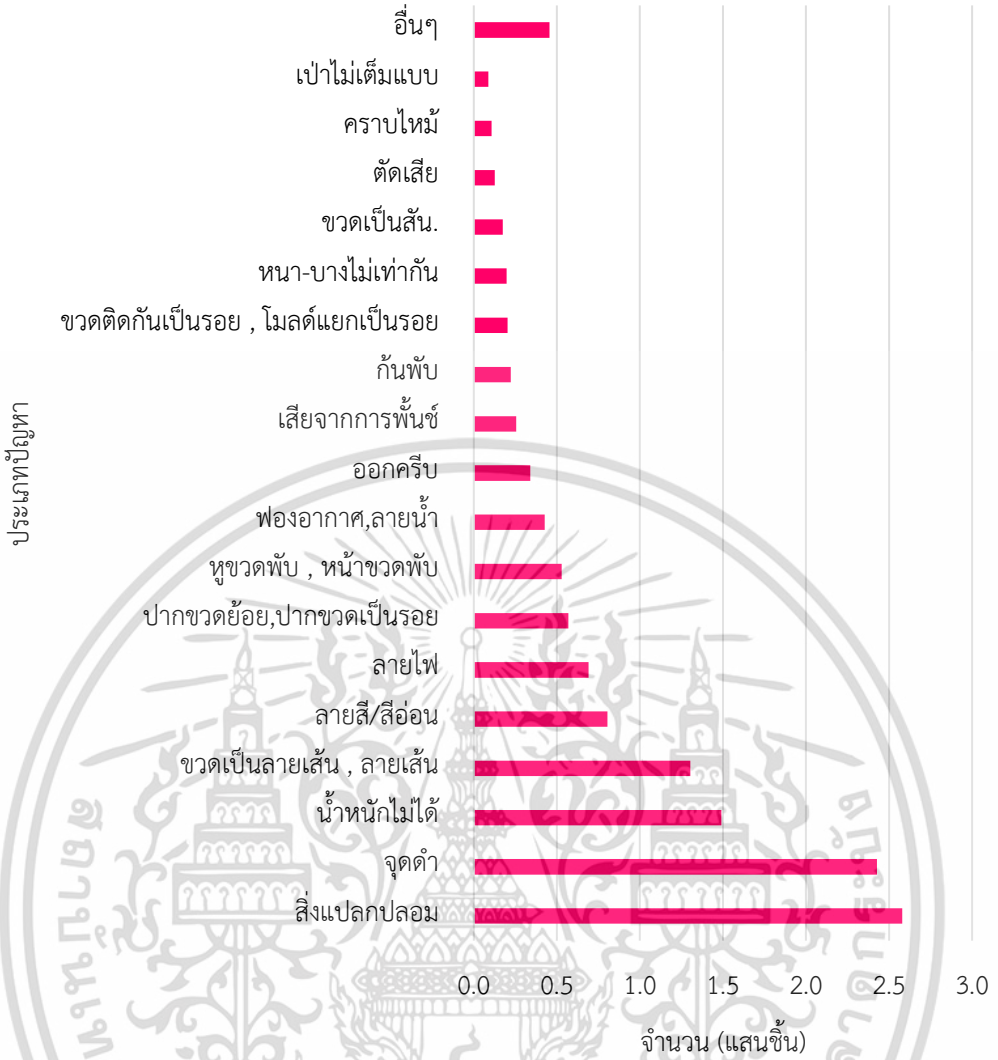
รูปที่ 3.49 ข้อมูลของเสียแยกประเภทในโซน 1 (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.50 ข้อมูลของเสียแยกประเภทในโซน 2 (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.51 ข้อมูลของเสียแยกประเภทในโซน 3 (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)

จากการพิจารณาข้อมูลของเสียแยกประเภทของทั้ง 3 โซนประกอบกัน สามารถสรุปประเภทของเสียที่เกิดมากที่สุด 3 อันดับแรกของแต่ละโซนได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ประเภทของเสียที่เกิดมากที่สุด 3 อันดับแรกของแต่ละโซน

อันดับ	โซน 1	โซน 2	โซน 3
1	จุดดำ	จุดดำ	สิ่งแปลกปลอม
2	ปากขวดย้อย เป็นรอย	ปากขวดย้อย เป็นรอย	จุดดำ
3	ตามด,จุดเจล	อื่นๆ	น้ำหนักไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาประเภทของเสียที่เกิดมากที่สุด 3 อันดับแรกของแต่ละโซน จะพบว่าปัญหาจุดดำเป็นปัญหาหลักที่พบ โดยในโซน 1 และ 2 ปัญหาจุดดำเป็นปัญหาที่เกิดมากที่สุดอันดับ 1 และในโซน 3 ปัญหาจุดดำเป็นปัญหาที่เกิดมากที่สุดอันดับ 2 ซึ่งมีปริมาณที่ต่ำกว่าอันดับ 1 เพียงเล็กน้อย ดังนั้นปัญหาจุดดำจึงถือว่าเป็นปัญหาของเสียหลักของแผนกเป่า ผู้วิจัยจึงได้ศึกษารายละเอียด สถิติปัญหา และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน

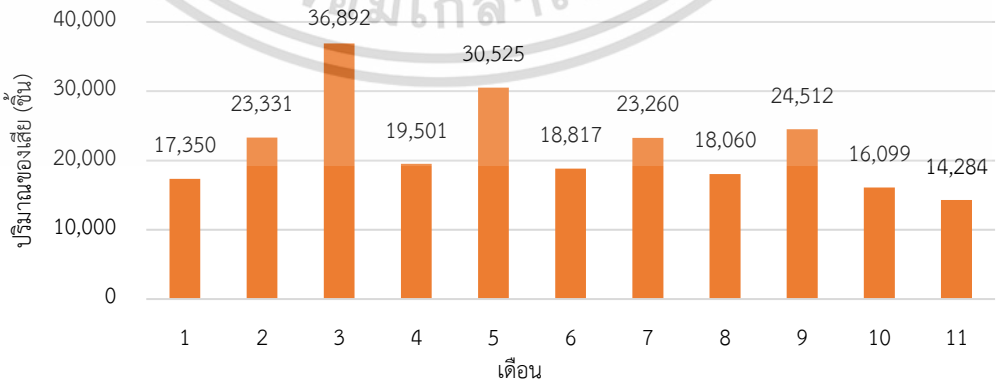
3.3.2.1 ลักษณะจุดดำ

จุดดำ (Black Dots/Black Specks) มีลักษณะเป็นจุดเล็กๆ ที่กระจายอยู่บนพื้นผิวผลิตภัณฑ์พลาสติกดังรูปที่ 3.52 สามารถสังเกตเห็นได้ทั้งในชิ้นงานที่โปร่งใส โปร่งแสง และทึบแสง ซึ่งการเกิดจุดดำนี้จะส่งผลต่อความสวยงามของพื้นผิวผลิตภัณฑ์และความพึงพอใจของลูกค้า

รูปที่ 3.52 ตัวอย่างจุดดำบนชิ้นงาน

3.3.2.2 สถิติปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานในโซน 3

สถิติของเสียที่เกิดขึ้นจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานของโซน 3 ในแต่ละเดือนแสดงได้ดังรูปที่ 3.53 และข้อมูลสินค้าส่งคืนภายในและภายนอกเนื่องจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานแสดงดังตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5ตามลำดับ



รูปที่ 3.53 สถิติของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานของโซน 3 ในแต่ละเดือน (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 สินค้าส่งคืนภายในจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานในโซน 3
(เดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)

ลำดับ	วันที่	ชื่อผลิตภัณฑ์	ขนาด	เครื่องจักร	จำนวน (ชิ้น)	มูลค่ารวม (บาท)
1	13/5/2019	Helix Ultra 0W-40	1 lt.	B49	1,350	8,364
รวม					1,350	8,364

ตารางที่ 3.5 สินค้าส่งคืนภายนอกจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานในโซน 3
(เดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)

ลำดับ	วันที่	ชื่อผลิตภัณฑ์	ขนาด	เครื่องจักร	จำนวน (ชิ้น)	มูลค่ารวม (บาท)
1	11/1/2019	B-1H05 (สีน้ำเงิน)	6 lt.	B50	140	3,514
2	4/6/2019	B-1G87 BLUE	4 lt.	B84	3,600	63,019
3	15/6/2019	Btl WsbHxBl (สีน้ำเงิน) WB	6 lt.	B63	4,032	91,591
4	19/6/2019	Btl WsbHxBl (สีน้ำเงิน) WB	6 lt.	B63	2,016	45,796
5	19/6/2019	B-1H05 (YELLOW)	6 lt.	B66	9,576	196,934
6	26/6/2019	B-1H05 (YELLOW)	6 lt.	B63	672	13,820
7	6/8/2019	Btl 1L Wsb (สีเหลือง)	1 lt.	B60	32,400	133,472
รวม					52,436	548,146

จะพบว่าปัญหาของเสียจากการเกิดจุดดำบนชิ้นงานในแต่ละเดือนนั้นมีปริมาณที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาจเกิดจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในแต่ละเดือนมีสีที่แตกต่างกัน หากในเดือนไหนผลิตสีที่สว่างมากก็มีโอกาสที่จะพบจุดดำบนผิวผลิตภัณฑ์ที่มากตามไปด้วย เนื่องจากสีที่สว่างจะทำให้สามารถสังเกตเห็นจุดดำบนชิ้นงานได้ง่าย นอกจากนี้ยังพบว่าปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานส่งผลกระทบต่อต้นทุนและโอกาสในการทำกำไรของโรงงานอย่างยิ่ง โดยเมื่อพิจารณาข้อมูลสินค้าส่งคืนภายในพบว่าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2562 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562 มีปริมาณสินค้าส่งคืนจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานรวม 1,350 ชิ้นคิดเป็นมูลค่า 8,364 บาทและเมื่อพิจารณาข้อมูลสินค้าส่งคืนภายนอกพบว่าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2562 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2562 มีปริมาณสินค้าส่งคืนจากปัญหาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดจุดดำบนชิ้นงานรวม 52,436 ชิ้นคิดเป็นมูลค่า 548,146 บาท จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานเป็นปัญหาที่ควรได้รับการตระหนักและหาแนวทางการปรับปรุงโดยเร็ว

3.3.2.3 <u>การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน</u>

เมื่อพบว่าปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานเป็นปัญหาที่ควรได้รับการตระหนัก ผู้วิจัยจึงได้เก็บรวบรวมสาเหตุของปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานจากการระดมสมองกับหัวหน้าแผนกเป่าพลาสติก รองหัวหน้าแผนกเป่าพลาสติก ที่ปรึกษาแผนกเป่าพลาสติก ผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก รวมถึงคนหน้างาน โดยมีรายละเอียดแสดงในลักษณะแผนภาพแสดงเหตุและผลดังรูปที่ 3.54 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

<u>วัตถุดิบ</u>

วัตถุดิบในกระบวนการผลิตของแผนกเป่าได้แก่ เม็ดพลาสติก พลาสติกรีไซเคิล (คอมปาวด์เศษบด) เม็ดแม่สี ซึ่งพบปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานดังนี้

- วัตถุดิบมีสิ่งปนเปื้อน เม็ดพลาสติก คอมปาวด์ เศษบด รวมไปถึงเม็ดแม่สีสามารถเกิดการปนเปื้อนได้ทั้งจากการปนเปื้อนในการผลิตของผู้ส่งมอบวัตถุดิบ การผสมวัตถุดิบ การจัดเก็บวัตถุดิบ รวมไปถึงการรีไซเคิลวัตถุดิบ การที่วัตถุดิบปนเปื้อนจะทำให้สิ่งที่มีอุณหภูมิการสลายตัวต่ำกว่าหลอมละลายก่อนและอาจเป็นต้นเหตุทำให้เกิดจุดดำได้ง่าย นอกจากนี้การที่มีสิ่งแปลกปลอมเข้าไปในเครื่องจักรจะทำให้เกิดการกระแทกหรือเสียดสีกับส่วนประกอบของเครื่องจักร ทำให้เกิดความร้อนเฉพาะจุด และเกิดการเผาไหม้และเกิดเป็นจุดดำขึ้นมาได้

- เม็ดสีกระจายตัวไม่ดี การกระจายตัวของเม็ดสีนั้นสามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น ความเข้ากันไม่ได้กับเรซิน เนื่องจากความหนาแน่น และดัชนีการละลายที่แตกต่างกัน การปรับตั้งอุณหภูมิสกรูที่ไม่เหมาะสม การปรับตั้งความเร็วรอบสกรูในการผลิตไม่เหมาะสม เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานตามมา

- อัตราส่วนวัตถุดิบไม่เหมาะสม คอมปาวด์และเศษบดนั้นเป็นพลาสติกที่ผ่านความร้อนมาแล้ว ซึ่งพลาสติกมีแนวโน้มที่จะสลายตัวหลังจากถูกความร้อนหลายครั้ง และยิ่งจำนวนของการรีไซเคิลซ้ำมากขึ้น จะทำให้มีโอกาสในการเกิดจุดดำมากกว่าเรซินบริสุทธิ์ ซึ่งหากปริมาณคอมปาวด์และเศษบดที่ใช้มีอัตราส่วนที่ไม่เหมาะสมจะยิ่งทำให้เกิดปัญหาจุดดำได้ นอกจากนี้อัตราส่วนการใช้เม็ดสีที่ไม่เหมาะสมก็ส่งผลต่อจุดดำเช่นกัน

- ขนาดเศษบดไม่เหมาะสม เศษบดนั้นไม่มีการคัดแยกขนาดที่ชัดเจน ทำให้อาจมีเศษบดที่ถูกบดจนเป็นฝุ่นผง ซึ่งการเสียดสีระหว่างฝุ่นกับโลหะของเครื่องจักร และระหว่างฝุ่นกับอากาศ จะทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตย์ ทำให้เกิดการเผาไหม้ได้ ยิ่งฝุ่นผงมีขนาดที่ละเอียดจะทำให้มีโอกาสในการสลายตัวเป็นคาร์บอนได้สูงและนำมาซึ่งปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน

- เรซินเสื่อมสภาพ เนื่องจากวัสดุพลาสติกเป็นสารเคมี เมื่อได้รับความร้อนในการผลิตเหนือจุดหลอมเหลว โครงสร้างโมเลกุลจะสลายตัว ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพลดลง ยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลานานขึ้นเท่าใดการสลายตัวก็จะยิ่งเร็วขึ้นเท่านั้น และหากเรซินผ่านความร้อนมาหลายรอบก็ส่งผลให้เรซินเสื่อมสภาพได้ง่าย

<u>เครื่องจักร</u>

เครื่องจักรรวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต เช่น เครื่องเป่าพลาสติก เครื่องบด สายพานลำเลียง เครื่องทำคอมปาวด์ เป็นต้น ซึ่งปัญหาจุดดำที่น่าจะเกิดจากเครื่องจักรมีดังนี้

- เครื่องจักรหยุดการผลิตนาน การที่เครื่องจักรหยุดการผลิตนานอันเนื่องมาจากวันหยุด การไม่มีออเดอร์ การซ่อมแซมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ซึ่งส่งผลให้พลาสติกที่ตกค้างอยู่ภายในเครื่องเกิดการแห้งแข็งตัวภายในสกรูและชุดหัวไหล ส่งผลให้เมื่อทำการเดินเครื่องจักรจะพบชิ้นงานเสียเนื่องจากจุดดำเป็นจำนวนมาก

- มีสิ่งตกค้างในสกรูและชุดหัวไหล ภายในสกรูและชุดหัวไหลจะมีพื้นที่ที่พลาสติกเข้าไปติดได้ง่าย เศษพลาสติกที่ติดอยู่ในชิ้นส่วนเหล่านี้จะโดนความร้อนเป็นเวลานาน ทำให้เสื่อมสภาพกลายเป็นวัสดุสีเข้ม และเมื่อมันหลุดออกจากพื้นผิวโลหะดังกล่าว จะส่งผลทำให้เกิดจุดดำบนผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้การทำความสะอาดที่ไม่ทั่วถึง อุณหภูมิหรือความเร็วรอบสกรูขณะไล่สีไม่เหมาะสมก็อาจทำให้มีเศษพลาสติกตกค้างอยู่ในสกรูและชุดหัวไหล

- การออกแบบสกรูที่ไม่เหมาะสม เส้นผ่านศูนย์กลางของใบสกรู ระยะห่างระหว่างเกลียว พื้นที่ช่องว่างระหว่างสกรูและกระบอกสกรูล้วนส่งผลต่อการตกค้างของเรซินบริเวณสกรู นอกจากนี้การออกแบบสกรูที่ไม่เหมาะสมจะนำไปสู่การสึกหรอของสกรูอีกด้วย

- บางอุปกรณ์ไม่มีฝาปิด ระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ระหว่างสายพานกับเครื่องบดพลาสติกจะมีส่วนที่ไม่มีฝาปิด ทำให้ง่ายต่อการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกโดยรอบเกิดการปนเปื้อนไปกับเศษบดที่จะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถัดไป

- ระยะห่างใบมีดเครื่องบดไม่เหมาะสม กระบวนการที่มักเกิดไฟฟ้าสถิตคือกระบวนการบดพลาสติก เนื่องจากเกิดการเสียดสีระหว่างใบมีดกับเศษพลาสติก และยิ่งระยะห่างระหว่างใบมีดน้อยเศษบดที่ออกมาขนาดเล็ก การฟุ้งกระจายของฝุ่นพลาสติกมาก จะทำให้มีไฟฟ้าสถิตเพิ่มมากขึ้น และอาจทำให้เกิดการไหม้ของพลาสติก

<u>ผู้ปฏิบัติงาน</u>

ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตและวัตถุดิบ เช่น พนักงานช่าง พนักงานประจำเครื่อง พนักงานผู้รับผิดชอบการบดพลาสติก เป็นต้น ซึ่งพบว่ามีสาเหตุที่น่าจะเกิดจากคนดังนี้

- ไม่ได้ปิดถุงวัตถุดิบ การที่ไม่ปิดถุงวัตถุดิบ จะทำให้วัตถุดิบดังกล่าวเกิดการปนเปื้อนได้ และเมื่อนำไปใช้ในการผลิตจะทำให้เกิดปัญหาจุดดำขึ้น

- ไม่ได้เจาะจุดดำออก การที่พนักงานประจำเครื่องนำของเสียจากจุดดำใส่ถุงของเสียเพื่อนำไปรีไซเคิลต่อ โดยไม่ได้เจาะจุดดำออก จะทำให้จุดดำดังกล่าววนกลับเข้ามาในกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พร้อมกับวัตถุดิบอีกครั้ง และทำให้เกิดของเสียซ้ำอีก ซึ่งการที่พนักงานไม่เจาะจุดดำออกมีสาเหตุมาจากไม่ได้รับการอบรมที่ละเอียด หรือเกิดจากการหมุนเวียนมารับหน้าที่ใหม่ของพนักงาน

- ไม่ได้ใส่แผ่นกรองบริเวณปากสกรู การติดแผ่นตะแกรงกรองจะช่วยไม่ให้เกิดการสะสมของความร้อนในพลาสติกที่จุดใดจุดหนึ่งมากจนเกินไปและยังช่วยป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่เป็นสาเหตุของจุดดำได้อีกด้วย หากพนักงานช่างไม่ได้ใส่แผ่นกรองเข้าไป อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดจุดดำได้

- นำสิ่งแปลกปลอมไปบดร่วมกับพลาสติก พนักงานอาจเผลอนำสิ่งแปลกปลอมที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตไปบดร่วมกับพลาสติกโดยไม่ตั้งใจ จึงควรสร้างความตระหนักให้พนักงานมีความระมัดระวังมากขึ้น

- คัดแยกประเภทของเสียผิด ปัจจุบันนั้นไม่มีการจัดอบรมที่ละเอียด แต่เป็นการสอนงานหน้างานระหว่างพนักงานกันเอง นอกจากนี้การหมุนเวียนงานของพนักงานให้มารับหน้าที่ใหม่ ก็จะทำให้พนักงานไม่เข้าใจรายละเอียดงานย่อยๆอย่างการคัดแยกประเภทของเสียออกได้

<u>วิธีการทำงาน</u>

ปัจจัยเกี่ยวกับวิธีการทำงานที่ส่งผลต่อปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานได้แก่

- การทำความสะอาดเครื่องจักรและอุปกรณ์ไม่เพียงพอ หากเม็ดพลาสติกที่ใช้ก่อนหน้านี้ยังคงหลงเหลืออยู่ภายในเครื่องเป่า เครื่องบด เครื่องทำคอมปาวด์ ก็จะนำมาซึ่งจุดดำบนชิ้นงาน

- ปรับตั้งอุณหภูมิในขณะไล่สีไม่เหมาะสม ความหนืดของพลาสติกจะสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ซึ่งหากอุณหภูมิมากขึ้นจะทำให้พลาสติกมีการหลอมเหลวสูงและทำให้ความหนืดของพลาสติกลดลง มีผลให้สามารถไล่พลาสติกที่ตกค้างอยู่ในสกรูและชุดหัวไหลออกได้ง่าย

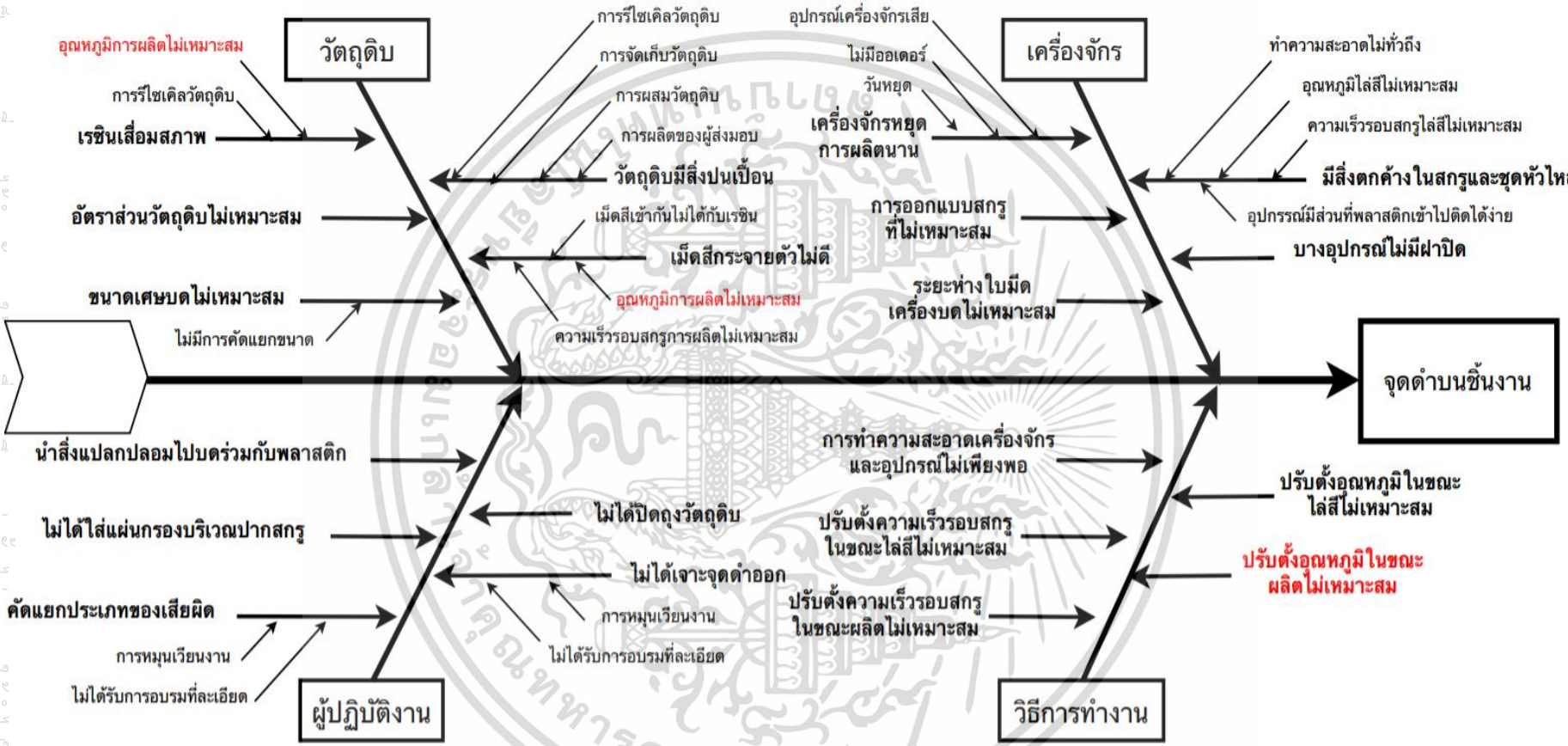
- ปรับตั้งความเร็วสกรูในขณะไล่สีไม่เหมาะสม ความหนืดของพลาสติกนั้นก็สัมพันธ์กับความเร็วรอบสกรูเช่นกัน หากความเร็วรอบสกรูเพิ่ม จะทำให้ภายในกระบอกสกรูมีแรงเฉือนที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้อุณหภูมิภายในกระบอกสกรูสูงขึ้น และความหนืดของพลาสติกจะลดลงตาม ทำให้สามารถไล่พลาสติกที่ตกค้างอยู่ในสกรูและชุดหัวไหลออกมาได้ง่าย

- ปรับตั้งอุณหภูมิในขณะผลิตไม่เหมาะสม การปรับตั้งจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพชิ้นงานที่ออกมา หากอุณหภูมิที่ตั้งสูงเกินไปจะส่งผลให้พลาสติกเสื่อมสภาพและก่อให้เกิดจุดดำบนผลิตภัณฑ์ และเนื่องจากภายในสกรูเกิดแรงเสียดทานระหว่างพลาสติกกับกระบอกสกรู ระหว่างพลาสติกด้วยกัน รวมถึงระหว่างสกรูกับพลาสติก ส่งผลให้ภายในกระบอกสกรูมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่กระบอกสกรู ซึ่งอุณหภูมิที่สูงกว่าที่ตั้งไว้นี้อาจทำให้พลาสติกเสื่อมสภาพได้

- ปรับตั้งความเร็วสกรูในขณะผลิตไม่เหมาะสม ความเร็วสกรูจะสัมพันธ์กับอุณหภูมิและระยะเวลาที่พลาสติกอยู่ภายในสกรู หากความเร็วสกรูเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้แรงเฉือนภายในสกรูเพิ่มอุณหภูมิภายในกระบอกสกรูเพิ่มขึ้นตาม และหากความเร็วสกรูต่ำจะทำให้พลาสติกมีระยะเวลาที่อยู่ในสกรูเป็นเวลานานซึ่งอาจก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพของพลาสติกเนื่องจากการได้รับความร้อนเป็นเวลานานอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า การดัดแปลง การทำซ้ำ หรือการเผยแพร่ในรูปแบบใดๆ ไม่ว่ากรณีใดๆ



รูปที่ 3.54 แผนภาพแสดงเหตุและผลของปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานพบว่าสาเหตุที่พบมากสุดในแผนภาพแสดงเหตุและผล คือ ปรับตั้งอุณหภูมิในขณะผลิตไม่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงนำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments, DOE) ซึ่งเป็นเครื่องมือทางสถิติที่นิยมใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องจักรมาใช้ในการหาสภาวะการปรับตั้งอุณหภูมิในระหว่างการผลิตที่เหมาะสมที่สุดเพื่อปรับปรุงปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน

3.3.2.3 <u>แนวทางการควบคุมสาเหตุของปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน</u>

ผู้วิจัยได้หาวิธีการควบคุมสาเหตุอื่นๆเพื่อลดผลกระทบต่อการทดลอง โดยการระดมสมองกับหัวหน้าแผนกเป่าพลาสติก รองหัวหน้าแผนกเป่าพลาสติก ที่ปรึกษาแผนกเป่าพลาสติก ผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติก รวมถึงคนหน้างาน ซึ่งได้กำหนดแนวทางการควบคุมสาเหตุของปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานดังนี้

1. ทำการตรวจรับวัตถุดิบก่อนจะนำวัตถุดิบนั้นมาใช้ในการทดลอง เพื่อป้องกันวัตถุดิบมีสิ่งปนเปื้อน โดยทำการตรวจสอบสภาพบรรจุภัณฑ์ สีวัตถุดิบ สิ่งปนเปื้อน และขนาด

2. ทำการใส่แผ่นกรองบริเวณปากสกรูก่อนเริ่มการทดลอง เพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอม

3. พนักงานประจำเครื่องต้องผ่านการอบรมการตรวจสอบชิ้นงาน สามารถแยกประเภทของเสียและสามารถคัดแยกของดีของเสียได้ถูกต้อง เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบชิ้นงาน

4. พนักงานประจำเครื่องต้องได้รับการอบรมและทราบถึงผลกระทบของการไม่เจาะจุดดำเพื่อให้พนักงานเคร่งครัดในการเจาะจุดดำออกจากชิ้นงานก่อนนำไปบด

5. พนักงานประจำเครื่องต้องทราบถึงผลกระทบของการเผลอนำสิ่งแปลกปลอมไปบดเพื่อให้พนักงานมีความระมัดระวังในการปฏิบัติงานไม่เผลอนำสิ่งแปลกปลอมไปบดร่วมกับพลาสติก

6. ใช้อัตราส่วนวัตถุดิบ เม็ดพลาสติก 70 เปอร์เซ็นต์ เม็ดสีมาสเตอร์แบทช์ 2.5 เปอร์เซ็นต์ และเศษบด 27.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นอัตราส่วนวัตถุดิบปัจจุบันของการผลิต

7. ควบคุมค่าความเร็วรอบสกรูเนื่องจากความเร็วรอบสกรูมีผลต่ออุณหภูมิที่ปรับตั้งไว้เปลี่ยนแปลงด้วย โดยใช้ความเร็วรอบสกรู 250±10 RPM ซึ่งเป็นความเร็วที่นิยมตั้ง

8. ใช้เศษบดขนาดไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดปัจจุบันที่ใช้ในการผลิต

9. ปรับตั้งระยะห่างของใบมีดเครื่องบดพลาสติกที่ระยะ 0.5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะห่างของใบมีดปัจจุบันที่ใช้ในการผลิตเพื่อให้ได้เศษบดขนาดที่ต้องการใช้ในการทดลอง

10. เครื่องจักรที่ใช้ในการทดลองมีการเติมเม็ดพลาสติกผ่านไซโล ทำให้การที่พนักงานช่างไม่ได้ปิดถุงวัตถุดิบไม่ส่งผลต่อการทดลอง

11. ทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงานรวมถึงเครื่องจักรและอุปกรณ์ รวมถึงประเมินความสะอาดก่อนเริ่มการทดลอง หากพบสิ่งสกปรกหลงเหลืออยู่ให้ทำความสะอาดเพิ่ม

12. เริ่มทำการทดลองให้ทำการผลิตเป็นระยะเวลาหนึ่งเพื่อลดผลกระทบจากเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์หรือการหยุดเครื่องจักรเป็นเวลานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การดำเนินการปรับปรุง

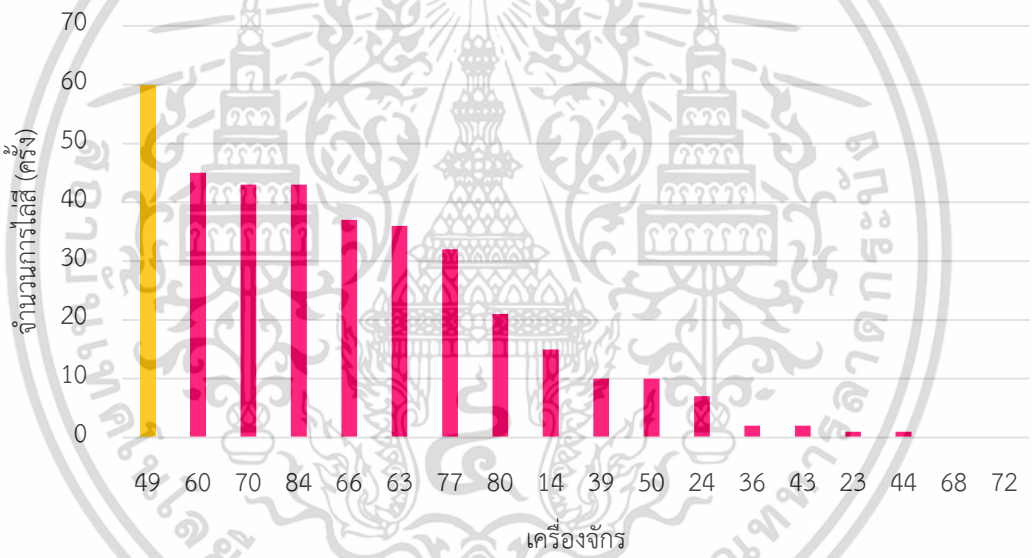
หลังจากวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการผลิตแบบลีนและเครื่องมือทางสถิติในการปรับปรุงปัญหาข้างต้น โดยเครื่องมือที่นำมาใช้มีดังนี้

3.4.1 การปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขั้นตอนการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ของเครื่องจักรในโซน 3 อย่างละเอียดผู้วิจัยได้ตัดสินใจนำเทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว มาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงปัญหาอัตราการเดินเครื่องจักรต่ำซึ่งมีรายละเอียดเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลองและวิธีการทดลองดังนี้

3.4.1.1 <u>เครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง</u>

จากการศึกษาพบว่าเครื่อง B-49 เป็นเครื่องจักรที่มีการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์บ่อยที่สุดในโซน 3 ผู้วิจัยจึงใช้เครื่องจักรดังกล่าวในการทดลองการปรับปรุงด้วยเทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 3.55 จำนวนครั้งของการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ของเครื่องจักรในโซน 3
(ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)

3.4.1.2 <u>วิธีการทดลอง</u>

1. ทำการแบ่งขั้นตอนการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ออกเป็นงานย่อย ซึ่งการแบ่งงานย่อยนี้ต้องแบ่งเป็นการทำงานแบบคู่ขนานเนื่องจากในการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์นั้นมีผู้ปฏิบัติงาน 2 คนคือ พนักงานช่างและพนักงานประจำเครื่อง หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์งานย่อยเหล่านั้นว่าเป็นงานภายในหรืองานภายนอก โดยการแบ่งประเภทงานนี้จะยึดจากนิยามอัตราการเดินเครื่องจักร คือให้งานภายในเป็นงานที่ผู้ที่ปฏิบัติงานปฏิบัติในระหว่างที่เครื่องจักรหยุดผลิต และงานภายนอกเป็นงานที่ผู้ที่ปฏิบัติงานปฏิบัติในระหว่างที่เครื่องจักรทำงานผลิต และบันทึกผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างตารางสำหรับบันทึกงานย่อยและเวลาในกิจกรรมเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์

การปฏิบัติงานของช่าง	เวลา (นาที)	งานภายนอก	งานภายใน	การปฏิบัติงานของพนักงานประจำเครื่อง	เวลา (นาที)	งานภายนอก	งานภายใน	เครื่องจักรหยุดผลิต(นาที)

2. ทำการจับเวลาในแต่ละงานย่อยโดยใช้นาฬิกาจับเวลาหรือการถ่ายวิดีโอ และบันทึกเวลาก่อนการปรับปรุง และทำการจับเวลาซ้ำเพื่อให้ค่าเวลาที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำ จะทำให้ทราบว่าก่อนปรับปรุงเครื่องจักรหยุดทำการผลิตเนื่องจากการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ไปนานเท่าไหร่

3. แปลงงานภายในให้เป็นงานภายนอก โดยทำการศึกษางานภายในและพิจารณาว่างานไหนที่สามารถปฏิบัติงานก่อนที่เครื่องจักรจะหยุดการผลิตหรือหลังจากที่เครื่องจักรกลับมาทำการผลิตอีกครั้งได้

4. หาแนวทางการปรับปรุงลดเวลาทั้งงานภายในและงานภายนอกเพื่อให้เวลาของทั้งงานภายในและงานภายนอกให้เหลือน้อยที่สุด

5. บันทึกขั้นตอนการปฏิบัติงานย่อยหลังปรับปรุง และนำขั้นตอนการปฏิบัติงานย่อยดังกล่าวไปอธิบายให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าใจและสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง

6. ให้ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติตามขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ และผู้วิจัยทำการจับเวลาการปฏิบัติงานโดยใช้นาฬิกาจับวลาหรือการถ่ายวิดีโอ และทำการจับเวลาซ้ำเพื่อให้เวลาที่ได้มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือมากขึ้น และทำการบันทึกเวลา

7. ทำการเปรียบเทียบเวลาที่เครื่องจักรหยุดเนื่องจากการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการปรับปรุงด้วยเทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วเพื่อหาข้อสรุปของการปรับปรุง

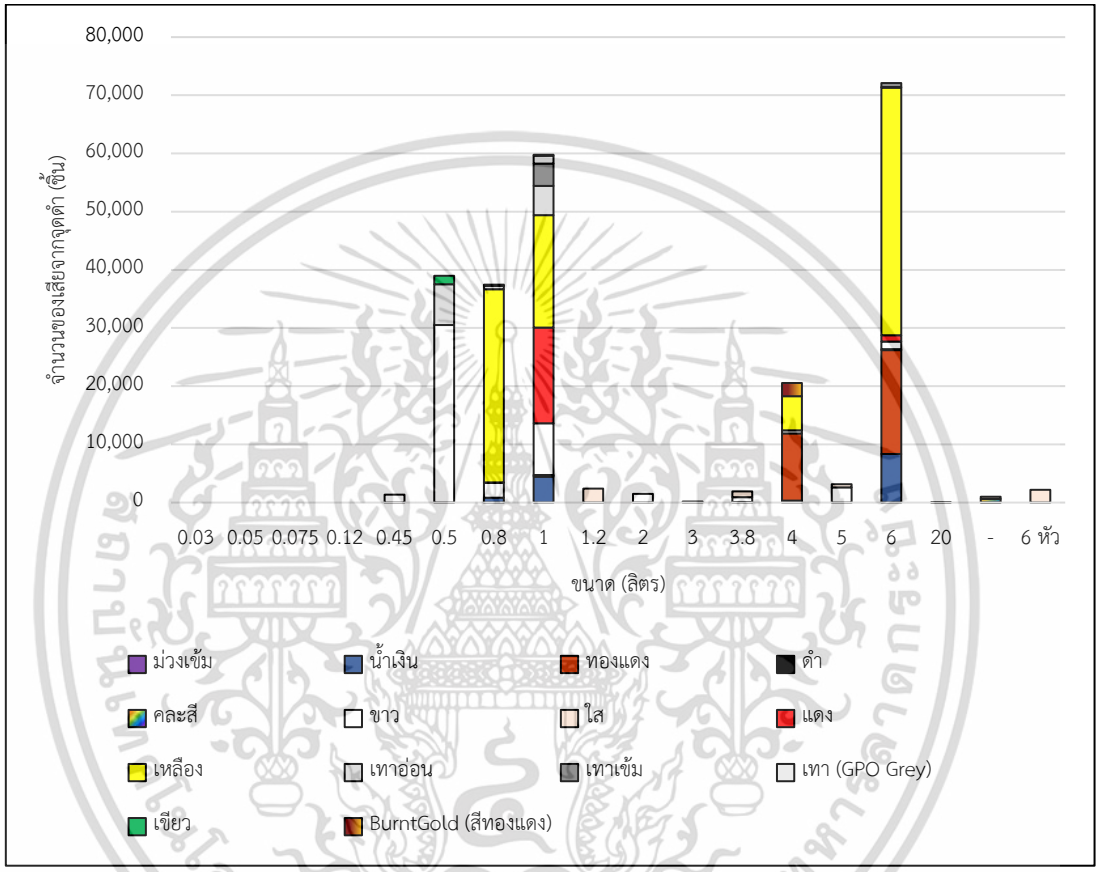
3.4.2 การออกแบบการทดลอง

การศึกษานี้ประยุกต์ใช้วิธีการออกแบบการทดลอง เพื่อแก้ไขปัญหาจุดดำบนชิ้นงานซึ่งเป็นปัญหาของเสียหลัก ที่ส่งผลให้อัตราคุณภาพมีค่าต่ำ ซึ่งมีรายละเอียด ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง เครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง และวิธีการทดลอง ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.1 <u>ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง</u>

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียจากปัญหาจุดดำในผลิตภัณฑ์แต่ละขนาดและแต่ละสีดังรูปที่ 3.56 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหาจุดดำเกิดขึ้นมากที่สุดเป็นผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นขนาด 6 ลิตรสีเหลือง เนื่องจากสีเหลืองเป็นสีที่มีการผลิตมากและเป็นสีที่สามารถมองเห็นจุดดำบนผลิตภัณฑ์ได้ง่ายกว่าสีอื่น ผู้วิจัยจึงใช้ผลิตภัณฑ์นี้ในการทดลอง



รูปที่ 3.56 ปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานในผลิตภัณฑ์แต่ละขนาดและแต่ละสี (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)

รูปที่ 3.57 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์น้ำมันขนาด 6 ลิตรสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับ	หัวข้อ	รายละเอียด	หน่วย
1.	ชื่อผลิตภัณฑ์	บรรจุภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่น	-
2.	ขนาด	6	ลิตร
3.	สี	เหลือง	-
4.	น้ำหนักชิ้นงาน	300±10	กรัม
5.	น้ำหนักเศษหัว-ท้าย	155±5	กรัม
6.	เวลามาตรฐานในการผลิต	38	วินาที

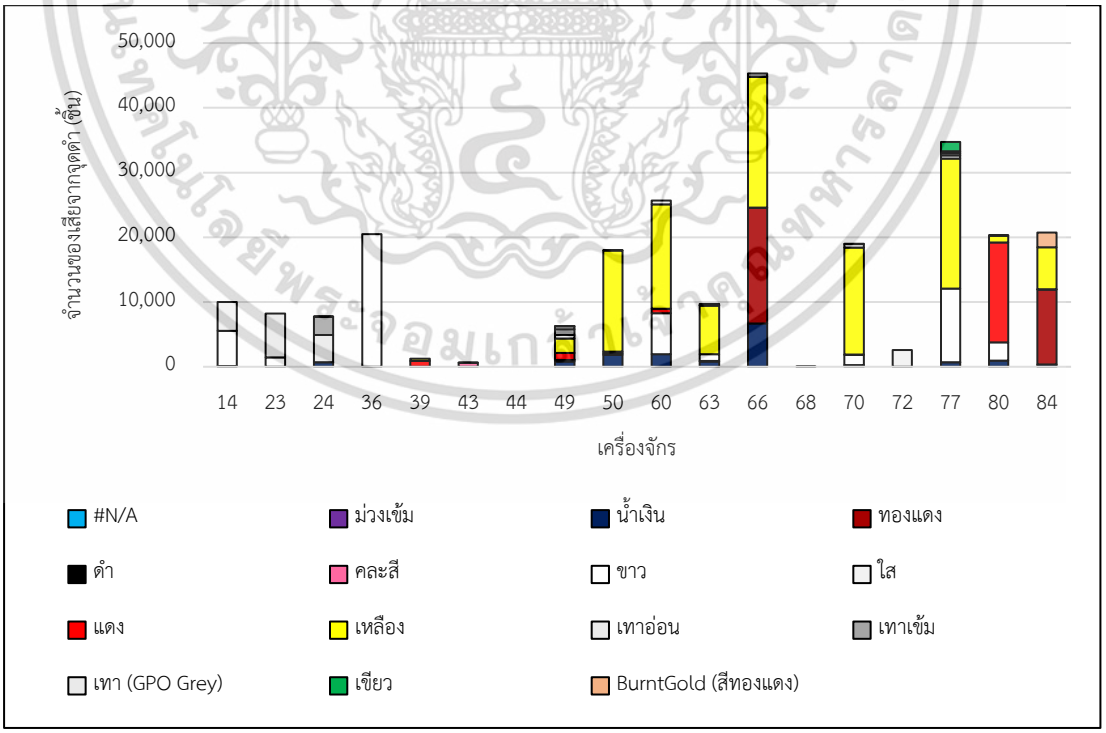
3.4.2.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

1. เม็ดพลาสติกยี่ห้อ InnoPlus เกรด HD6200B ของบริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) เป็นพลาสติกโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High-Density Polyethylene, HDPE)

2. เม็ดสีรุ่น HELIX YELLOW HM สีเหลืองของบริษัท แอมพาเซ็ท (ประเทศไทย) จำกัด

3.4.2.3 เครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่าเครื่อง B-66 เป็นเครื่องที่มีปริมาณของเสียเนื่องจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานมากที่สุดในโซน 3 ผู้วิจัยจึงใช้เครื่อง B-66 ในการทดลองครั้งนี้

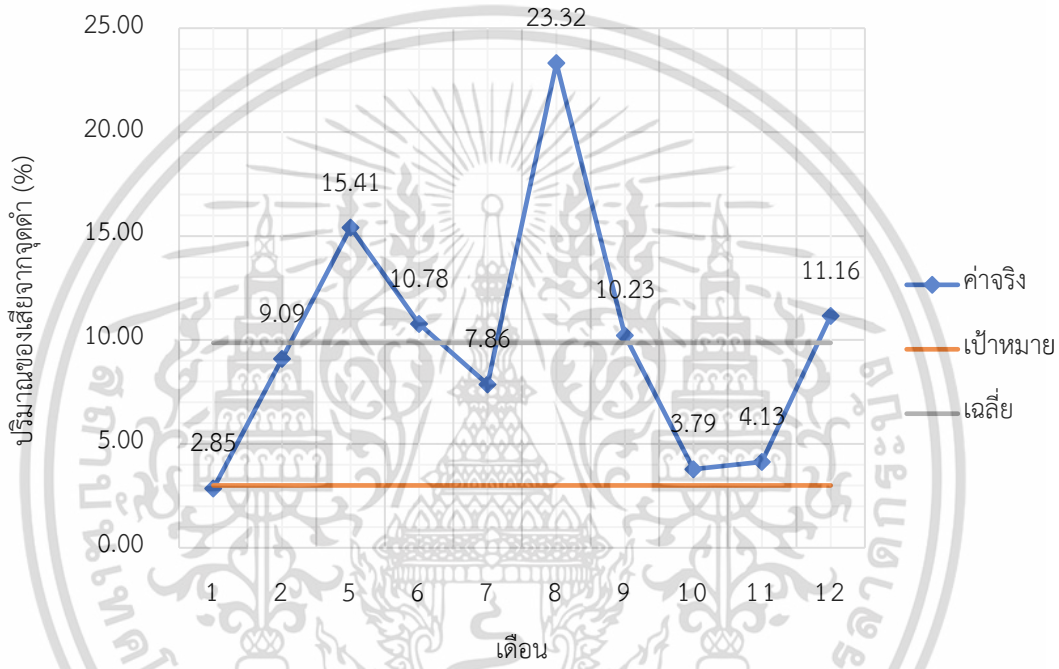


รูปที่ 3.58 ของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน ของแต่ละเครื่องจักรในโซน 3 และแต่ละสี (ข้อมูลเดือนมกราคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.4 สถิติของเสียของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา

หลังจากผู้วิจัยได้ทำการเลือกผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาเป็นบรรจุภัณฑ์น้ำมันขนาด 6 ลิตรสีเหลือง และเลือกเครื่อง B-66 เป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลสถิติของเสียที่เกิดขึ้นกับการผลิตผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์น้ำมันขนาด 6 ลิตรสีเหลืองของเครื่อง B-66 ซึ่งพบว่าปริมาณของเสียเฉลี่ยอยู่ที่ 9.86% ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.81% ซึ่งมีของเสียสูงกว่าค่าเป้าหมายที่ 3% มากและสถิติเปอร์เซ็นต์ของเสียในแต่ละเดือนของปี 2562 ยกเว้นเดือนมีนาคมและเมษายน พ.ศ. 2562 ที่ไม่มีการผลิตเกิดขึ้นสามารถแสดงดังรูปที่ 3.59



รูปที่ 3.59 สถิติของเสียของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา

3.4.2.5 วิธีการทดลอง

ในการปรับปรุงปัญหาด้านคุณภาพเกี่ยวกับปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานโดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง (DOE) มีวิธีการในการศึกษาดังต่อไปนี้

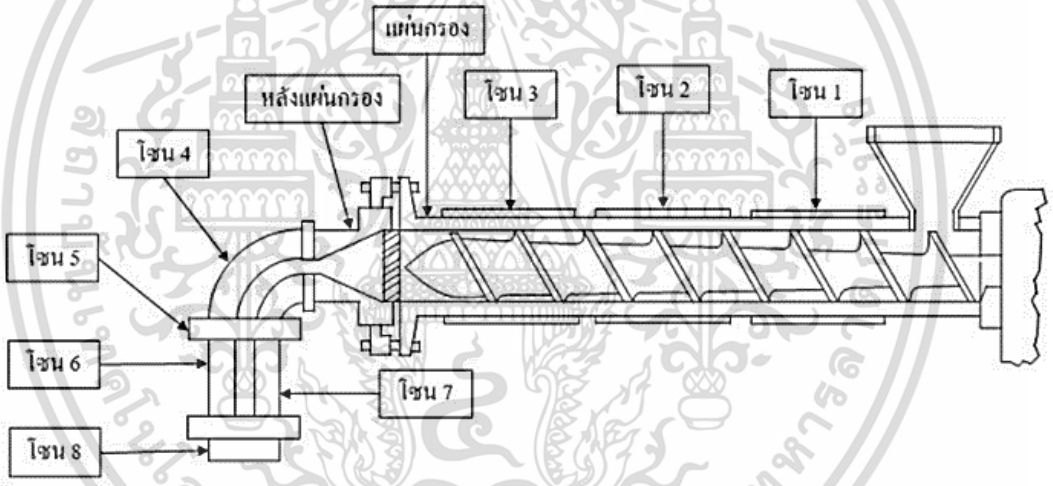
1. กำหนดตัวแปรตอบสนอง ซึ่ง ตัวแปรตอบสนองในงานวิจัยนี้คือจำนวนของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน

2. ทำการกำหนดปัจจัย โดยปัจจัยที่จะนำมาคัดกรองมีทั้งหมด 9 ปัจจัยซึ่งเป็นอุณหภูมิโซนต่างๆของเครื่องเป่าพลาสติกดังรูปที่ 3.60 ยกเว้นโซน 1 เนื่องจากเป็นโซนที่เกี่ยวกับการป้อนวัตถุดิบทำให้อุณหภูมิที่ใช้ต่ำ ผู้วิจัยจึงกำหนดใช้อุณหภูมิโซน 1 เป็น 150 องศาเซลเซียส ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการกำหนดระดับปัจจัยที่ใช้ทดลองดังตารางที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 การกำหนดระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับต่ำ (-)	ระดับสูง (+)	หน่วย
อุณหภูมิโซน 2	A	150	160	ºC
อุณหภูมิโซน 3	B	160	170	ºC
อุณหภูมิแผ่นกรอง	C	170	180	ºC
อุณหภูมิหลังแผ่นกรอง	D	180	190	ºC
อุณหภูมิโซน 4	E	180	200	ºC
อุณหภูมิโซน 5	F	180	210	ºC
อุณหภูมิโซน 6	G	180	200	ºC
อุณหภูมิโซน 7	H	210	250	ºC
อุณหภูมิโซน 8	I	260	290	ºC



รูปที่ 3.60 ตำแหน่งอุณหภูมิของเครื่องเป่าพลาสติก

3. ทำการออกแบบลำดับการทดลองแบบสุ่มโดยใช้ Definitive Screening Design เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน

4. ทำการทดลองตามวิธีการที่ออกแบบไว้ โดยเริ่มเก็บผลเมื่อสภาวะของเครื่องจักรเป็นไปตามที่กำหนด โดยเก็บผลการทดลอง 100 ชิ้นต่อ 1 การทดลอง หลังจากนั้นทำการเปลี่ยนค่าปรับตั้งและรอให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเป็นค่าที่ต้องการ ทำซ้ำจนเก็บผลการทดลองครบทุกการทดลอง

5. วิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลองด้วยโปรแกรม Minitab โดยนำปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานที่เกิดขึ้น มาวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลอง ซึ่งเป็นการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลก่อนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ซึ่งจะทำการทดสอบตามสมมติฐาน 3 ข้อดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 การตรวจสอบข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

5.2 การตรวจสอบความมีเสถียรภาพของค่าแปรปรวน (Stability of Variance)

5.3 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล (Independence Distribution)

6. วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจุดดำและทำการวิเคราะห์หาค่าปรับตั้งที่ทำให้เกิดจุดดำน้อยที่สุดด้วยหลักการ Response Optimization

7. นำค่าปรับตั้งที่ได้ไปใช้และติดตามผล

8. สรุปผลของกระบวนการที่ทดลองและแนะนำแนวทางของกิจกรรมที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

หลังจากวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness, %OEE) ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงองค์ประกอบของค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรซึ่งได้แก่ อัตราการเดินเครื่องจักรและอัตราคุณภาพ โดยได้ดำเนินการปรับปรุงการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ เพื่อปรับปรุงอัตราการเดินเครื่องจักรภายในโซน 3 ต่ำ โดยใช้เทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว (SMED) และได้ดำเนินการปรับปรุงปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานซึ่งเป็นสาเหตุของเสียหลักที่ส่งผลให้อัตราคุณภาพภายในโซน 3 ต่ำโดยใช้วิธีการออกแบบการทดลอง (DOE) ซึ่งมีหัวข้อผลการดำเนินงานดังนี้

1. การปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว
2. การออกแบบการทดลอง

4.1 การปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว

ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงการทำงานของการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ในพื้นที่ทำการผลิตโซน 3 โดยนำเทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงลดเวลาและปรับปรุงขั้นตอนในการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เวลาที่เครื่องจักรหยุดการผลิตลดลง อัตราการเดินเครื่องจักรของพื้นที่ทำการผลิตโซน 3 มีค่าเพิ่มขึ้น โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองในเครื่องจักร B-49 ซึ่งเป็นเครื่องเป่าพลาสติกในสายการผลิตขวดน้ำมันหล่อลื่นขนาด 1 ลิตร ในพื้นที่ทำการผลิตโซน 3 ซึ่งมีผลการดำเนินงานตามลำดับขั้นตอนของเทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว ดังนี้

4.1.1 การแยกงานภายในและภายนอกออกจาก

หลังจากศึกษาขั้นตอนการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ของเครื่องเป่าพลาสติกในโซน 3 โดยละเอียด ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งขั้นตอนการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ออกเป็นงานย่อย และทำการแยกว่างานย่อยใดเป็นงานภายนอก และงานย่อยใดเป็นงานภายใน หลังจากนั้นจึงทำการศึกษาเวลาที่ใช้ในแต่ละงานย่อยโดยการจับเวลา ซึ่งมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การแยกงานภายในและภายนอกกิจกรรมเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ (ก่อนการปรับปรุง)

การปฏิบัติงานของช่าง	เวลา (นาที)	งานภายนอก	งานภายใน	การปฏิบัติงานของพนักงานประจำเครื่อง	เวลา (นาที)	งานภายนอก	งานภายใน	เครื่องจักรหยุดผลิต (นาที)
1.ปิดการส่งเม็ดพลาสติกเข้ากรวยเติมเม็ดพลาสติก	2	X						
2.ตักเศษบดและเม็ดแม่สีออกจากกรวยเติมเศษบดและกรวยเติมเม็ดแม่สี	16	X						
3.เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์	1	X						
4.เดินเครื่องจักรเพื่อไล่สีแบบเป่าเป็นขวด	1		X	1.นำขวดจากการไล่สีใส่ถุง	36		X	36
5.หยุดการทำงานของเครื่องจักร แต่ไม่ปิดระบบให้ความร้อน	1		X	2.นำถุงขวดจากขั้นตอนที่ 4 ไปที่แผนกบดผสม	2		X	1
6.ทำความสะอาดกรวยเติมเศษบดและกรวยเติมเม็ดแม่สี	16		X					16
7.ทำความสะอาดเครื่องบดพลาสติก	28		X					28
8.ทำความสะอาดสายพานลำเลียง	3		X					3
9.ทำความสะอาดบริเวณรอบเครื่องจักร	10		X	3.ทำความสะอาดบริเวณรอบเครื่องจักร	10		X	10
10.เตรียมพื้นที่หน้าเครื่องจักร	3		X	4.เตรียมพื้นที่หน้าเครื่องจักร	3		X	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.เตรียมรถตะแกรงสำหรับตากพลาสติก	11		X					11
12.เตรียมเม็ดไล่สี	3		X					3
13.เติมเม็ดไล่สีใส่กรวยเติมเม็ดพลาสติก	1		X					1
				5.เปิดสกรูและทำการเด็ดก้อนพลาสติกไปตากแล้วนำใส่ถุง	36		X	36
14.ปิดสกรูและถอดที่รองแผ่นกรองและแผ่นตาข่ายกรองออก	3		X					3
15.ทำความสะอาดที่รองแผ่นกรอง	1		X					1
				6.เปิดสกรู และทำการเด็ดก้อนเม็ดไล่สีไปตากแล้วนำใส่ถุง	34		X	34
				7.ทำการเด็ดก้อนพลาสติกไปตากแล้วนำใส่ถุง	93		X	93
16.ปิดสกรู	1		X					1
17.ประกอบที่รองแผ่นกรองเข้ากับตัวสับแผ่นกรอง	2		X					2
รวมเวลา								282

ในกิจกรรมเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ก่อนการปรับปรุง เมื่อทำการแบ่งขั้นตอนการปฏิบัติงานออกเป็นงานย่อย แยกงานภายในและงานภายนอก และศึกษาเวลาที่ใช้ในแต่ละงานย่อยแล้ว พบว่าเครื่องจักรหยุดการผลิตเนื่องจากกิจกรรมเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 282 นาที/ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การเปลี่ยนงานภายในให้เป็นงานภายนอก

ทำการตรวจสอบแต่ละงานย่อย ว่ามีงานย่อยใดที่เป็นงานภายในและสามารถเปลี่ยนเป็นงานภายนอกได้ ซึ่งงานย่อยที่สามารถแปลงเป็นงานภายนอกได้มีดังต่อไปนี้

- เตรียมรถตะแกรง

กิจกรรมเตรียมรถตะแกรงสำหรับตากพลาสติกและก้อนเม็ดไล่สีซึ่งเป็นการปฏิบัติงานของช่างในขั้นตอนที่ 11 ตามตารางที่ 4.1 สามารถทำก่อนหยุดการผลิตได้ ซึ่งจะทำให้เวลาที่เครื่องจักรหยุดการผลิตเนื่องจากการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ลดลง 11 นาที/ครั้ง นอกจากนี้ผู้วิจัยยังเสนอให้มีการจัดทำเอกสารเบิกรถตะแกรง โดยทำการติดหมายเลขให้รถตะแกรงทุกคัน และให้ผู้ที่นำรถตะแกรงไปใช้ลงข้อมูลว่านำรถตะแกรงคันไหนไปใช้ นำไปใช้ที่ใด และให้ผู้ที่ต้องการใช้ต่อ ลงข้อมูลขอทำการใช้ต่อ เพื่อที่จะเมื่อผู้ที่ใช้อยู่ใช้เสร็จจะได้นำไปให้ผู้ที่ต้องการใช้ต่อได้ที่เครื่องจักรของผู้ที่ขอทำการใช้ต่อทันที อีกทั้งเอกสารดังกล่าวโรงงานกรณีศึกษานำไปใช้เพื่อวางแผนการจัดซื้อรถตะแกรงได้เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน

รูปที่ 4.1 การเตรียมรถตะแกรง

รูปที่ 4.2 การจัดทำเอกสารเบิกรถตะแกรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เตรียมเม็ดไล่สี

กิจกรรมเตรียมเม็ดไล่สีซึ่งเป็นการปฏิบัติงานของช่างในขั้นตอนที่ 12 ตามตารางที่ 4.1 สามารถทำก่อนหยุดการผลิตได้ ซึ่งจะทำให้เวลาที่เครื่องจักรหยุดการผลิตเนื่องจากการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ลดลง 3 นาที/ครั้ง

รูปที่ 4.3 การเตรียมเม็ดไล่สี

ในการปฏิบัติงานก่อนการปรับปรุง กิจกรรมเปลี่ยนสีเครื่องจักรต้องหยุดการผลิตทั้งหมด 282 นาที/ครั้ง หลังจากเปลี่ยนงานภายในให้เป็นงานภายนอกทำให้เครื่องจักรหยุดการผลิต 268 นาที/ครั้ง ซึ่งทำให้ลดเวลาในการหยุดการผลิตเนื่องจากกิจกรรมเปลี่ยนสีไปได้ 14 นาที/ครั้ง

4.1.3 การเปลี่ยนทุกกิจกรรมให้ง่ายต่อการปรับแต่ง

ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานทั้งที่เป็นงานภายในและงานภายนอก ให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้อย่างสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดการปรับปรุงดังนี้

- เปลี่ยนรูปแบบการไล่สี

ก่อนการปรับปรุงในขั้นตอนการปฏิบัติงานของพนักงานประจำเครื่องขั้นตอนที่ 5 และขั้นตอนที่ 7 ตามตารางที่ 4.1 พนักงานประจำเครื่องจะเปิดสกรูให้พลาสติกไหลออกมา แล้วทำการหยิบพลาสติกออกเป็นชิ้นไปตากบนรถตะแกรง รอให้พลาสติกแห้ง แล้วจึงนำใส่ถุง ซึ่งการเปิดสกรูให้พลาสติกไหลออกมานั้นจำเป็นต้องเปิดให้สกรูมีความเร็วรอบที่ต่ำ เนื่องจากต้องรอให้พลาสติกที่ตากบนตะแกรงแข็งตัวดีก่อน ถ้าเปิดให้ความเร็วรอบสกรูสูงไปก็จะทำให้ไม่มีพื้นที่เพียงพอในการตากพลาสติก ซึ่งปรับปรุงโดยการเปลี่ยนเป็นการเป่าพลาสติกเป็นขวดออกมาแทน เนื่องจากการเป่าเป็นขวดจะทำให้ใช้ความเร็วรอบสกรูเทียบเท่าความเร็วในการผลิต ทำให้ใช้เวลาในการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ลดลง นอกจากนี้ยังสามารถปล่อยให้ขวดที่ได้จากการเป่าไล่สีตกลงบนสายพานลำเลียงเข้าเครื่องบดพลาสติกแล้วทำการบดได้ทันที หรือหากขวดมีขนาดใหญ่ก็ให้พนักงานประจำเครื่องรวบรวมใส่ถุงแล้วนำไปใส่ในเครื่องบดพลาสติกขนาดใหญ่ต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 การไล่สีแบบเด็ดก้อนพลาสติก (ก่อนการปรับปรุง)

รูปที่ 4.5 การไล่สีแบบเป่าเป็นขวด (หลังการปรับปรุง)

ประโยชน์ของการไล่สีแบบเป่าเป็นขวด

1. สามารถทำการไล่สีได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากการไล่สีแบบเป่าเป็นขวด สามารถเปิดสกรูที่ความเร็วรอบการผลิตปกติ ซึ่งสูงกว่าการไล่สีแบบเด็ดก้อนพลาสติก ซึ่งความเร็วของสกรูที่สูงนี้จะส่งผลให้พลาสติกที่ตกค้างภายในสกรูออกมาจากสกรูได้ง่ายกว่าการตั้งรอบสกรูที่ต่ำ นอกจากนี้การเป่าเป็นขวดยังทำให้ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องรอคอยให้พลาสติกที่ตากอยู่บนตะแกรงแห้งอีกด้วย

2. พนักงานประจำเครื่องไม่ต้องเด็ดก้อนพลาสติกที่มีอุณหภูมิสูงมาตาก ทำให้ลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุจากการสัมผัสความร้อนได้

ข้อจำกัดของการไล่สีแบบเป่าเป็นขวด

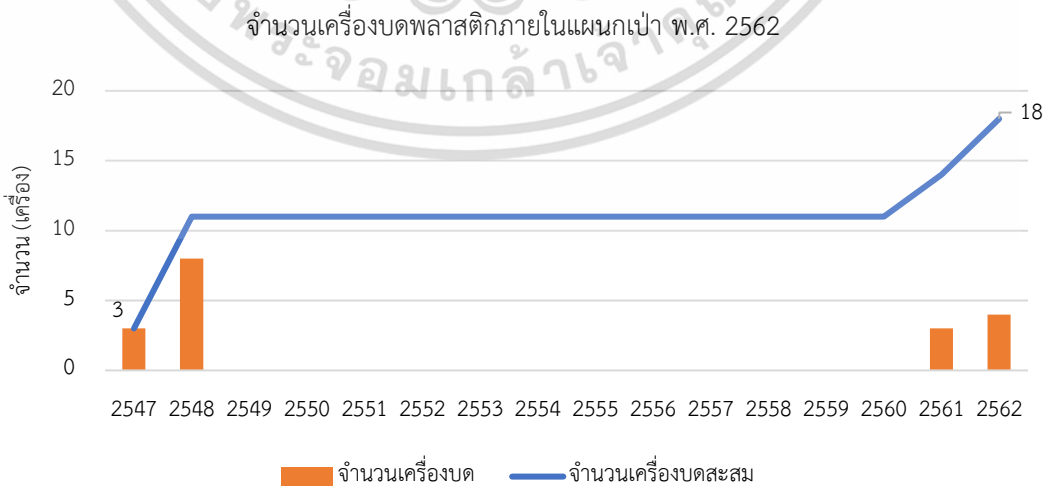
1. ต้องนำแม่พิมพ์ไปทำการบำรุงรักษาเร็วขึ้น เนื่องจากการนำแม่พิมพ์ไปทำการบำรุงรักษาจะคิดจากการนับยอดการกระทบกันของแม่พิมพ์ หากนับยอดครบ 100,000 ครั้ง จะต้องนำแม่พิมพ์ไปทำการบำรุงรักษา ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาพบว่าปัจจุบันการบำรุงรักษาแม่พิมพ์เป็นแบบการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง ส่งผลให้เกิดการหยุดการผลิตเป็นเวลานาน เมื่อต้องนำแม่พิมพ์ไปซ่อม ทางผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะว่าควรทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยการบำรุงรักษาผิวหน้าแม่พิมพ์เบื้องต้นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างการหยุดการผลิตในเวลาสั้นๆ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ และสัดส่วนปริมาณการเป่าเป็นขวดเพื่อไล่สีนั้นน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณการผลิต หากแม่พิมพ์ได้รับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันอยู่สม่ำเสมอ วิธีการเป่าเป็นขวดเพื่อไล่สีก็เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถปฏิบัติได้

2. สูญเสียพื้นที่ในการจัดเก็บมากขึ้น เนื่องจากการเป่าเป็นขวดเป็นการขยายหลอดพาริสันให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำใช้พื้นที่ในการจัดเก็บขวดเยอะกว่าการไล่สีแบบเด็ดเป็นก้อน ซึ่งการไล่สีแบบเด็ดเป็นก้อนพลาสติกจะใช้พื้นที่เพื่อจัดเก็บ 1.26 ตารางเมตร/ครั้งการไล่สี สูญเสียปริมาณพลาสติก 39 กิโลกรัม/ครั้งการไล่สี และการไล่สีแบบเป่าเป็นขวดจะต้องใช้พื้นที่เพื่อจัดเก็บขวดจากการไล่สี 3.5 ตารางเมตร/ครั้ง สูญเสียปริมาณพลาสติก 40 กิโลกรัม/ครั้ง ดังนั้นการไล่สีแบบเป่าเป็นขวดทำให้ต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บเพิ่มขึ้น 2.24 ตารางเมตร/ครั้ง แต่สูญเสียพลาสติกในปริมาณที่ใกล้เคียงกันกับการไล่สีแบบเด็ดก้อนพลาสติก โดยขวดจากการไล่สีจะถูกนำไปจัดเก็บเพื่อรอบดที่แผนกบดผสม การแก้ไขข้อจำกัดนี้ ทำได้โดยการนำขวดจากการไล่สีไปบดที่เครื่องบดพลาสติกด้านข้างเครื่องจักร เพื่อให้เป็นพลาสติกบดที่ใช้พื้นที่จัดเก็บน้อยกว่า ก่อนนำพลาสติกบดนั้นไปจัดเก็บที่แผนกบดผสม ทำให้แผนกบดผสมใช้พื้นที่ในการจัดเก็บลดลง

3. ต้องการเครื่องบดพลาสติกที่มีกำลังการบดเพียงพอ เนื่องจากการไล่สีแบบเป่าเป็นขวดนั้นจะต้องนำขวดจากการไล่สีไปบดที่เครื่องบดพลาสติกด้านข้างของเครื่องจักร หากเครื่องบดพลาสติกนั้นมีกำลังการบดที่ไม่เพียงพอต่อขนาดและปริมาณของขวดที่จะใช้บด จะทำให้ไม่สามารถบดขวดได้ทันกับการไล่สี ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาพบว่าปัจจุบันแผนกเป่ามีจำนวนเครื่องบดพลาสติกเพิ่มขึ้นและมีกำลังการบดที่สูงขึ้นพบว่ากว่าในอดีต ทำให้สามารถทำการไล่สีแบบเป่าเป็นขวดได้ โดยจากการทดลองบดขวดจากการไล่สีขนาด 1 ลิตร พบว่าเครื่องบดที่มีกำลังการบดตั้งแต่ 10 แรงม้าขึ้นไป จะสามารถบดขวดจากการไล่สีได้ทันกับการไล่สี ซึ่งปัจจุบันมีจำนวนเครื่องบดพลาสติกที่เพียงพอ วิธีการเป่าเป็นขวดเพื่อไล่สีจึงสามารถปฏิบัติได้



รูปที่ 4.6 จำนวนเครื่องบดพลาสติกภายในแผนกเป่า (ข้อมูล พ.ศ.2547- พ.ศ.2562)

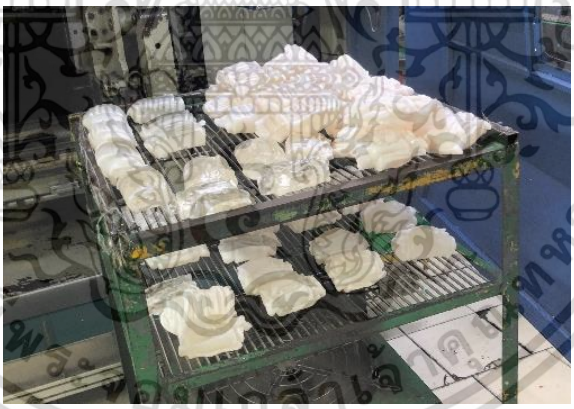
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 กำลังการบดและจำนวนของเครื่องบดพลาสติกภายในแผนกเป่าปัจจุบัน

กำลังมอเตอร์ (แรงม้า)	จำนวนเครื่องบดพลาสติก (เครื่อง)
3	1
5	6
10	5
15	4
20	1

- เปลี่ยนลักษณะการวางก้อนเม็ดไล่สีเพื่อตากบนรถตะแกรง

ก่อนการปรับปรุง การปฏิบัติงานของพนักงานประจำเครื่องในขั้นตอนที่ 6 พนักงานจะวางก้อนเม็ดไล่สีอย่างไม่เป็นระเบียบและซ้อนทับกัน ทำให้เกิดการเย็นตัวช้า และทำให้ผู้ปฏิบัติงานไม่ทราบว่าก้อนใดถูกนำออกมาตากก่อน จึงต้องรอก้อนเม็ดไล่สีบนตะแกรงทุกก้อนเย็นตัวแล้วจึงนำใส่ถุง ผู้วิจัยจึงเสนอให้พนักงานประจำเครื่องวางเรียงก้อนไล่สีบนรถตะแกรงอย่างเป็นระเบียบ เพื่อให้ก้อนไล่สีไม่ซ้อนทับกัน ทำให้เย็นตัวเร็วขึ้น และทำให้ทราบลำดับว่าอันใดหยิบออกมาตากก่อน ให้นำใส่ถุงก่อน ไม่ต้องรอให้ทุกก้อนบนตะแกรงเย็นตัวทั้งหมด



รูปที่ 4.7 ลักษณะการวาง (ก่อนการปรับปรุง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 ลักษณะการวาง (หลังการปรับปรุง)

- เปลี่ยนลำดับขั้นตอนกิจกรรม

ผู้วิจัยได้ทำการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมต่างๆ ที่พนักงานช่างและพนักงานประจำเครื่องต้องปฏิบัติได้ใหม่ ดังต่อไปนี้

1. ให้พนักงานช่างทำความสะอาดกรวยเติมเม็ดพลาสติกในขณะที่พนักงานประจำเครื่องทำการไล่สีแบบเป่าเป็นขวด และเมื่อสีของขวดที่เป่าออกมาจางมากแล้วจึงให้พนักงานช่างเติมเม็ดไล่สีใส่กรวยเติมเม็ดพลาสติก

2. ในระหว่างที่พนักงานประจำเครื่องทำการเตรียมพื้นที่หน้าเครื่องเพื่อนำรถตะแกรงเข้ามาให้พนักงานช่างทำความสะอาดสายพานลำเลียง เนื่องจากไม่ได้ใช้สายพานลำเลียงแล้ว

3. ก่อนการปรับปรุงพนักงานประจำเครื่องจะว่างงานในระหว่างที่ช่างทำความสะอาดเครื่องบดพลาสติก เปลี่ยนลำดับการทำงานเป็นให้ในระหว่างที่พนักงานช่างทำความสะอาดเครื่องบดพลาสติก ให้พนักงานประจำเครื่องเด็ดก้อนเม็ดไล่สีไปตากบนรถตะแกรง

4. ในระหว่างที่พนักงานช่างทำการถอดที่รองแผ่นกรองและแผ่นตาข่ายกรองออกทำความสะอาดที่รองแผ่นกรอง และประกอบที่รองแผ่นกรองเข้ากับตัวสับแผ่นกรอง ให้พนักงานประจำเครื่องทำความสะอาดบริเวณรอบเครื่องจักรให้พร้อมสำหรับการผลิตต่อไป

ซึ่งการปฏิบัติงานใหม่ในกิจกรรมเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ทั้งของพนักงานช่างและพนักงานประจำเครื่องหลังจากทำการปรับปรุงด้วยเทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 กิจกรรมเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ (หลังการปรับปรุง)

การปฏิบัติงานของช่าง	เวลา (นาที)	งานภายนอก	งานภายใน	การปฏิบัติงานของพนักงานประจำเครื่อง	เวลา (นาที)	งานภายนอก	งานภายใน	เครื่องจักรหยุดผลิต (นาที)
1.ปิดการส่งเม็ดพลาสติกเข้ากรวยเติมเม็ดพลาสติก	2	X						
2.ตักเศษบดและเม็ดแม่สีออกจากกรวยเติมเศษบดและกรวยเติมเม็ดแม่สี	16	X						
3.เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์	1	X						
4.เตรียมเม็ดไล่สี	3	X						
5.เตรียมรถตะแกรง	1	X						
6.ทำความสะอาดกรวยเติมเม็ดพลาสติก	14		X	1.ทำการไล่สีแบบเป่าเป็นขวด โดยนำขวดที่ได้จากการเป่าไล่สีใส่ตะกร้าแล้วนำไปใส่เครื่องบด และคอยตักเศษบดจากเครื่องบดใส่ถุง	82		X	82
7.เติมเม็ดไล่สีใส่กรวยเติมเม็ดพลาสติก	1		X					
				2.เตรียมพื้นที่หน้าเครื่องและนำรถตะแกรงเข้ามา	4		X	4
8.ทำความสะอาดสายพานลำเลียง	3		X					
9.ทำความสะอาดเครื่องบดพลาสติก	22		X	3.เด็ดก้อนเม็ดไล่สีไปตากแล้วนำใส่ถุงและปิดสกรู	21		X	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.ถอดที่รองแผ่นกรองและแผ่นตาข่ายกรองออก	2		X	4.ทำความสะอาดบริเวณรอบเครื่องจักร	12		X	12
11.ทำความสะอาดที่รองแผ่นกรอง	3		X					
12.ประกอบที่รองแผ่นกรองเข้ากับตัวสับแผ่นกรอง	1		X					
รวมเวลา								119

จากขั้นตอนก่อนการปรับปรุงเครื่องจักรหยุดทำการผลิตเนื่องจากการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์เฉลี่ย 282 นาที/ครั้ง หรือ 4.7 ชั่วโมง/ครั้ง เมื่อทำการปรับปรุงด้วยเทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วโดยการแยกงานภายในและภายนอกออกจากกัน เปลี่ยนงานภายในให้เป็นงานภายนอกและทำทุกกิจกรรมให้ง่ายต่อการปรับแต่ง ส่งผลทำให้เวลาที่เครื่องจักรหยุดทำการผลิตเหลือเฉลี่ย 119 นาที/ครั้ง หรือ 1.98 ชั่วโมง/ครั้ง ซึ่งลดเวลาได้ 163 นาที/ครั้ง หรือคิดเป็น 57.80% จากเวลาก่อนการปรับปรุง

4.2 การออกแบบการทดลอง

ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Minitab 18 ในการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติ เพื่อคัดกรองปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานและหาค่าปรับตั้งปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดจุดดำน้อยที่สุด โดยมีผลการดำเนินงานดังนี้

4.2.1 การออกแบบการทดลองเพื่อคัดกรองปัจจัย

ผู้วิจัยได้ใช้ Definitive Screening Design ซึ่งเป็นหนึ่งในหลักการออกแบบการทดลองที่นิยมนำมาใช้คัดกรองปัจจัยในกรณีที่มีจำนวนปัจจัยมาก โดยผู้วิจัยจะคัดกรองปัจจัยทั้งหมด 9 ตัวซึ่งได้แก่ อุณหภูมิโซน 2 อุณหภูมิโซน 3 อุณหภูมิแผ่นกรอง อุณหภูมิหลังแผ่นกรอง อุณหภูมิโซน 4 อุณหภูมิโซน 5 อุณหภูมิโซน 6 อุณหภูมิโซน 7 และอุณหภูมิโซน 8 จากหลักการ Definitive Screening Design จะส่งผลให้มีจำนวนการทดลองทั้งหมด 21 การทดลอง โดยผลการออกแบบการทดลองที่ได้จากโปรแกรม Minitab มีดังรูปที่ 4.9

ซึ่งจากผลการออกแบบลำดับการทดลองแบบสุ่มด้วยโปรแกรม Minitab สัญลักษณ์ A – I แทนอุณหภูมิโซน 2 อุณหภูมิโซน 3 อุณหภูมิแผ่นกรอง อุณหภูมิหลังแผ่นกรอง อุณหภูมิโซน 4 อุณหภูมิโซน 5 อุณหภูมิโซน 6 อุณหภูมิโซน 7 และอุณหภูมิโซน 8 ตามลำดับ ในส่วนของเครื่องหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงค่าของอุณหภูมิ สามารถอธิบายได้ดังนี้ เครื่องหมาย + แสดงถึงค่าระดับสูงของปัจจัย เครื่องหมาย - แสดงถึงค่าระดับต่ำของปัจจัย และเครื่องหมาย 0 แสดงถึงค่าระดับกลางของปัจจัย ซึ่งผลการออกแบบลำดับการในรูปที่ 4.9 สามารถแปลผลสัญลักษณ์ได้ดังตารางที่ 4.4

Definitive Screening Design

Design Summary

Factors:	9	Replicates:	1
Base runs:	21	Total runs:	21
Base blocks:	1	Total blocks:	1
Center points:	1		

Design Table (randomized)

Run	Blk	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	1	+	-	+	+	+	-	-	0	-
2	1	-	-	+	0	+	+	+	-	-
3	1	-	+	-	+	+	0	-	+	-
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	1	0	-	-	+	-	+	+	+	-
7	1	-	+	+	-	0	-	+	+	-
8	1	-	-	0	-	+	+	-	+	+
9	1	-	0	-	+	+	-	+	-	+
10	1	-	+	+	+	-	+	-	-	0
11	1	+	0	+	-	-	+	-	+	-
12	1	+	-	+	-	-	0	+	-	+
13	1	0	+	+	-	+	-	-	-	+
14	1	+	+	0	+	-	-	+	-	-
15	1	+	+	-	-	+	+	0	-	-
16	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
17	1	-	+	-	-	-	+	+	0	+
18	1	-	-	+	+	-	-	0	+	+
19	1	+	-	-	+	0	+	-	-	+
20	1	+	+	-	0	-	-	-	+	+
21	1	+	-	-	-	+	-	+	+	0

รูปที่ 4.9 ผลการออกแบบลำดับการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ลำดับการทดลองแบบสุ่ม

StdOrder	RunOrder	อุณหภูมิโซน 2 (°C)	อุณหภูมิโซน 3 (°C)	อุณหภูมิแผ่นกรอง (°C)	อุณหภูมิหัวฉีดแผ่นกรอง (°C)	อุณหภูมิโซน 4 (°C)	อุณหภูมิโซน 5 (°C)	อุณหภูมิโซน 6 (°C)	อุณหภูมิโซน 7 (°C)	อุณหภูมิโซน 8 (°C)
17	1	160	160	180	190	200	180	180	230	260
10	2	150	160	180	185	200	210	200	210	260
14	3	150	170	170	190	200	195	180	250	260
21	4	155	165	175	185	190	195	190	230	275
2	5	150	160	170	180	180	180	180	210	260
3	6	155	160	170	190	180	210	200	250	260
11	7	150	170	180	180	190	180	200	250	260
7	8	150	160	175	180	200	210	180	250	290
5	9	150	165	170	190	200	180	200	210	290
19	10	150	170	180	190	180	210	180	210	275
6	11	160	165	180	180	180	210	180	250	260
13	12	160	160	180	180	180	195	200	210	290
4	13	155	170	180	180	200	180	180	210	290
8	14	160	170	175	190	180	180	200	210	260
15	15	160	170	170	180	200	210	190	210	260
1	16	160	170	180	190	200	210	200	250	290
18	17	150	170	170	180	180	210	200	230	290
16	18	150	160	180	190	180	180	190	250	290
12	19	160	160	170	190	190	210	180	210	290
9	20	160	170	170	185	180	180	180	250	290
20	21	160	160	170	180	200	180	200	250	275

4.2.2 การตรวจสอบก่อนการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบในส่วนของการตรวจรับวัตถุดิบ การทำความสะอาดเครื่องจักรและอุปกรณ์ การฝึกอบรมพนักงาน และการควบคุมตัวแปรของการทดลอง เพื่อลดปัจจัยภายนอกที่อาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง โดยมีผลการตรวจสอบแสดงดังตารางที่ 4.5 และมีรายละเอียดดังรูปที่ 4.10-4.24 ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่ารายการตรวจสอบต่างๆผ่านทั้งหมด สามารถใช้สภาวะดังกล่าวในการดำเนินการทดลองได้

ตารางที่ 4.5 ใบตรวจสอบเพื่อควบคุมการทดลอง

ชื่อผลิตภัณฑ์	Shell 6 ลิตร สีเหลือง			เครื่องจักร	B-66
พนักงานช่าง	แคล้ว สร้อยแสง	พนักงานประจำเครื่อง	1. อนันต์ ชีพนุรัตน์ 2. วสันต์ สิงใส		
ประเภท	รายการตรวจสอบ			ผ่าน	ไม่ผ่าน
การตรวจรับวัตถุดิบ	เม็ดพลาสติก	สภาพบรรจุภัณฑ์		✓	
		สีวัตถุดิบ		✓	
		สิ่งปนเปื้อน		✓	
		ขนาด		✓	
	เม็ดสี	สภาพบรรจุภัณฑ์		✓	
		สีวัตถุดิบ		✓	
		สิ่งปนเปื้อน		✓	
	เศษบด	สภาพบรรจุภัณฑ์		✓	
		สีวัตถุดิบ		✓	
		สิ่งปนเปื้อน		✓	
		ขนาด		✓	
การทำความสะอาด	พื้นที่บริเวณรอบเครื่องจักร			✓	
	ถังวัตถุดิบ			✓	
	สายพานลำเลียง			✓	
	เครื่องบดพลาสติก			✓	
	กรวยเติมวัตถุดิบ			✓	
	พิน–ดายและหัวดาย			✓	
	ที่รองแผ่นกรอง (Breaker plate)			✓	
การฝึกอบรม	พนักงานประจำเครื่องคนที่ 1	ผ่านการอบรมการตรวจสอบชิ้นงาน		✓	
		ทราบผลของการไม่เจาะจุดดำ		✓	
		ทราบผลของการนำสิ่งแปลกปลอมไปบด		✓	
	พนักงานประจำเครื่องคนที่ 2	ผ่านการอบรมการตรวจสอบชิ้นงาน		✓	
		ทราบผลของการไม่เจาะจุดดำ		✓	
		ทราบผลของการนำสิ่งแปลกปลอมไปบด		✓	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมตัวแปร	ใช้ชนิดและอัตราส่วนวัตถุดิบปัจจุบัน	✓	
	ควบคุมค่าความเร็วรอบสกรูที่ 250±10 RPM	✓	
	ใส่แผ่นกรองบริเวณปากสกรู	✓	
	ตั้งระยะห่างใบมีดเครื่องบดที่ 0.5 เซนติเมตร	✓	
	ปริมาณของเสียอยู่ในช่วงควบคุม	✓	

รูปที่ 4.10 เม็ดพลาสติกที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 4.11 เม็ดสีที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

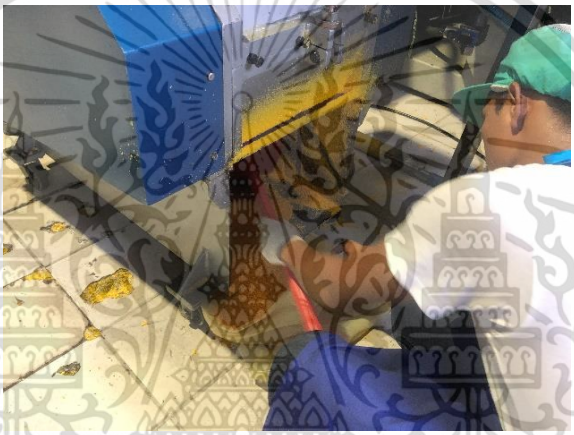
รูปที่ 4.12 เศษบดที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 4.13 พนักงานประจำเครื่องทำความสะอาดพื้นที่บริเวณรอบเครื่องจักร

รูปที่ 4.14 พนักงานประจำเครื่องทำความสะอาดถังวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 พนักงานประจำเครื่องทำความสะอาดสายพานลำเลียง

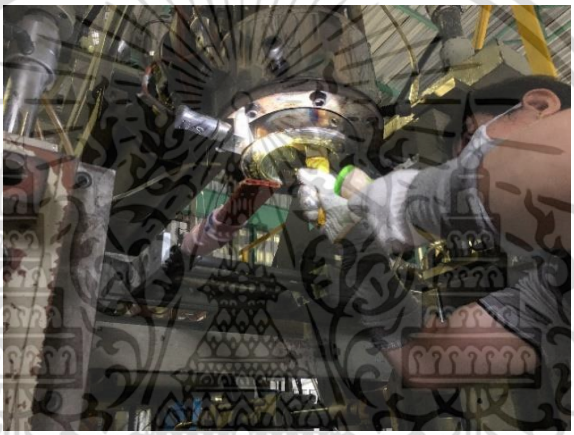


รูปที่ 4.16 พนักงานประจำเครื่องทำความสะอาดเครื่องบดพลาสติก

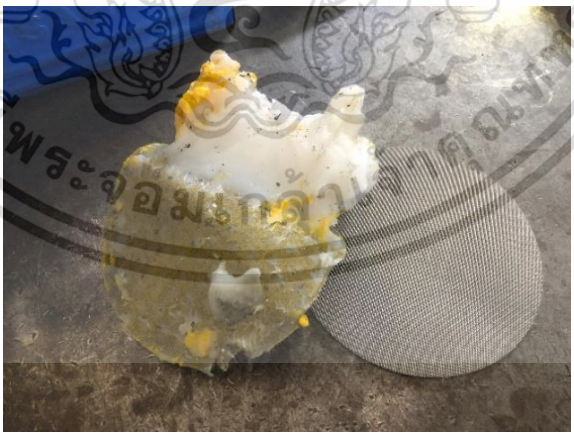
รูปที่ 4.17 พนักงานช่างทำความสะอาดกรวยเติมวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 พนักงานช่างทำความสะอาดพิน-ดาย



รูปที่ 4.19 พนักงานช่างทำความสะอาดหัวดาย

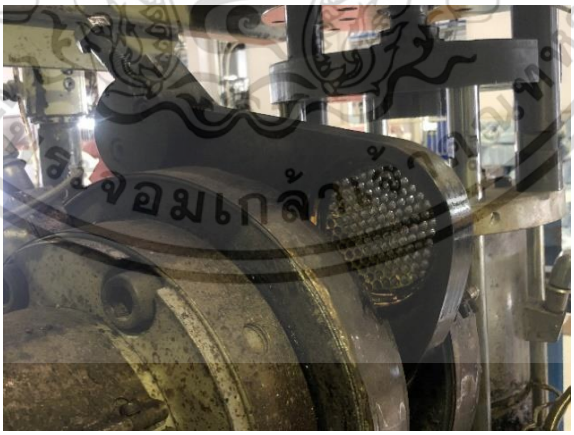


รูปที่ 4.20 พนักงานช่างนำแผ่นกรองที่ใช้งานแล้วออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

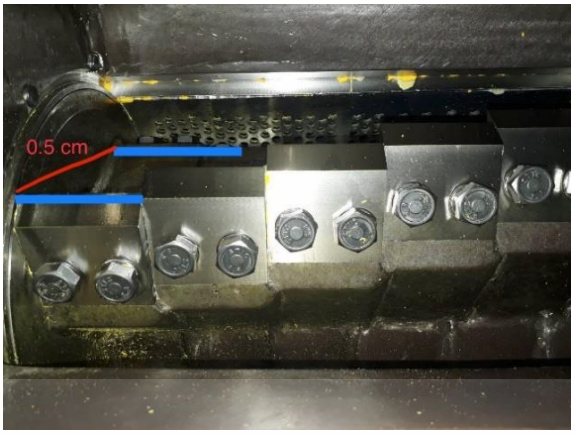
รูปที่ 4.21 พนักงานประจำเครื่องเจาะจุดดำออกจากชิ้นงาน

รูปที่ 4.22 ควบคุมค่าความเร็วรอบสกรูที่ 250±10 RPM



รูปที่ 4.23 พนักงานช่างใส่แผ่นกรองบริเวณปากสกรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 ใบมีดเครื่องบดระยะห่างใบมีด 0.5 เซนติเมตร

4.2.3 ผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการนำค่าระดับปัจจัยที่ได้จากการออกแบบการทดลองไปปรับตั้ง โดยทำการทดลอง ลำดับการทดลองละ 100 ชิ้น ซึ่งได้ปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานดังตารางที่ 4.6 นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้บันทึกประเภทของเสียประเภทอื่นที่เกิดขึ้นในการทดลองเพื่อช่วยในการพิจารณาอุณหภูมิที่เหมาะสมดังตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 จำนวนชิ้นงานที่เกิดจุดดำบนชิ้นงานในแต่ละการทดลอง

ลำดับการทดลอง	อุณหภูมิโซน 2 (°C)	อุณหภูมิโซน 3 (°C)	อุณหภูมิแผ่นกรอง (°C)	อุณหภูมิหลังแผ่นกรอง (°C)	อุณหภูมิโซน 4 (°C)	อุณหภูมิโซน 5 (°C)	อุณหภูมิโซน 6 (°C)	อุณหภูมิโซน 7 (°C)	อุณหภูมิโซน 8 (°C)	**เกิดจุดดำบนชิ้นงาน (ชิ้น)**
1	160	160	180	190	200	180	180	230	260	**9**
2	150	160	180	185	200	210	200	210	260	**52**
3	150	170	170	190	200	195	180	250	260	**13**
4	155	165	175	185	190	195	190	230	275	**18**
5	150	160	170	180	180	180	180	210	260	**27**
6	155	160	170	190	180	210	200	250	260	**16**
7	150	170	180	180	190	180	200	250	260	**50**
8	150	160	175	180	200	210	180	250	290	**22**
9	150	165	170	190	200	180	200	210	290	**34**
10	150	170	180	190	180	210	180	210	275	**39**
11	160	165	180	180	180	210	180	250	260	**25**
12	160	160	180	180	180	195	200	210	290	**22**
13	155	170	180	180	200	180	180	210	290	**28**
14	160	170	175	190	180	180	200	210	260	**34**
15	160	170	170	180	200	210	190	210	260	**15**
16	160	170	180	190	200	210	200	250	290	**23**
17	150	170	170	180	180	210	200	230	290	**35**
18	150	160	180	190	180	180	190	250	290	**13**
19	160	160	170	190	190	210	180	210	290	**8**
20	160	170	170	185	180	180	180	250	290	**22**
21	160	160	170	180	200	180	200	250	275	**51**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ของเสียประเภทอื่นๆที่พบในการทดลองนอกจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน

ลำดับการทดลอง	ของเสียประเภทอื่นๆที่พบ
6	ขวดเป็นลายเส้น 62 ชิ้น และ สิ่งแปลกปลอม 6 ชิ้น
8	คราบน้ำมัน 4 ชิ้น
9	บาง 20 ชิ้น
12	น้ำหนักไม่ได้ 3 ชิ้น
13	น้ำหนักไม่ได้ 3 ชิ้น และ บาง 6 ชิ้น
15	เป็นลายเส้น 45 ชิ้น
18	สิ่งแปลกปลอม 6 ชิ้น
21	เป็นลายเส้น 50 ชิ้น

ผู้วิจัยได้สอบถามสาเหตุและวิธีแก้ไขของเสียประเภทอื่นๆที่เกิดขึ้นในการทดลองจากหัวหน้างานผู้รับผิดชอบด้านคุณภาพดังตารางที่ 4.8 เพื่อพิจารณาว่าเกิดจากปัจจัยที่ใช้ในการทดลองหรือไม่ ซึ่งพบว่าประเภทของเสียอื่นๆที่พบในการทดลอง ไม่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิจากการทดลอง

ตารางที่ 4.8 ประเภทของเสียอื่นๆ ที่พบในการทดลอง สาเหตุและวิธีแก้ไขในปัจจุบัน

ประเภทของเสีย	สาเหตุ	วิธีการแก้ไขในปัจจุบัน
ขวดเป็นลายเส้น	มีสิ่งแปลกปลอมหรือพลาสติกไหม้เกาะติดอยู่บริเวณดาย	ทำความสะอาดหัวดาย
สิ่งแปลกปลอม	มีสิ่งแปลกปลอม	ตรวจเช็คความสะอาดวัตถุดิบและอุปกรณ์
น้ำหนักไม่ได้	เซนเซอร์ตรวจจับหลอดพาริสันเสื่อมสภาพ	เปลี่ยนตัวเซนเซอร์
	สกรูสึกหรอ	ซ่อมแซมสกรู (ในกรณีสึกหรอมากให้เปลี่ยนสกรู)
บาง	ปรับความหนาของพาริสันไม่สมดุล	ปรับความหนาของพาริสันใหม่
	สกรูสึกหรอ	ซ่อมแซมสกรู (ในกรณีสึกหรอมากให้เปลี่ยนสกรู)
คราบน้ำมัน	น้ำมันหล่อเย็นที่หัวเป่าลมรั่ว	เปลี่ยนหัวเป่าลมใหม่

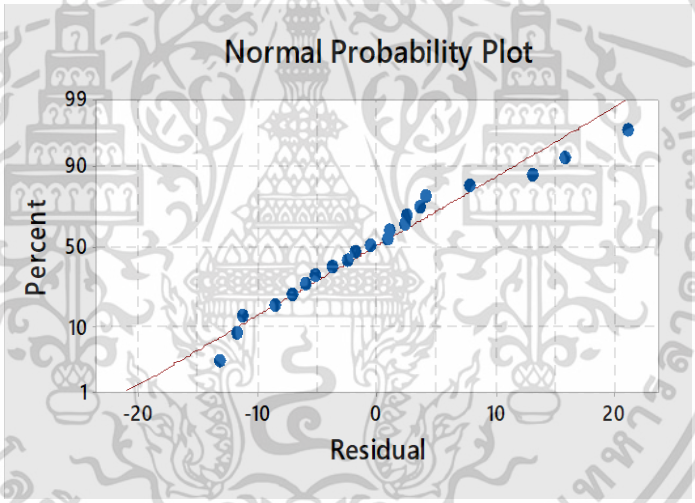
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจำลอง

หลักจากทำการเก็บผลการทดลอง ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อเป็นการยืนยันผลว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ มีความเสถียรและมีความอิสระต่อกันตรงตามสมมติฐานเบื้องต้นของการออกแบบการทดลอง โดยให้ผลการตรวจสอบดังต่อไปนี้

- การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ

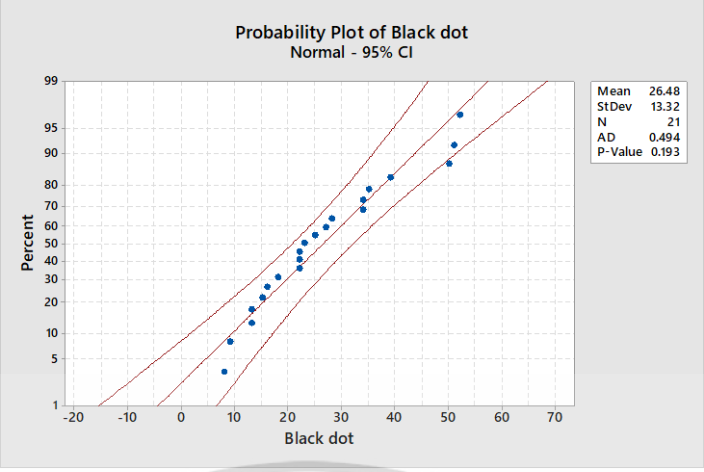
การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติของข้อมูลเป็นการพิจารณาว่าข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองนั้นมีความเป็นปกติหรือไม่ โดยพิจารณาจากกราฟ Normal Probability Plot หากข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง แสดงว่าข้อมูลมีการระจายตัวแบบปกติ ซึ่งจากกราฟ Normal Probability Plot จะพบว่าการกระจายตัวของข้อมูลมีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่มีข้อมูลบางจุดกระจายตัวออกนอกเส้นตรง เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ผู้วิจัยได้ทำการ ทดสอบ Probability Plot of Residual ของข้อมูลเพิ่มเติม



รูปที่ 4.25 กราฟ Normal Probability Plot

กราฟ Probability Plot of Residual เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติหรือไม่ หากค่า P-Value มีค่ามากกว่า α = 0.05 แสดงว่าข้อมูลดังกล่าวมีการกระจายตัวแบบปกติและมีความเหมาะสมที่นำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ต่อ ซึ่งจากกราฟ Probability Plot of Residual พบว่าได้ค่า P-Value = 0.193 ซึ่งมีค่ามากกว่า α = 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติและมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้วิเคราะห์

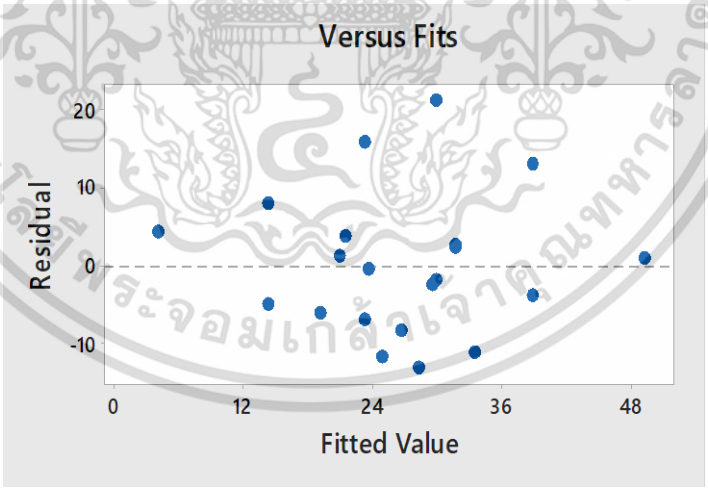
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 กราฟ Probability Plot of Residual

- การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน

การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวนเป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลแต่ละทรีตเมนต์มีความผันแปรรอบค่าศูนย์หรือไม่ สามารถพิจารณาได้จากกราฟ Versus Fitted Value หากข้อมูลที่แสดงในกราฟมีการกระจายตัวแบบสุ่ม แสดงว่าข้อมูลดังกล่าวมีเสถียรของความแปรปรวน ซึ่งจากกราฟ Versus Fitted Value พบว่าข้อมูลมีลักษณะการกระจายตัวแบบสุ่ม ไม่สามารถคาดการณ์แนวโน้มของข้อมูลได้ แสดงว่าข้อมูลที่ได้มีเสถียรของความแปรปรวน



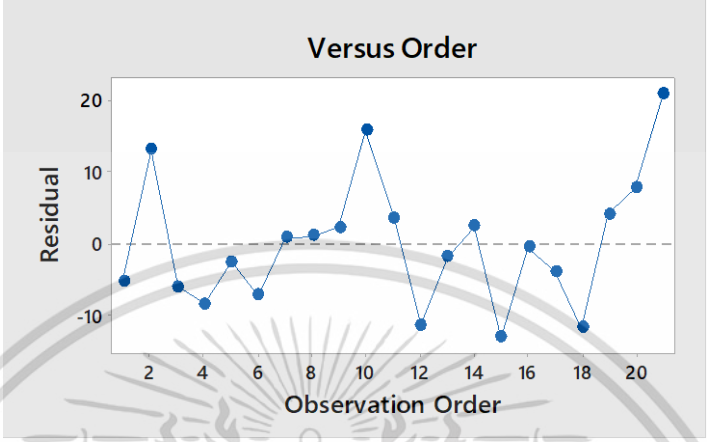
รูปที่ 4.27 กราฟ Versus Fitted Value

- การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลเป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลที่เก็บมานั้นเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งพิจารณาได้จากกราฟ Versus Order ที่มีแกน X คือลำดับการทดลอง และแกน Y คือค่าเศษเหลือ ถ้าข้อมูลที่เก็บมามีความเป็นอิสระต่อกัน ค่าเศษเหลือจะกระจายตัวแบบไร้รูปแบบ ข้อมูลจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจายตัวอยู่ทั้ง 2 ฝั่งของค่าศูนย์ ซึ่งจะพบว่าจากกราฟ 4.28 ข้อมูลมีกระจายตัวแบบไร้รูปแบบ และข้อมูลกระจายทั้งด้านบนและด้านล่างในปริมาณที่เท่าๆ กัน ไม่อยู่ฝั่งใดฝั่งหนึ่ง แสดงว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 4.28 กราฟ Versus Order

จากการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบพบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ มีความเสถียร และมีความอิสระต่อกันตรงตามสมมติฐานเบื้องต้นของการออกแบบการทดลอง ข้อมูลจึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปวิเคราะห์หาผลกระทบของปัจจัยต่อไป

4.2.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ผู้วิจัยได้นำผลการทดลองมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab รุ่น 18 โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่งเป็นการตรวจสอบแหล่งผันแปรของแบบจำลอง ซึ่งจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าค่า P-Value ของอุณหภูมิโซน 6 มีค่า 0.039 ซึ่งน้อยกว่าค่านัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด อุณหภูมิโซน 6 จึงเป็นตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อปริมาณของเสียจากจุดดำ และจากการวิเคราะห์ได้ค่า R-Square เท่ากับ 54.02% หมายความว่าตัวแปรอิสระสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้ 54.02%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Screening design model: Black dot versus Zone 2, Zone 3, Screen, After Screen, Zone 4, Zone 5, Zone 6, Zone 7, Zone 8

Analysis of Variance

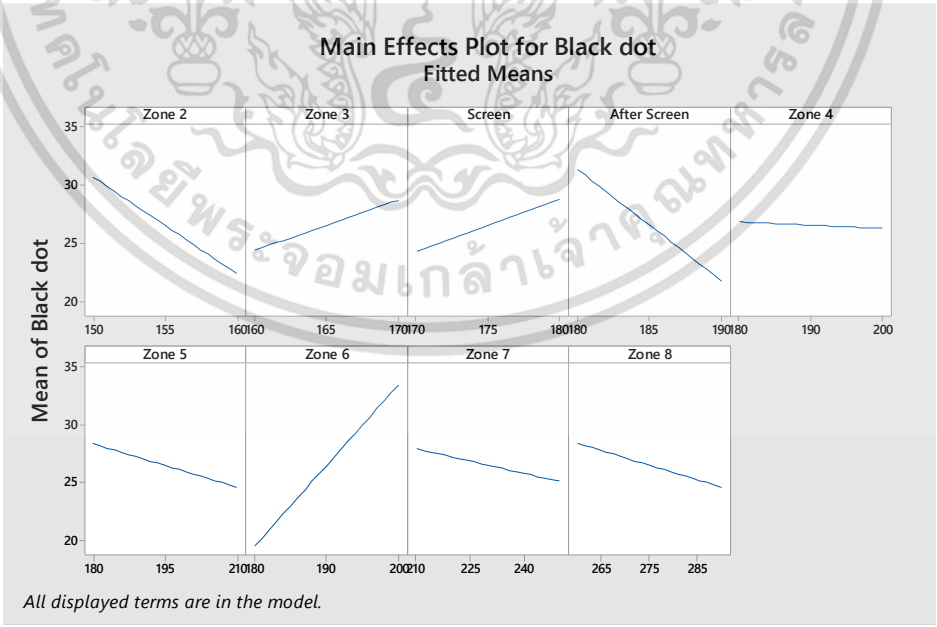
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	1917.25	213.028	1.44	0.282
Linear	9	1917.25	213.028	1.44	0.282
Zone 2	1	292.93	292.927	1.97	0.188
Zone 3	1	84.50	84.500	0.57	0.466
Screen	1	90.02	90.018	0.61	0.452
After Screen	1	410.89	410.889	2.77	0.124
Zone 4	1	1.14	1.142	0.01	0.932
Zone 5	1	61.63	61.633	0.42	0.532
Zone 6	1	818.46	818.462	5.52	0.039
Zone 7	1	33.03	33.026	0.22	0.646
Zone 8	1	64.22	64.222	0.43	0.524
Error	11	1631.99	148.362		
Total	20	3549.24			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
12.1804	54.02%	16.40%	0.00%

รูปที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลอง

โดยความสัมพันธ์ของระดับปัจจัยแต่ละระดับในแต่ละโซนที่ส่งต่อปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานแสดงดังรูปที่ 4.30 ยกตัวอย่างเช่น อุณหภูมิโซน 6 มีค่าความชันของเส้นกราฟมากที่สุดแสดงว่าเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานมากที่สุด นอกจากนี้อุณหภูมิโซนดังกล่าวยังมีความชันของกราฟเป็นบวก แสดงว่าอุณหภูมิโซน 6 มีความสัมพันธ์เชิงแปรผันตามกับอุณหภูมิ หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานก็จะเพิ่มขึ้นตาม



รูปที่ 4.30 ผลของปัจจัยต่อปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์หาการปรับตั้งที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานน้อยที่สุดโดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimization ในโปรแกรมทางสถิติ Minitab ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ใช้หาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย จากการวิเคราะห์ได้ค่าของแต่ละปัจจัยดังรูปที่ 4.31 โดยผลตอบมีค่าความพึงพอใจเท่ากับ 0.984877

Response Optimization: Black dot

Parameters

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Black dot	Target	-0.0000000	0	52	1	1

Solution

Solution	Zone 2	Zone 3	Screen	After Screen	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	Black dot Fit
1	160	160	170	190	200	210	180	250	290	0.786392

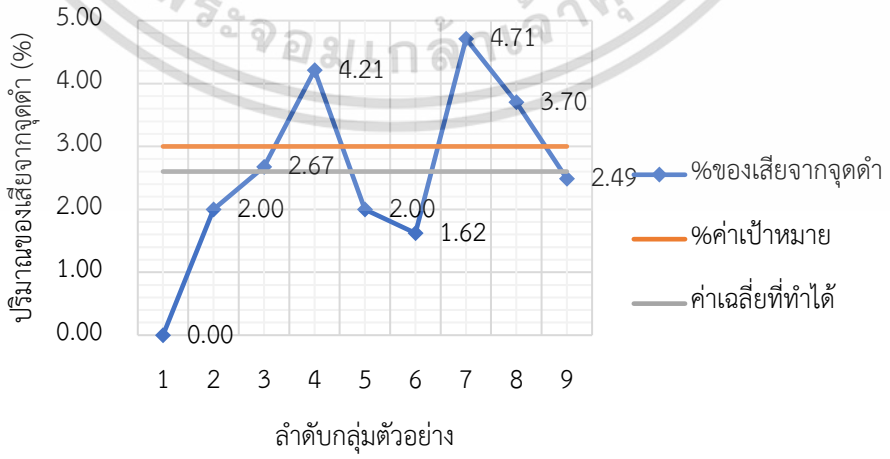
Solution	Composite Desirability
1	0.984877

รูปที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์หาค่าปรับตั้งที่เหมาะสมโดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimization

4.2.6 การดำเนินการทดลองเพื่อยืนยันผล

ผู้วิจัยได้นำอุณหภูมิที่ได้จากการวิเคราะห์ไปทำการทดลองปรับตั้งการผลิตบรรจุภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นขนาด 6 ลิตร สีเหลือง ที่เครื่อง B-66 ซึ่งพบว่ามีปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานเฉลี่ย 2.60% ซึ่งต่ำกว่าค่าเป้าหมายที่ 3%

ซึ่งในการทดลองดังกล่าว ผู้วิจัยได้พบของเสียประเภทอื่นนอกเหนือจากปัญหาการเกิดขุดดำบนชิ้นงาน 1 ประเภทคือ ประเภทปากขวดย้อย/เป็นรอย ซึ่งปัญหาดังกล่าวเกิดจากน้ำมันหล่อเย็นลำเลียงไปไม่ถึงหัวเป่าลมทำให้หัวเป่าลมร้อน ซึ่งแก้ไขได้โดยกำจัดสิ่งตกค้างในทางลำเลียงน้ำมันหล่อเย็น ดังนั้นของเสียประเภทดังกล่าวจึงไม่ได้เป็นผลจากการทดลองปรับตั้งอุณหภูมิการผลิต



รูปที่ 4.32 การทดลองเพื่อยืนยันผลค่าปรับตั้งที่ได้จากการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาและดำเนินการปรับปรุงในพื้นที่การผลิตโซน 3 เนื้อหาในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับสรุปผลที่ได้และบ่งชี้ข้อเสนอแนะเพื่อให้โรงงานกรณีศึกษาสามารถนำไปพิจารณาและปรับปรุงในอนาคต ซึ่งเนื้อหามีดังหัวข้อต่อไปนี้

1. สรุปขั้นตอนการดำเนินงาน
2. สรุปผลการดำเนินงาน
3. ข้อเสนอแนะ
4. อภิปรายผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปขั้นตอนการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในแผนกเป่าพลาสติกของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร พบว่าพื้นที่การผลิตทั้ง 3 โซนของแผนกเป่าพลาสติกมีค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรที่ต่ำกว่าเป้าหมาย ซึ่งพื้นที่การผลิตโซน 3 มีประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรเฉลี่ยต่ำกว่าทุกโซน นอกจากนี้พื้นที่การผลิตโซน 3 ยังเป็นพื้นที่ที่มีการใช้วัตถุดิบในการผลิตมากที่สุดอีกด้วย ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาในพื้นที่การผลิตโซน 3 และได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ซึ่งได้แก่ อัตราการเดินเครื่องจักร ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราคุณภาพ พบว่าสาเหตุหลักที่ส่งผลให้ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในโซน 3 มีค่าต่ำคือ อัตราการเดินเครื่องจักรและอัตราคุณภาพ ผู้วิจัยจึงนำความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการผลิตแบบลีนและความรู้ทางสถิติมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงปัญหาดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์คือ 1.เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการในการวิเคราะห์สาเหตุและลดความสูญเปล่าที่ส่งผลให้ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรมีค่าต่ำกว่าเป้าหมาย 2.เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการผลิตแบบลีนในการลดเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำการผลิต 3. เพื่อประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติในการลดของเสียในกระบวนการผลิต โดยการปรับปรุงแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ปัญหาอัตราการเดินเครื่องจักรต่ำ ผู้วิจัยทำการศึกษานิยามและการคำนวณอัตราการเดินเครื่องจักรของโรงงานกรณีศึกษาและทำการเก็บรวบรวมข้อมูลสาเหตุการหยุดการผลิตของเครื่องเป่าพลาสติกในโซน 3 และทำการเลือกกิจกรรมที่จะทำการปรับปรุงโดยนำเทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุง เพื่อลดเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำการผลิตและเพิ่มอัตราการเดินเครื่องจักร โดยผู้วิจัยได้ทำปรับปรุงการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ของเครื่อง B-49 ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์บ่อยที่สุดในโซน 3 หลังจากศึกษาขั้นตอนการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์และปรับปรุงวิธีการทำงานด้วยเทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วแล้ว จึงทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงโดยมีระยะเวลาที่เครื่องจักรหยุดการผลิตเนื่องจากการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ (นาที/ครั้ง) และอัตราการเดินเครื่องจักร (%) เป็นดัชนีชี้วัด รวมทั้งศึกษาเพิ่มเติมถึงข้อดีและข้อจำกัดในการปรับปรุงเพื่อหาข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไป

2. ปัญหาอัตราคุณภาพต่ำ ผู้วิจัยทำการศึกษานิยามและการคำนวณอัตราคุณภาพของโรงงานกรณีศึกษา จากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เสียในพื้นที่การผลิตทั้ง 3 โซน ซึ่งพบว่าปัญหาปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานเป็นปัญหาของเสียหลักของทุกโซน ผู้วิจัยทำการศึกษาถึงนิยาม ข้อมูล สถิติต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงาน และทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจุดดำบนชิ้นงานด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล ซึ่งพบว่าสาเหตุปรับตั้งอุณหภูมิในขณะผลิตเป็นสาเหตุหลักที่พบมากสุดในแผนภาพแสดงเหตุและผล ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงในสาเหตุนี้ด้วยหลักการออกแบบการทดลอง เริ่มจากการเลือกผลิตภัณฑ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง คือ บรรจุภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นขนาด 6 ลิตรสีเหลือง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานมากที่สุด และทำการทดลองที่เครื่อง B-66 ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มีปริมาณของเสียเนื่องจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานมากที่สุดเช่นกัน จากนั้นจึงทำการออกแบบการทดลอง โดยกำหนดตัวแปรตอบสนองและทำการเลือกปัจจัยพร้อมทั้งกำหนดระดับปัจจัยในการทดลอง จากนั้นทำการออกแบบลำดับการทดลองแบบสุ่ม เมื่อทำการออกแบบการทดลองเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้ทำการควบคุมสาเหตุอื่นๆ ของปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานก่อนเริ่มทำการทดลองเพื่อไม่ให้กระทบต่อผลการทดลอง แล้วดำเนินการทดลองเพื่อนำผลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิปรับตั้งในขณะผลิตที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานน้อยที่สุด จากนั้นจึงนำค่าอุณหภูมิที่วิเคราะห์ได้นั้น ไปดำเนินการปรับตั้งในการผลิตและติดตามผลเพื่อสรุปผลของการดำเนินงาน

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน

หลังจากผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงปัญหาอัตราการเดินเครื่องจักรต่ำด้วยเทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็ว และทำการปรับปรุงปัญหาอัตราคุณภาพต่ำด้วยการออกแบบการทดลอง สามารถสรุปผลการปรับปรุงได้ดังนี้

1. ก่อนการปรับปรุง เครื่องจักรหยุดทำการผลิตเนื่องจากการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ เฉลี่ย 282 นาที/ครั้งหรือ 4.7 ชั่วโมง/ครั้ง หลังจากการปรับปรุงสามารถลดเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำการผลิตเหลือ 119 นาที/ครั้งหรือ 1.98 ชั่วโมง/ครั้ง ซึ่งลดเวลาได้ 163 นาที/ครั้งหรือ 57.80% จากเวลาก่อนการปรับปรุงและจากการคำนวณอัตราการเดินเครื่องจักรโดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ 1 ครั้ง/กะ และทำการปรับตั้งหลังการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ 1 ครั้ง/กะ (การปรับตั้งหลังเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์ใช้เวลาเฉลี่ย 145 นาที) อัตราการเดินเครื่องจักรก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ 60.83% และอัตราการเดินเครื่องจักรหลังปรับปรุงอยู่ที่ 83.47% ซึ่งเพิ่มขึ้น 22.64%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุณหภูมิโซน 6 เป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ก่อให้เกิดจุดดำในการผลิตบรรจุภัณฑ์น้ำมันหล่อลื่นขนาด 6 ลิตร สีเหลือง ยิ่งอุณหภูมิโซน 6 มีค่ามากจะส่งผลให้มีปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานมากตามไปด้วย จากการหาการปรับตั้งที่เหมาะสมที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้ได้ปริมาณของเสียที่เป็นจุดดำน้อยที่สุด โดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimization ทำให้ได้การปรับตั้งดังนี้ อุณหภูมิโซน 2 เท่ากับ 160 °C อุณหภูมิโซน 3 เท่ากับ 160 °C อุณหภูมิแผ่นกรองเท่ากับ 170 °C อุณหภูมิหลังแผ่นกรอง เท่ากับ 190 °C อุณหภูมิโซน 4 เท่ากับ 200 °C อุณหภูมิโซน 5 เท่ากับ 210 °C อุณหภูมิโซน 6 เท่ากับ 180 °C อุณหภูมิโซน 7 เท่ากับ 250 °C อุณหภูมิโซน 8 เท่ากับ 290 °C โดยมีค่าความพึงพอใจเท่ากับ 0.984877 หลังจากผู้วิจัยได้นำอุณหภูมิดังกล่าวไปใช้สามารถลดปริมาณของเสียจากปัญหาการเกิดจุดดำบนชิ้นงานจากเฉลี่ย 9.86% เหลือ 2.60%

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ในการปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติงานต่างๆ จำเป็นต้องมีจัดการอบรมให้แก่ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องทุกคน เพื่อให้มีความเข้าใจและสามารถปฏิบัติงานได้อย่างเป็นมาตรฐานเดียวกัน

2. เมื่อเครื่องจักรหยุดทำการผลิต ควรทำการจดบันทึกและระบุสาเหตุที่ทำให้เครื่องจักรหยุดทำการผลิตอย่างละเอียด เพื่อให้สามารถหาแนวทางในการแก้ไขและปรับปรุงได้อย่างตรงจุด

3. จุดดำบนชิ้นงานถือว่าเป็นเอกลักษณ์ที่เกิดขึ้นจากการนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งแนวโน้มความต้องการใช้วัสดุรีไซเคิลนั้นมีมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในอนาคตอาจมองหาแนวทางการเพิ่มมูลค่าและสร้างรายได้จากจุดดำให้เป็นมากกว่าของเสียจากการผลิต และเป็นการป้องกันการกลับเข้ามาในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการจุดดำอีกด้วย

5.4 อภิปรายผลการดำเนินงาน

จากการปรับปรุงประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรในพื้นที่การผลิตโซน 3 ของแผนกเป่าพลาสติก กรณีศึกษาโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก

ในส่วนของการปรับปรุงอัตราการเดินเครื่องจักรสามารถลดเวลาที่เครื่องจักรหยุดทำการผลิตเนื่องจากการเปลี่ยนสีผลิตภัณฑ์จาก 282 นาที/ครั้ง หลือ 119 นาที/ครั้ง ซึ่งลดเวลาไปได้ 163 นาที/ครั้ง หรือ 57.80% จากเวลาก่อนการปรับปรุง ซึ่งเป็นผลจากการนำเทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วมาใช้ในซึ่งสอดคล้องกับวัชรากร อรุณวิราม และ บุญชัย แซ่สิ้ว (2558) ที่ประยุกต์ใช้เทคนิคการปรับแต่งเครื่องจักรอย่างรวดเร็วในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศซึ่งลดระยะเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรจากก่อนปรับปรุง 345 นาที เหลือ 281 นาที/การผลิต 1,000 ชิ้น

ในส่วนของการปรับปรุงอัตราคุณภาพผู้วิจัยได้ใช้วิธีการออกแบบการทดลองในการหาค่าการปรับตั้งที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เกิดปัญหาของเสียจากจุดดำบนชิ้นงานที่ได้จากการเป่าพลาสติกน้อยที่สุดซึ่งมีวิธีการคล้ายกับปาพจนี ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา (2561) ที่ได้ใช้วิธีการออกแบบการทดลองในการแก้ไขปัญหาชิ้นงานฉีดไม่เต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กฤษฎา รุ่งธรรมมานนท์นนท์ และ พงษ์พัฒน์ ศรีเหรา, 2561. ปัญหาจุดดำ. ปริญญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมพลาสติก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[2] เฉลิมชัยรัตน โสภาจิรสิน, 2552. การลดเวลาการเปลี่ยนรุ่นการผลิตแบตเตอรี่ กรณีศึกษา บริษัท สยามยีเบสแบตเตอรี่ จำกัด. สารนิพนธ์ สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[3] ชาญวุฒิ ตั้งจิตวิทยา และ สาโรช ฐิติเกียรติพงศ์, 2521. พลาสติกในวัสดุงานวิศวกรรม. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.

[4] ธนัฏฐา คล่องอักขระ และ สุดาวดี โปร่งธุระ, 2555. การปรับปรุงประสิทธิภาพในสายการผลิตไก่จ๊อห้าดาวโดยใช้แนวคิดแบบลีน กรณีศึกษา บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน). ปริญญานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[5] บรรเลง ศรนิล, 2540. เทคโนโลยีพลาสติก. บริษัท ประชาชน จำกัด.

[6] ประจวบ นำนาผล, 2555. การปรับปรุงค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร OEE บรรจุแป้ง. วิทยานิพนธ์ สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

[7] ปารเมศ ชุติมา, 2547. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. บริษัท เทคนิคอล แอพโพรช เคาน์เซลลิ่ง แอนด์ เทรนนิ่ง จำกัด.

[8] ปาพจนี ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา, 2561. การออกแบบการทดลองเพื่อลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[9] วัชรากร อรุณวิราม และ บุญชัย แซ่สิ้ว, 2558. การลดเวลาสูญเปล่าและของเสียในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกด้วยระบบสุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาการจัดการทางวิศวรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

[10] วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม, พลาสติกและกระบวนการขึ้นรูป. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[11] วีรพจน์ ลือประสิทธิ์, 2535. ความรู้เกี่ยวกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและการพัฒนาอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย. บริษัท สามเสนการพิมพ์ จำกัด.

[12] สิทธิพร พิมพ์สกุล, 2560. การจัดการการปฏิบัติการและโซ่อุปทาน. งานเทคโนโลยีการศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[13] โสภิตา ท้วมมี, 2550. การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพาสติกแผ่น โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา บริษัทในอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติก. วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] อุดมพงษ์ เกศศรีพงษ์ศา, 2556. การใช้โปรแกรมมินิแทบเพื่อออกแบบการทดลอง. บทความวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

[15] Russell, R. and Taylor, B., 2014. Operations and Supply Chain Management, John Wiley & Sons.

[16] SHS Extrusion Training. 2018. How to set up optimal extrusion barrel temperatures. https://extrusion-training.de/en/wie-erkenne-ich-das-perfekte-extruder-temperaturprofil/, 29 August 2019.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ 1 เอกสารการเบิก – คืนอุปกรณ์รถตะแกรง

วันที่	เบิก					คืน			เครื่องที่รอยืมต่อ
	เวลา	ชื่อผู้เบิก	ตำแหน่ง	หมายเลขรถตะแกรง	นำไปใช้ที่	เวลา	ชื่อผู้คืน	ตำแหน่ง	

หมายเหตุ: กรณีนำรถตะแกรงจากผู้เบิกคนก่อนหน้ามาใช้ (ไม่ได้มารับจากจุดเบิก) ให้ลงชื่อเบิกในเอกสารด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ 2 คุณสมบัติของเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการทดลองปรับตั้งอุณหภูมิ

ลำดับ	คุณสมบัติ	ค่า	หน่วย
1.	Melt Flow Rate (190 °C, 2.16 kg)	0.45	g/10 min
2.	Density	0.962	g/cm^3
3.	Vicat Softening Point @ 10 N, 50 °C/hr.	125	°C
4.	Melting Point	131	°C
5.	Tensile Strength @ Yield	330	kg/cm^2
6.	Tensile Strength @ Break	350	kg/cm^2
7.	Elongation @ Break	1000	
8.	Stiffness	10000	kg/cm^2
9.	Flexural Modulus	15000	kg/cm^2
10.	Notched Izod Impact Strength	12 (P)*	kg.cm/cm
11.	Durometer Hardness	65	Shore D
12.	Environmental Stress Cracking Resistance, F_{50} (Condition B, 25 % Igepal)	60	hrs.
13.	Recommendation Extruder Temperature (Zone1-4)	165-190	°C
14.	Recommendation Die Temperature	180-195	°C

* P = Partial Break

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ 3 คุณสมบัติเม็ดสีมาสเตอร์แบทช์ที่ใช้ในการทดลองการปรับตั้งอุณหภูมิ

ลำดับ	คุณสมบัติ	ค่าที่กำหนด	หน่วย
1.	Melt Index (190 °C, 2.16 kg)	17-37	g/10min
2.	Moisture Content	0.2 max	%
3.	Pellet Per Gram	35-45	
4.	Bulk Density	750-1050	g/l
5.	Delta E	2.00 max	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ 4 คุณสมบัติของพลาสติกที่จำเป็นต่อกระบวนการขึ้นรูป (วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม,ม.ป.ป.)

ชนิดพลาสติก	ความหนาแน่น (กรัม/ซม^3)	อุณหภูมิพลาสติก (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิแม่พิมพ์ (องศาเซลเซียส)
PP	0.90	200-290	20
LDPE	0.914-0.94	150-290	20
HDPE	0.95-0.98	190-290	20
PB	0.95	170-280	20
EVA	0.93-0.95	160-200	20
ABS	1.01-1.07	200-260	60
PS	1.054	200-260	20
HIPS	1.02-1.05	200-260	20
SAN	1.06	200-260	20
PPO, PPO/PS	1.06	250-300	80
PA12	1.02	240-290	60
PA11	1.04	240-290	60
PA6	1.13	230-260	80
PA66	1.14	260-300	80
PMMA	1.17-1.19	210-270	60
PC	1.20	270-320	90
PSU	1.24	340-380	100
PEEK	1.265-1.32	370-400	165
PEK	1.32	350-390	150
PEI	1.27	290-350	150
PBT	1.32	170-200	30
PPS	1.53	290-350	135
PETP	1.37	260-300	135 (ขุ่น) , 20 (ใส)
PES	1.37	320-400	150
PVC	1.4	150-200	20
POM, copo (homo)	1.41(1.425)	190-240	80

(วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม,ม.ป.ป.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้