

การลดปริมาณของเสียในกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์กระดาษป้องกัน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Defective Reduction in Inkjet Coding Process on Can Product



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

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดปริมาณของเสียในกระบวนการพิมพ์ได้แบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์กระดาษ
โดย	นายสิทธิกร เลิศอริยสกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	
.....	ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)	
.....	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)	
.....	กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสวงศ์ โอสถศิลป์)	
.....	กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทชัย กานตานันทะ)	

สิทธิกร เลิศอริยสกุล : การลดปริมาณของเสียในกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์กระป๋อง. (Defective Reduction in Inkjet Coding Process on Can Product) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการลดของเสียจากกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์กระป๋อง ซึ่งมีของเสียเกิดขึ้นใน 2 รูปแบบ คือโค้ดลบและโค้ดขาด วิธีการที่ใช้ลดของเสียเนื่องจากโค้ดลบคือการให้ความร้อนบนผิวกระป๋องก่อนเข้าสู่กระบวนการพิมพ์ และวิธีการที่ใช้ลดของเสียจากโค้ดขาดคือการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ จากผลการวิเคราะห์พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนผิวกระป๋องคือ อุณหภูมิ ระดับแรงลม และระยะเวลาในการให้ความร้อน จากการออกแบบการทดลองโดยวิธีบ็อกซ์ -เบห์นเคน (Box Behnken) และหาค่าที่เหมาะสมโดยวิธีพื้นผิวตอบสนองพบว่ากระป๋องประเภท Tin ใช้อุณหภูมิ 512 องศาเซลเซียส แรงลมระดับ 3 ระยะเวลาในการให้ความร้อน 0.66 วินาที กระป๋องประเภท Aluminum ใช้ อุณหภูมิ 309 องศาเซลเซียส แรงลมระดับ 3.5 ระยะเวลาในการให้ความร้อน 0.66 วินาที เป็นค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยผลลัพธ์จากการแก้ไขโดยการให้ความร้อนผิวกระป๋องก่อนพิมพ์เครื่องพิมพ์ ทำให้สามารถลดของเสียเนื่องจากโค้ดลบลงเหลือเพียง 0.014 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ดำเนินการโดยการเพิ่มรอบการทำความสะอาดหัวพิมพ์ เพิ่มรอบการทำความสะอาดระบบผสมน้ำหมึก และปรับปรุงแผนการตรวจเช็คอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่อง ทำให้สามารถลดของเสียเนื่องจากโค้ดขาดลงเหลือเพียง 0.006 เปอร์เซ็นต์ ในการดำเนินการทั้งหมดส่งผลให้ของเสียโดยรวมจากสายการผลิตที่ 1 ลดลงจาก 0.2 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 0.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้ตามเป้าหมายที่โรงงานกำหนดไว้

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

5970969921 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Temperature/ Air flow level/ Heating time/ Preventive maintenance
 Sitthikorn Lertariyasakul : Defective Reduction in Inkjet Coding Process on
 Can Product . Advisor: Assoc. Prof. Wipawee Tharmmaphornphilas, Ph.D.

This paper focuses on reducing defectives in an inkjet coding process of a can product. The two main defectives are code removing and code shear problems. The approach used to solve code removing problem is heating can surface before printing and preventive maintenance of coding machine is used to solve code shear problem. From an analysis, three factors including temperature, air flow level, and heating time must be considered in a surface preparing process. Box Behnken is used in experimental design and response surface is then applied to find proper levels of these factors. The most appropriate conditions for tin can are temperature 512 °C, air flow level 3, and heating time 0.66 second and the appropriate for aluminum can are temperature 309°C, air flow level 3.5, and heating time 0.66 second. The result shows that the can surface preparation reduces code removing problem to 0.014 percent remaining. The preventive maintenance plan is adjusted by increasing cleaning cycle of printing head, increasing cycle of ink mixing system and make instrument checking plan. It reduces code shear problem to 0.006 percent remaining. Overall defective reduction in production line 1 reduces from 0.2 percent to 0.02 percent.

Field of Study: Industrial Engineering

Student's Signature

Academic Year: 2018

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์การลดปริมาณของเสียในกระบวนการพิมพ์ไค้ดแบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์กระป๋องฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมมาภรณ์พิลาศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา และแนวทางในการดำเนินงานวิจัย อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ตลอดจนช่วยตรวจสอบและชี้แนะแนวทางการแก้ไข ปรับปรุงเป็นอย่างดีเสมอมาจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทชัย กานตานั้นทะ กรรมการจากภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาช่วยให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ โรงงานอุตสาหกรรมอาหารที่ได้ทำการวิจัยเป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องที่ได้ให้ความช่วยเหลืออย่างยิ่ง จนทำให้วิทยานิพนธ์ออกมาสมบูรณ์แบบ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่คอยเป็นกำลังใจและคอยสนับสนุนช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านเสมอมา รวมทั้งขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีมา ณ ที่นี้ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สิทธิกร เลิศอริยสกุล

สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัท.....	1
1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.3 แนวทางในการดำเนินงาน.....	14
1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	22
1.5 ขอบเขตงานวิจัย.....	22
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงาน.....	24
1.8 ผลที่ได้รับ.....	25
1.9 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	25
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
2.1 หลักการทำงานของเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ทระบบต่อเนื่อง.....	26
2.2 การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ.....	30
2.3 การบำรุงรักษาเครื่องจักร.....	39

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัยหัวข้อปัญหาไค้ดลบ.....	44
3.1 สรุปเนื้อหาการประชุมในการแก้ไขปัญหาไค้ดลบ	44
3.2 การดำเนินงานตามแผนเพื่อแก้ไขปัญหาไค้ดลบ	52
3.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	55
3.4 สรุปผลการดำเนินการแก้ไขปัญหาไค้ดลบ	81
4.1 สรุปเนื้อหาการประชุมในการแก้ไขปัญหาไค้ดลบ	82
4.2 ดำเนินการตามแผนที่ได้ทำการประชุม.....	88
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	90
4.4 สรุปผลการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาไค้ดลบ	93
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	95
5.1 สรุปการดำเนินการวิจัย.....	95
5.2 ข้อเสนอแนะ	97
บรรณานุกรม.....	124
ประวัติผู้เขียน.....	127

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเบอร์หมึก 5600 และ 8990	12
ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา พิสูจน์เหตุ และกำหนดมาตรการแก้ไข (1)	16
ตารางที่ 3.3 แนวทางการดำเนินงาน	21
ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาในการดำเนินงาน	24
ตารางที่ 5.1 สรุปรูปแบบการออกแบบการทดลองเชิงสถิติ	33
ตารางที่ 6.2 แบบย่อของแผนการทดลอง Box-Behnken กรณี 4 ปัจจัย	35
ตารางที่ 7.3 แสดงการออกแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken) ที่มี 3 ตัวแปร	36
ตารางที่ 8.4 การสรุปวัตถุประสงค์ของงานวิจัย และเทคนิคที่ใช้	43
ตารางที่ 9.1 รายละเอียดผู้เข้าร่วมการประชุมและบทบาทหน้าที่ในการประชุม	45
ตารางที่ 10.2 ปัจจัยและค่าระดับของปัจจัยด้วยวิธีการออกแบบบ็อกซ์ -เบห์นเคน (Box-Behnken)	50
ตารางที่ 11.3 แผนการดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหาโค้ดลอป	51
ตารางที่ 12.4 ผลการทดลองกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)	53
ตารางที่ 13.5 ผลการทดลองกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)	54
ตารางที่ 14.6 ค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโค้ดลอปของกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)	68
ตารางที่ 15.7 ค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโค้ดลอปของ กระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)	80
ตารางที่ 16.8 บันทึกจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลอปในสายการผลิตที่ 1 (หลังปรับปรุง)	81
ตารางที่ 17.1 รายละเอียดผู้เข้าร่วมการประชุมและบทบาทหน้าที่ในการประชุม	83
ตารางที่ 18.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา พิสูจน์เหตุ และกำหนดมาตรการแก้ไข (2)	85
ตารางที่ 19.3 ข้อมูลเครื่องพิมพ์ในสายการผลิตที่ 1 (ก่อนปรับปรุง)	87

ตารางที่ 20.4 ข้อมูลระยะเวลาในการซ่อมเครื่องพิมพ์ (ก่อนปรับปรุง).....	87
ตารางที่ 21.5 ผลลัพธ์จากการนำสมมติฐานไปดำเนินการพิสูจน์.....	88
ตารางที่ 22.6 สรุปแนวทางการดำเนินการปรับปรุงแผนซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์.....	90
ตารางที่ 23.7 ข้อมูลเครื่องพิมพ์ในสายการผลิตที่ 1 (หลังปรับปรุง).....	93
ตารางที่ 24.8 บันทึกจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดขาดในสายการผลิตที่ 1 (หลังปรับปรุง).....	94



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 สัดส่วนการส่งออกสินค้าในต่างประเทศของบริษัท	1
รูปที่ 2.2 รายได้ต่อเดือนของบริษัทในปี 2560	2
รูปที่ 3.3 ปริมาณการผลิตสินค้าและปริมาณโค้ดเสียในเดือนตุลาคม 2560 - เมษายน 2561	3
รูปที่ 4.4 แสดงสัดส่วนการพบของเสียโค้ดระหว่างอาหารสัตว์กับอาหารทะเลแปรรูป ในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561	4
รูปที่ 5.5 ปริมาณการผลิตสินค้าอาหารสัตว์และปริมาณโค้ดเสียที่เกิด ในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561	5
รูปที่ 6.6 บรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ (ที่มา : www.thaiunion.com)	6
รูปที่ 7.7 เทียบสัดส่วนของเสียโค้ดแต่ละบรรจุภัณฑ์ในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561	6
รูปที่ 8.8 แผนผังขั้นตอนการผลิตสินค้าการป้องกัน	7
รูปที่ 9.9 การตรวจสอบโค้ดในจุดหลัง Seaming	8
รูปที่ 10.10 การตรวจสอบโค้ดในจุดหลัง Palletizing	8
รูปที่ 11.11 ลักษณะของโค้ดเสียแต่ละประเภท	9
รูปที่ 12.12 แผนภูมิพาเรโตเทียบลักษณะของโค้ดเสียที่พบบนการป้องกัน ในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561	10
รูปที่ 13.13 หลักการทำงานของเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ทแบบต่อเนื่อง Continuous Inkjet (CIJ)	11
รูปที่ 14.14 เครื่อง Excel 2000 และขวดเบอร์หมึก 5600	13
รูปที่ 15.15 เปรียบเทียบจำนวนของเสียโค้ดของกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) กับกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)	13
รูปที่ 16.16 แผนภูมิแกงปลาวิเคราะห์ปัญหาโค้ดลบ (1)	14
รูปที่ 17.17 ประเมินตัวเลขความเสี่ยงชั้นนำ (Risk Priority Number) วิเคราะห์สาเหตุปัญหาโค้ดลบ (1)	15

รูปที่ 18.18 แผนภูมิพาเรโต้คัดเลือกปัญหาไค้ดลบ (1)	15
รูปที่ 19.19 ลักษณะการติดตั้งเครื่องเป่าลมร้อน (ก่อนปรับปรุง).....	20
รูปที่ 20.1 ภาพรวมอุปกรณ์ภายในเครื่องพิมพ์ Excel 2000 (ที่มา : www.tomco.co.th)	26
รูปที่ 21.2 ลักษณะจุดเบรกดาวน (break down) ของน้ำหมึก (ที่มา :นายลิขิต วรรณนท์ , นายเอกชัย ไกรราม (2558))	27
รูปที่ 22.3 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของหยดหมึกผ่านอุโมงค์ชาร์จประจุไฟฟ้า (ที่มา :นายลิขิต วรรณนท์ , นายเอกชัย ไกรราม (2558)).....	28
รูปที่ 23.4 ลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ของหยดหมึกเมื่อเข้าสู่ชุดแผ่นเบียงเบนสนามไฟฟ้า (ที่มา : นายลิขิต วรรณนท์ , นายเอกชัย ไกรราม (2558))	28
รูปที่ 24.5 แบบจำลองทั่วไปสำหรับกระบวนการหรือระบบ (ที่มา :ปารเมศ ชูติมา (2547)).....	30
รูปที่ 25.6 แพคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่มีอันตรกิริยา (ที่มา :ปารเมศ ชูติมา (2547)).....	32
รูปที่ 26.7 แพคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่ไม่มีอันตรกิริยา (ที่มา :ปารเมศ ชูติมา (2547)).....	33
รูปที่ 27.8 Box-Behnken Design (ที่มา : https://develve.net/Box-Behnken%20design.html).....	36
รูปที่ 28.9 รายละเอียดในการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร	40
รูปที่ 29.1 จำนวนการผลิตกระป๋องแต่ละสายการผลิตในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561	45
รูปที่ 30.2 ปริมาณการผลิตสินค้าและปริมาณไค้ดเสียที่เกิดในสายการผลิตที่ 1	46
รูปที่ 31.3 แผนภูมิแก๊งปลาวิเคราะห์สาเหตุปัญหาไค้ดลบ (2)	46
รูปที่ 32.4 ประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้้นำ (Risk Priority Number) วิเคราะห์สาเหตุปัญหาไค้ดลบ (2)	47
รูปที่ 33.5 แผนภูมิพาเรโต้คัดเลือกสาเหตุปัญหาไค้ดลบ (2).....	47
รูปที่ 34.6 ตำแหน่งเครื่องเป่าลมร้อน (ก่อนปรับปรุง)	48
รูปที่ 35.7 ออกแบบระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีการออกแบบ.....	51
รูปที่ 36.8 ตำแหน่งเครื่องเป่าลมร้อน (หลังปรับปรุง).....	52
รูปที่ 37.9 การทดลองกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) ที่สายการผลิตที่ 1	56

รูปที่ 38.10 ลักษณะการป้องกันประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) ที่พบปัญหา	56
รูปที่ 39.11 กราฟแสดงผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล การป้องกันประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)	57
รูปที่ 40.12 กราฟ Normal Probability Plot ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลอบ	58
รูปที่ 41.13 กราฟ Histogram ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลอบ	58
รูปที่ 42.14 กราฟ Residual Versus Fitted Value ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลอบ การป้องกันประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)	59
รูปที่ 43.15 กราฟ Residual Versus Order ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลอบ การป้องกันประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)	59
รูปที่ 44.16 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง การป้องกันประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)	60
รูปที่ 45.17 ขั้นตอนการ Backward elimination ของข้อมูลการทดลอง การป้องกันประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) (1)	62
รูปที่ 46.18 ขั้นตอนการ Backward elimination ของข้อมูลการทดลอง การป้องกันประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) (2)	63
รูปที่ 47.19 Surface และ Contour Plot ของจำนวนของเสียที่เกิดเทียบกับอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน และระยะเวลาในการให้ความร้อน ของการป้องกันประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)	66
รูปที่ 48.20 Surface และ Contour Plot ของจำนวนของเสียที่เกิดเทียบกับอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน และระดับความแรงลม ของการป้องกันประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)	66
รูปที่ 49.21 ความเหมาะสมของระดับแต่ละปัจจัยจากโปรแกรมของทดลอง การป้องกันประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) (1)	67
รูปที่ 50.22 ความเหมาะสมของระดับแต่ละปัจจัยจากโปรแกรมของ การป้องกันประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) (2)	68
รูปที่ 51.23 กราฟแสดงผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล การป้องกันประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)	69

รูปที่ 52.24 กราฟ Normal Probability Plot ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบ กระจก ประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)	69
รูปที่ 53.25 กราฟ Histogram ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบ กระจกประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)	70
รูปที่ 54.26 กราฟ Residual Versus Fitted Value ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบ กระจก ประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)	70
รูปที่ 55.27 กราฟ Residual Versus Order ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบ กระจกประเภท อะลูมิเนียม (Aluminum)	71
รูปที่ 56.28 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองกระจกประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum).....	72
รูปที่ 57.29 ขั้นตอนการ Backward elimination ของข้อมูลการทดลองของ กระจกประเภท อะลูมิเนียม (Aluminum) (1).....	74
รูปที่ 58.30 ขั้นตอนการ Backward elimination ของข้อมูลการทดลองของ กระจกประเภท อะลูมิเนียม (Aluminum) (2).....	75
รูปที่ 59.31 Surface และ Contour Plot ของจำนวนของเสียที่เกิด เทียบกับอุณหภูมิของเครื่องเป่า ลมร้อน และระยะเวลาในการให้ความร้อน ของกระจกประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum).....	78
รูปที่ 60.32 Surface และ Contour Plot ของจำนวนของเสียที่เกิด เทียบกับอุณหภูมิของเครื่องเป่า ลมร้อน และระดับความแรงลม ของกระจกประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)	78
รูปที่ 61.33 ความเหมาะสมของระดับแต่ละปัจจัยจากโปรแกรมของ กระจกประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) (1).....	79
รูปที่ 62.34 ความเหมาะสมของระดับแต่ละปัจจัยจากโปรแกรมของ กระจกประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) (2).....	80
รูปที่ 63.1 แผนภูมิแกงปลาวิเคราะห์สาเหตุปัญหาโค้ดขาด.....	84
รูปที่ 64.2 ประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้้นำ (Risk Priority Number) วิเคราะห์สาเหตุปัญหาโค้ดขาด	84
รูปที่ 65.3 แผนภูมิพาเรโตคัดเลือกสาเหตุปัญหาโค้ดขาด	84
รูปที่ 66.4 แบบฟอร์มการซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์	92
รูปที่ 67.5 บันทึกการซ่อมเครื่องพิมพ์สายการผลิตที่ 1 (ก่อน-หลังการปรับปรุง).....	93

รูปที่ 68.1 ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากโค้ดในสายการผลิตที่ 1 (หลังการปรับปรุง)..... 96

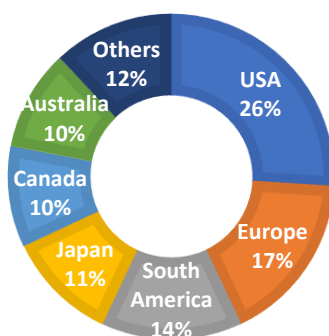


บทที่ 1 บทนำ

สินค้าแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการและมีความนิยมแพร่หลายของผู้บริโภคทั่วโลก บนบรรจุภัณฑ์ของสินค้าจะมีการระบุข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ให้แก่ผู้บริโภคทราบ ดังเช่น วันที่ผลิตและวันที่หมดอายุที่พิมพ์บนสินค้าเพื่อให้ผู้บริโภคทราบถึงระยะเวลาในการจัดเก็บสินค้า เป็นต้น การพิมพ์ข้อมูลวันหมดอายุและวันที่ผลิตลงบนบรรจุภัณฑ์ให้ชัดเจน เป็นสิ่งที่ผู้ผลิตควรให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากความผิดพลาดและความไม่ชัดเจนของการพิมพ์ข้อมูลอาจจะทำให้เกิดผลกระทบต่อผู้บริโภค เนื่องจากการได้รับข้อมูลที่ผิดพลาด เช่น ตัวเลขของวันหมดอายุที่ไม่ชัดเจนอาจทำให้ผู้บริโภครับประทานสินค้าที่หมดอายุ ซึ่งมีผลทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพร่างกายของผู้บริโภค อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ฉะนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องและชัดเจนของโค้ดที่พิมพ์ลงบนบรรจุภัณฑ์ก่อนนำไปจำหน่ายเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบดังกล่าว

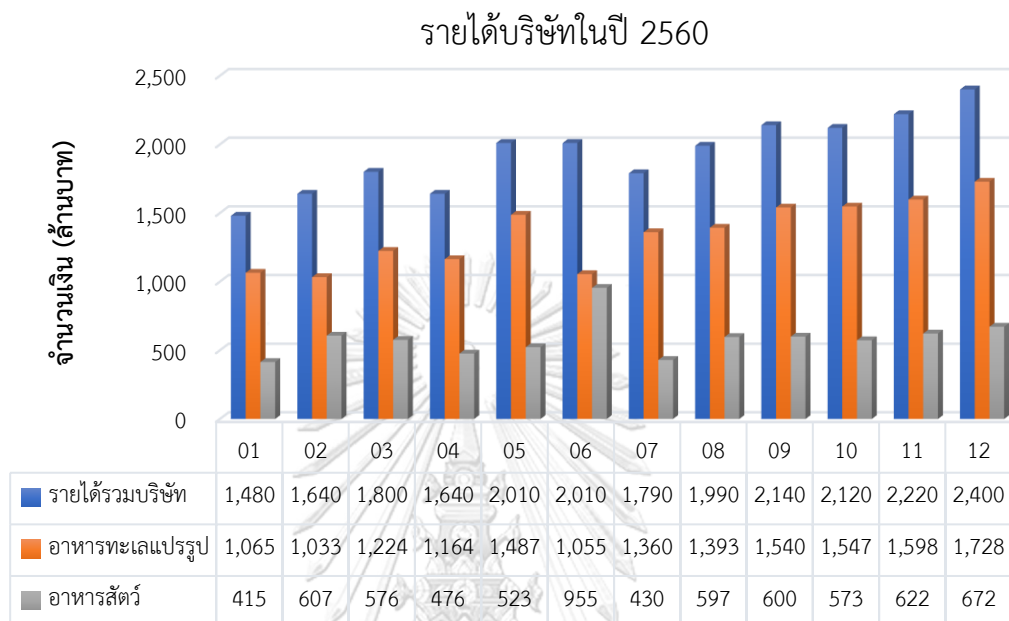
1.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัท

โรงงานที่ทำการศึกษาก่อตั้งในปี 2460 ดำเนินธุรกิจธุรกิจเกี่ยวกับอาหารทะเลแปรรูปและอาหารสัตว์ ส่งออกต่างประเทศและส่งขายภายในประเทศ คิดเป็นร้อยละ 80 และ 20 ตามลำดับ รายได้หลักของบริษัทมาจากการส่งออกต่างประเทศ โดยประเทศที่ส่งออกมากที่สุดคือ USA คิดเป็นร้อยละ 26 ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1.1 สัดส่วนการส่งออกสินค้าในต่างประเทศของบริษัท

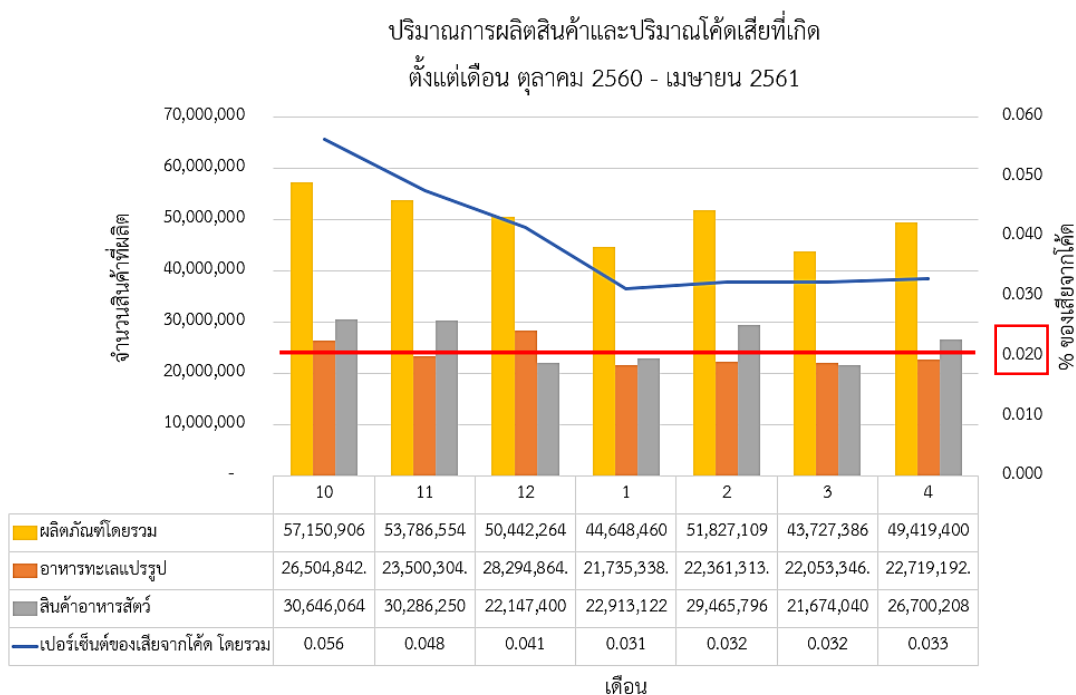
รายได้จากการขายผลิตภัณฑ์ของบริษัทในปี 2560 มีรายได้รวมทั้งสิ้น 23,240 ล้านบาท ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มอาหารทะเลแปรรูป 16,194 ล้านบาท และอาหารสัตว์ 7,046 ล้านบาท โดยแสดงไว้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2.2 รายได้ต่อเดือนของบริษัทในปี 2560

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในการผลิตอาหารแปรรูปและอาหารสัตว์ การพิมพ์โค้ดวันหมดอายุและวันที่ผลิต ของสินค้าลงบนบรรจุภัณฑ์ ความถูกต้องและชัดเจนเป็นสิ่งสำคัญที่ทางโรงงานควรตระหนัก สินค้าทุกชิ้นจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องและความชัดเจนของโค้ดเพื่อให้ผู้บริโภคมั่นใจว่าได้รับสินค้าที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อการบริโภค แต่ปัจจุบันพบว่า การพิมพ์โค้ดลงบนบรรจุภัณฑ์มีความผิดพลาด ซึ่งทำให้เกิดเป็นของเสียเป็นปริมาณดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 3.3 ปริมาณการผลิตสินค้าและปริมาณโค้ดเสียในเดือนตุลาคม 2560 - เมษายน 2561

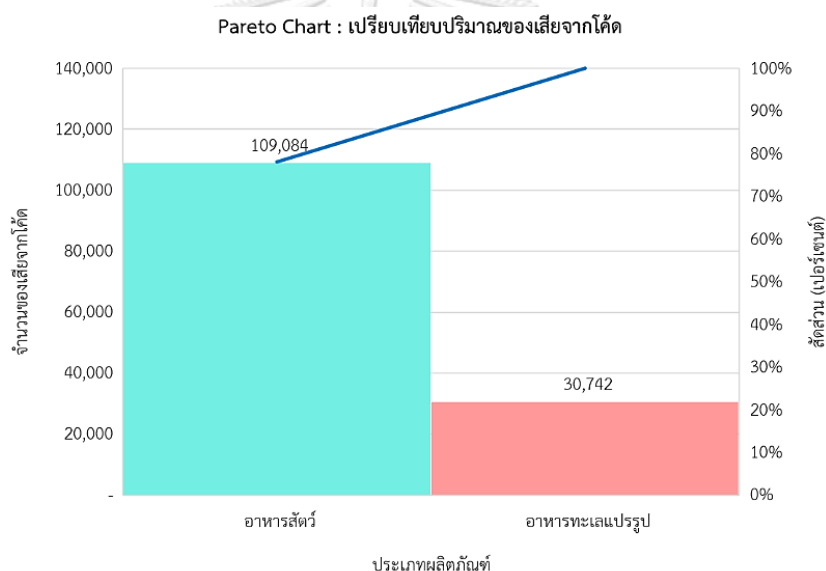
จากกราฟในรูปที่ 1.3 พบว่าในช่วงเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561 มีปริมาณโค้ดเสียที่สูงกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยกำหนดเป้าหมายไว้ที่ 0.02 เปอร์เซ็นต์ ในเดือน ตุลาคม - ธันวาคม 2560 ทางบริษัทได้มีการปรับปรุงกระบวนการในสายการผลิตโดยเพิ่มขั้นตอนการเตรียมผิวกระป๋องก่อนทำการพิมพ์โค้ดโดยการติดตั้งชุดเครื่องเป่าลมร้อนไว้ที่ตำแหน่งหน้าเครื่องพิมพ์โค้ดกระป๋อง แต่หลังจากการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดจากโค้ดยังลดไม่ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด เป็นเหตุให้ต้องทำการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวเพื่อดำเนินการแก้ไขให้ปริมาณโค้ดเสียให้ได้ต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งของเสียที่เกิดจากโค้ดทางโรงงานมีกระบวนการแก้ไขสินค้าที่มีปัญหาอยู่ 2 ประเภท คือ สินค้าที่สามารถแก้ไขได้ และสินค้าที่ไม่สามารถแก้ไขได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) สินค้าที่สามารถแก้ไขได้ คือ สินค้าที่สามารถใช้น้ำยาลบหมึกพิมพ์ลบหมึกพิมพ์เดิมออกได้ โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อบรรจุภัณฑ์ สีของบรรจุภัณฑ์ไม่ต่างไปจากเดิม รอยหมึกพิมพ์เดิมที่ลบออกไม่มีคราบรอยหมึกพิมพ์เดิมติดอยู่ ซึ่งสามารถนำสินค้าไปดำเนินการพิมพ์โค้ดใหม่ได้

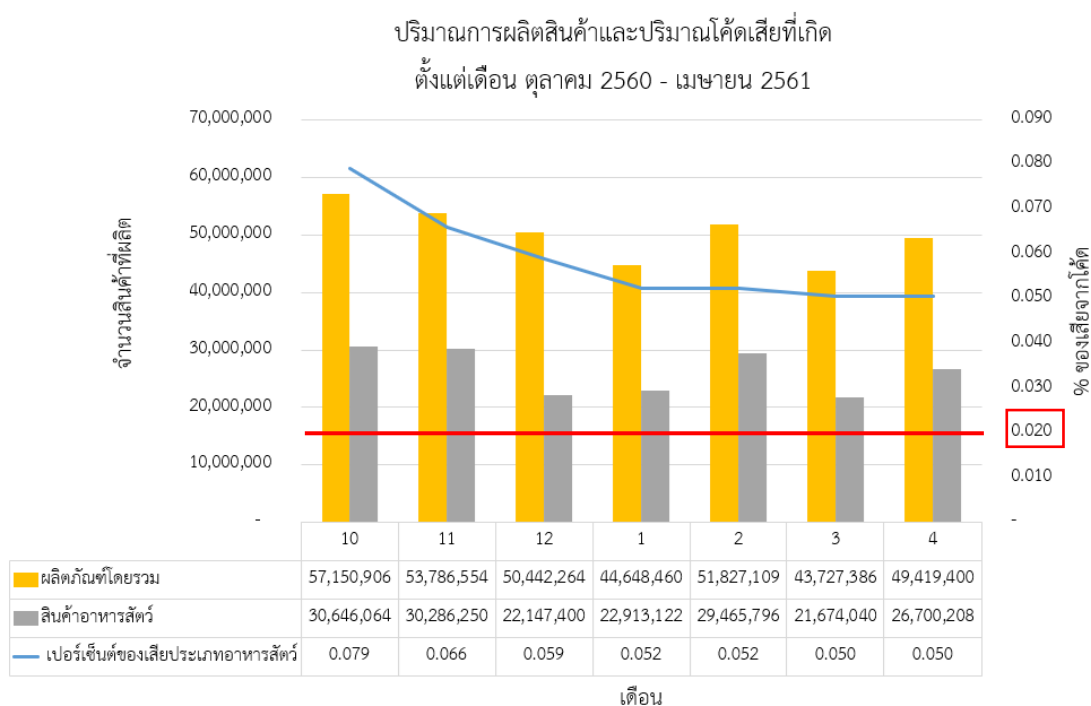
2) สินค้าที่ไม่สามารถแก้ไขได้ คือ สินค้าที่ไม่สามารถใช้น้ำยาลบหมึกพิมพ์โค้ดออกได้ เนื่องจากก่อให้เกิดความเสียหายต่อบรรจุภัณฑ์ สีของบรรจุภัณฑ์ต่างไปจากเดิม รอยหมึกพิมพ์เดิมที่ลบยังเห็นเป็นคราบรอยหมึกพิมพ์เดิมติดอยู่ กลายเป็นสินค้าที่ไม่สามารถนำไปแก้ไขเพื่อต่อไปขายได้

การดำเนินการจัดการปัญหาทั้ง 2 ประเภทในข้างต้นเป็นสิ่งที่ทางโรงงานไม่เพียงต้องการให้เกิดขึ้นเนื่องจากการดำเนินการดังกล่าว ทางโรงงานต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายทางด้านแรงงาน วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการแก้ไขโค้ด และกระบวนการที่จะนำสินค้าไปดำเนินการพิมพ์โค้ดใหม่ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

เพื่อให้มีการแยกปัญหาที่ชัดเจนก่อนดำเนินการปรับปรุงกระบวนการพิมพ์โค้ด จึงได้รวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดจากการพิมพ์โค้ดวันหมดอายุและวันที่ผลิตที่ไม่ชัดเจนตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561 และทำการแบ่งสินค้าออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ ประเภทกลุ่มสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ กับกลุ่มสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแปรรูป ดังรูปที่ 1.4 จะได้ว่าสินค้ากลุ่มอาหารสัตว์มีการพบจำนวนของเสียมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 78.01% ของจำนวนของเสียที่พบ ทั้งนี้จึงเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ มาทำการวิจัยเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและวิธีการแก้ไขต่อไป



รูปที่ 4.4 แสดงสัดส่วนการพบของเสียโค้ดระหว่างอาหารสัตว์กับอาหารทะเลแปรรูป
ในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561



รูปที่ 5.5 ปริมาณการผลิตสินค้าอาหารสัตว์และปริมาณโค้ดเสียที่เกิด
ในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561

ในกลุ่มสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ทางโรงงานมีบรรจุภัณฑ์ของสินค้าอยู่ 3 ประเภทได้แก่

1) กระป๋อง (Can)

บรรจุภัณฑ์รูปทรงแข็งตัวทำจากแผ่นโลหะม้วนเข้าหากันเป็นทรงกระบอก ปิดผนึกด้วยแผ่นโลหะ 2 ด้านเพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์อาหารภายในสัมผัสกับอากาศภายนอก บรรจุภัณฑ์มีความแข็งแรงทนทานสูง

2) ถุง (Pouch)

บรรจุภัณฑ์รูปทรงอ่อนตัวทำจากฟิล์มหลายชนิดนำมาเชื่อมประสานกันขึ้นรูปเป็นถุง โดยมีผลิตภัณฑ์อาหารอยู่ภายใน บรรจุภัณฑ์มีความยืดหยุ่นสูง

3) ถ้วยพลาสติก (Plastic cup)

บรรจุภัณฑ์รูปทรงกึ่งแข็งตัวทำจากพลาสติกขึ้นรูปทรงถ้วย ปิดผนึกด้วยฟิล์มที่ด้านบนของถ้วยเพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์อาหารภายในสัมผัสกับอากาศภายนอก บรรจุภัณฑ์มีความแข็งแรงทนทานและยืดหยุ่นปานกลาง



รูปที่ 6.6 บรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ (ที่มา : www.thaiunion.com)

พิจารณาของเสียจากโค้ดในกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์พบว่าบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดมีปริมาณการเกิดของเสียแตกต่างกันออกไป โดยในรูปที่ 1.7 แสดงถึงปริมาณการพบบรรจุภัณฑ์ที่มีปัญหาเรื่องการพิมพ์โค้ดที่ผิดพลาดในกลุ่มอาหารสัตว์ เดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561 จะเห็นว่าจำนวนของเสียจากการพิมพ์โค้ดที่เกิดขึ้นพบสูงในบรรจุภัณฑ์ที่เป็นกระป๋อง คิดเป็นร้อยละ 71.5 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนของเสียโค้ดที่พบทั้งหมด ดังนั้นจึงเลือกวิเคราะห์ปัญหาความผิดพลาดและความไม่ชัดเจนของโค้ด บนบรรจุภัณฑ์กระป๋อง มาใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เพื่อให้เข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้นในกลุ่มผลิตภัณฑ์มากขึ้นจึงได้ทำการศึกษาส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 7.7 เที่ยบสัดส่วนของเสียจากโค้ดแต่ละบรรจุภัณฑ์ในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561

1.2.1 กระบวนการผลิตสินค้าบรรจุภัณฑ์กระป๋อง

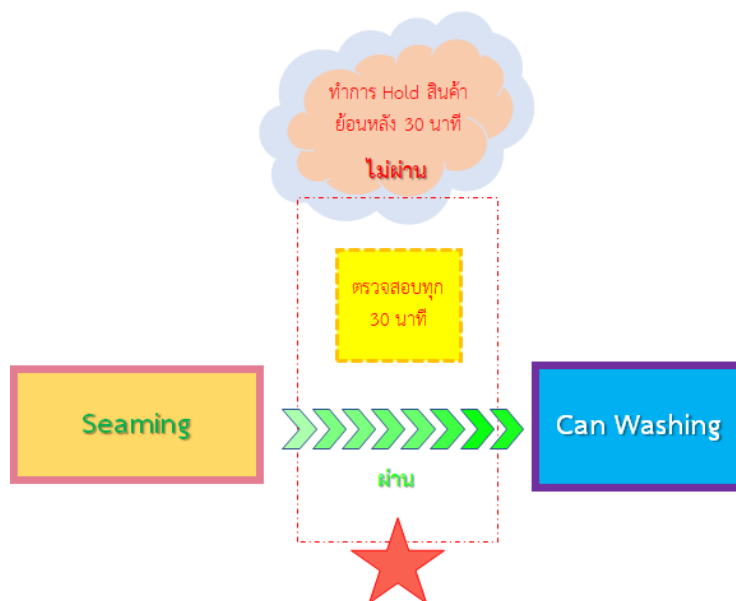


รูปที่ 8.8 แผนผังขั้นตอนการผลิตสินค้ากระป๋อง

กระบวนการผลิตสินค้าในบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋องมีส่วนของการควบคุมคุณภาพของการพิมพ์โค้ด โดยจะอยู่ในขั้นตอนของกระบวนการ Seaming และ Palletizing ซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1) จุด Seaming

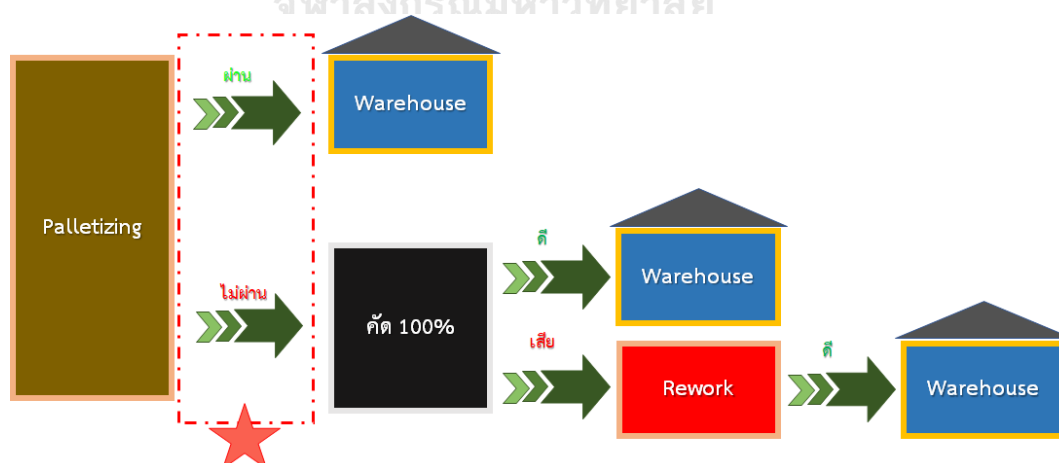
หลังจากกระป๋องที่ทำการปิดผนึก (Seaming) เรียบร้อยแล้ว ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพจะทำการสุ่มกระป๋องครั้งละ 1 ใบ ในทุก ๆ 30 นาที หากพบว่าโค้ดที่พิมพ์บนกระป๋องมานั้นเกิดความผิดพลาด ทางฝ่ายตรวจสอบคุณภาพจะทำการวางป้ายเพื่อรอตรวจสอบ และให้ฝ่ายผลิตทำการแยกคัดสินค้าทุกกระป๋อง ในช่วงเวลานั้นในจุด Palletizing ต่อไป



รูปที่ 9.9 การตรวจสอบโค้ดในจุดหลัง Seaming

2) จุด Palletizing

หลังจากที่เรียงกระป๋องบนพาเลท (Pallet) เรียบร้อยแล้ว ฝ่ายควบคุมคุณภาพจะทำการสุ่มกระป๋องจำนวน 80 กระป๋องในพาเลท (Pallet) นั้น หากพบว่าโค้ดที่พิมพ์มานั้นเกิดความผิดพลาด ทางฝ่าย QC จะทำการวางป้ายเพื่อรอตรวจสอบ สินค้าในพาเลท (Pallet) นั้นและให้ทางฝ่ายผลิตทำการตัดแยก ทุกกระป๋อง โดยฝ่ายผลิตจะทำการตัดแยกสินค้าที่มีปัญหาออกเพื่อนำไปแก้ไขในกระบวนการจัดการสินค้า (Rework) ต่อไป



รูปที่ 10.10 การตรวจสอบโค้ดในจุดหลัง Palletizing

1.2.2 ประเภทความผิดพลาดและความไม่ชัดเจนของโค้ด

ประเภทความผิดพลาดและความไม่ชัดเจนหลักของโค้ดมีด้วยกัน 8 ลักษณะมีดังต่อไปนี้

1) โค้ดลบ (Remove Code)

ลักษณะของโค้ดที่มีครบทุกตัวอักษร แต่มีสีซีดจางเป็นบางตัว หรือไม่เต็มตัวอักษร

2) โค้ดขาด (Shear Code)

ลักษณะของโค้ดที่มีตัวอักษรขาด ๆ หาย ๆ ไม่สมบูรณ์

3) ไม่มีโค้ด (No Code)

ลักษณะของกระป๋องที่ไม่มีโค้ดบอกที่ด้านฝาหรือที่ด้านก้นกระป๋อง

4) โค้ดไม่ตรงตำแหน่ง (Misaligned Code)

ลักษณะของโค้ดบนฝาหรือก้นกระป๋องอยู่ผิดตำแหน่ง เอียงออกมา

5) โค้ดแตก (Broken Code)

ลักษณะของโค้ดที่มองเห็นเป็นจุดหมึกฟุ้ง หรือแถบดำ ๆ

6) โค้ดจาง (Weak Code)

ลักษณะของโค้ดที่มีการ Inkjet ครบทุกตัวอักษร แต่มีสีซีดจาง มองไม่ชัดเจน

7) โค้ดเล็ก (Small Code)

ลักษณะของโค้ดที่มีขนาดเล็ก ผิดปกติไปจาก Code ที่สมบูรณ์อย่างเห็นได้ชัด

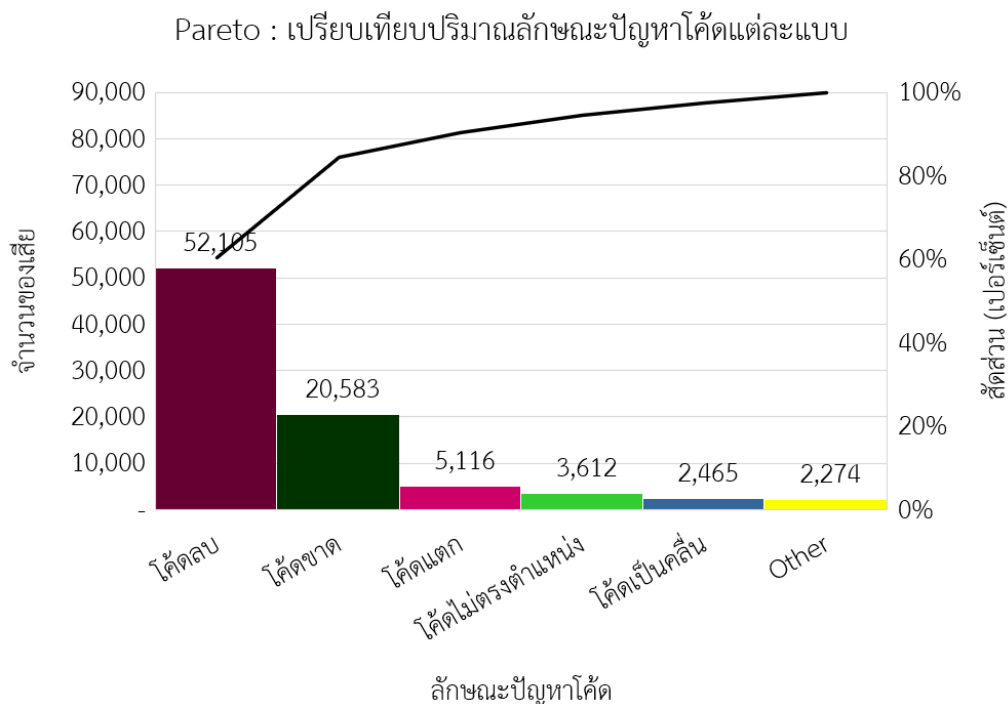
8) โค้ดเป็นคลื่น (Wave Code)

ลักษณะของโค้ดที่มีครบทุกตัวอักษร แต่มีลักษณะเป็นคลื่น ไม่เรียงเป็นแถว



รูปที่ 11.11 ลักษณะของโค้ดเสียแต่ละประเภท

จากประเภทลักษณะความผิดพลาดข้างต้นได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากลักษณะปัญหาความผิดพลาดและความไม่ชัดเจนของโค้ดตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 12.12 แผนภูมิพาราเรโต้เทียบลักษณะของโค้ดเสียที่พบบนกระป๋อง
ในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561

ดังรูปที่ 1.12 จากแผนภูมิพาราเรโต้ที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์พบว่า มีลักษณะของโค้ดเสียที่พบส่วนใหญ่ 2 ลักษณะ คือ โค้ดลบ และโค้ดขาด ดังนั้นจึงเลือกวิเคราะห์ปัญหาของโค้ดเสียที่มีลักษณะ โค้ดลบ และโค้ดขาด มาศึกษาในการวิจัยเพื่อหาสาเหตุและวิธีการแก้ไขปัญหาค้างนี้

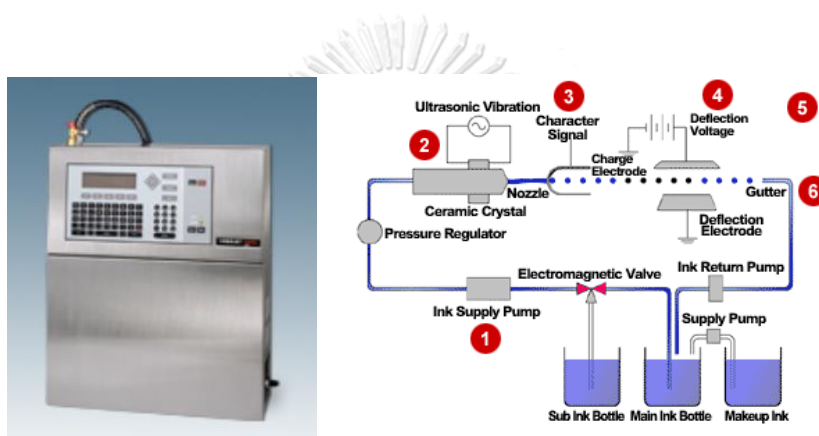
1.2.3 ส่วนประกอบของการพิมพ์

1. เครื่องพิมพ์

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านเครื่องพิมพ์มีอยู่หลายชนิด ทางโรงงานที่ศึกษาได้ใช้เครื่องพิมพ์แบรนด์ Video jet รุ่น Excel 2000 ชนิดอิงค์เจ็ทแบบต่อเนื่อง (Continuous Inkjet : CIJ) เป็นหลัก ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องมีดังนี้

เครื่องพิมพ์ชนิดอิงค์เจ็ทแบบต่อเนื่อง (Continuous Inkjet : CIJ) มีหลักการทำงานระบบไหลเวียนน้ำหมึกต่อเนื่องจากถลับหมึกไปยังหัวพิมพ์ (Print Head) เพื่อพิมพ์วันที่ออกมาตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ ส่วนหยดหมึกที่เหลือจะถูกดูดกลับไปยังระบบไหลเวียนหมึกเพื่อลดการสิ้นเปลืองหมึก

เครื่องพิมพ์ชนิดอิงค์เจ็ทแบบต่อเนื่อง (Continuous Inkjet : CIJ) สามารถพิมพ์ได้ทั้งตัวอักษร และตัวเลข คุณสมบัติของหมึกที่แห้งเร็ว ทำให้สามารถพิมพ์ลงบนชิ้นงาน และพื้นผิวได้หลากหลาย จุดเด่นคือ สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว แต่ก็มีข้อจำกัดที่มักจะมีคือ เมื่อใช้งานไปนาน ๆ อุปกรณ์ใช้งานจะสกปรกต้องหมั่นทำความสะอาด ไม่เช่นนั้นข้อความจะขาดหายไปสมบูรณ์



รูปที่ 13.13 หลักการทำงานของเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ทแบบต่อเนื่อง Continuous Inkjet (CIJ)
(ที่มา : www.tomco.co.th)

2. กระจบอง

โดยทั่วไปการทำกระจบองจะมีโลหะสำหรับทำกระจบองอยู่ 3 แบบ ได้แก่

- 1) แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก (Tin plate) เป็นแผ่นเหล็กดำที่มีความหนาาระหว่าง 0.15–0.5 มิลลิเมตร นำดีบุกมาเคลือบผิวหน้าด้านเดียวหรือทั้งสองหน้าด้วยดีบุก เพื่อให้ทนทานต่อการผุกร่อน และไม่เป็นพิษ เป็นบรรจุภัณฑ์ที่แข็งแรง
- 2) แผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) เป็นแผ่นเหล็กดำที่นำมาเคลือบด้วยสารอื่นแทนดีบุก เพื่อลดต้นทุนการผลิต ในปัจจุบันมีการเคลือบอยู่ 3 แบบคือ
 - เคลือบด้วยสารผสมฟอสเฟตและโครเมต เป็นฟิล์มบาง ๆ ใช้ทำกระจบองบรรจุเปียร์ น้ำผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว และทำถังโลหะชนิดต่าง ๆ
 - เคลือบด้วยอะลูมิเนียม มีความทนทานต่อการกัดกร่อนเนื่องจากความชื้นได้ดี แต่ไม่สามารถใช้กับอาหารที่มีความเป็นกรดหรือต่างสูง
 - เคลือบด้วยโครเมียมและโครเมียมออกไซด์ เพื่อให้สามารถป้องกันการกัดกร่อนได้ดี นิยมใช้ทำกระจบองบรรจุอาหารทะเล นมข้นหวาน เป็นต้น

3) อะลูมิเนียม (Aluminum) คุณสมบัติคือ มีน้ำหนักเบา ทนทานต่อการกัดกร่อนสูง ทนต่อการซึมผ่านของอากาศ ก๊าซ แสง และกลิ่นรสได้ดีเยี่ยม นิยมใช้ทำกระป๋อง 2 ชั้น (2piece can) สำหรับบรรจุน้ำอัดลมและเบียร์ กระป๋องฉีดพ่น (Aerosol) สำหรับบรรจุสเปรย์ฉีดผมหรือเครื่องสำอางต่าง ๆ และฝาชนิดที่มีห่วงเพื่อให้เปิดง่าย เช่น ฝากระป๋องน้ำอัดลมหรือขวดน้ำดื่ม ในรูปของอะลูมิเนียมเปลวมักใช้ควบกับวัสดุอื่นซึ่งให้ภาพลักษณ์ที่ดี เนื่องจากความเงางามของอะลูมิเนียม

3. หมึก

หมึกพิมพ์เป็นส่วนสำคัญในการพิมพ์ โดยหมึกแต่ละชนิดก็มีความเหมาะสมกับชิ้นงานที่แตกต่างกัน เช่น เหมาะกับการพิมพ์บนผิวโลหะ เหมาะกับการพิมพ์บนผิวพลาสติก เป็นต้น โดยโรงงานจะมีการเลือกใช้เบอร์หมึกอยู่ 2 หมายเลขด้วยกัน คือ เบอร์หมึก 5600 และ 8990 โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

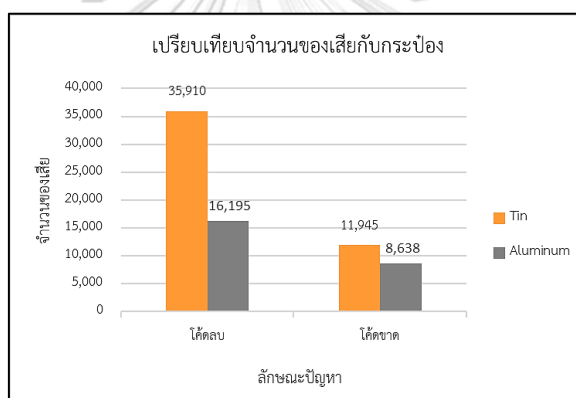
ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเบอร์หมึก 5600 และ 8990

ลำดับ	เบอร์หมึก	ข้อดี	ข้อเสีย	โลหะของกระป๋องที่ใช้พิมพ์
1	5600	หมึกชนิดซึมฝังลงในเนื้อวัสดุ ป้องกันการขีดข่วนได้ดี ทนอุณหภูมิสูงได้	ลบออกได้ยาก ทั้งคลาบไว้บนผิววัสดุ	กระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)
2	8990	หมึกชนิดเคลือบบนผิววัสดุ สามารถลบออกได้ง่ายด้วยน้ำยาลบหมึก	ป้องกันการขีดข่วนได้น้อย ผิววัสดุที่ใช้พิมพ์ต้องสะอาด เพื่อให้ยึดเกาะได้ดี	กระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

หมายเหตุ ทางโรงงานไม่มีการใช้กระป๋องประเภท Tin Plate ในสายการผลิต



รูปที่ 14.14 เครื่อง Excel 2000 และขวดเบอร์หมึก 5600



รูปที่ 15.15 เปรียบเทียบจำนวนของเสียโค้ดของกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) กับกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

จากรูปที่ 1.15 แสดงจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบและโค้ดขาดโดยเทียบระหว่างกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) และกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) พบว่าจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบของกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) และกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) อยู่ที่ 35,910 และ 16,195 กระป๋อง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ที่ 68.91 และ 31.09 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) มีจำนวนของเสียที่มากกว่าส่วนจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดขาดของกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) และกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) ที่ 11,945 และ 8,638 กระป๋อง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ที่ 68.91 และ 31.09 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกระป๋องทั้งสองประเภทมีจำนวนของเสียที่ใกล้เคียงกัน

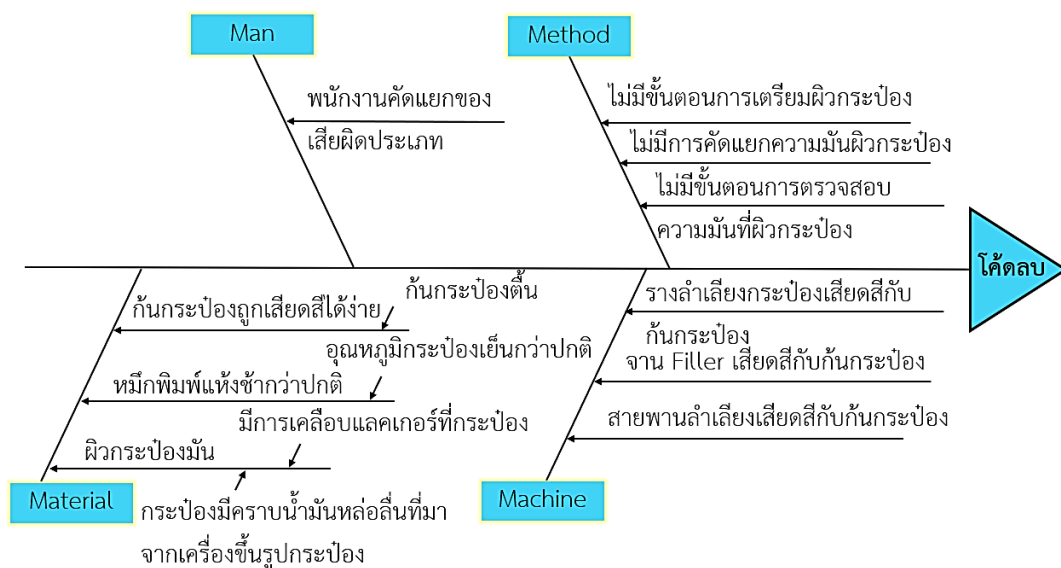
1.3 แนวทางในการดำเนินงาน

1.3.1 การดำเนินงานของทางโรงงานก่อนทำการวิจัย

จากการศึกษาสภาพปัญหาและสอบถามปัญหาเกี่ยวกับทางโรงงานพบว่าในช่วงเดือน ตุลาคม - ธันวาคม 2560 ทางโรงงานได้มีการดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากโค้ด ผลลัพธ์ที่ได้มีแนวโน้มที่ลดลงจากเดิมแต่ยังไม่ได้ตามเป้าหมายที่ทางโรงงานกำหนดไว้ ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ ที่ทางโรงงานได้ดำเนินการมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1) ปัญหาโค้ดคลบ

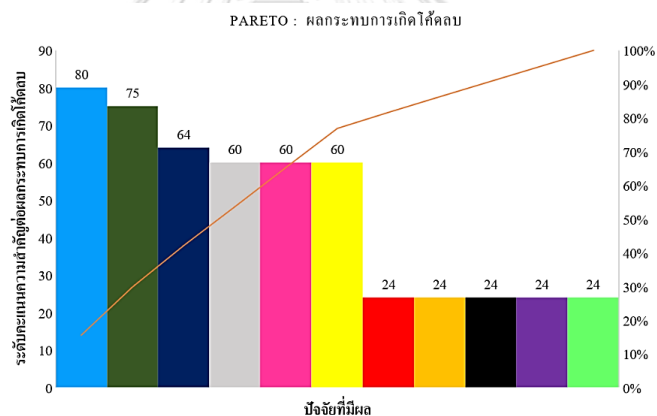
ทางโรงงานได้มีการประชุมในกลุ่มทีมงานผู้เกี่ยวข้องกับการเกิดปัญหาดังกล่าว เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยได้ใช้หลักการแผนภูมิแก๊งปลา ประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้หน้า (Risk Priority Number : RPN) การวิเคราะห์จากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและเหตุผล (Cause & Effect Matrix) ดังรูปที่ 1.16 และ 1.17 ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ค., หน้า 116-118.



รูปที่ 16.16 แผนภูมิแก๊งปลาวิเคราะห์ปัญหาโค้ดคลบ (1)

ลำดับ	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	S	O	D	Result
1	Man	พนักงานคัดแยกของเสียผิดประเภท	4	3	2	24
2	Method	ไม่มีขั้นตอนการเตรียมผิวกระป๋อง	5	4	4	80
3		ไม่มีการคัดแยกความมันผิวกระป๋อง	4	2	3	24
4		ไม่มีขั้นตอนการตรวจสอบความมันที่ผิวกระป๋อง	4	2	3	24
5	Machine	รางลำเลียงกระป๋องเสียดสีกับกันกระป๋อง	5	4	3	60
6		จาน Filler เสียดสีกับกันกระป๋อง	4	2	3	24
7		สายพานลำเลียงเสียดสีกับกันกระป๋อง	4	2	3	24
8	Material	กันกระป๋องตัน เกิดการเสียดสีได้ง่าย	5	4	3	60
9		มีการเคลือบแลคเกอร์ที่กระป๋อง ทำให้ผิวกระป๋องมัน	5	5	3	75
10		กระป๋องมีคราบน้ำมันหล่อลื่นที่มาจากเครื่องขึ้นรูปกระป๋อง ทำให้ผิวกระป๋องมัน	5	4	3	60
11		อุณหภูมิของกระป๋องเย็นกว่าปกติทำให้หมักพิมพ์แห้งช้า	4	4	4	64

รูปที่ 17.17 ประเมินตัวเลขความเสี่ยงขึ้น (Risk Priority Number)
วิเคราะห์สาเหตุปัญหาไค้ดล (1)



รูปที่ 18.18 แผนภูมิพาเรโตคัดเลือกปัญหาไค้ดล (1)

จากเกณฑ์การให้คะแนนประเมินตัวเลขความเสี่ยงขึ้นในรูปที่ 1.17 พบว่าแผนภูมิพาเรโตในรูปที่ 1.18 ที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ มีทั้งหมด 6 สาเหตุที่จะส่งผลให้เกิดไค้ดล จึงนำปัจจัยดังกล่าวไปพิสูจน์ด้วยหลักการ 5W1H เพื่อหาสาเหตุและมาตรการการแก้ไขต่อไป โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา พิสูจน์เหตุ และกำหนดมาตรการแก้ไข (1)

ลำดับ	หัวข้อพิสูจน์ (What)	เหตุผลในการพิสูจน์ (Why)	วิธีการพิสูจน์ (How)	ทดสอบสมมุติฐาน	สถานที่พิสูจน์ (Where)	กำหนดเสร็จ (When)	ผู้รับผิดชอบ (Who)	สรุปผลการพิสูจน์	ผลการทดสอบสมมุติฐาน	แนวทางการแก้ไข
1	ไม่มีชิ้นตอน การเตรียมผิว กระบอง	การที่มีพื้นผิวที่ไม่สะอาด เช่น คราบฝุ่น คราบน้ำมันจากเครื่องผลิตกระบอง เป็นต้น ส่งผลกระทบต่อการพิมพ์	จัดเตรียมกระบองปกตีที่ไม่มี การทำความสะอาดผิว และ กระบองที่มีการทำความสะอาดผิว จำนวนละ 100 ใบ มาทำการพิมพ์ได้ และ ทิ้งไว้ 15 วินาที (เวลาที่ยืด ตามที่ผู้ผลิตแนะนำใน คู่มือปฏิบัติการ) จากนั้นใช้ สำลีเช็ดที่หมึกพิมพ์ สังเกตการไหลหลุดออก	2 Proportion Test	ไลน์พิมพ์ โค้ดกระบอง	เดือน สิงหาคม 2560	ฝ่ายวิศวกรรม	กระบองที่ไม่มีการทำ ความสะอาด พบ 25 กระบอง กระบองที่มีการทำ ความสะอาด พบ 14 กระบอง สรุปล สามารถลด จำนวนของเสียจาก โค้ดลงได้	เป็นจริง (P-Value = 0.047)	การเตรียมผิวโดยใช้ พลังงานมาทำความสะอาด เป็นไปได้อย่าง จึงเสนอเป็นไปในการทำ ความสะอาดผิวกระบอง ก่อนทำการพิมพ์ได้
2	รางลำเลียง กระบองเสียดสีกัน กระบอง	เมื่อกระบอง กระบองกับรางจะ เกิดการเสียดสีใน จุดที่กระบอง สัมผัส	ตรวจเช็คตามจุดต่าง ๆ ของ รางลำเลียงกระบอง โดยการ นำสำลีชุบน้ำยาลบโค้ดมา เช็ดตามจุดต่าง ๆ ของราง ลำเลียง พร้อมบันทึกผลว่า พบที่จุดใดบ้าง	Observe	ไลน์บรรจุ	เดือน สิงหาคม 2560	ฝ่ายผลิต	ตรวจพบคราบหมึก พิมพ์ตามจุดต่าง ๆ ของรางลำเลียง บัง บอกว่ามีการเสียด ระหว่างกระบองกับ รางลำเลียง จนทำให้ หมึกพิมพ์หลุดลอกได้	เป็นจริง	ทำการหมักราางลำเลียง ด้วยพลาสติก เพื่อป้องกัน การเสียดของระหว่ง กระบองกับรางลำเลียง

ลำดับ	หัวข้อพินิจ (What)	เหตุผลในการพินิจ (Why)	วิธีการพินิจ (How)	ทดสอบสมมุติฐาน	สถานที่พินิจ (Where)	กำหนดเสร็จ (When)	ผู้รับผิดชอบ (Who)	สรุปผลการพินิจ	ผลการทดสอบสมมุติฐาน	แนวทางการแก้ไข
3	กั้นกระเบื้องต้นเกิดการเสียดสีได้ง่าย	กั้นกระเบื้องที่ต้นมีความเสียดสีกันกระเบื้องถูกเสียดสีทำให้ได้คัทพิมพ์หลุดลอก	ตรวจสอบเช็คตามจุดต่าง ๆ ที่มีการลำเลียงกระเบื้องที่พิมพ์ได้คัทแล้ว โดยการนำลำเลียงน้ำยาลบโป๊ต มาเช็ดตามจุดต่าง ๆ พร้อมบันทึกผลว่าพบที่จุดใดบ้าง	Observe	ไลน์บรรจุ	เดือนสิงหาคม 2560	ฝ่ายผลิต	ตรวจสอบครบพิมพ์บอกว่ามีการเสียดสีที่บริเวณกั้นกระเบื้องที่มีการพิมพ์ได้คัท	เป็นจริง	ไม่สามารถลดค่าเป็นการแก้ไขได้ เนื่องจากกระเบื้องเป็นต้นเหตุของทางลูกค้า
4	มีการเคลือบแลคเกอร์ที่กระเบื้อง ทำให้ผิวกระเบื้องมัน	แลคเกอร์ที่เคลือบไว้ที่ผิวกระเบื้อง มีความมันวาวส่งผลต่อการยึดเกาะของพิมพ์พิมพ์	จัดเตรียมกระเบื้องปกติที่มีการเคลือบแลคเกอร์บนผิวกระเบื้อง และกระเบื้องที่ไม่มี การเคลือบแลคเกอร์บนผิวกระเบื้อง จำนวนอย่างละ 100 ใบ มาทำการพิมพ์ได้คัทและทิ้งไว้ 15 วินาที (เวลายึดตามที่ผู้ผลิตแนะนำ ในคู่มือปฏิบัติการ) จากนั้นใช้สำลีเช็ดที่พิมพ์พิมพ์สังเกตการหลุดลอกของพิมพ์พิมพ์	Observe	ไลน์พิมพ์ ได้คัทกระเบื้อง	เดือนสิงหาคม 2560	ฝ่ายผลิต	กระเบื้องที่มีการเคลือบแลคเกอร์บนผิวกระเบื้อง พว 30 กระเบื้อง กระเบื้องที่ไม่มีมีการเคลือบแลคเกอร์บนผิวกระเบื้อง พว 1 กระเบื้อง สรุป สามารถลดจำนวนของเสียดสีจากได้คัทลงได้	เป็นจริง	ไม่สามารถเอาแลคเกอร์ออกจากผิวกระเบื้องได้ เพราะแลคเกอร์มีคุณสมบัติป้องกันการเกิดสนิมที่ผิวกระเบื้อง

ลำดับ	หัวข้อพิสูจน์ (What)	เหตุผลในการพิสูจน์ (Why)	วิธีการพิสูจน์ (How)	ทดสอบสมมุติฐาน	สถานที่พิสูจน์ (Where)	กำหนดเสร็จ (When)	ผู้รับผิดชอบ (Who)	สรุปผลการพิสูจน์	ผลการทดสอบสมมุติฐาน	แนวทางการแก้ไข
5	การป้องกันมีคราบน้ำมันไหลออกจากเครื่องขึ้นรูปการป้องกัน	น้ำมันที่มาจากเครื่องขึ้นรูปการป้องกันมีความมันส่งผลต่อการยึดเกาะของหมึกพิมพ์	จัดเตรียมการป้องกันปกติที่มีน้ำมันบนผิวการป้องกันและป้องกันที่ไม่มีน้ำมันบนผิวการป้องกัน จำนวนอย่างละ 100 ใบ ทำการพิมพ์ได้ใช้สาลีเช็ดที่หมึกพิมพ์สังเกตการหลุดลอกของหมึกพิมพ์ที่สาลี พร้อมนับจำนวนของเสีย	2 Proportion Test	ไลน์พิมพ์ โต๊ะการป้องกัน	เดือนสิงหาคม 2560	ฝ่ายผลิต	การป้องกันที่มีน้ำมันบนผิวการป้องกัน 28 การป้องกันที่ไม่มีน้ำมันบนผิวการป้องกัน 16 การป้องกันสรุปสามารถลดจำนวนของเสียจากโต๊ะลงได้	เป็นจริง (P-Value = 0.038)	ไม่สามารถดำเนินการแก้ไขได้ เนื่องจากผู้ผลิตภายนอกจึงควบคุมได้ยาก
6	อุณหภูมิของกระป๋องเย็นกว่าปกติทำให้หมึกพิมพ์แห้งช้า	อุณหภูมิของกระป๋องส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเซตตัวของหมึกพิมพ์	จัดเตรียมการป้องกันที่มีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 2 แบบ คือ อุณหภูมิที่ 35 และ 45 องศาเซลเซียส 100 ใบ ทำการพิมพ์ได้แล้วพักไว้เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นทำการใช้สาลีเช็ดที่หมึกพิมพ์สังเกตการหลุดลอกของหมึกพิมพ์	2 Proportion Test	ไลน์พิมพ์ โต๊ะการป้องกัน	เดือนสิงหาคม 2560	ฝ่ายวิศวกรรม	อุณหภูมิที่ 35 องศาเซลเซียส 30 การป้องกัน อุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส 10 การป้องกันสรุปการป้องกันที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นสามารถลดจำนวนของเสียจากโต๊ะลงได้	เป็นจริง (P-Value = 0.000)	ทดลองติดตั้งเครื่องเป่าลมร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิที่ผิวการป้องกันให้สูงขึ้น

ในหัวข้อที่ 1 5 และ 6 จากการทดสอบสมมุติฐานได้สรุปว่าสมมุติฐานเป็นจริง โดยการใช้การทดสอบสมมุติฐานแบบ 2 Proportion Test ซึ่งมีรายละเอียดในการตั้งสมมุติฐาน เพื่อทดสอบสมมุติฐานดังนี้

1) ทดสอบสมมุติฐานในหัวข้อที่ 1

$$H_0: P_{\text{ทำความสะอาด}} = P_{\text{ไม่ทำความสะอาด}}$$

$$H_a: P_{\text{ทำความสะอาด}} \neq P_{\text{ไม่ทำความสะอาด}}$$

$$\text{โดยที่ } N = 100, X_{\text{ทำความสะอาด}} = 14, X_{\text{ไม่ทำความสะอาด}} = 25$$

$$\text{จะได้ว่า } P_{\text{ทำความสะอาด}} = 0.14, P_{\text{ไม่ทำความสะอาด}} = 0.25$$

จากการทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ จะได้ว่า P-Value มีค่า 0.047 จึงปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า กระจกที่มีการทำความสะอาดผิวกระจก มีความแตกต่างกับกระจกที่ไม่ทำความสะอาด

2) ทดสอบสมมุติฐานในหัวข้อที่ 5

$$H_0: P_{\text{ไม่มีคราบน้ำมัน}} = P_{\text{มีคราบน้ำมัน}}$$

$$H_a: P_{\text{ไม่มีคราบน้ำมัน}} \neq P_{\text{มีคราบน้ำมัน}}$$

$$\text{โดยที่ } N = 100, X_{\text{ไม่มีคราบน้ำมัน}} = 16, X_{\text{มีคราบน้ำมัน}} = 28$$

$$\text{จะได้ว่า } P_{\text{ทำความสะอาด}} = 0.16, P_{\text{ไม่ทำความสะอาด}} = 0.28$$

จากการทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ ได้ค่า P-Value = 0.038 จึงปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า กระจกที่ไม่มีคราบน้ำมันที่ผิวกระจก มีความแตกต่างกับกระจกที่มีคราบน้ำมันที่ผิวกระจก

3) ทดสอบสมมุติฐานในหัวข้อที่ 6

$$H_0: P_{\text{อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส}} = P_{\text{อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส}}$$

$$H_a: P_{\text{อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส}} \neq P_{\text{อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส}}$$

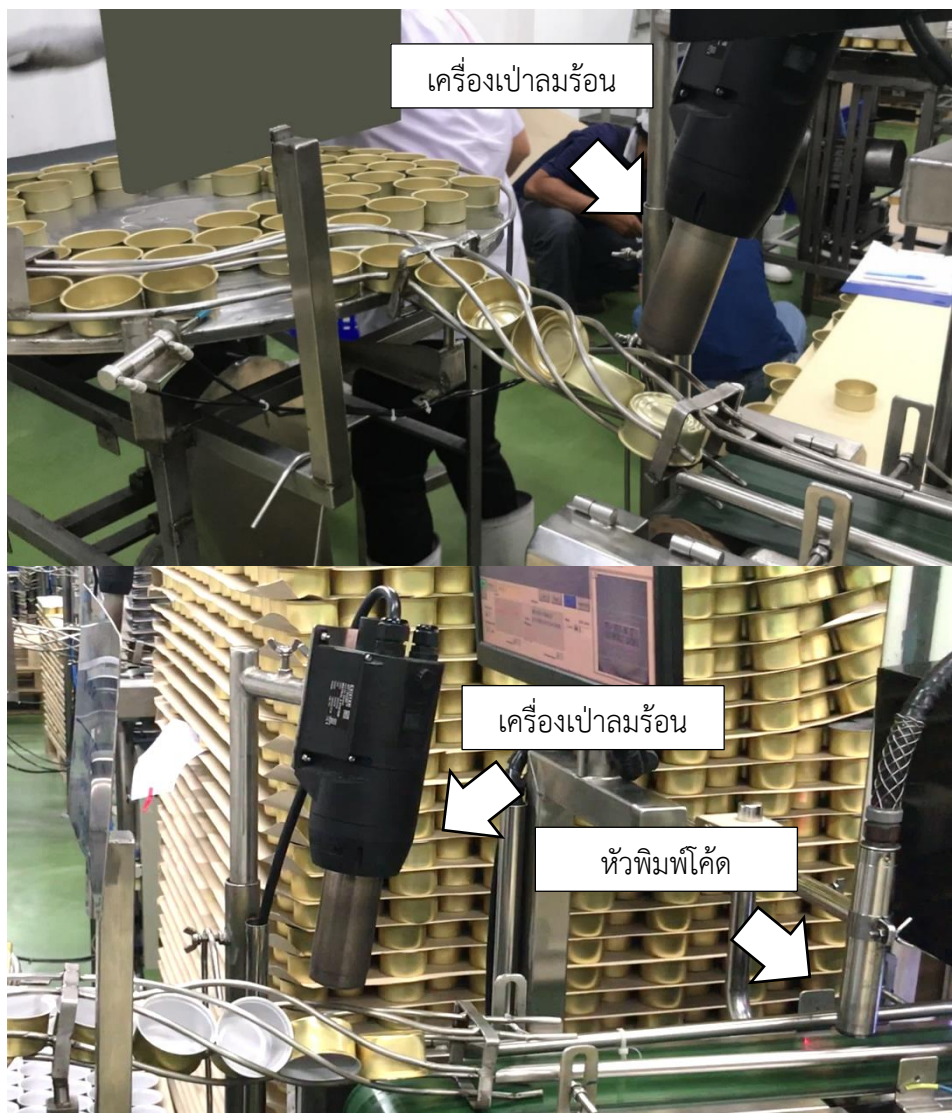
$$\text{โดยที่ } N = 100, X_{\text{อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส}} = 10, X_{\text{อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส}} = 30$$

$$\text{จะได้ว่า } P_{\text{ทำความสะอาด}} = 0.10, P_{\text{ไม่ทำความสะอาด}} = 0.30$$

จากการทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ ได้ค่า P-Value = 0.000 จึงปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า กระจกที่มีอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกับกระจกที่มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

จากการผลสรุปจากการวิเคราะห์ในตารางที่ 1.2 โรงงานได้ข้อสรุปในการดำเนินการแก้ไข สำหรับข้อที่ 1 และข้อที่ 6 โดยจะเพิ่มขั้นตอนการเตรียมผิวกระป๋อง และจะนำเครื่องเป่าลมร้อนมาติดตั้ง เพื่อลดจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบ โดยตำแหน่งที่จะติดตั้งเครื่องเป่าลมร้อนจะติดตั้งไว้ ตำแหน่งการลำเลียงกระป๋องก่อนเข้าเครื่องพิมพ์โค้ด ดังรูปที่ 1.19

ทั้งนี้จากการนำเครื่องเป่าลมร้อนมาติดตั้งใช้งานเพื่อทำการเตรียมผิวกระป๋องก่อนทำการพิมพ์ ผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่สามารถลดของเสียที่เกิดจากโค้ดได้ตามเป้า จึงต้องทำการศึกษาสภาพของ ปัญหาเพื่อหาแนวทางการแก้ไขต่อไป



รูปที่ 19.19 ลักษณะการติดตั้งเครื่องเป่าลมร้อน (ก่อนปรับปรุง)

2) ปัญหาไค้ดขาด

ปัจจุบันได้มีการกำหนดแผนการดำเนินงานเมื่อฝ่ายตรวจสอบคุณภาพตรวจเจอของเสียที่เกิดจากปัญหาไค้ดขาดที่ได้จากการสุ่มตรวจกระป๋องในสายการผลิต ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพจะสั่งหยุดสายการผลิตและแจ้งให้ฝ่ายวิศวกรรมมาทำการตรวจสอบและดำเนินการแก้ไข ซึ่งการดำเนินการแก้ไขปัญหาไค้ดขาดจะทำการแก้ไขที่ตำแหน่งเครื่องพิมพ์ไค้ด ด้วยการใช้ น้ำยาลบหมึกชนิดล้างที่หัวพ่นน้ำหมึก เนื่องด้วยหัวพ่นน้ำหมึกตันส่งผลให้เกิดปัญหาไค้ดขาด จากนั้นทำการเช็คระบบต่าง ๆ ของตัวเครื่องว่ามีสิ่งใดผิดปกติหรือไม่ หลังจากการดำเนินการแก้ไขเสร็จฝ่ายวิศวกรรมจะแจ้งฝ่ายคุณภาพให้มาตรวจสอบการพิมพ์ไค้ดอีกครั้ง เมื่อไม่พบปัญหาไค้ดขาดฝ่ายตรวจสอบคุณภาพจะแจ้งฝ่ายผลิตให้เดินสายการผลิตต่อ แต่การแก้ไขปัญหานั้นข้างต้นของฝ่ายวิศวกรรมเป็นการแก้ไขปัญหาที่ปลายเหตุเพื่อให้สายการผลิตสามารถผลิตสินค้าต่อไปได้ จึงเป็นเหตุให้นำมาดำเนินการวิจัยในครั้งนี้เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริง

1.3.2 แนวทางการดำเนินงานวิจัย ตารางที่ 3.3 แนวทางการดำเนินงาน

ลำดับ	ปัญหา	อุปกรณ์	การดำเนินงาน	เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และแก้ไข
1	ไค้ดคลบ	เครื่องเป่าลมร้อน	- ศึกษาสภาพปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมผิวกระป๋องก่อนทำการพิมพ์ไค้ดลงกระป๋องแต่ละชนิด พร้อมหาคาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย	- การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) ด้วยวิธีการออกแบบบ็อกซ์ -เบห์นเคน (Box Behnken)
2	ไค้ดขาด	เครื่องพิมพ์ (Video Jet) รุ่น Excel 2000	- ศึกษาการทำงานของเครื่องพิมพ์ และส่วนใดที่ส่งผลกระทบต่อเกิดการไค้ดขาด พร้อมปรับปรุงแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกันเพื่อลดปัญหาดังกล่าว	- แผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร - ค่าเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจะเสีย (MTBF) - ค่าเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (MTTR)

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ลดปริมาณของเสียที่เกิดจากโค้ด ในกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์กระป๋อง

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

- 1) ลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์ชนิดกระป๋องเพียงเท่านั้น
- 2) ชนิดของกระป๋องที่ใช้ในการพิมพ์มี 2 ชนิด คือ กระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) และกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)
- 3) ทำการลดของเสียที่เกิดความผิดพลาดและความไม่ชัดเจนของโค้ดในลักษณะโค้ดลบ และโค้ดขาด เพียงเท่านั้น
- 4) กำหนดใช้เครื่องพิมพ์ชนิด Inkjet แปรนต์ Video Jet รุ่น Excel 2000 ในการพิมพ์
- 5) กำหนดให้ทำการวิจัยเพียง 1 สายการผลิต โดยเลือกจาก 5 สายการผลิตของโรงงาน
- 6) กำหนดให้ใช้เบอร์หมึก 5600 กับกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) และเบอร์หมึก 8990 กับกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)
- 7) จำนวนของเสียที่เกิดจากปัญหาโค้ดลบ และโค้ดขาด ให้พิจารณาที่สายการผลิตกระป๋องที่ 1 ด้วยเป้าหมายที่ 0.02% ตามที่โรงงานกำหนด

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

- 1) ศึกษาข้อมูลของปัญหา
 - รวบรวมข้อมูลของปัญหาที่เกิดขึ้นในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิด เพื่อกำหนดขอบเขตในการศึกษาบรรจุภัณฑ์ด้วยแผนผังพาเรโต้ (Pareto Diagram)
 - ศึกษาขั้นตอนและวิธีการผลิตสินค้าในบรรจุภัณฑ์ที่กำหนดไว้
 - ศึกษาลักษณะของปัญหาที่พบในบรรจุภัณฑ์ที่กำหนด
 - รวบรวมข้อมูลปริมาณการเกิดขึ้นของลักษณะปัญหาที่พบในบรรจุภัณฑ์ที่ศึกษา เพื่อทำการกำหนดขอบเขตในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนผังพาเรโต้ (Pareto Diagram)
- 2) ศึกษาทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - ศึกษาและรวบรวมทฤษฎีในการวิเคราะห์ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ เกี่ยวกับข้องกับการทำวิทยานิพนธ์ในการลดของเสีย โดยค้นหาจากแหล่งต่าง ๆ เช่น วารสารทางวิชาการ บทความ วิทยานิพนธ์หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

3) วิเคราะห์และกำหนดวิธีการแก้ไขปัญหา

- จัดประชุมร่วมกับคณะทีมงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดปัญหา ด้วยแผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้หน้า (Risk Priority Number : RPN) และตั้งสมมติฐานสาเหตุของปัญหาด้วยหลักการ 5W1H
- จัดแบ่งคณะทีมงานเพื่อทำการพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้และนำผลการดำเนินงานมาหาข้อสรุป เพื่อให้ได้มาซึ่งสาเหตุของปัญหาที่มีผลกระทบแท้จริง

4) วิเคราะห์และคัดกรองปัจจัย

- ทำการทดลองวิเคราะห์หาจุดสมมูลที่มีผลต่อปัจจัยของปัญหาเพิ่ม โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) ด้วยวิธีการออกแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน (Box Behnken) เพื่อให้ได้ปริมาณการพบลักษณะความผิดพลาด และความไม่ชัดเจนของโค้ดน้อยที่สุด
- ทำการศึกษาแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกันของเครื่องพิมพ์ และนำหลักวิธีการ Maintenance มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเพื่อปรับปรุงแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกันของเครื่องพิมพ์

5) ปรับปรุงกระบวนการ

- ทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อหาค่าของปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่อง เพื่อให้ได้กระบวนการพิมพ์โค้ดที่ดีที่สุด
- นำแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกันของเครื่องพิมพ์ตามที่ออกแบบไว้ไปปฏิบัติ

6) การยืนยันผลและการติดตามควบคุมกระบวนการ

- ทำการทดสอบยืนยันผลจากการนำแผนซ่อมบำรุงเชิงป้องกันไปปฏิบัติ และผลการทดลองจากการปรับตั้งปัจจัยตามที่ได้ทดลองที่กระบวนการผลิตจริงและเก็บข้อมูล เป็นระยะเวลา 2 เดือน และจัดทำแผนควบคุมและมาตรฐานการทำงาน

7) ประเมินและสรุปผลหลังการดำเนินงาน

8) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.8 ผลที่ได้รับ

- 1) วิธีการพิมพ์โค้ดเพื่อให้เกิดของเสียน้อยที่สุด
- 2) ค่าปรับตั้งเครื่องจักรที่เหมาะสมในขั้นตอนกระบวนการพิมพ์โค้ด
- 3) การเลือกใช้ชนิดของน้ำหมึกที่เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิด
- 4) แผนตรวจเช็คสภาพความพร้อมของเครื่องจักรที่ใช้ในขั้นตอนกระบวนการพิมพ์โค้ด

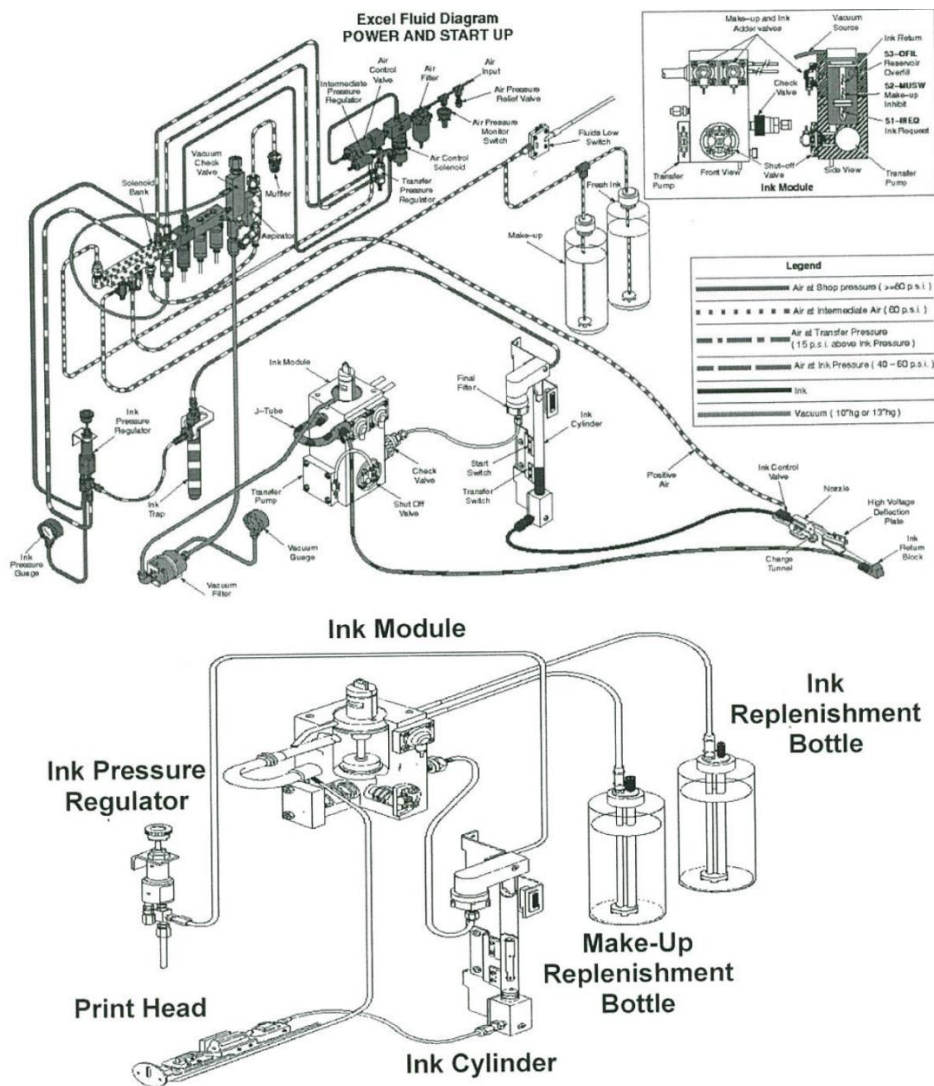
1.9 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1) ลดปริมาณของเสียในกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์กระป๋อง
- 2) ลดต้นทุนในการผลิตสินค้าผลิตภัณฑ์กระป๋อง
- 3) เพิ่มปริมาณการผลิตสินค้าผลิตภัณฑ์กระป๋องต่อวันให้สูงขึ้น
- 4) เพิ่มความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์กระป๋อง
- 5) ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้น
- 6) ลดระยะเวลาในการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าหรือส่งมอบทันเวลา

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

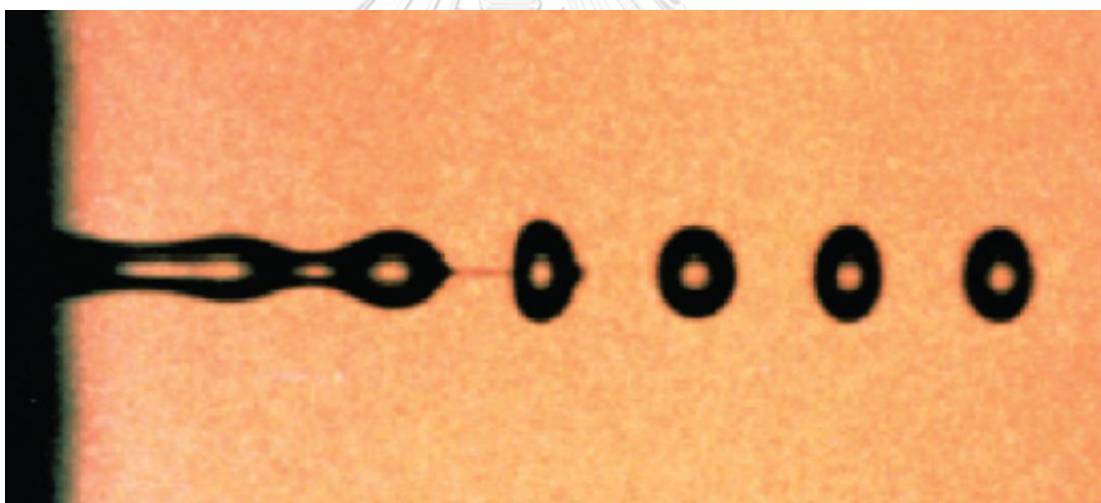
2.1 หลักการทำงานของเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ทระบบต่อเนื่อง (Continuous Ink Jet Printer : CIJ)

เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ทระบบต่อเนื่องการทำงานของเครื่องพิมพ์ชนิดนี้จะแตกต่างกับเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ททั่วไปหยดน้ำหมึกจะไหลอย่างต่อเนื่อง หยดน้ำหมึกที่ไม่ใช้จะถูกนำกลับมาใช้ใหม่ ดังรูปที่ 2.1

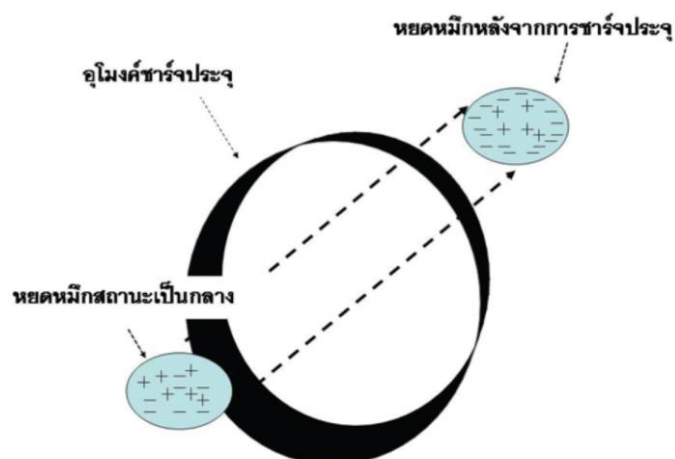


รูปที่ 20.1 ภาพรวมอุปกรณ์ภายในเครื่องพิมพ์ Excel 2000 (ที่มา : www.tomco.co.th)

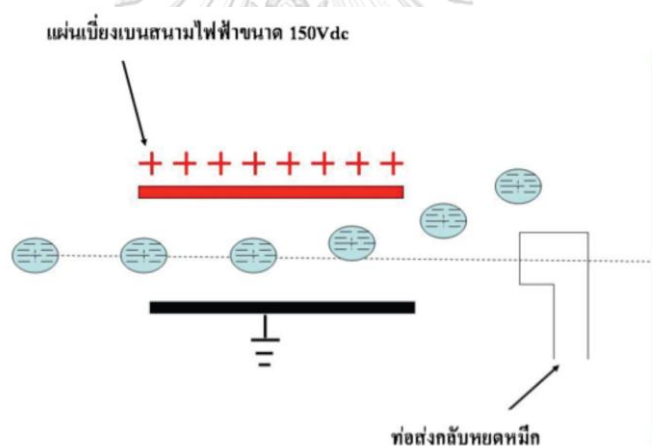
หลักการทำงานของเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ทระบบต่อเนื่อง เริ่มต้นด้วยการใช้ปั๊มลมแรงดันสูงเพื่อทำให้น้ำหมึกมีแรงดันผ่านท่อส่งน้ำหมึก โดยให้มีแรงของดันลมอยู่ที่ประมาณ 3-4 bar จะทำให้น้ำหมึกไหลผ่านหัวฉีดที่ถูกป้อนสัญญาณขายนีในการควบคุมหยดหมึกที่มีความถี่ 66 kHz ขนาดแอมพลิจูดที่ 5V ซึ่งความถี่นี้เป็นการควบคุมจำนวนของหยดหมึกให้ได้ 66,000 หยดต่อวินาที โดยจะทำให้น้ำหมึกกลายเป็นหยด จุดที่น้ำหมึกกลายเป็นหยดนี้ถูกเรียกว่าจุดเบรกดาวน์ (break down) ดังรูปที่ 2.2 สามารถปรับค่าแรงดันไฟฟ้าในการชาร์จประจุไฟฟ้าได้ เพื่อจัดเรียงประจุไฟฟ้าให้กับผิวของหยดหมึกที่ถูกเลือกใช้ให้มีประจุไฟฟ้าเป็นลบจากหยดหมึกที่มีสถานะทางไฟฟ้าเป็นกลาง ดังรูปที่ 2.3 เมื่อหยดหมึกผ่านอุโมงค์ชาร์จประจุไฟฟ้าแล้ว หยดหมึกจะพุ่งเข้าสู่ชุดแผ่นเบี่ยงเบนสนามไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งมีสนามไฟฟ้าตามค่าของแรงดันที่กำหนด เมื่อหยดหมึกที่ผิวเป็นประจุไฟฟ้าลบบวี่ยงผ่านสนามไฟฟ้างดังกล่าว หยดหมึกจะเบี่ยงเบนเข้าไปหาแผ่นเบี่ยงเบนที่มีประจุไฟฟ้าบวกและออกไปพิมพ์บนชิ้นงาน ส่วนหยดหมึกที่ไม่ได้ถูกชาร์จประจุไฟฟ้าจะถูกส่งกลับมายังถังบรรจุน้ำหมึกผ่านทางท่อส่งกลับหยดหมึก



รูปที่ 21.2 ลักษณะจุดเบรกดาวน์ (break down) ของน้ำหมึก
(ที่มา :นายลิขิต วรรณนท์ , นายเอกชัย ไกรราม (2558))



รูปที่ 22.3 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของหยดหมึกผ่านอุโมงค์ชาร์จประจุไฟฟ้า
(ที่มา :นายลิขิต วรรณนท์ , นายเอกชัย ไกรราม (2558))



รูปที่ 23.4 ลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ของหยดหมึกเมื่อเข้าสู่ชุดแผ่นเบี่ยงเบนสนามไฟฟ้า
(ที่มา :นายลิขิต วรรณนท์ , นายเอกชัย ไกรราม (2558))

นฤพนธ์ เกิดโพธิ์กะตัน (2550) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ทระบบต่อเนื่อง (Continuous Ink Jet Printer : CIJ) เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลเบื้องต้นที่มีการจัดเก็บข้อมูลความรู้ทางด้านเทคนิคและระบบการทำงานของเครื่อง โดยระบบฐานข้อมูลจะช่วยให้พนักงานสามารถสืบค้นข้อมูลด้านเทคนิคของเครื่อง วิเคราะห์สาเหตุปัญหาของเครื่อง และสามารถเรียกดูรายการอะไหล่ของเครื่องได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ยังสามารถนำไปพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถในการทำงานต่อไป

2.1.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์

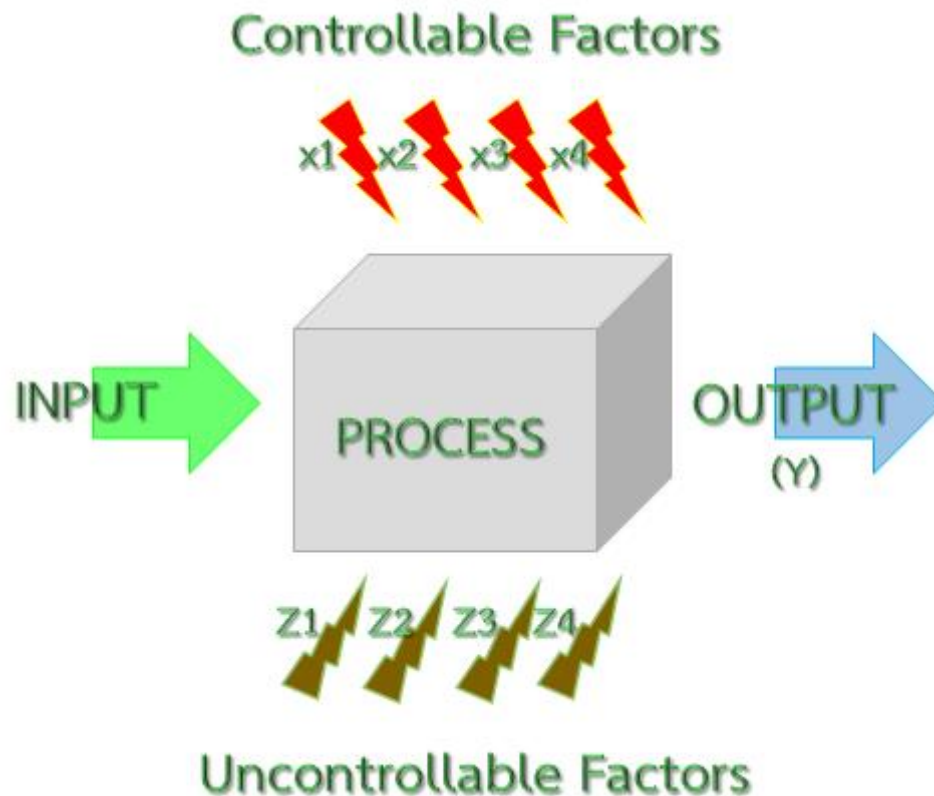
วิลาวลัย อินทรรัตน์ (2555) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการพิมพ์โค้ดเดทแบบหมึกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์อุปโภคบริโภค ด้วยเครื่องมือ QCC ผ่านกระบวนการ QC Story จากโรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นกรณีศึกษานี้ก็มีปัญหาเรื่องข้อบกพร่องการพิมพ์โค้ดเดทที่ไม่ได้มาตรฐานแบบเดิมใช้วิธีแก้ไขโดยการเพิ่มขึ้นขั้นตอนการตรวจสอบโค้ดเดทหลังการเปลี่ยนโค้ดเดททุก ๆ ชั่วโมงโดยการเปลี่ยนคนในการตรวจสอบในแต่ละชั่วโมง และการใช้บทลงโทษกับพนักงานที่ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการตรวจสอบ ซึ่งไม่ได้เป็นการแก้ไขปัญหาที่ตรงจุด อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มต้นทุนด้านคุณภาพ จึงต้องมีการศึกษาที่มาของปัญหาและนำเทคนิค QCC มาใช้ในโรงงานกรณีศึกษา โดยผ่านกระบวนการของ QC Story ให้ปริมาณข้อบกพร่องในการพิมพ์ลดลงในสัดส่วนมากกว่า 50% (จำนวนครั้งของข้อบกพร่องต่อกำลังการผลิต)

นายลิขิต วรานนท์ , นายเอกชัย ไกรราม (2558) ได้ศึกษาการทำงานของเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ทระบบต่อเนื่อง (Continuous Inkjet Printer : CIJ) และได้ทดลองหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการปรับความดันลมที่ป้อนลมที่จ่ายเข้าหัวฉีดและการกำหนดทิศทางของหยดน้ำหมึกด้วยค่าแรงดันไฟฟ้า ได้ได้ข้อสรุปคือ ค่าแผ่นเบี่ยงเบนสนามไฟฟ้าที่ 150 VDC การเพิ่มแรงดันลมทำให้เกิดจุดเบรกดาวนที่ต่างกันจริง โดยความดันลมมากทำให้จุดเบรกดาวนจะเกิดที่ระยะไกล และหยดน้ำหมึกจะเริ่มมีการเบี่ยงเบนทิศทางมีค่าตั้งแต่ 40 mV ไปจนถึงที่ 80 mV

John Kettle, Taina Lamminmaki, Patrick Gane (2552) ได้ร่วมกันศึกษาวิธีการพิมพ์หมึกลงบนพื้นผิววัสดุที่มีความแข็งคงทนและรวดเร็ว โดยคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของการพิมพ์หมึก คือ ปัจจัยโครงสร้างของพื้นผิว ความเป็นรูพรุนของตัวเนื้อวัสดุ โดยเมื่อหมึกเริ่มสัมผัสลงบนพื้นผิว หมึกจะมีการแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของตัวพื้นผิว โดยแทรกซึมเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับ ขนาดของรูพรุน ความชื้น และอุณหภูมิของพื้นผิว

2.2 การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (DOE : Design of Experiment)

ปารเมศ ชูติมา (2545) การออกแบบการทดลองเชิงสถิติเป็นกระบวนการในการวางแผนการทดลองเพื่อว่าจะได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีทางสถิติ การทดลองถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพในการทำงานของกระบวนการและระบบ ซึ่งกระบวนการและระบบสามารถแทนด้วยแบบจำลองดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 24.5 แบบจำลองทั่วไปสำหรับกระบวนการหรือระบบ
(ที่มา :ปารเมศ ชูติมา (2547))

กระบวนการ (Process) คือ การรวมเอาทรัพยากร วิธีการ เครื่องจักรรวมเข้าด้วยกัน เพื่อเปลี่ยนจากสิ่งที่ได้รับ (Input) ออกมาเป็นผลลัพธ์ที่ได้ (Output) โดยมีปัจจัย 2 อย่างที่คอยกำหนดผลลัพธ์ของกระบวนการว่าให้ออกมาเป็นในรูปแบบไหน มีอยู่ด้วยกัน 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง การที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ตามที่ต้องการ เช่น อุณหภูมิ ,ความเร็ว เป็นต้น และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึง การที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ตามที่ต้องการ เช่น สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองตามแบบจำลองทั่วไปสำหรับกระบวนการหรือระบบจะแบ่งได้ออกเป็น 4 ข้อ คือ

1. หาวิธีการตั้งค่าของ X ที่มีผลต่อ Y เพื่อให้ได้ค่าของ Y อยู่ในค่าที่มากที่สุด
2. หาวิธีการตั้งค่าของ X ที่มีผลต่อ Y เพื่อให้ได้ค่าของ Y อยู่ในค่าที่ต้องการ
3. หาวิธีการตั้งค่าของ X ที่มีผลต่อ Y เพื่อให้ได้ค่าของ Y อยู่ในค่าที่น้อยที่สุด
4. หาวิธีการตั้งค่าของ X ที่มีผลต่อ Y เพื่อให้ค่าของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Z) มีค่าน้อยที่สุด

หลักการพื้นฐาน 3 ประการสำหรับการออกแบบการทดลองคือ

- 1) การทดลองซ้ำ (Replication)

มีคุณสมบัติ 2 ประการ คือ 1. ทำให้สามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้หน่วยวัดขั้นพื้นฐานสำหรับการพิจารณา ความแตกต่างสำหรับข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความแตกต่างกันในเชิงสถิติหรือไม่ และ 2. ค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งในการทดลอง ซึ่งทำให้สามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลกระทบ

- 2) การทดลองแบบสุ่ม (Randomization)

การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่มวิธีการเชิงสถิติกำหนดข้อมูล (ความผิดพลาด) จะต้องเป็นตัวแปรแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ จะทำให้สมมติฐานนี้เป็นจริง สามารถลดปัจจัยภายนอกที่อาจจะปรากฏในการทดลองได้

- 3) การทดลองแบบควบคุมปัจจัย (Blocking)

เทคนิคที่ใช้เพิ่มความเที่ยงตรงให้แก่การทดลอง เป็นการจัดกลุ่มการเก็บข้อมูลเพื่อลดผลกระทบกับปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้น้อยที่สุด ส่วนใหญ่ใช้กับการทดลองที่ไม่มีความสม่ำเสมอ

2.2.1 ชนิดของการออกแบบการทดลอง

1. การออกแบบการทดลองแบบปัจจัยเดียว (Single Factor Design)

การทดลองแบบปัจจัยเดียวจะต้องเก็บข้อมูลระดับของปัจจัยเพื่อทดสอบว่าระดับของปัจจัยต่าง ๆ มีผลต่อค่าตอบสนองหรือไม่ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 แบบคือ

1) การทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (Complete Randomized Design : CRD)

เป็นการทดลองที่มีปัจจัยเดียว แต่จะทำการเปรียบเทียบระหว่างระดับของปัจจัย โดยการทดลองนี้จะใช้หลักการทำให้แบบสุ่ม (Randomization) และการทำซ้ำ (Replication)

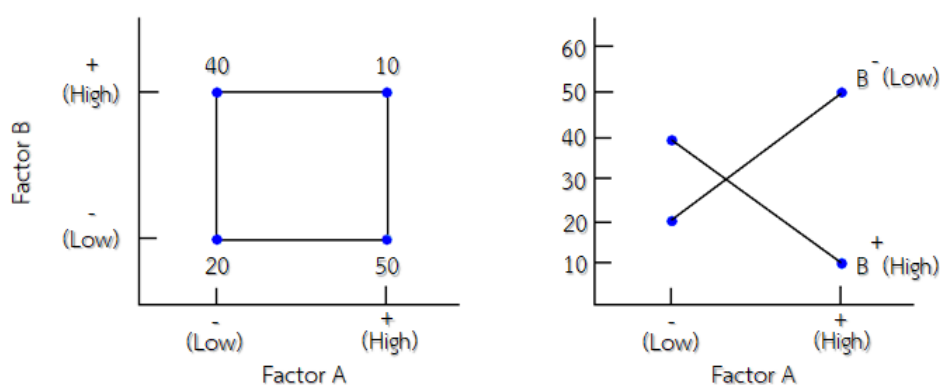
2) การทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ภายในบล็อก (Completely Randomized Block

Design) เป็นการทดลองที่มีปัจจัยเดียวและมีปัจจัยรบกวน (Nuisance Factor) ที่มีผลกระทบต่อค่าตอบสนองและต้องทำการกำจัดปัจจัยรบกวนดังกล่าวทิ้งจึงต้องใช้วิธีการบล็อก (Blocking) มากำจัดปัจจัยดังกล่าวออกไป

การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design)

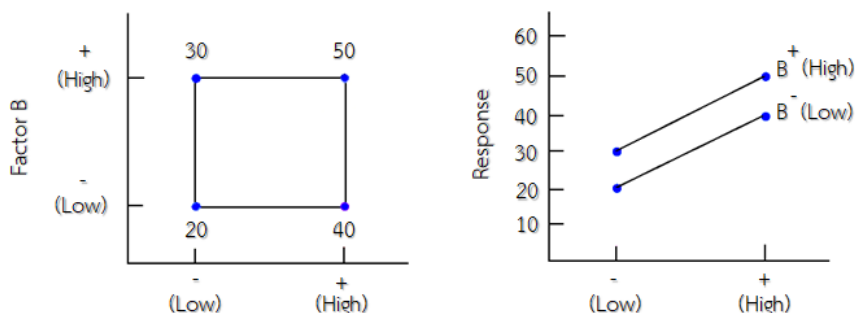
2. การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล

เป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ในกรณีที่มีปัจจัย (Factor) ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป โดยทุก ๆ ปัจจัยจะถูกพิจารณาไปพร้อม ๆ กัน ผลที่เกิดขึ้นจากการกำหนดปัจจัยเรียกว่า ผลตอบสนอง (Response) ปัจจัยที่ถูกกำหนดที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเรียกว่า ปัจจัยหลัก (Main Effect) และหากผลตอบสนองของปัจจัยหนึ่งขึ้นกับระดับของปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งเรียกว่า การมีอันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 25.6 แฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่มีอันตรกิริยา

(ที่มา :ปารเมศ ชูติมา (2547))



รูปที่ 26.7 แฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่ไม่มีอันตรกิริยา
(ที่มา :ปารเมศ ชูติมา (2547))

3. การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k (2^k Factorial Design)

กรณีที่มีปัจจัย k แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ โดยระดับเหล่านี้อาจเกิดจากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความเร็ว หรือเวลา เป็นต้น และอาจเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพได้ เช่น เครื่องจักร หรือ คนงาน เป็นต้น และใน 2 ระดับจะแทนด้วยระดับ “สูง” หรือ “ต่ำ” ของปัจจัย ใน 1 กระบวนการทำซ้ำ (Replicate) สำหรับการออกแบบประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น $2 \times 2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ เรียกการออกแบบลักษณะนี้ว่า การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k

ตารางที่ 5.1 สรุปรูปแบบการออกแบบการทดลองเชิงสถิติ

รูปแบบการทดลอง	ลักษณะการทดลอง	เวลาในการวิเคราะห์	ระดับความถูกต้อง
Single Factor	การทดลองสำหรับหนึ่งปัจจัย ปัจจัยมีความสำคัญสูงสุดของปัญหา	รวดเร็ว	ปานกลาง
Factorial Design	การทดลองมีปัจจัยมากกว่าหนึ่งปัจจัย	นาน	มากที่สุด
2^k	การทดลองที่มีปัจจัยมากกว่าหนึ่งปัจจัย โดยกำหนดให้แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับเท่านั้น	ปานกลาง	ปานกลาง

4. การออกแบบการทดลองปัจจัย 3 ระดับ มีรายละเอียดดังนี้

1) 3^{k-p} factorial

ใช้ศึกษาปัจจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยสามารถประมาณค่าผล
กระทบเชิงเส้น (Linear Effects) และผลกระทบกำลังสอง (Quadratic Effects) ได้ทั้งหมดแต่ไม่
เหมาะสมในการศึกษาปัจจัยเชิงปริมาณทั้งหมด

2) 3^k full factorial

ใช้ศึกษาปัจจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ประมาณค่าผลกระทบ
เชิงเส้น ผลกระทบกำลังสอง และผลกระทบร่วมได้ทุกกรณีที่เป็นไปได้แต่ต้องใช้งบประมาณมาก
เนื่องจากจำนวนการทดลองสูงกว่าแผนอื่น ๆ โดยหากพิจารณาที่ 5 ตัวแปรจะต้องทำการทดลอง
จำนวน 243 การทดลอง

3) Central Composite Designs (CCD)

เหมาะสำหรับศึกษาปัจจัยเชิงปริมาณ แต่ถ้ามีปัจจัยเชิงคุณภาพ 1 ปัจจัย ก็ยังคงใช้วิธีนี้ได้ซึ่ง
ประมาณค่าผลกระทบเชิงเส้นได้ทุกค่า และเลือกศึกษาผลกระทบกำลังสอง เลือกศึกษาผลกระทบ
ร่วม 2 ปัจจัยได้ ซึ่งหากพิจารณาที่ 5 ตัวแปร จะทำการทดลองจำนวน 20 การทดลอง แต่ในการ
ทดลองจำเป็นต้องมีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เข้ากับรูปแบบการทดลองซึ่งอาจอยู่นอกช่วงการ
ทดลอง จึงไม่ยืดหยุ่นสำหรับใช้ในทางปฏิบัติจริง

4) Box-Behnken

ใช้ศึกษาปัจจัยเชิงปริมาณ และอาจจะใช้ศึกษาปัจจัยเชิงคุณภาพได้ในบางกรณีขึ้นกับจำนวน
ปัจจัย สามารถประมาณค่าผลกระทบเชิงเส้น ผลกระทบกำลังสอง และผลกระทบร่วมของ 2 ปัจจัยได้
ทุกค่า หากพิจารณาที่ 5 ตัวแปร จะต้องทำการทดลองจำนวน 46 การทดลอง จากที่กล่าวมา จะเห็น
ว่าแบบการทดลองต่าง ๆ มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน จึงควรเลือกการออกแบบการทดลองที่เหมาะสม
กับงาน Box และ Behnken (1960) ได้นำเสนอการออกแบบการทดลองแบบ 3 ระดับเพื่อศึกษาตัว
แปรเชิง ปริมาณ การออกแบบบ็อกซ์ -เบห์นเคน (Box-Behnken) เป็นการทดลองที่มีประสิทธิภาพ
และนิยมใช้มากในกรณีศึกษา ปัจจัยที่ 3 ระดับ โดยเฉพาะกรณีที่ต้องการสร้างสมการความสัมพันธ์
เมื่อปัจจัยเป็นปัจจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Factor) เช่น เวลา อุณหภูมิ ความดันความเข้มข้น
 ฯลฯ

ลักษณะของการออกแบบ วิธี การออกแบบบ็อกซ์ -เบห์นเคน (Box-Behnken) จะใช้
หลักการของ 2^2 แฟคทอเรียลเต็มรูปแบบกับจุดกึ่งกลาง (Central Points) รวมเข้าไป

2.2.2 การออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken)

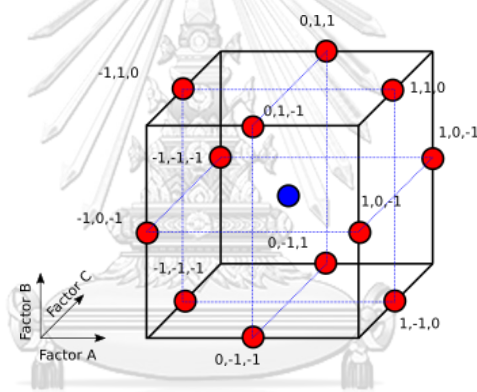
การออกแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนได้ถูกพัฒนาโดยนายบ็อก และนายเบห์นเคน (1996) ซึ่งได้พัฒนาประสิทธิภาพการออกแบบการทดลองแบบ 3 ระดับสำหรับพิตพื้นผิวตอบสนองที่มีสมการอันดับ 2 (Second-order) ลักษณะของการออกแบบ วิธี Box-Behnken จะใช้หลักการของ 2^2 แพคทอเรียลเต็มรูปแบบบวกกับจุดกึ่งกลาง (Central Points) รวมเข้าไปโดยที่ k คือ จำนวนปัจจัย

Box และ Behnken (1960) ได้จัดทำตารางสำหรับแผนการทดลองเพื่อใช้กับปัจจัยได้สูงสุดไม่เกิน 16 ปัจจัย (ไม่รวมกรณี $k = 8$) ตัวอย่างของการทดลองแสดงดังตารางที่ 2.2 และในกรณี 3 ปัจจัย จำนวนการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 15 การทดลองดังตารางที่ 2.3 ตารางที่ 6.2 แบบย่อของแผนการทดลอง Box-Behnken กรณี 4 ปัจจัย

Run	A	B	C	D
1	1	0	0	-1
2	-1	0	0	1
3	0	0	-1	1
4	0	0	-1	-1
5	0	0	1	1
6	0	0	0	0
7	0	1	0	-1
8	0	1	1	0
9	1	1	0	0
10	0	1	0	1
11	1	-1	0	0
12	1	0	0	1
13	0	-1	0	-1
14	-1	0	-1	0
15	-1	0	1	0
16	-1	-1	0	0
17	0	0	1	-1
18	0	0	0	0
19	0	-1	1	0
20	0	0	0	0
21	1	0	-1	0
22	0	-1	-1	0
23	-1	1	0	0
24	0	-1	0	1
25	-1	0	0	-1
26	0	1	-1	0
27	1	0	1	0

ตารางที่ 7.3 แสดงการออกแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken) ที่มี 3 ตัวแปร

Run	A	B	C
1	0	0	0
2	-1	0	-1
3	-1	1	0
4	0	1	-1
5	-1	-1	0
6	1	0	-1
7	0	1	1
8	-1	0	1
9	1	-1	0
10	0	0	0
11	0	-1	-1
12	0	0	0
13	1	0	1
14	1	1	0
15	0	-1	1



รูปที่ 27.8 Box-Behnken Design

(ที่มา : <https://develve.net/Box-Behnken%20design.html>)

จากรูปทางเรขาคณิตของการออกแบบบล็อกซ์-เบห์นเคนแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.8 สังเกตว่ามีลักษณะเกือบจะเป็น Orthogonal จำนวนการทดลองแต่ละ Combination ทำให้จำนวนครั้งที่ไม่เท่ากันโดยเฉพาะ Center Points ข้อดีคือมีค่า Resolution เท่ากับ IV ซึ่งทำให้สามารถศึกษาถึงผลกระทบเชิงเส้น (Linear Effects) ผลกระทบในเชิงเส้นกำลังสองและอันตรกิริยาหรือผลกระทบร่วม 2 ปัจจัย แต่มีข้อเสียคือ จำนวนครั้งที่ทดลอง (Number of Runs) มีค่ามากและไม่สามารถที่จะลดได้ ไม่ว่าผู้ศึกษาจะสนใจผลกระทบที่เกินกว่าผลกระทบเชิงเส้นหรือไม่

การออกแบบบล็อกซ์-เบห์นเคนสามารถประมาณผลกระทบในรูปโพลีโนเมียลกำลังสองและผลกระทบร่วม 2 ปัจจัยได้เสมอ) แต่ถ้าจำนวนปัจจัยมีมากกว่า 4 ปัจจัยแล้วประสิทธิภาพของการทดลองนี้จะด้อยกว่าการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD)

2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (DOE : Design of Experiment)

จิตรลดา เลิศกิตติกุล และ นันทชัย กานตานันทะ (2557) บริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นบริษัทผลิตหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์รายงานว่าพบความเสียหายของบรรจุภัณฑ์ด้านในที่ใช้บรรจุหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ชนิดหลอดตรงเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีปริมาณของเสียเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 8.43 ของบรรจุภัณฑ์ทั้งหมดงานวิจัยเริ่มจากการวิเคราะห์กระบวนการโดยรวมของการบรรจุแบบอัตโนมัติและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแผนภูมิแก๊งปลาสำหรับจำแนกสาเหตุของปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น และเลือกปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลมากที่สุด 5 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของหลอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ การเก็บรักษาหลอดฟลูออเรสเซนต์ อุณหภูมิหม้อกาว แรงดัน ลมหม้อกาว และระยะเวลาเปลี่ยนไส้กรองหม้อกาว จากนั้นใช้การทดลองเชิงแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ 2 ระดับ เพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย ผลการทดลองพบว่าทุกปัจจัยมีผลต่อการเกิดของเสียที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 แต่ 2 ปัจจัยแรกมีเพียง 2 ระดับเท่านั้น จึงหาระดับที่เหมาะสมที่สุดของ 3 ปัจจัยสุดท้ายด้วยการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ 3 ระดับ ผลการทดลองพบว่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดของทั้ง 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิหม้อกาวที่ระดับ 170 องศาเซลเซียส แรงดันลมหม้อกาวที่ระดับ 1.2 บาร์ และระยะเวลาเปลี่ยนไส้กรองที่ 1 สัปดาห์ เมื่อนำระดับของปัจจัยดังกล่าวไปใช้ในการผลิตจริงร่วมกับระดับของ 2 ปัจจัยแรกคือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ F และการเก็บรักษาหลอดฟลูออเรสเซนต์ด้วยการห่อพลาสติกฟิล์ม พบว่าสามารถลดปริมาณของเสียเฉลี่ยของบรรจุภัณฑ์ลงจากเดิมร้อยละ 8.43 เหลือร้อยละ 1.80 คิดเป็นมูลค่าของเสียที่ลดลงประมาณ 9 ล้านบาทต่อปี

ไกลกุล ลิกษะไชย์ (2550) บริษัทกรณีศึกษาพบว่าสภาพปัจจุบันของโรงงานพบว่าจำนวนของเสียในการผลิตบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษเกิดขึ้น 11.41% คิดเป็นสัดส่วนที่มาจากระบวนการพิมพ์ถึง 69.65% เมื่อวิเคราะห์ลงไปพบว่าของเสียส่วนใหญ่มีต้นตอมาจาก 4 ประเภท คือ สีพิมพ์เหี้ยนไม่สม่ำเสมอ สีพิมพ์สกปรก คราบซีท์หมึก และคราบซับหลัง ได้ใช้การออกการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2k โดยเพิ่มจุดศูนย์กลาง 3 จุด ทดลองซ้ำ 2 Replicate เพื่อหาอิทธิพลขอตัวแปร พบว่ามีเพียง 2 ปัจจัยคือ อุณหภูมิน้ำยาทำขึ้นและอัตราส่วนแอลกอฮอล์ในน้ำยาทำขึ้น (%IPA) มีผลต่อค่าความเปรียบค่าสี และเพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลองจำใช้หลักทางสถิติ (One Sample T-Test) ทดสอบพบว่าสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตได้จริง และจากข้อมูลหลังการปรับปรุงพบว่าความสามารถของกระบวนการวัดค่าความเปรียบต่างอยู่ในระดับที่สูงขึ้น อยู่ในระดับที่พอใจถึงดี และจากการกำหนดมาตรฐานปัจจัยการผลิตรวมถึงแผนควบคุมการผลิตทำให้สามารถลดจำนวนของเสียจากเดิม 11.41% เหลือเพียง 5.90%

สลักจิตต์ พุทธจักร (2556) บริษัทกรณีศึกษาพบว่าคำสั่งซื้อของลูกค้ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้กำลังการผลิตไม่เพียงพอ เพื่อลดรอบระยะเวลาในการผลิตของตลับลูกปืนเม็ดกลมรุ่น 7040 (BB7040) ได้ทำการวิเคราะห์ที่กระบวนการต่าง ๆ พบว่าจุดที่เป็นคอขวดคือกระบวนการขัดผิวด้านใน (Bore Grinding Process) ของชิ้นงานวงแหวนด้านใน (Inner Ring) ซึ่งก่อนการปรับปรุงมีรอบเวลาในการผลิต 2.98 วินาทีต่อชิ้นงาน ในขณะที่รอบเวลาการผลิตที่สอดคล้องกับเป้าหมายเท่ากับ 2.78 วินาทีต่อชิ้นงาน เพื่อตรวจสอบพารามิเตอร์ในการปรับตั้งเครื่องจักรจะใช้หลักการออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ (One Half-Factorial Design) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อชิ้นงานมีด้วยกัน 6 ปัจจัยคือ จุดเริ่มต้นในการขัดหยาบ ,จุดเริ่มต้นในการขัดละเอียด ,ความเร็วในการขัดหยาบ 1 ,ความเร็วในการขัดหยาบ 2 ,ความเร็วในการขัดหยาบ 3 และความเร็วในการขัดละเอียด ปัจจัยทั้งหมดมีผลต่อรอบเวลาผลิตและความหยาบผิว จากนั้นจึงใช้วิธีการออกแบบพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Design) ประเภทการออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design) เพื่อหาพารามิเตอร์การปรับตั้งเครื่องจักรที่ดีที่สุดเพื่อให้รอบเวลาในการผลิตต่ำที่สุด จากนั้นยืนยันการทดลองการตั้งค่าเครื่องจักรใหม่ โดยความหยาบของชิ้นงานต้องไม่เกิน 1.0 ไมครอนเมตร ผลที่ได้จากการปรับปรุงสามารถลดรอบเวลาผลิตโดยเฉลี่ยจาก 2.98 วินาทีต่อชิ้น เหลือเพียง 2.75 วินาทีต่อชิ้น หรือคิดเป็น 7.71% โดยสามารถควบคุมความหยาบผิวของชิ้นงานได้ 0.84 ไมครอนเมตร ซึ่งเป็นไปตามที่กำหนด

2.3 การบำรุงรักษาเครื่องจักร

การบำรุงรักษาเครื่องจักร คือ กิจกรรมที่ทำให้เครื่องจักร หรือ อุปกรณ์ อยู่ในสภาพที่สามารถทำงานหรือใช้งานได้ตามที่ต้องการ

วัตถุประสงค์ของการบำรุงรักษาเครื่องจักร คือ การลดจำนวนครั้งของการชำรุดของเครื่องจักร ลดเวลาการซ่อมเครื่องจักรให้น้อยที่สุด ลดค่าใช้จ่ายในงานซ่อมทั้งทางตรงและทางอ้อม เพิ่มช่วงเวลาคงพร้อมใช้งานของเครื่องจักร รวมไปถึงความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องจักรด้วย

หลักการบำรุงรักษาเครื่องจักร สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

1. การซ่อมบำรุงรักษาหลังเหตุขัดข้อง (Breakdown Maintenance ,BM)

วิธีการบำรุงรักษาวิธีนี้ถือว่า เป็นการบำรุงรักษาขั้นพื้นฐานคือ ซ่อมบำรุงรักษาเมื่อเครื่องจักรชำรุด การบำรุงรักษาแบบนี้ควรเป็นการบำรุงรักษาที่มีค่าใช้จ่ายน้อย และไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต

2. การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance ,PM)

การซ่อมบำรุงรักษาแบบนี้เป็นการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ก่อนที่จะชำรุดโดยใช้วิธีการคาดคะเนและจัดทำแผนการบำรุงรักษาไว้ล่วงหน้า การซ่อมบำรุงเชิงป้องกันสามารถทำได้ด้วยการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ การทำความสะอาด การหล่อลื่นที่ถูกต้อง การปรับแต่งเครื่องจักรที่เป็นไปตามคำแนะนำหรือคู่มือเครื่องจักร รวมทั้งการปรับเปลี่ยนอะไหล่ตามกำหนดระยะเวลา แต่วิธีการซ่อมบำรุงแบบนี้ก็ยังมีโอกาสที่จะเกิดการชำรุดของเครื่องจักรโดยไม่คาดคิดจากปัจจัยภายนอกได้

3. การซ่อมบำรุงเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance ,PdM)

การซ่อมบำรุงรักษาแบบนี้เป็นการเฝ้าดูแลเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ เพื่อที่จะค้นหาสัญญาณที่จะนำไปสู่การชำรุดของเครื่องหรืออุปกรณ์ การซ่อมแซมและแก้ไขก่อนที่จะเครื่องจักรหรืออุปกรณ์นั้นจะชำรุด ซึ่งการซ่อมบำรุงเชิงพยากรณ์สามารถทำได้โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ มาใช้ในการเฝ้าติดตาม เช่น การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน (Vibration Analysis) ,การวัดอุณหภูมิ ,การสังเกตด้วยตา (Visual Inspection) เป็นต้น

4. การซ่อมบำรุงรักษาเชิงรุก (Proactive Maintenance)

การซ่อมบำรุงรักษาแบบนี้เป็นการใช้เทคนิคการพิจารณาแก่นแท้ของปัญหา ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 8 อย่างคือ

- ความไม่เสถียรทางเคมี (Chemical Stability)
- ความไม่เสถียรทางกายภาพ (Physical Stability)
- ความไม่เสถียรทางอุณหภูมิ (Temperature Stability)
- ความไม่เสถียรทางการสึกหรอ (Wear Stability)

- ความไม่เสถียรทางการรั่วไหล (Leakage Stability)
- การเกิดโพรงอากาศในระบบไฮดรอลิก (Cavitation)
- ความไม่เสถียรในระดับของสิ่งสกปรก (Contamination)
- ความไม่เสถียรจากการบิดตัวหรือการเอียงศูนย์ (Distortion & Misalignment)

2.3.1 การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness ,OEE)

OEE เป็นตัววัดประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักร สามารถวิเคราะห์ได้ว่าเครื่องจักร อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์หรือไม่ หลักการในการวิเคราะห์มีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 28.9 รายละเอียดในการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

- เวลางานประจำ (Total Available Time) คือ ช่วงเวลาทำงานทั้งหมดในการทำงาน เช่น 1 กะ ,1 วัน หรือ 1 สัปดาห์
 - เวลารับภาระงาน (Loading Time) คือ เวลาที่ต้องการให้เครื่องจักรทำงาน ซึ่งเป็นเวลาทั้งหมดหักด้วยเวลาหยุดที่ได้มีการวางแผนล่วงหน้าแล้ว
 - เวลาเดินเครื่อง (Operating Time) คือ เวลาที่เครื่องจักรทำงานได้ ซึ่งเป็นเวลารับภาระงานหักด้วยเวลาที่สูญเสียจากการหยุดเครื่องที่ไม่ได้วางแผนไว้
 - เวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time) คือ เวลาที่ต้องใช้เดินเครื่องจักรตามทฤษฎี เมื่อต้องการผลิตชิ้นงานตามจำนวนที่กำหนด
 - จำนวนชิ้นงานทั้งหมด (Output) คือ จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ทั้งหมดรวมของดี และของเสีย
- สำหรับการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$OEE = \text{อัตราความพร้อม (A)} \times \text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (P)} \times \text{อัตราคุณภาพ (Q)}$$

1) อัตราความพร้อม (Available rate : A) คือ ความพร้อมในการเดินเครื่องจักร เมื่อจัดเวลาให้ทำงาน ถ้าเครื่องจักรมีความพร้อมมากก็มีโอกาสที่จะผลิตสินค้าให้สูงมากขึ้นด้วย

$$\text{อัตราความพร้อม (Available rate)} = \frac{\text{เวลารับภาระงาน} - \text{เวลาที่เครื่องจักรหยุด}}{\text{เวลารับภาระงาน}}$$

2) อัตราสมรรถนะ (Performance rate : P) คือ ความสามารถที่เครื่องจักรทำได้ เทียบกับความสามารถทางทฤษฎี ซึ่งปกติจะวัดจากจำนวนสินค้าที่ผลิตได้จริง เทียบกับสินค้าที่ควรจะได้ผลิตได้ในเวลาเดียวกัน หรือรอบเวลาในการผลิตสินค้านั้นในทางทฤษฎีเทียบกับเวลาที่ใช้ในการผลิตสินค้า

$$\text{อัตราสมรรถนะ (Performance rate)} = \frac{\text{เวลามาตรฐาน} \times \text{ชิ้นงานที่ผลิตได้}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}}$$

3) อัตราคุณภาพ (Quality rate : Q) คือ อัตราส่วนของสินค้าที่ได้คุณภาพ เทียบกับสินค้าที่ผลิตออกมาทั้งหมด

$$\text{อัตราคุณภาพ (Quality rate)} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานดี}}{\text{ชิ้นงานที่ผลิตได้}}$$

2.3.2 ดัชนีสภาพความเชื่อถือและดัชนีของคุณภาพการบำรุงรักษา

1) ระยะเวลาเฉลี่ยของการเกิดเหตุขัดข้อง (Mean Time Between Failure : MTBF)

ระยะเวลาเฉลี่ยของการเกิดเหตุขัดข้อง หมายถึง ระยะเวลาเฉลี่ยของการเกิดเหตุขัดข้องของเครื่องจักรแต่ละครั้ง เช่น 1 เดือน/ครั้ง, 3 เดือน/ครั้ง โดยใช้ช่วงระยะเวลาการเกิดการขัดข้องแต่ละช่วงมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อแสดงความเชื่อถือได้ของเครื่องจักร โดยคำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{MTBF} = \frac{\text{ผลรวมเวลาที่เดินเครื่องจักรได้}}{\text{ผลรวมจำนวนครั้งที่หยุดเครื่อง}}$$

2) ระยะเวลาเฉลี่ยของการซ่อม (Mean Time To Repair : MTTR)

ระยะเวลาเฉลี่ยของการซ่อม หมายถึง ระยะเวลาเฉลี่ยของการหยุดเครื่องเพื่อซ่อมแซม โดยนำเวลาที่ใช้เพื่อซ่อมแซมทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อตรวจสอบความสามารถ ความยากง่ายของการซ่อมบำรุงโดยคำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{MTTR} = \frac{\text{ผลรวมเวลาที่ใช้ในการซ่อม}}{\text{ผลรวมจำนวนครั้งที่หยุดเครื่อง}}$$

2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักร

อานนท์ ปาละพันธุ์ (2552) ได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องมือสำหรับเครื่องจักรในสายการผลิตแบบต่อเนื่อง ผลจากการศึกษาข้อมูลก่อนทำการปรับปรุงพบว่า เครื่องจักรในกระบวนการมีค่าประสิทธิภาพโดยรวมที่ต่ำ มีสาเหตุมาจากความสูญเสียด้านอัตราความพร้อมใช้งานต่ำ ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลความสูญเสียด้วยแผนผังก้างปลา พบว่ามีสาเหตุที่สำคัญ 2 ประการคือ เครื่องมือของเครื่องพิมพ์โลหะบัดกรีเสีย เนื่องมาจากการบำรุงรักษาที่ไม่มีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนรุ่นการผลิตต่อรอบใช้เวลานาน

ในการปรับปรุงประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการทบทวนระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ส่วนที่สองเป็นการลดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปลี่ยนรุ่นการผลิต ภายหลังการปรับปรุงพบว่าค่าประสิทธิภาพโดยรวมนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม 61.7% เป็น 79.1% ซึ่งเป็นผลมาจากอัตราความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรสูงขึ้นเป็นสำคัญ

สมบัติ โพธิ์รัตน์ (2558) งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์หลักการการบำรุงรักษาด้วยตนเอง (AM) และการบำรุงรักษาเชิงคุณภาพ (QM) ซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญของการบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) โดยมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) โดยนำขั้นตอนดำเนินการมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างจิตสำนึกของการดูแลรักษาเครื่องจักรให้แก่พนักงาน ผู้ควบคุมเครื่องจักรเพื่อความตระหนักในหน้าที่ความรับผิดชอบ สามารถค้นหาข้อบกพร่องของเครื่องจักรและสามารถแก้ไขความผิดปกติ สามารถลดความสูญเสียเปล่าทุกประเภท ทำให้รู้ทันเวลาก่อนที่จะเกิดเครื่องจักรเสียขั้นรุนแรง ทำให้ช่างซ่อมบำรุงแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ในเรื่องคุณภาพได้ใช้หลักการป้องกันที่ต้นเหตุ บริหาร ควบคุมดูแล ป้องกัน ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.5 จากเดิมร้อยละ 76.49 เป็นร้อยละ 85.99

กฤษมา สุนประชา (2546) จากการศึกษาโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก ABS พบว่าเกิดปัญหาในการบริหารจัดการองค์กรซ่อมบำรุงรักษา การบริหารจัดการทรัพยากรซ่อมบำรุงรักษา และการบริหารจัดการด้านการดำเนินงานซ่อมบำรุงรักษา การขาดการวางแผนและควบคุมการใช้งานซ่อมบำรุงรักษา ไม่มีการกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการบริหารจัดการซ่อมบำรุงรักษา โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียโดยเฉลี่ยมีค่า 762,800 บาทต่อเดือน ภายหลังการดำเนินการตามระบบที่ได้ทำการออกแบบพัฒนา ได้นำตัวชี้วัดมรรณนะเป็นตัวประเมินผลของการดำเนินการ สามารถพัฒนาระบบให้มีศักยภาพสูงขึ้นโดยรวมเป็น 34.91% และสามารถแก้ไขปัญหาที่วิเคราะห์พบในขั้นตอนแรกได้หมดไป ทำให้สามารถลดความสูญเสียจากเครื่องขัดข้องเป็นศูนย์หรือมีมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงโดยเฉลี่ยได้ 762,800 บาทต่อเดือน

ตารางที่ 8.4 การสรุปวัตถุประสงค์ของงานวิจัย และเทคนิคที่ใช้

นักวิจัย	วัตถุประสงค์งานวิจัย	เทคนิค/เครื่องมือที่ใช้
นฤพนธ์ เกิดโพธิ์กะตัน	เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลเบื้องต้นที่มีการจัดเก็บข้อมูลความรู้ทางด้านเทคนิคและระบบการทำงานของเครื่อง	Maintenance, Preventive Maintenance
วิลาวัลย์ อินทร์ตัน	การปรับปรุงกระบวนการพิมพ์โค้ดเตบแบบหมึกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์อุปโภคบริโภค	QCC, Fish Bone
จิตรลดา เลิศกิตติกุล และ นันทชัย กานตานันทะ	ลดของเสียของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุหลอดไฟฟลูออโรสเซนต์	Fish Bone, ANOVA, DOE
ไกลกุล ลิกชะไชย์	ลดการสูญเสียในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษ	FMEA, DOE, TPM
สลักจิตต์ พุทธจักร	ลดรอบระยะเวลาในการผลิตของกระบวนการผลิตตลับลูกปืนเม็ดกลม	Fish Bone, ANOVA, DOE
อานนท์ ปาละพันธ์	ปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องมือสำหรับเครื่องจักรวางโลหะบัดกรีบนแผงวงจร ในโรงงานผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดยืดหยุ่นได้	Six Sigma, Fish Bone, Why - Why
สมบัติ โพธิ์รัตน์	ปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรกรณีศึกษา โรงงานแปงข้าวสาลี	TPM
กุสุมา สุนประชา	พัฒนาระบบการบริหารจัดการซ่อมบำรุงรักษาสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	Maintenance, Preventive Maintenance

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัยหัวข้อปัญหาไค้ดลอบ

จากข้อมูลการศึกษา วิเคราะห์ และดำเนินการแก้ไขปัญหาไค้ดลอบของทางโรงงานข้างต้นมีการเพิ่มขึ้นตอนการเตรียมผิวกระป๋องพร้อมดำเนินการติดตั้งเครื่องเป่าลมร้อนไว้ที่ไลน์พิมพ์ไค้ดตำแหน่งรางลำเลียงกระป๋องก่อนเข้าเครื่องพิมพ์ จากรูปที่ 1.5 ปริมาณไค้ดเสียในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561 มีแนวโน้มของเสียที่ลดลงแต่ยังไม่ถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ เพื่อให้ผลลัพธ์ในการปรับปรุงได้ตามเป้าหมายขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- จัดตั้งการประชุมร่วมกันกับทางฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายผลิต และฝ่ายควบคุมคุณภาพ เพื่อชี้แจงเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางการแก้ไขร่วมกัน พร้อมทั้งหาข้อสรุปต่าง ๆ โดยมีวาระดังนี้
 - กำหนดขอบเขตของปัญหา
 - กำหนดวิธีการในการออกแบบหาค่าพารามิเตอร์ที่จะทำการทดลอง
 - กำหนดจำนวนสินค้าและวิธีการคัดแยกสินค้าที่ทำการปรับพารามิเตอร์ในแต่ละชุด
 - สรุปการประชุม
- ดำเนินงานตามแผนที่ได้ทำการประชุม
- วิเคราะห์ผลการทดลอง
- สรุปผลการดำเนินการแก้ไขปัญหาไค้ดลอบ

3.1 สรุปเนื้อหาการประชุมในการแก้ไขปัญหาไค้ดลอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการประชุมหัวข้อการแก้ไขปัญหาไค้ดลอบได้ทำการเรียนเชิญหน่วยงานผู้รับผิดชอบในการจัดการปัญหาดังกล่าวมาเข้าร่วมประชุมเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยได้ทำการแจกรายละเอียดจำนวนผู้เข้าร่วมประชุมและบทบาทหน้าในการประชุมแต่ละบุคคล ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9.1 รายละเอียดผู้เข้าร่วมการประชุมและบทบาทหน้าที่ในการประชุม

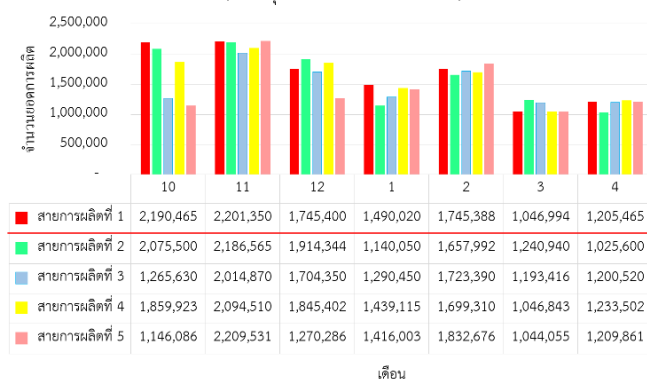
ลำดับ	ผู้เข้าร่วมการประชุม	ตำแหน่งในที่ประชุม	บทบาทหน้าที่
1	ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม	ประธาน	ตัดสินใจในแต่ละวาระการประชุม
2	ผู้วิจัย	รองประธาน	1. ควบคุมวาระการประชุม 2. รายงานข้อมูลปัญหาที่พบ 3. ชี้แจงแนวทางการแก้ไขปัญหา
3	ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม
4	ผู้จัดการแผนกฝ่ายวิศวกรรม	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม
5	ผู้จัดการฝ่ายผลิต	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม
6	ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายผลิต	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม
7	ผู้จัดการแผนกฝ่ายผลิต	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม
8	ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายคุณภาพ	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม
9	ผู้จัดการแผนกฝ่ายคุณภาพ	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม

1. กำหนดขอบเขตของปัญหา

จากขอบเขตการทำวิจัยได้กำหนดให้เลือกเพียง 1 สายการผลิต เพื่อทำการวิเคราะห์ และดูแลแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของจำนวนของเสียก่อนและหลังการดำเนินการแก้ไข จึงได้ทำการแยกจำนวนของเสียในแต่ละเดือนออกเป็นไลน์การผลิตกระป๋อง เพื่อวิเคราะห์จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากโค้ดลบของไลน์การผลิตแต่ละไลน์ จากรูปที่ 3.1 แสดงจำนวนของเสียโดยรวมที่เกิดขึ้นจากการพิมพ์โค้ด ซึ่งสรุปเลือกศึกษาที่สายการผลิตที่ 1 เนื่องด้วยเป็นสายการผลิตที่มีจำนวนการผลิตมากที่สุด

ยอดการผลิตแต่ละสายการผลิตสินค้ากระป๋อง

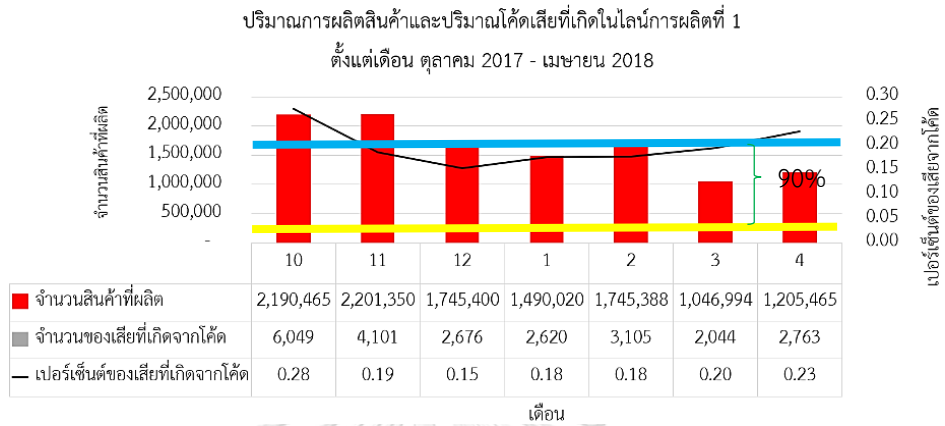
(เดือน ตุลาคม 2017 - เมษายน 2018)



เดือน

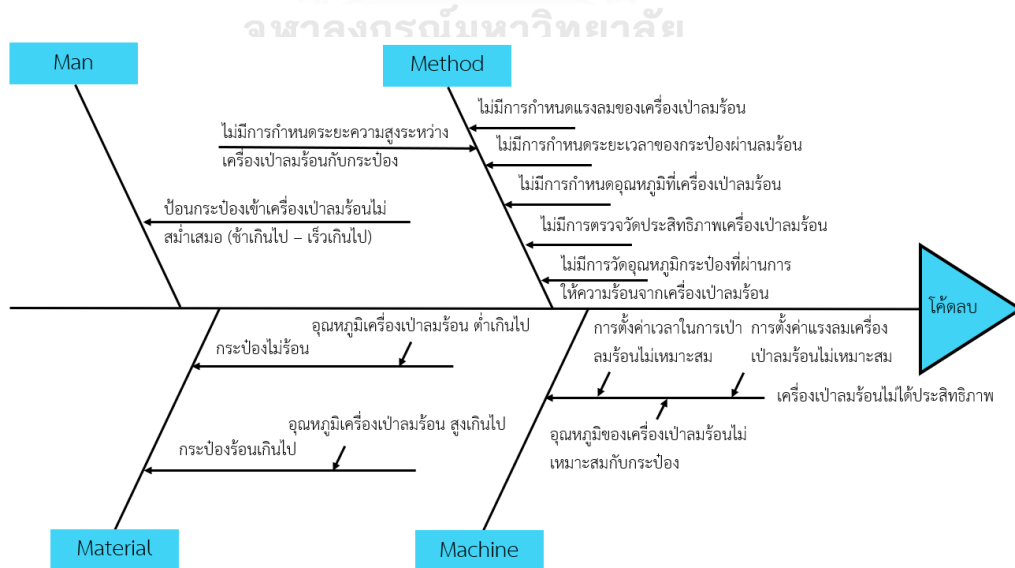
รูปที่ 29.1 จำนวนการผลิตกระป๋องแต่ละสายการผลิตในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561

วิเคราะห์จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในสายการผลิตที่ 1 พบว่าสายการผลิตที่ 1 ในเดือน ตุลาคม 2560 – เมษายน 2561 มีเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดจากโค้ดโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 0.2 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด 0.02 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 30.2 ปริมาณการผลิตสินค้าและปริมาณโค้ดเสียที่เกิดในสายการผลิตที่ 1 ในเดือน ตุลาคม 2560- เมษายน 2561

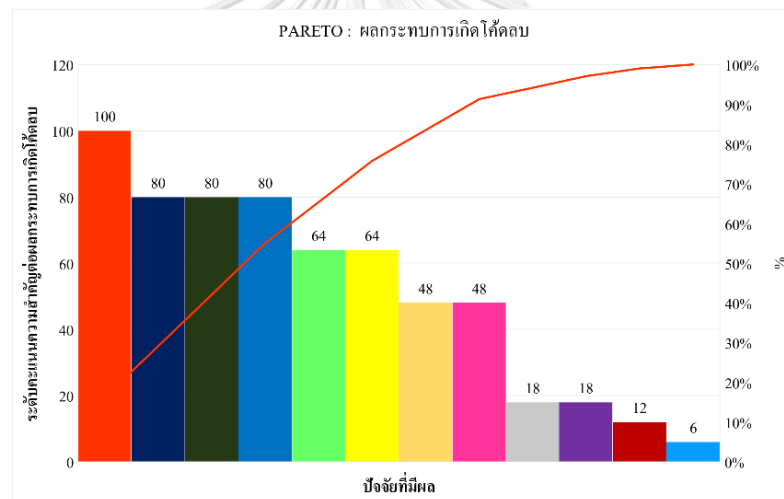
จากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโค้ดลบที่เกิดขึ้น จากเดิมได้ติดตั้งเครื่องเป่าลมร้อนเพื่อเตรียมพื้นผิวกระป๋องก่อนทำการพิมพ์โค้ดแต่ไม่ได้ตามเป้า ได้ใช้หลักการแผนภูมิแก๊งปลาพร้อมประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number : RPN) ที่ส่งผลกระทบต่อเกิดการเกิดปัญหาโค้ดลบ ดังรูปที่ 3.3 และ 3.4 ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ค., หน้า 119-121.



รูปที่ 31.3 แผนภูมิแก๊งปลาวิเคราะห์สาเหตุปัญหาโค้ดลบ (2)

ลำดับ	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	S	O	D	Result
1	Man	ป้อนกระป๋องเข้าเครื่องเป่าลมร้อนไม่สม่ำเสมอ	3	2	2	12
2	Method	ไม่มีการกำหนดแรงลมของเครื่องเป่าลมร้อน	4	3	4	48
3		ไม่มีการกำหนดระยะเวลาของกระป๋องผ่านลมร้อน	4	4	5	80
4		ไม่มีการกำหนดอุณหภูมิที่เครื่องเป่าลมร้อน	5	5	4	100
5		ไม่มีการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องเป่าลมร้อน	3	2	3	18
6		ไม่มีการกำหนดระยะความสูงระหว่างเครื่องเป่าลมร้อนกับกระป๋อง	3	2	1	6
7		ไม่มีการวัดอุณหภูมิกระป๋องที่ผ่านการให้ความร้อนจากเครื่องเป่าลมร้อน	3	2	3	18
8		Machine	การตั้งค่าเวลาในการเป่าลมร้อนไม่เหมาะสมทำให้เครื่องเป่าลมร้อนไม่ได้ประสิทธิภาพ	4	4	4
9	การตั้งค่าแรงลมเครื่องเป่าลมร้อนไม่เหมาะสมทำให้เครื่องเป่าลมร้อนไม่ได้ประสิทธิภาพ		4	3	4	48
10	อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อนไม่เหมาะสมกับกระป๋องทำให้เครื่องเป่าลมร้อนไม่ได้ประสิทธิภาพ		5	4	4	80
11	Material	อุณหภูมิเครื่องเป่าลมร้อนต่ำเกินไปทำให้กระป๋องไม่ร้อนส่งผลให้หมึกพิมพ์แห้งช้า	4	4	4	64
12		อุณหภูมิเครื่องเป่าลมร้อนสูงเกินไปทำให้กระป๋องร้อนเกินไปส่งผลให้หมึกพิมพ์แห้งช้า	5	4	4	80

รูปที่ 32.4 ประเมินตัวเลขความเสี่ยงขึ้น (Risk Priority Number) วิเคราะห์สาเหตุปัญหาไค้ดล (2)



รูปที่ 33.5 แผนภูมิพาเรโตคัดเลือกสาเหตุปัญหาไค้ดล (2)

จากเกณฑ์การให้คะแนนประเมินตัวเลขความเสี่ยงขึ้นในรูปที่ 3.4 พบว่าแผนภูมิพาเรโตในรูปที่ 3.5 ที่ระดับ 80 เปอร์เซนต์ มีทั้งหมด 8 สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดปัญหาไค้ดล สรุปปัญหาที่มีสาเหตุมาจากการเตรียมผิวกระป๋องด้วยเครื่องเป่าลมร้อนที่ไม่เหมาะสม โดยเมื่อพิจารณาพบว่ามี 3 ปัจจัยหลักที่ต้องควบคุมในกระบวนการเตรียมผิวกระป๋องด้วยเครื่องเป่าลมร้อน อันได้แก่ อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน ระดับแรงลมของเครื่องเป่าลมร้อน และระยะเวลาของกระป๋องที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อน ทั้งนี้เพื่อให้การวิเคราะห์หาผลลัพธ์ของค่าแต่ละปัจจัยให้มีความเหมาะสมมากที่สุดเพื่อลดจำนวนของเสียจากไค้ดล จึงกำหนดใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) มาวิเคราะห์

การควบคุมปัจจัยในการเตรียมผิวกระป๋องมีส่วนของระยะเวลาของกระป๋องที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อนซึ่งในปัจจุบันการควบคุมระยะเวลาที่กระป๋องผ่านเครื่องเป่าลมร้อนเป็นไปได้ยาก เนื่องด้วยเครื่องเป่าลมร้อนถูกติดตั้งไว้บริเวณรางกลับกระป๋องดังรูปที่ 3.6 ทำให้ไม่สามารถควบคุมระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของกระป๋องได้คงที่ ทั้งนี้จึงทำการออกแบบชุดสายพานลำเลียงกระป๋อง เพื่อให้สามารถควบคุมระยะเวลาการเคลื่อนที่ของกระป๋องผ่านเครื่องเป่าลมร้อนได้คงที่



รูปที่ 34.6 ตำแหน่งเครื่องเป่าลมร้อน (ก่อนปรับปรุง)

2. กำหนดวิธีการในการออกแบบหาค่าพารามิเตอร์ที่จะทำการทดลอง

ปัจจัยที่จะทำการวิเคราะห์หามีด้วยกัน 3 ปัจจัย อันได้แก่ อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน ระดับแรงลมของเครื่องเป่าลมร้อน และระยะเวลาของกระป๋องที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อน จากบทที่ 1 ในตารางที่ 1.2 ทางโรงงานได้มีการเลือกนำเครื่องเป่าลมร้อนมาใช้แต่ยังไม่สามารถลดจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดได้ตามเป้า เมื่อพิจารณาพบว่าค่าพารามิเตอร์ของแต่ละปัจจัยที่ทางโรงงานได้มีการกำหนดใช้อุณหภูมิ 325 องศาเซลเซียส แรงลมระดับ 3 ระยะเวลาของกระป๋องที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อน 0.3 วินาที และเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สามารถลดจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดได้สำเร็จจึงได้นำหลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) มาออกแบบ

ในรูปแบบที่ระดับ 3 ปัจจัยสามารถเลือกวิธีการออกแบบการทดลองได้ 2 วิธี คือ การออกแบบบล็อกซ์ -เบห์นเคน และ Central Composite Design (CCD) โดยการออกแบบบล็อกซ์ -เบห์นเคนใช้จำนวนการทดลองที่ 15 การทดลอง และ Central Composite Design (CCD) ใช้จำนวนการทดลองที่ 20 การทดลอง จากที่ได้กำหนดวิธีการในการทดลองแต่ละชุดพารามิเตอร์ กำหนดให้ใช้กระป๋อง 10,000 กระป๋องต่อ 1 ชุดพารามิเตอร์ และด้วยจำนวนในการทดลองแต่ละจุดพารามิเตอร์ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น จึงเลือกพิจารณาจำนวนของการทดลองที่น้อยที่สุดและได้ผลลัพธ์ที่ดี ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้การออกแบบบล็อกซ์ -เบห์นเคน มาวิเคราะห์ ซึ่งในแต่ละปัจจัยมีรายละเอียดและขอบเขตดังในตารางที่ 3.2 และได้สรุปลำดับการทดลองปรับตั้งค่าพารามิเตอร์แต่ละปัจจัยไว้ดังนี้

1) อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน

เครื่องเป่าลมร้อนจะมีหน้าจอบ่งชี้ผลอุณหภูมิที่วัดจากชุดขดลวดทำความร้อนภายในตัวเครื่อง โดยขอบเขตอุณหภูมิได้กำหนดจากมาตรฐานของเครื่องที่สามารถกำหนดได้ ซึ่งมีค่าอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 235 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 640 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อุณหภูมิที่เกิดขึ้นบนผิวกระป๋องจะไม่เท่ากับอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อนที่ไหลผ่านขดลวดตามที่กำหนด จำเป็นต้องทำการวัดอุณหภูมิที่ผิวกระป๋องเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริง

2) ระดับแรงลมของเครื่องเป่าลมร้อน

ระดับแรงลมมีผลต่อแรงลมที่จะพาความร้อนจากชุดขดลวดทำความร้อนออกมายังหัวเป่าของเครื่องเป่าลมร้อน โดยระดับความแรงลมของตัวเครื่องมีการออกแบบให้สามารถปรับความแรงลมได้ทั้งหมด 11 ระดับ โดยระดับของแรงลมจะส่งผลต่ออัตราเร็วของแรงลมโดยมีรายละเอียดดังนี้

แรงลมที่ระดับ 1	อัตราเร็ว 12.0 m/s	แรงลมที่ระดับ 4	อัตราเร็ว 28.0 m/s
แรงลมที่ระดับ 1.5	อัตราเร็ว 14.5 m/s	แรงลมที่ระดับ 4.5	อัตราเร็ว 30.0 m/s
แรงลมที่ระดับ 2	อัตราเร็ว 16.0 m/s	แรงลมที่ระดับ 5	อัตราเร็ว 34.0 m/s
แรงลมที่ระดับ 2.5	อัตราเร็ว 18.0 m/s	แรงลมที่ระดับ 5.5	อัตราเร็ว 38.0 m/s
แรงลมที่ระดับ 3	อัตราเร็ว 19.5 m/s	แรงลมที่ระดับ 6	อัตราเร็ว 44.0 m/s
แรงลมที่ระดับ 3.5	อัตราเร็ว 24.0 m/s		

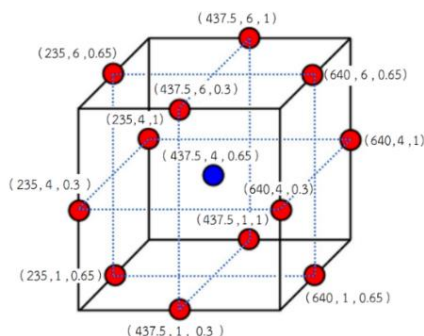
3) ระยะเวลาของกระป๋องที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อน

ระยะเวลากำหนดมาจากความเร็วของสายการผลิตและความเร็วในการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ที่ยอมรับได้ โดยระยะเวลาต่ำสุดมาจากความเร็วสูงสุดของเครื่องพิมพ์ที่สามารถพิมพ์ได้ โดยกำหนดความเร็วอยู่ที่ 0.3 วินาทีต่อกระป๋อง และระยะเวลาสูงสุดมาจากความเร็วของสายการผลิตที่ยอมรับได้ต้องไม่เกิน 1 วินาทีต่อกระป๋อง เนื่องด้วยระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลกระทบต่อการผลิตที่ลดน้อยลง

ตารางที่ 10.2 ปัจจัยและค่าระดับของปัจจัยด้วยวิธีการออกแบบบ็อกซ์ -เบห์นเคน (Box-Behnken)

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ	สัญลักษณ์	หน่วย	ระดับ		
			-1	0	+1
อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน	Temp.	องศาเซลเซียส	235	437.5	640
ระดับแรงลมของเครื่องเป่าลมร้อน	Air Level	-	1	3.5	6
ระยะเวลาของกระป๋องที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อน	Time	วินาที	0.3	0.65	1

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Temp.	Air Level	Time	Can Temp.	Defectives
4	1	2	1	640	6	0.65	-	-
10	2	2	1	437.5	6	0.3	-	-
9	3	2	1	437.5	1	0.3	-	-
2	4	2	1	640	1	0.65	-	-
7	5	2	1	235	3.5	1	-	-
11	6	2	1	437.5	1	1	-	-
14	7	0	1	437.5	3.5	0.65	-	-
12	8	2	1	437.5	6	1	-	-
8	9	2	1	640	3.5	1	-	-
3	10	2	1	235	6	0.65	-	-
15	11	0	1	437.5	3.5	0.65	-	-
5	12	2	1	235	3.5	0.3	-	-
13	13	0	1	437.5	3.5	0.65	-	-
1	14	2	1	235	1	0.65	-	-
6	15	2	1	640	3.5	0.3	-	-



รูปที่ 35.7 ออกแบบระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองโดยวิธีการออกแบบ
บ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken)

3. กำหนดจำนวนสินค้าและวิธีการตัดแยกสินค้าที่ทดลองในแต่ละพารามิเตอร์

กระบวนการผลิตสินค้ากระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) และกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) ในจำนวน 1 ตะกร้า มีจำนวนกระป๋องเท่ากับ 10,000 กระป๋อง เพื่อให้สะดวกต่อการตัดแยกสินค้า และการดำเนินการเก็บผลการทดลอง จึงกำหนดจำนวนกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) และกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) ที่จะทำการทดลองมีจำนวนเท่ากับ 10,000 กระป๋องต่อ 1 ชุดพารามิเตอร์ในการทดลองแต่ละ 1 ชุดพารามิเตอร์ เมื่อครบ 1 ตะกร้าให้ทำการวางป้ายคัดแยกสินค้าไว้ในแต่ละตะกร้า จากนั้นทำการคัดแยกกระป๋องแต่ละใบในแต่ละตะกร้าหลังเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต

4. สรุปผลการประชุม

จากการประชุมทั้ง 3 หัวข้อ ได้ทำการสรุปหัวข้อการดำเนินงานในแต่ละส่วนพร้อมกำหนดผู้ดำเนินการ โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 11.3 แผนการดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหาไค้ดลบบ

ลำดับ	หัวข้อ	รายละเอียด	ผู้ดำเนินการ
1	ติดตั้งระบบชุด ลำเลียงกระป๋อง	1. ออกแบบระบบชุดลำเลียงกระป๋อง	ผู้วิจัย, ฝ่ายวิศวกรรม
		2. ติดตั้งระบบชุดลำเลียงกระป๋อง	ผู้วิจัย, ฝ่ายวิศวกรรม
2	การทดลองสำหรับ กระป๋องประเภท แผ่นเหล็กไม่เคลือบ ดีบุก (Tin Free)	1. ปรับตั้งพารามิเตอร์ที่เครื่องเป่าลมร้อน ที่ได้ออกแบบไว้	ผู้วิจัย
		2. ดำเนินการผลิตในแต่ละพารามิเตอร์ที่ได้ทำการปรับตั้ง	ฝ่ายผลิต
		3. ดำเนินการคัดแยกของเสียที่เกิดขึ้นจากไค้ด	ฝ่ายผลิต
		4. ดำเนินการคัดแยกประเภทของเสียที่เกิดขึ้นจากไค้ด	ฝ่ายคุณภาพ
3	การทดลองสำหรับ กระป๋องประเภท อะลูมิเนียม (Aluminum)	1. ปรับตั้งพารามิเตอร์ที่เครื่องเป่าลมร้อน ที่ได้ออกแบบไว้	ผู้วิจัย
		2. ดำเนินการผลิตในแต่ละพารามิเตอร์ที่ได้ทำการปรับตั้ง	ฝ่ายผลิต
		3. ดำเนินการคัดแยกของเสียที่เกิดขึ้นจากไค้ด	ฝ่ายผลิต
		4. ดำเนินการคัดแยกประเภทของเสียที่เกิดขึ้นจากไค้ด	ฝ่ายคุณภาพ

3.2 การดำเนินงานตามแผนเพื่อแก้ไขปัญหาได้คลบ

3.2.1 ดำเนินการติดตั้งระบบชุดสายพานลำเลียงกระป๋อง

ติดตั้งชุดสายพานลำเลียงกระป๋องในตำแหน่งก่อนเข้ากระบวนการพิมพ์ เพื่อควบคุมระยะเวลาที่กระป๋องผ่านเครื่องเป่าลมร้อน โดยได้ออกแบบเป็นระบบโซ่สายพานลำเลียง ที่ทำจากวัสดุสแตนเลสสามารถทนอุณหภูมิสูงได้ และร่องโซ่จะช่วยในเรื่องของการบังคับกระป๋องไม่ให้ติดกัน รวมทั้งออกแบบให้สามารถควบคุมความเร็วของกระป๋องที่เคลื่อนที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อนด้วยระบบชุดควบคุมปรับความเร็วรอบมอเตอร์ขับเคลื่อนโซ่ดังรูปที่ 3.6



CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 36.8 ตำแหน่งเครื่องเป่าลมร้อน (หลังปรับปรุง)

3.2.2 ผลการทดลองกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

ตารางที่ 12.4 ผลการทดลองกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบ	สัญลักษณ์	หน่วย	ระดับ		
			-1	0	+1
อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน	Temp.	องศาเซลเซียส	235	437.5	640
ระดับแรงลมของเครื่องเป่าลมร้อน	Air Level	-	1	3.5	6
ระยะเวลาของกระป๋องที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อน	Time	วินาที	0.3	0.65	1

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Temp.	Air Level	Time	Can Temp.	Defectives
4	1	2	1	640	6	0.65	115.5	6
10	2	2	1	437.5	6	0.3	70.5	6
9	3	2	1	437.5	1	0.3	59.0	5
2	4	2	1	640	1	0.65	108.0	3
7	5	2	1	235	3.5	1	67.0	5
11	6	2	1	437.5	1	1	92.0	4
14	7	0	1	437.5	3.5	0.65	75.5	1
12	8	2	1	437.5	6	1	95.0	3
8	9	2	1	640	3.5	1	125.0	5
3	10	2	1	235	6	0.65	55.5	7
15	11	0	1	437.5	3.5	0.65	76.0	2
5	12	2	1	235	3.5	0.3	51.0	10
13	13	0	1	437.5	3.5	0.65	75.5	2
1	14	2	1	235	1	0.65	52.0	9
6	15	2	1	640	3.5	0.3	98.0	2

3.2.3. ผลการทดลองกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

ตารางที่ 13.5 ผลการทดลองกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบ	สัญลักษณ์	หน่วย	ระดับ		
			-1	0	+1
อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน	Temp.	องศาเซลเซียส	235	437.5	640
ระดับแรงลมของเครื่องเป่าลมร้อน	Air Level	-	1	3.5	6
ระยะเวลาของกระป๋องที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อน	Time	วินาที	0.3	0.65	1

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	Temp.	Air Level	Time	Can Temp.	Defectives
9	1	2	1	437.5	1	0.3	47.0	3
10	2	2	1	437.5	6	0.3	51.0	5
4	3	2	1	640	6	0.65	70.5	11
12	4	2	1	437.5	6	1	58.0	6
13	5	0	1	437.5	3.5	0.65	45.0	3
6	6	2	1	640	3.5	0.3	66.0	8
7	7	2	1	235	3.5	1	42.0	2
2	8	2	1	640	1	0.65	68.0	7
5	9	2	1	235	3.5	0.3	39.0	3
8	10	2	1	640	3.5	1	75.0	13
14	11	0	1	437.5	3.5	0.65	44.0	1
1	12	2	1	235	1	0.65	41.0	3
11	13	2	1	437.5	1	1	54.0	5
3	14	2	1	235	6	0.65	41.5	2
15	15	0	1	437.5	3.5	0.65	44.5	1

3.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองปรับชุดค่าพารามิเตอร์ทั้ง 15 การทดลองของประปองทั้ง 2 ประเภท ได้เห็นพฤติกรรมการเพิ่มขึ้นและลดลงของจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน

อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อนที่เป่าลงบนผิวกระปองส่งผลต่อความมันของผิวกระปอง จากการสัมผัสพบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้นผิวกระปองจะมีความมันที่ลดน้อยลง และความร้อนที่ผิวกระปองยังส่งผลให้น้ำหมึกแห้งเร็วขึ้นจากมาตรฐานโดยทั่วไปที่น้ำหมึกจะแห้งสนิทภายใน 15 วินาที

2) ระดับของแรงลม

ระดับของแรงลมมีส่วนช่วยในการส่งผ่านความร้อนการเครื่องเป่าลมร้อนไปบนผิวกระปอง ในระดับแรงลมที่เพิ่มมากขึ้นมีผลต่อจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ด โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ปรับตั้ง ดังผลการทดลองกระปองประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) กำหนดอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน 640 องศาเซลเซียส และระยะเวลาของกระปองที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อน 0.65 วินาที ระดับแรงลมของเครื่องเป่าลมร้อน 1 และ 6 จำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดได้ 3 และ 6 กระปอง เป็นต้น

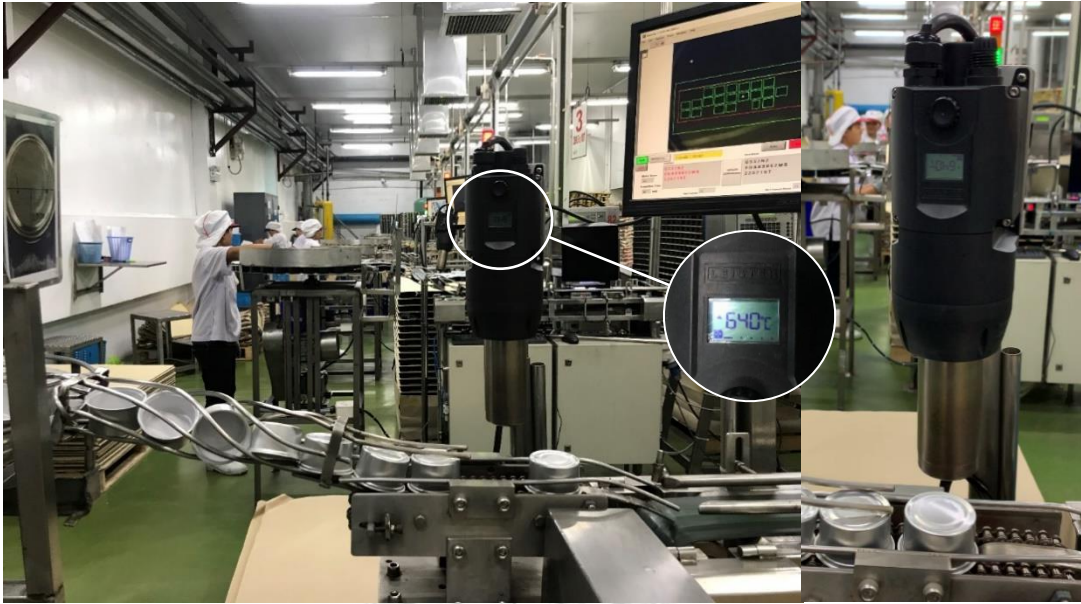
3) ระยะเวลาในการเป่าลมร้อน

ระยะเวลาในการเป่าลมร้อนมีผลต่ออุณหภูมิของกระปองที่ได้รับความร้อนจากเครื่องเป่าลมร้อน ระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นกระปองที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อนจะได้รับความร้อนจากเครื่องเป่าลมร้อนเพิ่มขึ้นตาม ซึ่งมีผลต่อจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น

4) ภาพรวมในการปรับชุดค่าพารามิเตอร์

กระปองประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) จากการทดลองในการปรับอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นสามารถลดจำนวนของเสียได้ดี โดยอุณหภูมิที่กำหนดต้องมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการเป่าลมร้อน หากใช้เวลานานเกินไปจะทำให้สีกระปองเปลี่ยนไปจากเดิม และตัวอักษรที่พิมพ์เปลี่ยนไปจากเดิม โดยในการทดลองในแต่ละชุดพารามิเตอร์ไม่พบปัญหาใดที่ผิวกระปอง

กระปองประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) จากการทดลองในการปรับอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นสามารถลดจำนวนของเสียลงได้ แต่จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน 640 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเป่าลมร้อน 1 วินาที โดยอุณหภูมิของผิวกระปองที่วัดได้อยู่ที่ 75.0 องศา กระปองเริ่มมีการอ่อนตัวเล็กน้อย สีของกระปองในบางใบจะพบว่ามีสีเหลืองอ่อนจาง ๆ เพียงเล็กน้อย เมื่อพิจารณาแล้วไม่ส่งผลต่อคุณภาพของกระปองที่นำไปผลิตสินค้าเซลเซียส แต่จะส่งผลต่อคุณภาพของกระปองที่นำไปผลิตสินค้าเมื่อผิวกระปองมีอุณหภูมิเกิน 85.0 องศาเซลเซียส ผิวกระปองจะมีลักษณะสีเหลืองเข้มขึ้นที่ภายนอก และมีลักษณะสีดำบริเวณภายในของกระปอง ดังรูปที่ 3.10 จากการทดลองในข้างต้นยังไม่พบปัญหาใดที่ผิวกระปอง



รูปที่ 37.9 การทดลองกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) ที่สายการผลิตที่ 1



ที่อุณหภูมิของกระป๋อง 85 องศาเซลเซียส

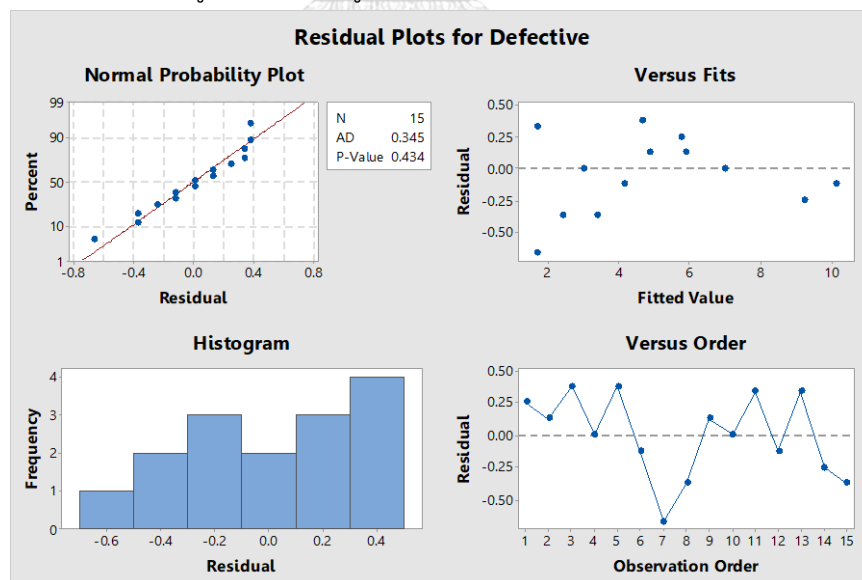
รูปที่ 38.10 ลักษณะกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) ที่พบปัญหา

จากการนำปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อการเตรียมผิวกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) และกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) ด้วยวิธีการออกแบบบ็อกซ์ - เบห์นเคน ในทั้ง 3 ปัจจัย อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน ระดับแรงลมของเครื่องเป่าลมร้อน และระยะเวลาของกระป๋องที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อน เรียบร้อยแล้วดังตารางที่ 3.4 และ 3.5 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของแต่ละปัจจัยด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) ในโปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ผลมีด้วยกัน 3 ขั้นตอนคือ

- ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากผลการทดลอง
 - การตรวจสอบการกระจายของข้อมูลว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) หรือไม่
 - การตรวจสอบความแปรปรวนของข้อมูลว่าเป็นความแปรปรวนคงที่หรืออิสระ
 - การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)
- วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง
- หาความเหมาะสมของข้อมูลปัจจัยที่มีผล

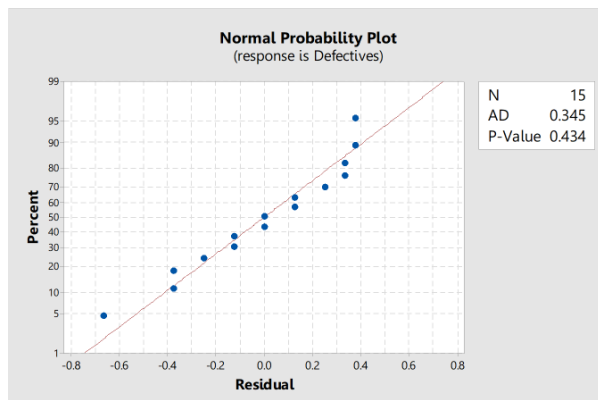
3.3.3 สรุปผลการทดลองกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

1. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากผลการทดลอง



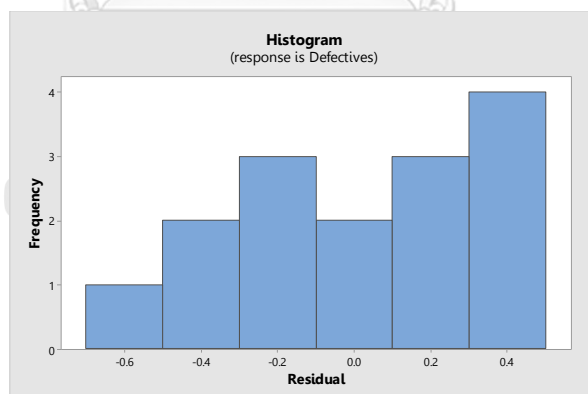
รูปที่ 39.11 กราฟแสดงผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
กระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

1.1 การตรวจสอบการกระจายของข้อมูลว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติ
(Normal Distribution)



รูปที่ 40.12 กราฟ Normal Probability Plot ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบ
กระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

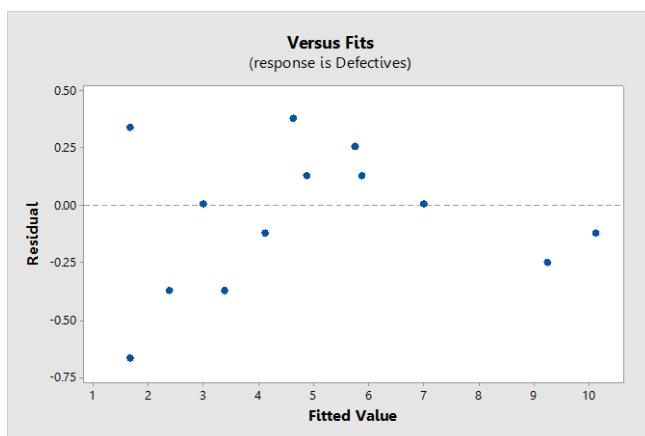
จากรูปที่ 3.12 กราฟมีลักษณะการเรียงตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ตามแนวเส้นแสดงถึงการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบปกติ และพิจารณาค่า P-Value ของข้อมูล เมื่อ P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 หมายถึงข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลที่มีการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบปกติ จากรูปที่ 3.8 แสดงค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.434 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลนี้มีการกระจายตัวของข้อมูลเป็นปกติ



รูปที่ 41.13 กราฟ Histogram ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบ
กระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

จากรูปที่ 3.13 จากจำนวนข้อมูลในการทดลอง มีจำนวน 15 ข้อมูล กราฟมีลักษณะเบ้ซ้าย ซึ่งแสดงถึงการกระจายตัวของข้อมูลไม่เป็นแบบปกติ แต่ด้วยทฤษฎีในการตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลจากกราฟ Histogram กำหนดเงื่อนไขจำนวนของ N ต้องมีจำนวนตั้งแต่ 35 ตัวขึ้นไป จึงทำให้ไม่สามารถตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วย Histogram ได้

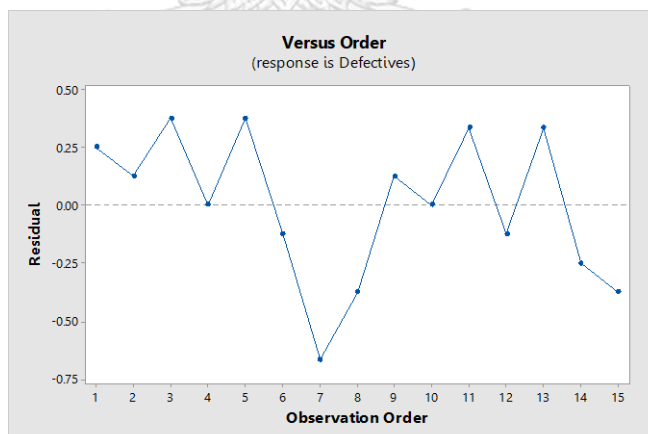
1.2 การตรวจสอบความเสถียรของส่วนตกค้าง (Residual)



รูปที่ 42.14 กราฟ Residual Versus Fitted Value ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบก
กระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

จากรูปที่ 3.14 กราฟแสดงให้เห็นระดับการเรียงตัวของส่วนตกค้าง (Residual) เป็นไปตามการสุ่มแบบปกติ โดยในแต่ละระดับของปัจจัยการกระจายในด้านบวกและลบที่สมดุลกัน จึงประมาณได้ว่ามีค่าเฉลี่ยใกล้เคียง 0 ข้อมูลมีความเสถียรของค่าความแปรปรวน

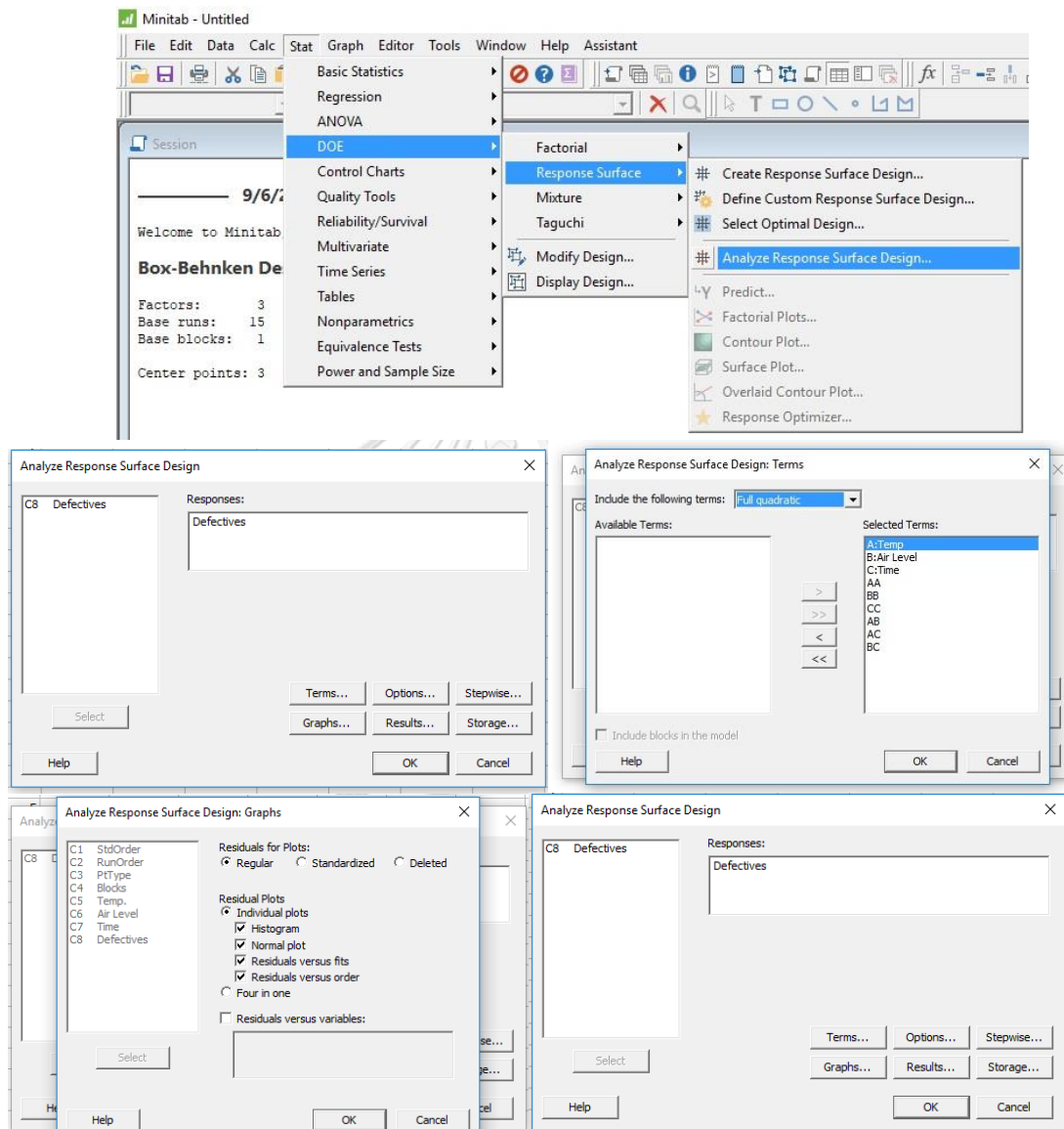
1.3 การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent)



รูปที่ 43.15 กราฟ Residual Versus Order ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบก
กระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

จากรูปที่ 3.15 กราฟมีการกระจายตัวในรูปแบบไม่มีแนวโน้มหรือรูปแบบที่แน่นอน ดังนั้นสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

2. วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าตัวแปรของเสียที่เกิดจากโค้ดขาด (Analysis of Variance for Qty. Defect) โดยใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 44.16 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง
กระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

Box-Behnken Design

Factors: 3 Replicates: 1
 Base runs: 15 Total runs: 15
 Base blocks: 1 Total blocks: 1
 Center points: 3

Response Surface Regression: Defectives versus Temp., Air Level, Time**Analysis of Variance**

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	95.9167	10.6574	37.61	0.000
Linear	3	32.7500	10.9167	38.53	0.001
Temp.	1	28.1250	28.1250	99.26	0.000
Air Level	1	0.1250	0.1250	0.44	0.536
Time	1	4.5000	4.5000	15.88	0.010
Square	3	39.9167	13.3056	46.96	0.000
Temp.*Temp.	1	28.7756	28.7756	101.56	0.000
Air Level*Air Level	1	11.8526	11.8526	41.83	0.001
Time*Time	1	4.0064	4.0064	14.14	0.013
2-Way Interaction	3	23.2500	7.7500	27.35	0.002
Temp.*Air Level	1	6.2500	6.2500	22.06	0.005
Temp.*Time	1	16.0000	16.0000	56.47	0.001
Air Level*Time	1	1.0000	1.0000	3.53	0.119
Error	5	1.4167	0.2833		
Lack-of-Fit	3	0.7500	0.2500	0.75	0.615
Pure Error	2	0.6667	0.3333		
Total	14	97.3333			

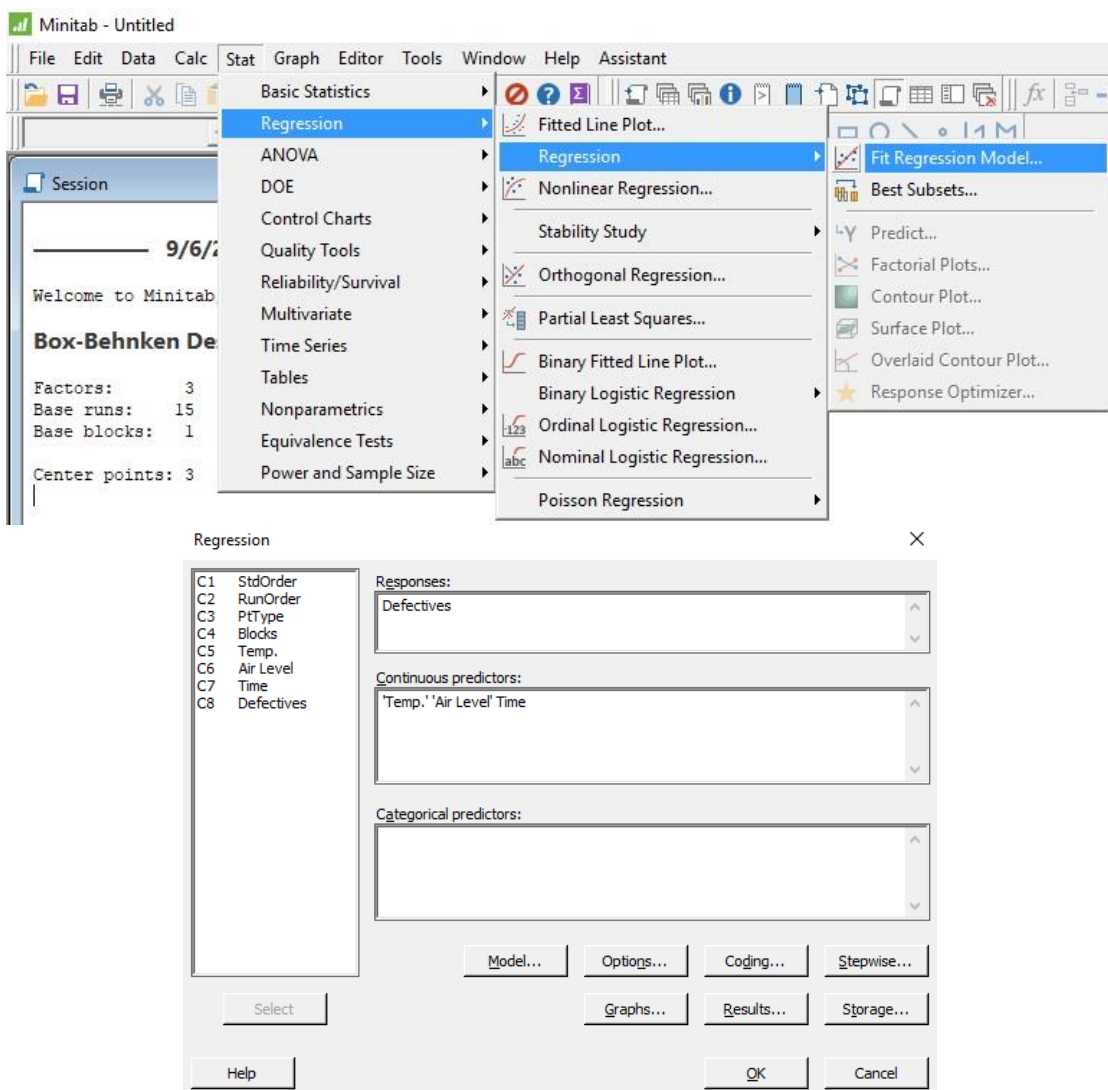
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.532291	98.54%	95.92%	86.13%

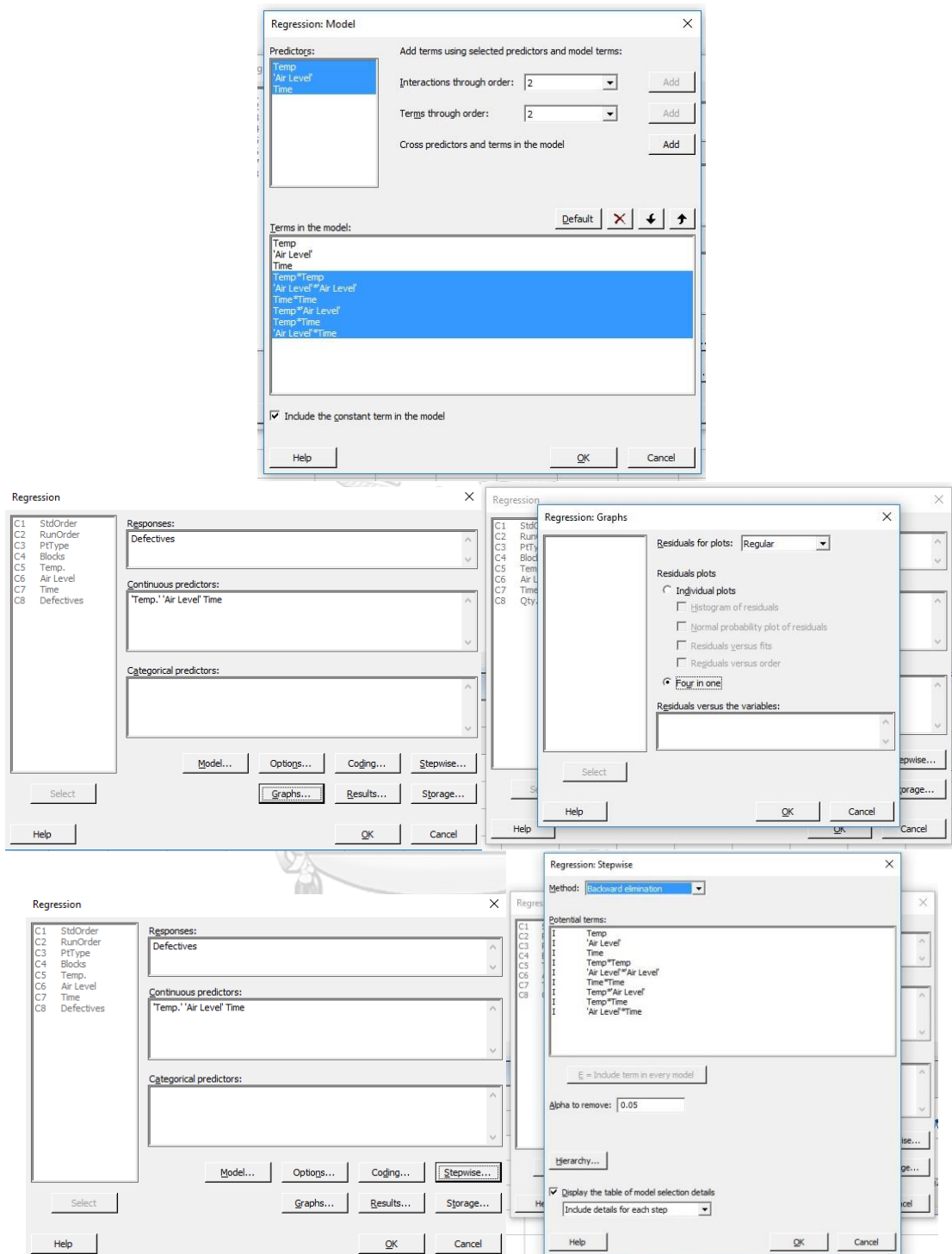
Coded Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	1.667	0.307	5.42	0.003	
Temp.	-1.875	0.188	-9.96	0.000	1.00
Air Level	0.125	0.188	0.66	0.536	1.00
Time	-0.750	0.188	-3.99	0.010	1.00
Temp.*Temp.	2.792	0.277	10.08	0.000	1.01
Air Level*Air Level	1.792	0.277	6.47	0.001	1.01
Time*Time	1.042	0.277	3.76	0.013	1.01
Temp.*Air Level	1.250	0.266	4.70	0.005	1.00
Temp.*Time	2.000	0.266	7.51	0.001	1.00
Air Level*Time	-0.500	0.266	-1.88	0.119	1.00

จากข้อมูลข้างต้นใน Terms ที่ Full Quadratic ข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแต่ง (R^2_{adj}) 95.92 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีอันตรกิริยาต่อกันที่ P-Value < 0.05 มีด้วยกัน 2 ปัจจัยคือ Temp*Air Level และ Temp*Time โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.005 และ 0.001 ซึ่งแสดงถึงปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อสัดส่วนจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลอบอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของแต่ละปัจจัยด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบ Backward elimination เพื่อตัดปัจจัยที่มีค่า P-Value > 0.05 ออก โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 45.17 ขั้นตอนการ Backward elimination ของข้อมูลการทดลอง กระจกป้องกันแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) (1)



รูปที่ 46.18 ขั้นตอนการ Backward elimination ของข้อมูลการทดลอง
กระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) (2)

Backward Elimination of Terms

Candidate terms: Temp, Air Level, Time, Temp*Temp, Air Level*Air Level, Time*Time, Temp*Air Level, Temp*Time, Air Level*Time

	-----Step 1-----		-----Step 2-----	
	Coef	P	Coef	P
Constant	37.58		38.88	
Temp	-0.09581	0.000	-0.09581	0.000
Air Level	-2.665	0.002	-3.037	0.001
Time	-23.54	0.001	-25.54	0.001
Temp*Temp	0.000068	0.000	0.000068	0.000
Air Level*Air Level	0.2867	0.001	0.2867	0.002
Time*Time	8.50	0.013	8.50	0.020
Temp*Air Level	0.002469	0.005	0.002469	0.008
Temp*Time	0.02822	0.001	0.02822	0.001
Air Level*Time	-0.571	0.119		
S		0.532291		0.634648
R-sq		98.54%		97.52%
R-sq(adj)		95.92%		94.21%
R-sq(pred)		86.13%		85.87%
Mallows' Cp		10.00		11.53

α to remove = 0.05

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	8	94.9167	11.8646	29.46	0.000
Temp	1	57.6128	57.6128	143.04	0.000
Air Level	1	16.8780	16.8780	41.90	0.001
Time	1	15.8948	15.8948	39.46	0.001
Temp*Temp	1	28.7756	28.7756	71.44	0.000
Air Level*Air Level	1	11.8526	11.8526	29.43	0.002
Time*Time	1	4.0064	4.0064	9.95	0.020
Temp*Air Level	1	6.2500	6.2500	15.52	0.008
Temp*Time	1	16.0000	16.0000	39.72	0.001
Error	6	2.4167	0.4028		
Lack-of-Fit	4	1.7500	0.4375	1.31	0.476
Pure Error	2	0.6667	0.3333		
Total	14	97.3333			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.634648	97.52%	94.21%	85.87%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	38.88	2.54	15.29	0.000	
Temp	-0.09581	0.00801	-11.96	0.000	52.27
Air Level	-3.037	0.469	-6.47	0.001	27.32
Time	-25.54	4.07	-6.28	0.001	40.23
Temp*Temp	0.000068	0.000008	8.45	0.000	41.46
Air Level*Air Level	0.2867	0.0528	5.42	0.002	18.00
Time*Time	8.50	2.70	3.15	0.020	30.90
Temp*Air Level	0.002469	0.000627	3.94	0.008	14.26
Temp*Time	0.02822	0.00448	6.30	0.001	17.23

จากข้อมูลข้างต้นที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแต่ง (R^2_{adj}) ลดลงเหลือ 94.21 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแต่ง (R^2_{adj}) ของแบบ Full Quadratic กับ Backward elimination พบว่าไม่แตกต่างกันมาก จึงเลือกที่ใช้ข้อมูลในการเลือก Terms จากวิธี Backward elimination ซึ่งสามารถเขียนแบบจำลองสมการถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียที่เกิดจากโค้ดลบได้ โดยมีสมการดังต่อไปนี้

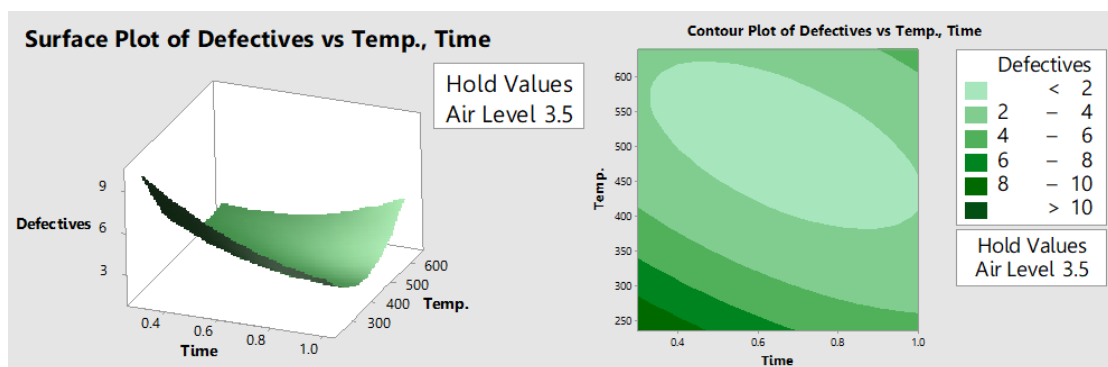
Regression Equation

$$\begin{aligned} \text{Defectives} = & 38.88 - 0.09581 \text{ Temp.} - 3.037 \text{ Air Level} - 25.54 \text{ Time} \\ & + 0.000068 \text{ Temp.*Temp.} + 0.2867 \text{ Air Level*Air Level} \\ & + 8.50 \text{ Time*Time} + 0.002469 \text{ Temp.*Air Level} \\ & + 0.02822 \text{ Temp.*Time} \end{aligned}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

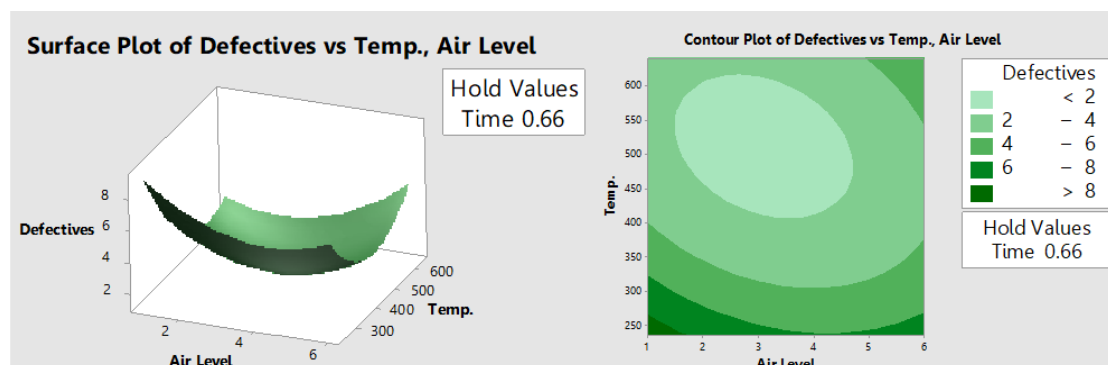
เมื่อได้ผลการทดลองที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียที่เกิดจากโค้ดลอปได้แล้ว จึงมาสร้างกราฟพื้นผิวตอบสนอง (Surface Plot) และกราฟโครงร่าง (Contour Plot) ระหว่าง อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน เทียบกับระยะเวลาในการให้ความร้อน และอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน เทียบกับระดับความแรงลม โดยมีรายละเอียดดังนี้

อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการให้ความร้อน ในช่วง 380 – 620 องศาเซลเซียส ที่ 0.33 – 1.0 วินาที เป็นช่วงที่จำนวนของเสียเกิดน้อย เมื่อพิจารณานอกช่วงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นก็จะทำให้เกิดของเสียเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 47.19 Surface และ Contour Plot ของจำนวนของเสียที่เกิดเทียบกับอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน และระยะเวลาในการให้ความร้อน ของกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน มีความสัมพันธ์กับระดับความแรงลม ในช่วง 405 – 615 องศาเซลเซียส ที่ระดับ 1.5 – 4.5 เป็นช่วงที่จำนวนของเสียเกิดน้อย เมื่อพิจารณานอกช่วงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและระดับแรงลมที่สูงขึ้นก็จะทำให้เกิดของเสียเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 48.20 Surface และ Contour Plot ของจำนวนของเสียที่เกิดเทียบกับอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน และระดับความแรงลม ของกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

3. หาความเหมาะสมของข้อมูลปัจจัยสำหรับกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

Parameters

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Defectives	Minimum		0	10	1	1

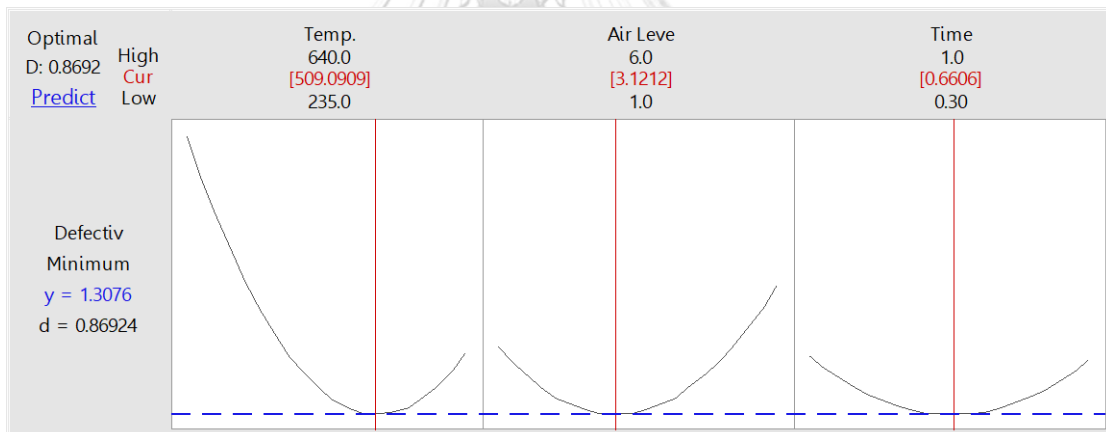
Solution

Solution	Temp.	Air Level	Time	Defectives Fit	Composite Desirability
1	509.091	3.12121	0.660606	1.30760	0.869240

Multiple Response Prediction

Variable	Setting
Temp.	509.091
Air Level	3.12121
Time	0.660606

Response	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
Defectives	1.308	0.352	(0.446, 2.169)	(-0.468, 3.083)



รูปที่ 49.21 ความเหมาะสมของระดับแต่ละปัจจัยจากโปรแกรมของทดลอง กระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) (1)

จากรูปที่ 3.21 แสดงความเหมาะสมของระดับแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโค้ดลอบในระดับที่น้อยที่สุด แต่ด้วยการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เครื่องเป่าลมร้อนไม่สามารถปรับค่า Temp. ที่มีความละเอียดเป็นทศนิยมได้ และค่า Air Level มีความละเอียดของทศนิยมเพียง 1 ตำแหน่งเท่านั้น จึงกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแต่ละปัจจัยใหม่ที่จะส่งผลต่อสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโค้ดลอบในระดับที่น้อยที่สุด ดังตารางที่ 3.6

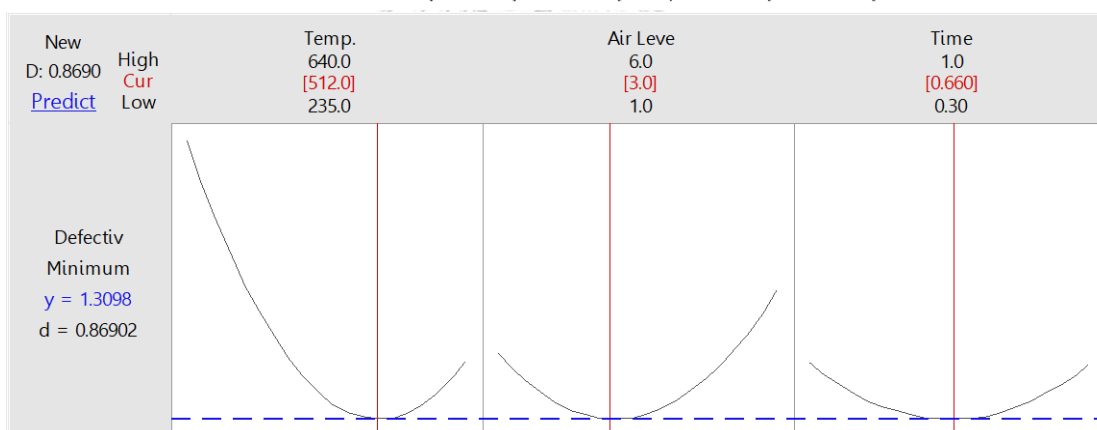
ตารางที่ 14.6 ค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบบของกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

ปัจจัย	ความละเอียด	ค่าที่เหมาะสม	ค่าจริงที่ปรับได้ใหม่	หน่วย
Temp	0.0	509.0909	512	°C
Air Level	0.5	3.1212	3	-
Time	0.00	0.6606	0.66	Second

Multiple Response Prediction

Variable Setting
 Temp. 512
 Air Level 3
 Time 0.66

Response Fit SE Fit 95% CI 95% PI
 Defectives 1.310 0.350 (0.454, 2.166) (-0.463, 3.083)

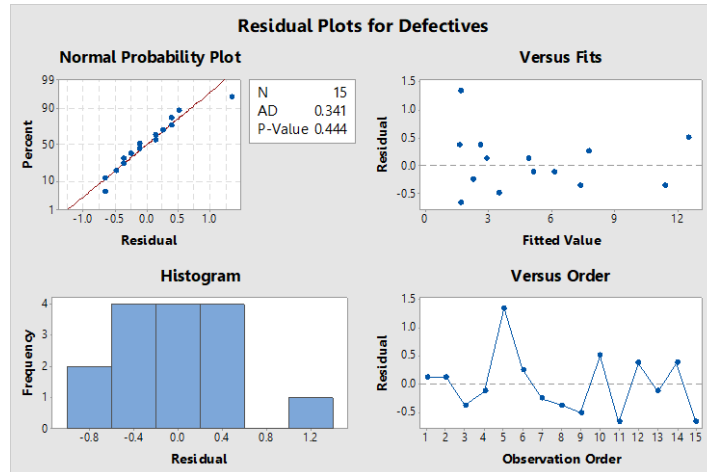


รูปที่ 50.22 ความเหมาะสมของระดับแต่ละปัจจัยจากโปรแกรมของกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) (2)

จากปัจจัยที่ได้กำหนดพบค่า Y หรือจำนวนที่ส่งผลกระทบต่อสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบบอยู่ที่ 1.3098 ขึ้น ใน 10,000 ชิ้น ดังรูปที่ 3.22 เพื่อเป็นการพิสูจน์ว่าทฤษฎีที่คำนวณได้ สามารถแก้ไขปัญหาจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบบเป็นจริงหรือไม่ ต้องนำค่าเงื่อนไขในการปรับตั้งแต่ละปัจจัยไปปฏิบัติต่อไป

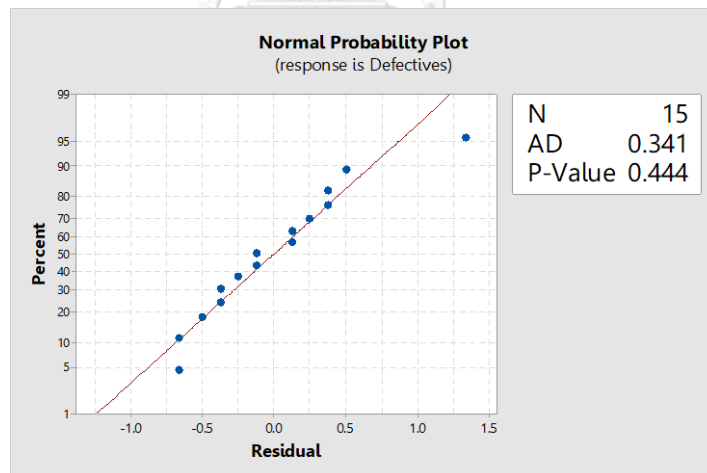
3.3.4 สรุปผลการทดลองกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

1. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากผลการทดลอง



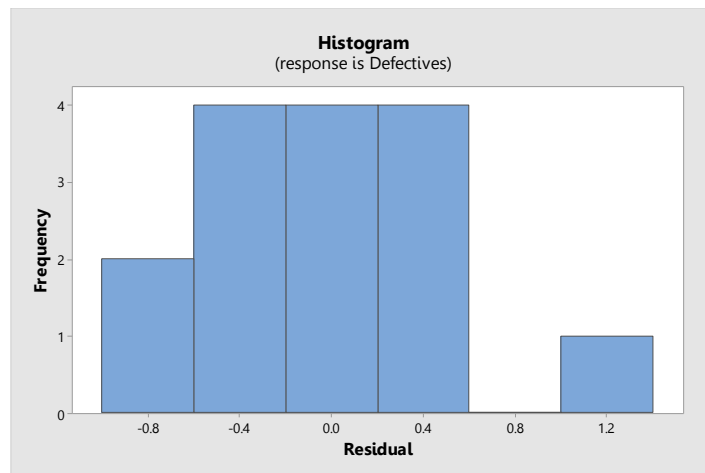
รูปที่ 51.23 กราฟแสดงผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล กระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

1.1 การตรวจสอบการกระจายของข้อมูลว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)



รูปที่ 52.24 กราฟ Normal Probability Plot ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบก กระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

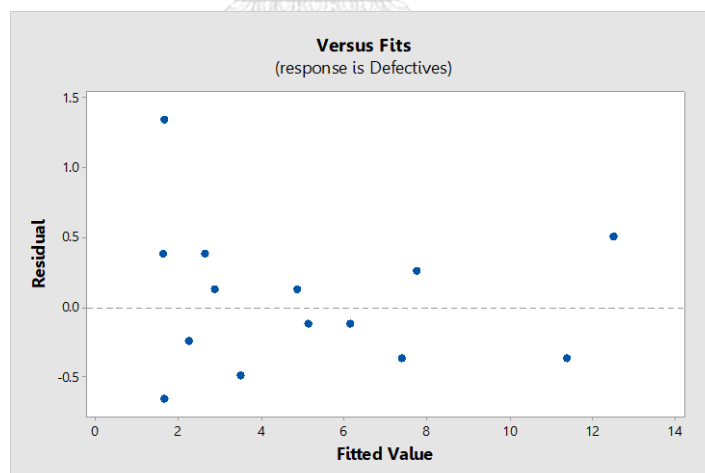
จากรูปที่ 3.24 กราฟมีลักษณะการเรียงตัวของส่วนตกค้าง (Residual) ตามแนวเส้นแสดงถึงการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบปกติ และพิจารณาค่า P-Value ของข้อมูล เมื่อ P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 หมายถึงข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลที่มีการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบปกติ จากรูปที่ 3.8 แสดงค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.444 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลนี้มีการกระจายตัวของข้อมูลเป็นปกติ



รูปที่ 53.25 กราฟ Histogram ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบก
กระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

จากรูปที่ 3.25 จากจำนวนข้อมูลในการทดลอง มีจำนวน 15 ข้อมูล กราฟมีลักษณะเบ้ขวาซึ่งแสดงถึงการกระจายตัวของข้อมูลไม่เป็นแบบปกติ แต่ด้วยทฤษฎีในการตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลจากกราฟ Histogram กำหนดเงื่อนไขจำนวนของ N ต้องมีจำนวนตั้งแต่ 35 ตัวขึ้นไป จึงทำให้ไม่สามารถตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วย Histogram ได้

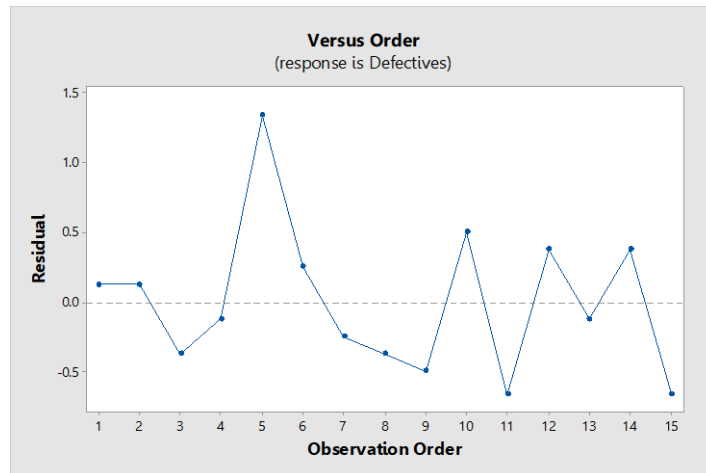
1.2 การตรวจสอบความเสถียรของส่วนตกค้าง (Residual)



รูปที่ 54.26 กราฟ Residual Versus Fitted Value ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบก
กระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

จากรูปที่ 3.26 กราฟแสดงให้เห็นระดับการเรียงตัวของส่วนตกค้าง (Residual) เป็นไปตามการสุ่มแบบปกติ โดยในแต่ละระดับของปัจจัยการกระจายในด้านบวกและลบที่สมดุลกัน จึงประมาณได้ว่ามีค่าเฉลี่ยใกล้เคียง 0 ข้อมูลมีความเสถียรของค่าความแปรปรวน

1.3 การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent)

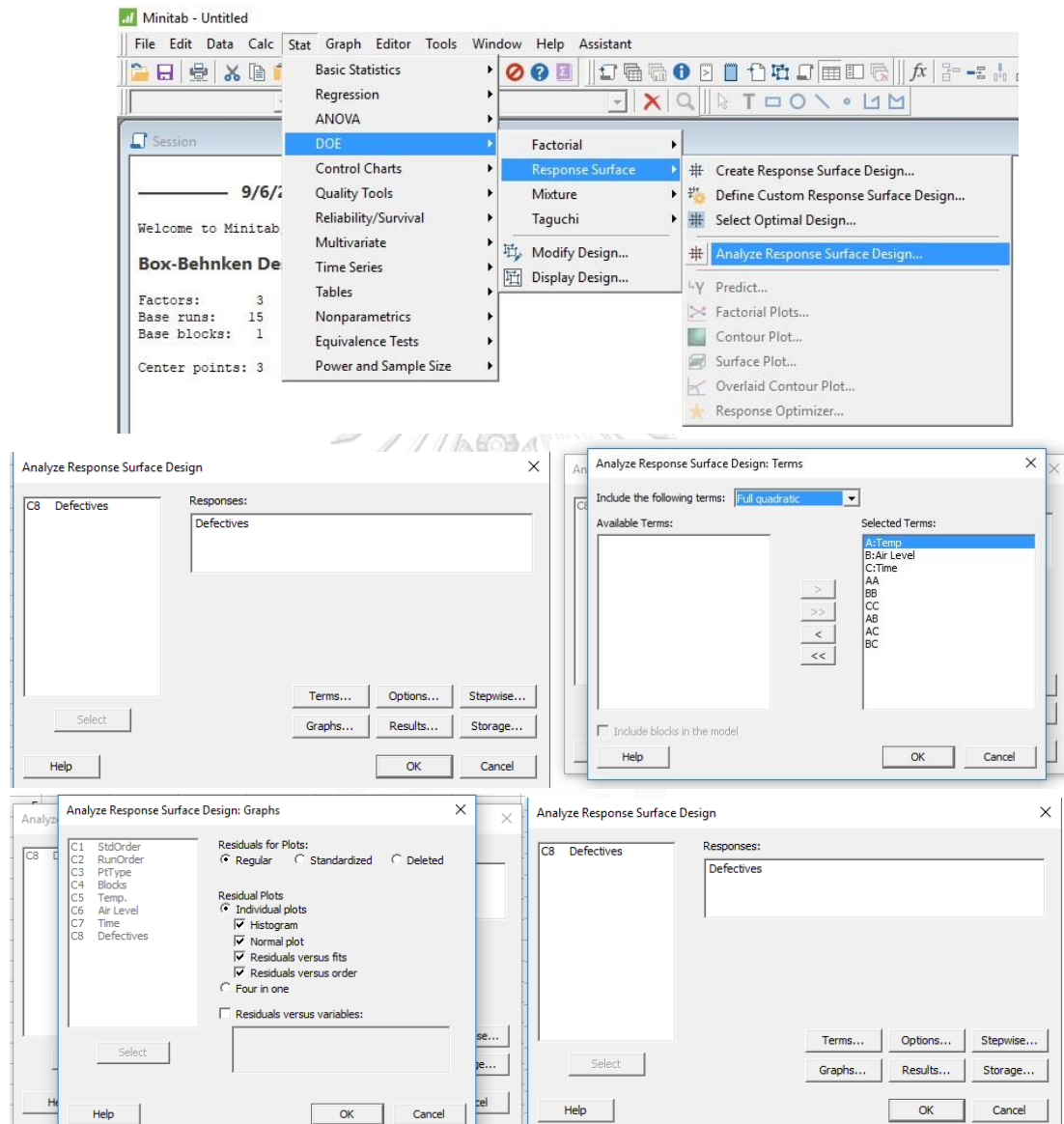


รูปที่ 55.27 กราฟ Residual Versus Order ของจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบ
กระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

จากรูปที่ 3.27 กราฟมีการกระจายตัวในรูปแบบไม่มีแนวโน้มหรือรูปแบบที่แน่นอน ดังนั้นสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

2. วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าตัวแปรของเสียที่เกิดจากโค้ดขาด (Analysis of Variance for Qty. Defect) โดยใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 56.28 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

Box-Behnken Design

Factors: 3 Replicates: 1
 Base runs: 15 Total runs: 15
 Base blocks: 1 Total blocks: 1
 Center points: 3
 Results for: Aluminum

Response Surface Regression: Defectives versus Temp., Air Level, Time**Analysis of Variance**

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	175.817	19.535	24.94	0.001
Linear	3	115.750	38.583	49.26	0.000
Temp.	1	105.125	105.125	134.20	0.000
Air Level	1	4.500	4.500	5.74	0.062
Time	1	6.125	6.125	7.82	0.038
Square	3	44.567	14.856	18.96	0.004
Temp.*Temp.	1	31.410	31.410	40.10	0.001
Air Level*Air Level	1	5.026	5.026	6.42	0.052
Time*Time	1	13.564	13.564	17.32	0.009
2-Way Interaction	3	15.500	5.167	6.60	0.034
Temp.*Air Level	1	6.250	6.250	7.98	0.037
Temp.*Time	1	9.000	9.000	11.49	0.019
Air Level*Time	1	0.250	0.250	0.32	0.597
Error	5	3.917	0.783		
Lack-of-Fit	3	1.250	0.417	0.31	0.820
Pure Error	2	2.667	1.333		
Total	14	179.733			

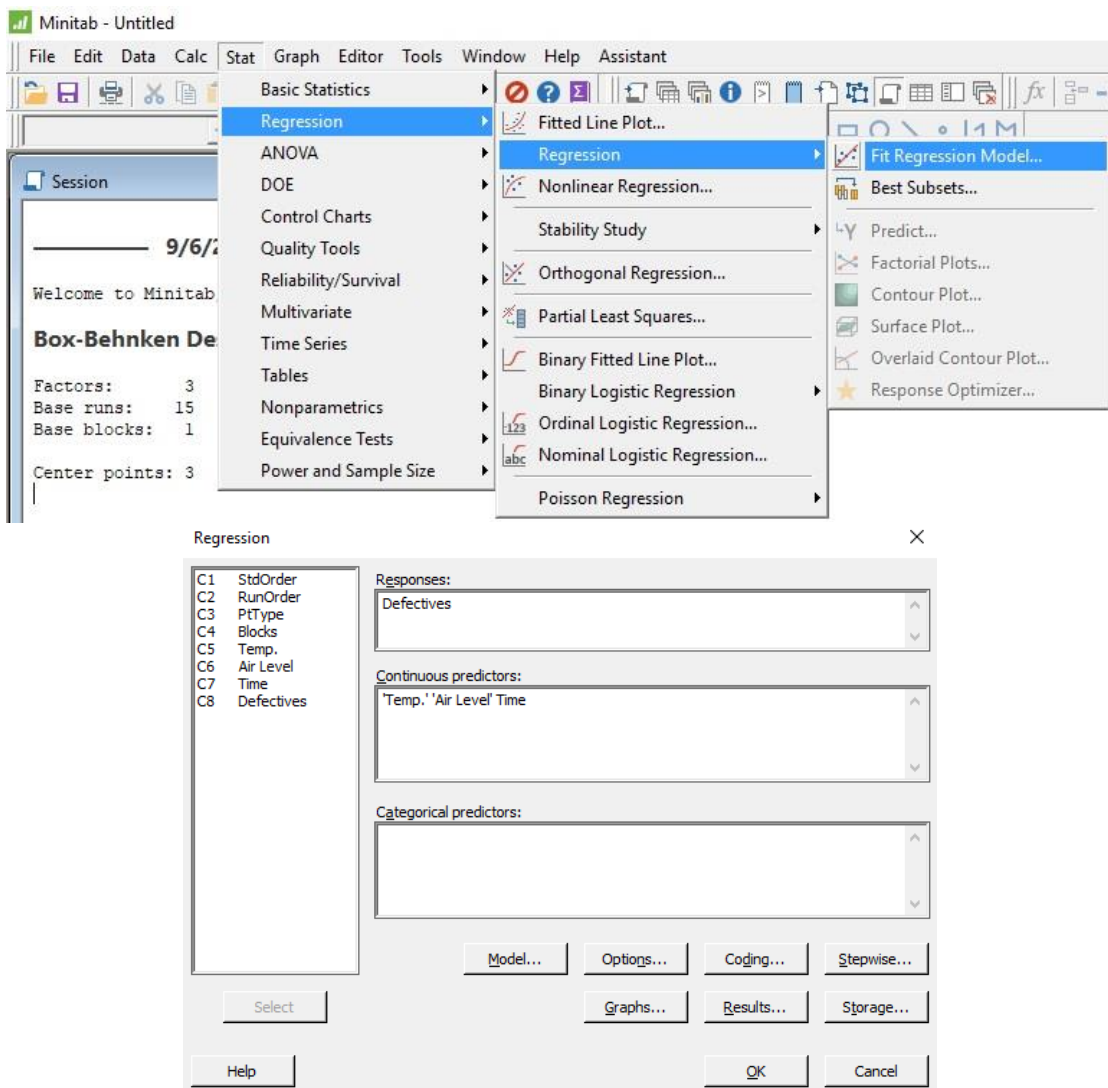
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.885061	97.82%	93.90%	85.53%

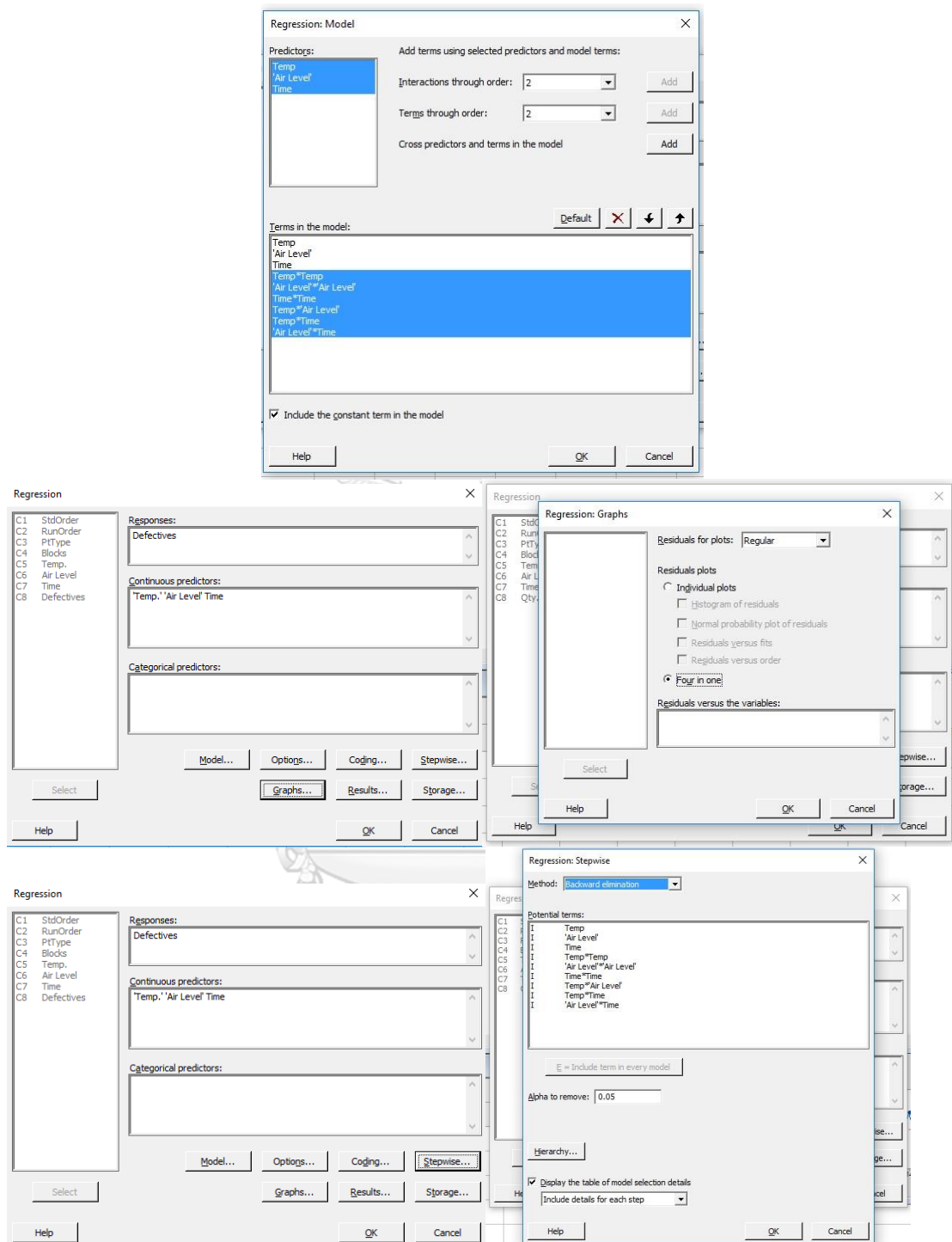
Coded Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	1.667	0.511	3.26	0.022	
Temp.	3.625	0.313	11.58	0.000	1.00
Air Level	0.750	0.313	2.40	0.062	1.00
Time	0.875	0.313	2.80	0.038	1.00
Temp.*Temp.	2.917	0.461	6.33	0.001	1.01
Air Level*Air Level	1.167	0.461	2.53	0.052	1.01
Time*Time	1.917	0.461	4.16	0.009	1.01
Temp.*Air Level	1.250	0.443	2.82	0.037	1.00
Temp.*Time	1.500	0.443	3.39	0.019	1.00
Air Level*Time	-0.250	0.443	-0.56	0.597	1.00

จากข้อมูลข้างต้นใน Terms ที่ Full Quadratic ข้อมูลมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแต่ง (R^2_{adj}) 93.90 เปอร์เซนต์ เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีอันตรกิริยาต่อกันที่ P-Value < 0.05 มีด้วยกัน 2 ปัจจัยคือ Temp*Air Level และ Temp*Time โดยมีค่า P-Value เท่ากับ 0.037 และ 0.019 ซึ่งหมายถึงปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อสัดส่วนจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลอบอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของแต่ละปัจจัยด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน Backward elimination เพื่อตัดปัจจัยที่มีค่า P-Value > 0.05 ออก โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 57.29 ขั้นตอนการ Backward elimination ของข้อมูลการทดลองของ กระจกป้องกันประเภทยอะลูมิเนียม (Aluminum) (1)



รูปที่ 58.30 ขั้นตอนการ Backward elimination ของข้อมูลการทดลองของ
กระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) (2)

Backward Elimination of Terms

Candidate terms: Temp., Air Level, Time, Temp.*Temp., Air Level*Air Level, Time*Time, Temp.*Air Level, Temp.*Time, Air Level*Time

	-----Step 1-----		-----Step 2-----	
	Coef	P	Coef	P
Constant	22.82		23.47	
Temp.	-0.0667	0.002	-0.0667	0.001
Air Level	-1.901	0.048	-2.087	0.015
Time	-26.10	0.007	-27.10	0.002
Temp.*Temp.	0.000071	0.001	0.000071	0.001
Air Level*Air Level	0.1867	0.052	0.1867	0.036
Time*Time	15.65	0.009	15.65	0.004
Temp.*Air Level	0.002469	0.037	0.002469	0.024
Temp.*Time	0.02116	0.019	0.02116	0.011
Air Level*Time	-0.286	0.597		
S		0.885061		0.833333
R-sq		97.82%		97.68%
R-sq(adj)		93.90%		94.59%
R-sq(pred)		85.53%		85.40%
Mallows' Cp		10.00		8.32

α to remove = 0.05

**Analysis of Variance**

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	8	175.567	21.9458	31.60	0.000
Temp.	1	27.949	27.9490	40.25	0.001
Air Level	1	7.970	7.9701	11.48	0.015
Time	1	17.891	17.8909	25.76	0.002
Temp.*Temp.	1	31.410	31.4103	45.23	0.001
Air Level*Air Level	1	5.026	5.0256	7.24	0.036
Time*Time	1	13.564	13.5641	19.53	0.004
Temp.*Air Level	1	6.250	6.2500	9.00	0.024
Temp.*Time	1	9.000	9.0000	12.96	0.011
Error	6	4.167	0.6944		
Lack-of-Fit	4	1.500	0.3750	0.28	0.870
Pure Error	2	2.667	1.3333		
Total	14	179.733			

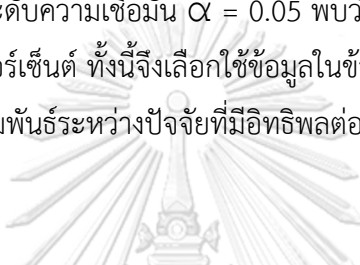
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.833333	97.68%	94.59%	85.40%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	23.47	3.34	7.03	0.000	
Temp.	-0.0667	0.0105	-6.34	0.001	52.27
Air Level	-2.087	0.616	-3.39	0.015	27.32
Time	-27.10	5.34	-5.08	0.002	40.23
Temp.*Temp.	0.000071	0.000011	6.73	0.001	41.46
Air Level*Air Level	0.1867	0.0694	2.69	0.036	18.00
Time*Time	15.65	3.54	4.42	0.004	30.90
Temp.*Air Level	0.002469	0.000823	3.00	0.024	14.26
Temp.*Time	0.02116	0.00588	3.60	0.011	17.23

จากข้อมูลข้างต้นที่ระดับความเชื่อมั่น $\alpha = 0.05$ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแต่ง (R^2_{adj}) เพิ่มขึ้นเป็น 94.59 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลในข้างต้นมาดำเนินการหาแบบจำลองสมการถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียที่เกิดจากโค้ดลอบ โดยมีสมการดังต่อไปนี้

**Regression Equation**

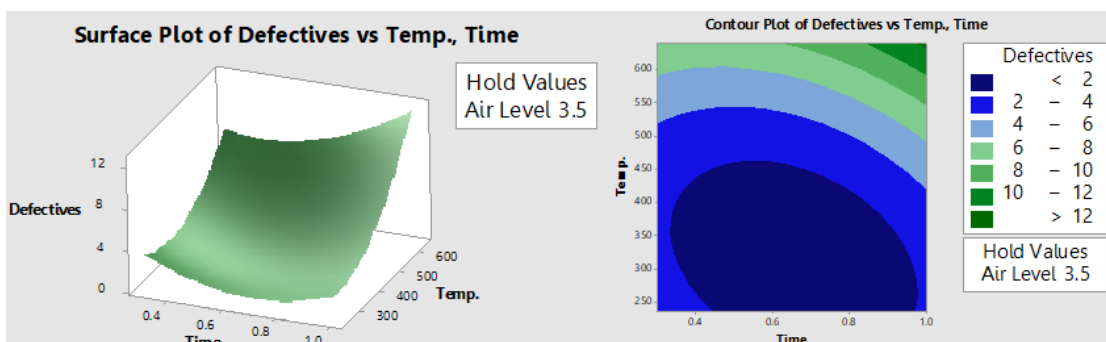
$$\begin{aligned} \text{Defectives} = & 23.47 - 0.0667 \text{ Temp.} - 2.087 \text{ Air Level} - 27.10 \text{ Time} \\ & + 0.000071 \text{ Temp.*Temp.} + 0.1867 \text{ Air Level*Air Level} \\ & + 15.65 \text{ Time*Time} + 0.002469 \text{ Temp.*Air Level} \\ & + 0.02116 \text{ Temp.*Time} \end{aligned}$$



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

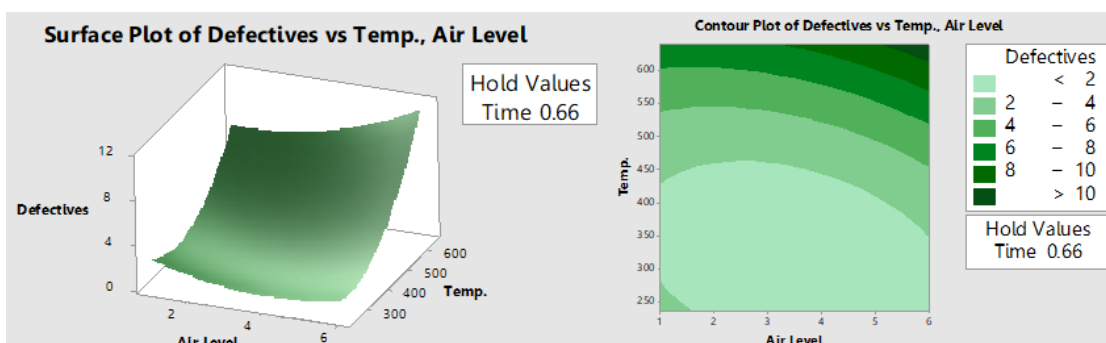
เมื่อได้ผลการทดลองที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียที่เกิดจากโคตลอปได้แล้ว จึงมาสร้างกราฟพื้นผิวตอบสนอง (Surface Plot) และกราฟโครงร่าง (Contour Plot) ระหว่าง อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน เทียบกับระยะเวลาในการให้ความร้อน และอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน เทียบกับระดับความแรงลม โดยมีรายละเอียดดังนี้

อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการให้ความร้อน ในช่วง 235 – 462 องศาเซลเซียส ที่ 0.33 – 0.98 วินาที เป็นช่วงที่จำนวนของเสียเกิดน้อย เมื่อพิจารณานอกช่วงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นก็จะทำให้เกิดของเสียเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 59.31 Surface และ Contour Plot ของจำนวนของเสียที่เกิด เทียบกับอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน และระยะเวลาในการให้ความร้อน ของกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน มีความสัมพันธ์กับระดับความแรงลม ในช่วง 235 - 462 องศาเซลเซียส ที่ระดับ 1 - 6 เป็นช่วงที่จำนวนของเสียเกิดน้อย เมื่อพิจารณานอกช่วงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและระดับแรงลมที่สูงขึ้นก็จะทำให้เกิดของเสียเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 60.32 Surface และ Contour Plot ของจำนวนของเสียที่เกิด เทียบกับอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน และระดับความแรงลม ของกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

3. หาความเหมาะสมของข้อมูลปัจจัยสำหรับกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

Response Optimization: Defectives

Parameters

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Defectives	Minimum		0	10	1	1

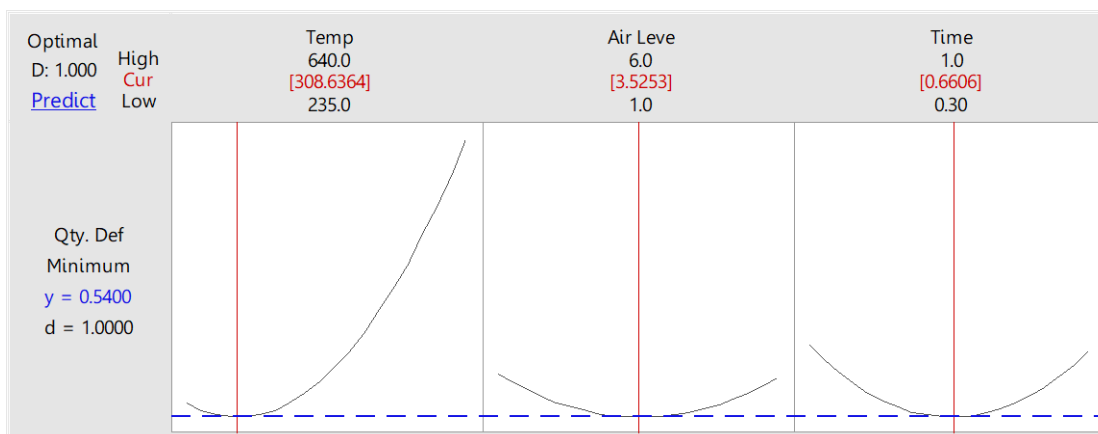
Solution

Solution	Temp.	Air Level	Time	Defectives Fit	Composite Desirability
1	308.636	3.52525	0.660606	0.539987	0.946001

Multiple Response Prediction

Variable	Setting
Temp.	308.636
Air Level	3.52525
Time	0.660606

Response	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
Defectives	0.540	0.451	(-0.564, 1.644)	(-1.779, 2.859)



รูปที่ 61.33 ความเหมาะสมของระดับแต่ละปัจจัยจากโปรแกรมของกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) (1)

จากรูปที่ 3.33 แสดงความเหมาะสมของระดับแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโค้ดลอบในระดับที่น้อยที่สุด แต่ด้วยการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เครื่องเป่าลมร้อนไม่สามารถปรับค่า Temp ที่มีความละเอียดเป็นทศนิยมได้ และค่า Air Level มีความละเอียดของทศนิยมเพียง 1 ตำแหน่งเท่านั้น จึงกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแต่ละปัจจัยที่จะส่งผลต่อสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโค้ดลอบในระดับที่น้อยที่สุด ดังตารางที่ 3.7

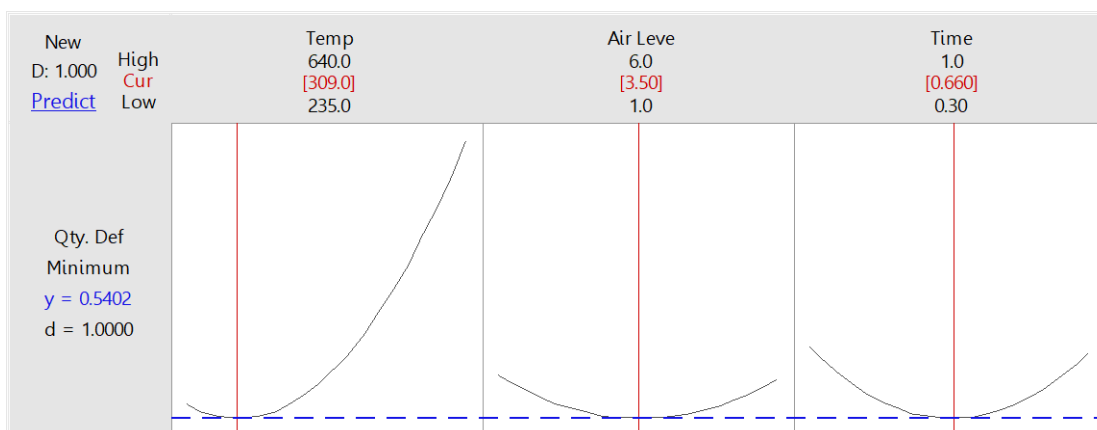
ตารางที่ 15.7 ค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบบของ
กระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

ปัจจัย	ความละเอียด	ค่าที่เหมาะสม	ค่าจริงที่ปรับได้	หน่วย
Temp	0.0	308.6364	309	°C
Air (Flow)	0.5	3.5758	3.5	-
Time	0.00	0.6606	0.66	Second

Multiple Response Prediction

Variable Setting
Temp. 309
Air Level 3.5
Time 0.66

Response Fit SE Fit 95% CI 95% PI
Defectives 0.540 0.451 (-0.564, 1.644) (-1.779, 2.859)



รูปที่ 62.34 ความเหมาะสมของระดับแต่ละปัจจัยจากโปรแกรมของ
กระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) (2)

จากรูปที่ 3.34 ปัจจัยที่ได้กำหนดพบว่ามีค่า Y หรือจำนวนที่ส่งผลกระทบต่อสัดส่วนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบบอยู่ที่ 0.5402 ขึ้น ใน 10,000 ชิ้น เพื่อเป็นการพิสูจน์ว่าทฤษฎีที่คำนวณได้ สามารถแก้ไขปัญหาจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดลบบเป็นจริงหรือไม่ ต้องนำค่าเงื่อนไขในการปรับตั้งแต่ละปัจจัยไปปฏิบัติต่อไป

3.4 สรุปผลการดำเนินการแก้ไขปัญหาโค้ดลอบ

3.4.1 ครอบป้องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)

ผลการดำเนินงานแก้ไขปัญหาคอ้ดลอบด้วยการเตรียมผิวครอบป้องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) ด้วยการควบคุมปัจจัย 3 ระดับ อุณหภูมิ ระดับความแรงลม และระยะเวลา โดยครอบป้องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) กำหนดค่าพารามิเตอร์แต่ละปัจจัยใช้อุณหภูมิ 512 องศาเซลเซียส ความแรงลมระดับ 3 ระยะเวลา 0.66 วินาที ส่งผลให้ผิวครอบป้องมีอุณหภูมิ 90.5 องศาเซลเซียส พร้อมเก็บผลจากการดำเนินการเป็นระยะเวลา 2 เดือน ผลลัพธ์เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นจากคอ้ดลอบครอบป้องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) ในเดือน 01/2562 และ 02/2562 มีแนวโน้มลดลงเป็น 0.025 และ 0.017 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.8

3.4.2 ครอบป้องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

ผลการดำเนินงานแก้ไขปัญหาคอ้ดลอบด้วยการเตรียมผิวครอบป้องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) ควบคุมปัจจัย 3 ระดับ อุณหภูมิ ระดับความแรงลม และระยะเวลา โดยครอบป้องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) กำหนดค่าพารามิเตอร์แต่ละปัจจัยใช้อุณหภูมิ 309 องศาเซลเซียส ความแรงลมระดับ 3.5 ระยะเวลา 0.66 วินาที ส่งผลให้ผิวครอบป้องมีอุณหภูมิ 43.0 องศาเซลเซียส พร้อมเก็บผลจากการดำเนินการเป็นระยะเวลา 2 เดือน ผลลัพธ์เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นจากคอ้ดลอบครอบป้องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) ในเดือน 01/2562 และ 02/2562 มีแนวโน้มลดลงเป็น 0.006 และ 0.008 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 16.8 บันทึกจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากคอ้ดลอบในสายการผลิตที่ 1 (หลังปรับปรุง)

เดือน/ปี	ครอบป้องที่ผลิตได้ (ครอบป้อง)			ของเสียที่เกิดขึ้นจากคอ้ดลอบ (ครอบป้อง)					
	Tin	Aluminum	รวม	Tin		Aluminum		รวม	
10/2018	1,331,467	598,166	1,929,633	1,622	0.122%	234	0.039%	1,856	0.096%
11/2018	1,420,713	638,292	2,059,005	1,563	0.110%	276	0.043%	1,839	0.089%
12/2018	1,725,093	775,042	2,500,135	854	0.050%	85	0.011%	939	0.038%
01/2019	1,034,904	464,957	1,499,861	254	0.025%	26	0.006%	280	0.019%
02/2019	1,103,041	495,570	1,598,611	192	0.017%	38	0.008%	230	0.014%

บทที่ 4 การดำเนินงานวิจัยหัวข้อปัญหาไค้ดขาด

สำหรับการวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงแก้ไขปัญหาจากข้างต้นที่หาโรงงานได้ตั้งข้อสรุปไว้ว่า ปัญหาไค้ดขาดเกิดจากเครื่องพิมพ์ไม่ได้ประสิทธิภาพ เพื่อให้ผลลัพธ์ในการปรับปรุงได้ตามเป้าหมาย ขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- จัดตั้งการประชุมร่วมกันกับทางฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายผลิต และฝ่ายควบคุมคุณภาพ เพื่อชี้แจงเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางการแก้ไขร่วมกัน พร้อมทั้งหาข้อสรุปต่าง ๆ โดยมีวาระดังนี้
 - กำหนดขอบเขตของปัญหา
 - กำหนดวิธีการเก็บข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน
 - กำหนดวิธีการวัดผลการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์
 - สรุปผลการประชุม
- ดำเนินงานตามแผนที่ได้ทำการประชุม
- วิเคราะห์ผลการทดลอง
- สรุปผลการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาไค้ดขาด

4.1 สรุปเนื้อหาการประชุมในการแก้ไขปัญหาไค้ดขาด

ในการประชุมหัวข้อการแก้ไขปัญหาไค้ดขาดได้ทำการเรียนเชิญหน่วยงานผู้รับผิดชอบในการจัดการปัญหาดังกล่าวมาเข้าร่วมประชุมเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยได้ทำการแจกรายละเอียดจำนวนผู้เข้าร่วมประชุมและบทบาทหน้าในการประชุมแต่ละบุคคล ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

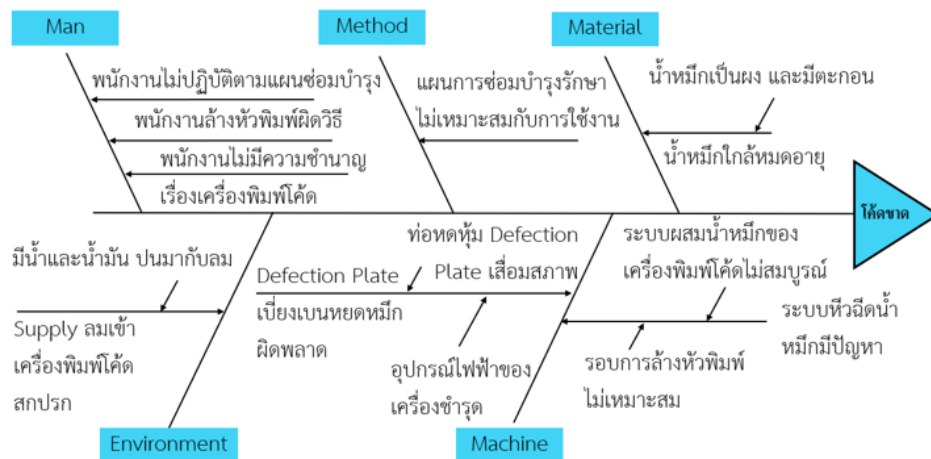
ตารางที่ 17.1 รายละเอียดผู้เข้าร่วมการประชุมและบทบาทหน้าที่ในการประชุม

ลำดับ	ผู้เข้าร่วมการประชุม	ตำแหน่งในที่ประชุม	บทบาทหน้าที่
1	ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม	ประธาน	ตัดสินใจในแต่ละวาระการประชุม
2	ผู้วิจัย	รองประธาน	1. ควบคุมการดำเนินการในแต่ละวาระการประชุม 2. รายงานข้อมูลปัญหาที่พบ 3. ชี้แจงแนวทางการแก้ไขปัญหา
3	ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม
4	ผู้จัดการแผนกฝ่ายวิศวกรรม	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม
5	ผู้จัดการฝ่ายผลิต	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม
6	ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายผลิต	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม
7	ผู้จัดการแผนกฝ่ายผลิต	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม
8	ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายคุณภาพ	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม
9	ผู้จัดการแผนกฝ่ายคุณภาพ	สมาชิก	แสดงความคิดเห็นในที่ประชุม

1. กำหนดขอบเขตของปัญหา

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนภูมิแก๊งปลา ตามรูปที่ 4.1 พร้อมประเมินตัวเลขความเสี่ยงชั้นนำ (Risk Priority Number : RPN) ที่เกณฑ์การให้คะแนนความสำคัญต่อผลกระทบที่เกิดได้ขาดดังรูปที่ 4.2 และในรูปที่ 4.3 ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ค., หน้า 122-124.

จากเกณฑ์การให้คะแนนประเมินตัวเลขความเสี่ยงชั้นนำในรูปที่ 4.2 พบว่าแผนภูมิพาเรโตในรูปที่ 4.3 ที่ระดับ 80 เปอร์เซนต์ มีทั้งหมด 7 สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดได้ขาด เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าสาเหตุมาจากการบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ที่ไม่เหมาะสม ปัจจัยจากความแตกต่างของกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) และกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) จึงไม่ส่งผลกระทบ ทั้งนี้จึงทำการวิเคราะห์สาเหตุปัญหา พิสูจน์ และหาวิธีการแก้ไข ด้วยทฤษฎี 5W1H เพื่อปรับปรุงแผนซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ใหม่ รวมไปถึงทำการวัดประสิทธิผลโดยรวม (OEE) ของเครื่องพิมพ์เพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 และในการดำเนินการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์และวันประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องพิมพ์ (OEE) จะทำการปรับปรุงเครื่องพิมพ์ที่สายการผลิตที่ 1 ดังที่ได้สรุปขอบเขตการดำเนินการทดลองไว้ในบทที่ 3

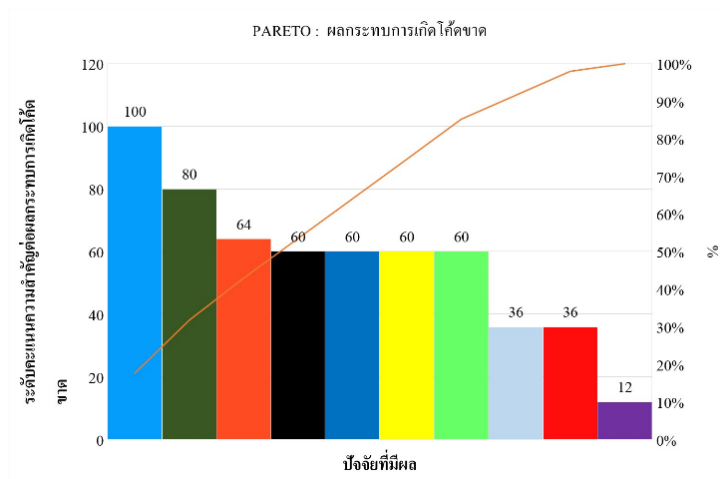


รูปที่ 63.1 แผนภูมิแก๊งปลาวิเคราะห์สาเหตุปัญหาได้ขาด

ลำดับ	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	S	O	D	Result
1	Man	พนักงานไม่ปฏิบัติตามแผนซ่อมบำรุง	3	2	2	12
2		พนักงานล้างหัวพิมพ์ผิดวิธี	4	3	3	36
3		พนักงานไม่มีความชำนาญ เรื่องเครื่องพิมพ์ได้ขาด	4	3	3	36
4	Method	แผนการซ่อมบำรุงรักษาไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	5	5	4	100
5	Material	น้ำหมึกที่ใกล้หมดอายุทำให้น้ำหมึกเป็นผงและมีตะกอน	4	4	4	64
6	Environment	มีน้ำและน้ำมัน ปนมากับลม ทำให้ลม Supply เข้าเครื่องพิมพ์ได้ขาดสกปรก	5	4	3	60
7	Machine	อุปกรณ์ไฟฟ้าของเครื่องชำรุด ทำให้ Defection Plate เบี่ยงเบนหยดหมึกผิดพลาด	5	4	3	60
8		ท่อดูดหมึก Defection Plate เสื่อมสภาพ ทำให้ Defection Plate เบี่ยงเบนหยดน้ำหมึกผิดพลาด	5	4	3	60
9		ระบบผสมน้ำหมึกของเครื่องพิมพ์ได้ขาดไม่สมบูรณ์ ทำให้ระบบหัวฉีดน้ำหมึกมีปัญหา	5	3	4	60
10		รอยการล้างหัวพิมพ์ที่ไม่เหมาะสม ทำให้ระบบหัวฉีดน้ำหมึกมีปัญหา	5	4	4	80

รูปที่ 64.2 ประเมินตัวเลขความเสี่ยงขึ้น (Risk Priority Number)

วิเคราะห์สาเหตุปัญหาได้ขาด



รูปที่ 65.3 แผนภูมิพาเรโตคัดเลือกสาเหตุปัญหาได้ขาด

ตารางที่ 18.2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา พิสูจน์เหตุ และกำหนดมาตรการแก้ไข (2)

ลำดับ	หัวข้อพิสูจน์ (What)	เหตุผลของการพิสูจน์ (Why)	วิธีการพิสูจน์ (How)	ทดสอบสมมุติฐาน	สถานที่ (Where)	กำหนดเสร็จ (When)	ผู้รับผิดชอบ (Who)
1	ท่อหุ้ม Defection Plate เสื่อมสภาพ ทำให้การเบี่ยงเบนหยดน้ำหมึก ผิดพลาด	ท่อหุ้มที่เริ่มชำรุด เมื่อพิมพ์โค้ดแล้วมี อาการโค้ดขาด และเมื่อทำการเปลี่ยนท่อหุ้มใหม่ พบว่าสามารถแก้ไขอาการโค้ดขาดได้	เปรียบเทียบท่อหุ้ม Defection Plate ที่อยู่ในสภาพดี และไม่ดี จากนั้นดูผลลัพธ์ที่ได้จากการพิมพ์โค้ดบนกระป๋อง	Observe	เครื่องพิมพ์	สิ้นเดือน กรกฎาคม 2561	ฝ่ายวิศวกรรม
2	รอบการล้างหัวพิมพ์ที่ไม่เหมาะสม ทำให้ระบบหัวฉีดน้ำหมึกมีปัญหา	หลังจากล้างหัวพิมพ์ไปแล้ว ในระหว่างวันยังมีการเกิดปัญหาโค้ดขาด และเมื่อล้างหัวพิมพ์แล้วอาการโค้ดขาดหายไป	ระหว่างวันทำการถอดหัวพิมพ์ ตรวจสอบเช็คสภาพความสกปรกของหัวพิมพ์ อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานหรือไม่ และเมื่อเกิดปัญหาโค้ดขาด หากทำการล้างหัวพิมพ์แล้วสามารถแก้ไขอาการโค้ดขาดได้หรือไม่	Observe	เครื่องพิมพ์	สิ้นเดือน กรกฎาคม 2561	ฝ่ายวิศวกรรม
3	ระบบผสมน้ำหมึกของเครื่องพิมพ์โค้ดไม่สมบูรณ์ ทำให้ระบบหัวฉีดน้ำหมึกมีปัญหา	ระหว่างน้ำหมึกที่เหลว และหนืด ส่งผลให้เกิดโค้ดขาดจริง และมีผลทำให้ Defection Plate สกปรกตามมา	เตรียมตัวอย่างน้ำหมึกที่เหลวและที่หนืด จากนั้นนำไปทดสอบกับเครื่องพิมพ์โค้ด และดูลักษณะของโค้ดที่พิมพ์บนกระป๋อง	Observe	เครื่องพิมพ์	สิ้นเดือน กรกฎาคม 2561	ฝ่ายวิศวกรรม
4	อุปกรณ์ไฟฟ้าของเครื่องชำรุด ทำให้ Defection Plate เบี่ยงเบนหยดหมึก ผิดพลาด	หากทำการคลายสกรูที่ Defection Plate แล้วส่งผลทำให้เกิดโค้ดขาดจริง	ทำการคลายสกรูยึดสายไฟที่ Defection Plate และดูลักษณะของโค้ดที่พิมพ์บนกระป๋อง	Observe	เครื่องพิมพ์	สิ้นเดือน กรกฎาคม 2561	ฝ่ายวิศวกรรม

ลำดับ	หัวข้อพินิจ (What)	เหตุผลของการพินิจ (Why)	วิธีการพินิจ (How)	ทดสอบสมมุติฐาน	สถานที่ (Where)	กำหนดเสร็จ (When)	ผู้รับผิดชอบ (Who)
5	แรงดันลมต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทำให้ลมที่ใช้งานกับเครื่องพิมพ์ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน	หากลดแรงดันลมที่เข้าเครื่อง เมื่อแรงดันลมต่ำกว่า 5 bar จะทำให้โค้ดที่พิมพ์เริ่มมีอาการโค้ดขาดเกิดขึ้น	ค่อยๆ ลด Pressure ของลมที่เข้าเครื่องพิมพ์ให้ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติที่ใช้งาน จากนั้นดูผลลัพธ์ที่ได้จากการพิมพ์	Observe	เครื่องพิมพ์	สิ้นเดือนกรกฎาคม 2561	ฝ่ายวิศวกรรม
6	น้ำหมึกที่ใกล้หมดอายุ ทำให้หมึกมีลักษณะที่เป็นผงและมีตะกอน	พบว่าน้ำหมึกที่คงเหลืออายุการใช้งาน 2 เดือน มีการซ่อมเครื่องพิมพ์ไป 9 ครั้ง ส่วนน้ำหมึกที่คงเหลืออายุการใช้งาน 7 เดือน มีการซ่อมเครื่องไป 2 ครั้ง	เปรียบเทียบการใช้หมึกที่มีอายุของการจัดเก็บที่ไม่เท่ากัน โดยวัดผลจากการซ่อมเครื่อง (กำหนดใช้น้ำหมึกที่คงเหลืออายุการจัดเก็บที่ 2 เดือน เทียบกับ 7 เดือน เก็บผลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์)	Observe	เครื่องพิมพ์	สิ้นเดือนกรกฎาคม 2561	ฝ่ายวิศวกรรม
7	แผนการซ่อมบำรุงรักษาไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	แผนการซ่อมบำรุงในปัจจุบันยังไม่ครบถ้วน บางปัญหาไม่ได้มีการวางแผนในการซ่อมบำรุง	ตรวจสอบแผนซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์ในปัจจุบัน สอดคล้องกับการแก้ไข ปัญหาในปัจจุบันหรือไม่	Observe	เครื่องพิมพ์	สิ้นเดือนกรกฎาคม 2561	ฝ่ายวิศวกรรม

2. กำหนดวิธีการเก็บข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

ในการปรับปรุงแผนซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ กำหนดระยะเวลาในดำเนินการพร้อมเก็บผลหลังดำเนินการปรับปรุงเป็นระยะเวลา 2 เดือน จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้จากก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงมาเปรียบเทียบ

3. กำหนดวิธีการวัดผล

ในการวัดผลการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ในสายการผลิตที่ 1 จะใช้หลักการหาค่าเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจะเสีย (MTBF) และค่าเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (MTTR) ของเครื่องพิมพ์ โดยทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังการการปรับปรุง ว่ามีแนวโน้มที่ดีขึ้นหรือไม่ โดยรายละเอียดวิธีการคำนวณมีดังนี้

ตารางที่ 19.3 ข้อมูลเครื่องพิมพ์ในสายการผลิตที่ 1 (ก่อนปรับปรุง)

เดือน/ปี	เวลาการทำงาน (นาทิต/วัน)	จำนวนวัน ทำงาน (วัน/เดือน)	ระยะเวลาที่ เครื่องจักร ทำงาน (นาทิต/เดือน)	จำนวนครั้งที่ ซ่อมเครื่อง (ครั้ง)	เวลาที่หยุด ซ่อมเครื่อง (นาทิต/เดือน)	MTBF (นาทิต/ครั้ง)	MTTR (นาทิต/ครั้ง)
10/2560	820	26	21,320	15	224	1,406.4	14.9
11/2560	820	26	21,320	10	131	2,118.9	13.1
12/2560	820	23	18,860	17	233	1,095.7	13.7
01/2561	820	24	19,680	11	164	1,774.2	14.9
02/2561	820	24	19,680	12	175	1,625.4	14.6
03/2561	820	27	22,140	16	219	1,370.1	13.7
04/2561	820	21	17,220	12	173	1,420.6	14.4

ตารางที่ 20.4 ข้อมูลระยะเวลาในการซ่อมเครื่องพิมพ์ (ก่อนปรับปรุง)

เดือน/ปี	ลำดับครั้งในการซ่อม																	เวลารวมที่ หยุดซ่อม เครื่อง (นาทิต/เดือน)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
10/2560	13	11	13	15	18	17	16	18	16	14	15	12	18	13	15	-	-	224
11/2560	15	14	14	16	10	12	13	11	11	15	-	-	-	-	-	-	-	131
12/2560	12	13	11	17	14	16	12	12	15	12	17	9	13	14	15	15	16	233
01/2561	14	13	18	19	16	12	13	14	17	15	13	-	-	-	-	-	-	164
02/2561	11	14	13	11	14	18	16	15	18	15	14	16	-	-	-	-	-	175
03/2561	12	12	16	14	18	14	14	13	10	17	13	12	17	16	10	11	-	219
04/2561	13	12	16	16	13	18	15	16	15	14	11	14	-	-	-	-	-	173

วิธีการคำนวณ ค่าเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจะเสีย (MTBF) และค่าเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (MTTR)

- 1) ค่าเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจะเสีย (MTBF)

$$\begin{aligned} \text{MTBF} &= \text{เวลาที่เดินเครื่องจักรได้} / \text{จำนวนครั้งที่เครื่องหยุด} \\ &= (21,320 \text{ นาทิต} - 224 \text{ นาทิต}) / 15 \text{ ครั้ง} \\ &= 1,406.4 \text{ นาทิต/ครั้ง} \end{aligned}$$

- 2) ค่าเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (MTTR)

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \text{เวลาที่ใช้ในการซ่อม} / \text{จำนวนครั้งที่เครื่องหยุด} \\ &= (13+11+13+15+18+17+16+18+16+14+15+12+18+13+15) / 15 \text{ ครั้ง} \\ &= 224 \text{ นาทิต} / 15 \text{ ครั้ง} \\ &= 14.9 \text{ นาทิต} / \text{ครั้ง} \end{aligned}$$

4.2 ดำเนินการตามแผนที่ได้ทำการประชุม

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ได้กล่าวในข้างต้น นำดำเนินการพิสูจน์ทั้ง 7 สาเหตุ ซึ่งสามารถสรุปออกมาเป็นรายละเอียดต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 21.5 ผลลัพธ์จากการนำสมมติฐานไปดำเนินการพิสูจน์

ลำดับ	หัวข้อพิสูจน์	วิธีการพิสูจน์	สรุปผลการพิสูจน์	ผลการทดสอบสมมติฐาน	ภาพประกอบ
1	ท่อหุ้ม Deflection Plat เสื่อมสภาพ ทำให้การเบี่ยงเบนหยดน้ำหมึกผิดพลาด	เปรียบเทียบท่อหุ้ม Deflection Plate ที่อยู่ในสภาพดี และไม่ดี จากนั้นดูผลลัพธ์ที่ได้จากการพิมพ์โค้ดบนกระป๋อง	ท่อหุ้มที่เริ่มชำรุดเมื่อพิมพ์โค้ดแล้วมีอาการโค้ดขาด และเมื่อทำการเปลี่ยนท่อหุ้มใหม่พบว่าสามารถแก้ไขอาการโค้ดขาดได้	เป็นจริง	
2	รอบการล้างหัวพิมพ์ที่ไม่เหมาะสม ทำให้ระบบหัวฉีดน้ำหมึกมีปัญหา	ระหว่างวันให้ทำการถอดหัวพิมพ์โค้ดออกมา ตรวจสอบเช็คเมื่อพบว่าหัวพิมพ์มีความสกปรก ให้ทำการล้างหัวพิมพ์แล้วเก็บผลว่ามีพบอาการโค้ดขาดในระหว่างวันหรือไม่ (ทุก ๆ 4 ชั่วโมง)	ในระหว่างวันพบว่าหัวพิมพ์มีความสกปรก และได้ทำการล้างหัวพิมพ์ทุก ๆ 4 ชั่วโมงพบว่าไม่เกิดปัญหาโค้ดขาดที่เกิดจากหัวพิมพ์สกปรก	เป็นจริง	
3	ระบบผสมน้ำหมึกของเครื่องพิมพ์โค้ดไม่สมบูรณ์ ทำให้ระบบหัวฉีดน้ำหมึกมีปัญหา	เตรียมตัวอย่างน้ำหมึกที่เหลวและที่หนืด จากนั้นนำไปทดสอบกับเครื่องพิมพ์โค้ด และดูลักษณะของโค้ดที่พิมพ์บนกระป๋อง	น้ำหมึกที่เหลว และหนืด ส่งผลให้เกิดโค้ดขาดจริง และมีผลทำให้ Deflection Plate สกปรกตามมา	เป็นจริง	
4	อุปกรณ์ไฟฟ้าของเครื่องชำรุดทำให้ Deflection Plate เบี่ยงเบนหยดหมึกผิดพลาด	ทำการคลายสกรูยึดสายไฟที่ Deflection Plate และดูลักษณะของโค้ดที่พิมพ์บนกระป๋อง	เมื่อทำการคลายสกรูที่ Deflection Plate แล้วส่งผลทำให้เกิดโค้ดขาดจริง	เป็นจริง	

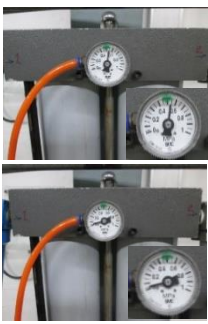
ลำดับ	หัวข้อพิสูจน์	วิธีการพิสูจน์	สรุปผลการพิสูจน์	ผลการทดสอบ สมมุติฐาน	ภาพประกอบ
5	แรงดันลมต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทำให้ลมที่ใช้งานกับเครื่องพิมพ์ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน	ค่อยๆ ลด Pressure ของลมที่ เข้าเครื่องพิมพ์ให้ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติที่ใช้งาน จากนั้นดูผลลัพธ์ที่ได้จากการพิมพ์	เมื่อลดแรงดันลมที่เข้าเครื่อง พบว่าเมื่อแรงดันลมต่ำกว่า 5 bar โค้ดที่พิมพ์เริ่มมีอาการโค้ดขาดเกิดขึ้น	เป็นจริง	
6	น้ำหมึกที่ใกล้หมดอายุ ทำให้ น้ำหมึกมีลักษณะที่เป็นผงและมีตะกอน	เปรียบเทียบการใช้น้ำหมึกที่มีอายุของการจัดเก็บที่ไม่เท่ากัน โดยวัดผลจากการซ่อมเครื่อง (กำหนดใช้น้ำหมึกที่คงเหลืออายุการจัดเก็บที่ 2 เดือน เทียบกับ 7 เดือน เก็บผลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์)	พบว่าน้ำหมึกที่คงเหลืออายุการใช้งาน 2 เดือน มีการซ่อมเครื่องพิมพ์ไป 9 ครั้ง ส่วนน้ำหมึกที่คงเหลืออายุการใช้งาน 7 เดือน มีการซ่อมเครื่องไป 2 ครั้ง	เป็นจริง	
7	แผนการซ่อมบำรุงรักษาไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	ตรวจสอบแผนซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์โค้ดในปัจจุบัน สอดคล้องกับการแก้ไข ปัญหาในปัจจุบันหรือไม่	แผนการซ่อมบำรุงในปัจจุบันยังไม่ครบถ้วน บางปัญหาไม่ได้มีการวางแผนในการซ่อมบำรุง	เป็นจริง	

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการดำเนินการพิสูจน์สาเหตุของปัญหาไค้ดขาดทั้ง 7 หัวข้อ นำมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดการทำแผนซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ใหม่ จึงได้สรุปไว้ดังตารางที่ 4.6 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 22.6 สรุปแนวทางการดำเนินการปรับปรุงแผนซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์

ลำดับ	หัวข้อพิสูจน์	สรุปผลการพิสูจน์	ภาพประกอบ	แผนดำเนินการก่อนปรับปรุง	แนวทางดำเนินการแก้ไข
1	ท่อหุ้ม Defection Plate เสื่อมสภาพทำให้การเบี่ยงเบนหยดน้ำหมึกผิดพลาด	ท่อหุ้มที่เริ่มชำรุดเมื่อพิมพ์ไค้ดแล้วมีอาการไค้ดขาด และเมื่อทำการเปลี่ยนท่อหุ้มใหม่พบว่าสามารถแก้ไขอาการไค้ดขาดได้		ไม่มีการกำหนดแผน	กำหนดแผนตรวจเช็คสภาพท่อหุ้ม Defection Plate ทุกครั้งหลังทำการล้างหัวพิมพ์
2	รอบการล้างหัวพิมพ์ที่ไม่เหมาะสม	ระหว่างวันได้ทำการถอดหัวพิมพ์ไค้ดออกมาตรวจเช็คพบว่าหัวพิมพ์มีความสกปรกและระหว่างวันมีเกิดปัญหาไค้ดขาด		กำหนดการล้างหัวพิมพ์ 1 ครั้ง/กะ	เพิ่มความถี่การล้างหัวพิมพ์ เป็น 2 ครั้ง/กะ
3	ระบบผสมน้ำหมึกของเครื่องพิมพ์ไค้ดไม่สมบูรณ์	น้ำหมึกที่เหลวและหนืด ส่งผลให้เกิดไค้ดขาดจริง และมีผลทำให้ Defection Plate สกปรกตามมา		ถอดล้างระบบผสมน้ำหมึกทุก 1 เดือน	เพิ่มความถี่ถอดล้างระบบผสมน้ำหมึกทุก 2 สัปดาห์
4	ระบบไฟฟ้าของเครื่องชำรุด ทำให้ Defection Plate เบี่ยงเบนหยดหมึกผิดพลาด	เมื่อทำการคลายสกรูที่ Defection Plate แล้วส่งผลทำให้เกิดไค้ดขาดจริง		ไม่มีการกำหนดแผน	กำหนดแผนตรวจเช็คทุกครั้งหลังทำการล้างหัวพิมพ์

ลำดับ	หัวข้อพิสูจน์	สรุปผลการพิสูจน์	ภาพประกอบ	แผนดำเนินการก่อนปรับปรุง	แนวทางดำเนินการแก้ไข
5	แรงดันลมต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทำให้ลมที่ใช้ทำงานกับเครื่องพิมพ์ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน	เมื่อลดแรงดันลมที่เข้าเครื่อง พบว่าเมื่อแรงดันลมต่ำกว่า 5 bar โค้ดที่พิมพ์เริ่มมีอาการโค้ดขาดเกิดขึ้น		ดำเนินการตรวจสอบเช็คลมทุกสัปดาห์	เพิ่มความถี่ตรวจสอบเช็คทุกวันก่อนเริ่มไลน์การผลิต
6	น้ำหมึกที่ใกล้หมดอายุ ทำให้น้ำหมึกมีลักษณะที่เป็นผงและมีตะกอน	พบว่าน้ำหมึกที่คงเหลืออายุการใช้งาน 2 เดือน มีการซ่อมเครื่องพิมพ์ ไป 9 ครั้ง ส่วนน้ำหมึกที่คงเหลืออายุการใช้งาน 7 เดือน มีการซ่อมเครื่องไป 2 ครั้ง		ไม่มีการตรวจสอบ	กำหนดแผนการจัดเก็บน้ำหมึกควบคุมการจัดเก็บไม่เกิน 1 ปี ตามที่ผู้ผลิตแนะนำ
7	แผนการซ่อมบำรุงรักษาไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	แผนการซ่อมบำรุงในปัจจุบันยังไม่ครบถ้วน บางปัญหาไม่ได้มีการวางแผนในการซ่อมบำรุง		แผนการซ่อมบำรุงปัจจุบันไม่ครบถ้วน	ดำเนินการจัดทำแผนซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์ใหม่

จากตารางสรุปแนวทางการดำเนินการปรับปรุงแผนซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ในข้างต้น ในส่วนของแนวทางในการดำเนินการจะมีข้อจำกัดในการทำงาน โดยการซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์แต่ละครั้ง บางหัวข้อจำเป็นจะต้องหยุดสายการผลิตเพื่อดำเนินการตามแผนซ่อมบำรุงที่วางไว้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อยอดกำลังการผลิต และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงที่สูงขึ้น ทำให้ในการเพิ่มรอบของการทำแผนซ่อมบำรุงจำเป็นต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ จะเห็นได้จากการเพิ่มความถี่ในหัวข้อที่ 2 และ 3 ได้มีการเพิ่มความถี่ในการทำงานเพิ่มขึ้นเพียง 1 รอบของการทำแผนซ่อมบำรุงเดิม ดังเช่น เดิมกำหนดรอบการล้างหัวพิมพ์จาก 1 ครั้ง/กะ เพิ่มขึ้นเป็น 2 ครั้ง/กะ เป็นต้น และในการเพิ่มรอบในการทำแผนซ่อมบำรุงจะดูแนวโน้มของค่าเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจะเสีย (MTBF) ค่าเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (MTTR) และจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น หากแนวโน้มไม่ดีขึ้น หรือจำนวนของเสียลดลงไม่ได้ตามเป้าจะต้องทำการพิจารณาการทำแผนซ่อมบำรุงใหม่หรืออาจต้องเพิ่มรอบของการทำแผนซ่อมบำรุง ทั้งนี้จากการปรับปรุงจึงได้จัดทำแบบฟอร์มการซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์ใหม่ขึ้น พร้อมให้พนักงานได้นำไปปฏิบัติใช้ และดูแนวโน้มหลังการปรับปรุงต่อไป ดังรูปที่ 4.4

หมายเลขเครื่อง :		สัญลักษณ์		ตารางการตรวจเช็ค เครื่อง VIDEO JET																																
ที่อยู่เครื่อง :		○ กำหนดการตรวจเช็คและบำรุงรักษา		หมายเหตุ		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
เครื่องจักร :		✓ ตรวจเช็คและบำรุงรักษาปกติ		S.Mgr																																
เดือนปี :		✗ ตรวจเช็คและเปลี่ยนสิ่งผิดปกติ																																		
W/I NO. :		* บำรุงรักษาเชิงป้องกัน																																		
		- ไม่ได้ดำเนินการ																																		
NO.	จุดที่ตรวจสอบ	วิธีการปฏิบัติ และค่ามาตรฐาน	สถานะ																																	
1	หัวพิมพ์	ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยา Cleaning	ล้าง																																	
2	ระบบไฟฟ้าบริเวณหัวพิมพ์	เมื่อปิดสายไฟบริเวณหัวพิมพ์ให้แน่น ไม่หลวมคลอน	ตรวจเช็ค																																	
3	ฟอยล์ Deflection Plate	ฟอยล์อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมใช้งาน	ตรวจเช็ค																																	
4	น้ำยา Make up	ไม่ต่ำกว่าขีดไม่ต้องมีมากกว่า 1 ใน 4 ส่วน	ตรวจเช็ค																																	
5	หมึก	ไม่ต่ำกว่าขีดไม่ต้องมีมากกว่า 1 ใน 4 ส่วน	ตรวจเช็ค																																	
6	วงจรมอเตอร์และลม	ไม่มีรอยรั่วและเซ็นเซอร์ของหมึกและลม	ตรวจสอบ																																	
7	เตรนน้ำ Air Filter	ถอดที่ปุ่มได้ Filter-ปุ่มเตรนน้ำ	ตรวจสอบ																																	
8	เตรนน้ำ Ink tap	ถอดที่ปุ่มได้ Filter-ปุ่มเตรนน้ำ	ตรวจสอบ																																	
9	ความสะอาดภายนอกเครื่อง	เช็ดด้วยผ้าแห้งใช้เครื่องสะอาด	ทำความสะอาด																																	
10	ความดัน Compressor Air	40 - 65 psi	อ่านค่า																																	
11	ค่า VACUUM	10-15 psi	อ่านค่า																																	
12	Mixing Tank	ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยา Cleaning	ล้าง																																	
13	Vacuum Filter	ล้างด้วย Cleaning ใช้สะอาด	ล้าง																																	
14	Filter-ARM 3000	เปลี่ยนใหม่	เปลี่ยน																																	
15	Air Filter	เปลี่ยนใหม่	เปลี่ยน																																	
16	Ink-ADD Filter	เปลี่ยนใหม่	เปลี่ยน																																	
17	Final Ink Filter	เปลี่ยนใหม่	เปลี่ยน																																	
18	Battery 9 Volt	เปลี่ยนใหม่	เปลี่ยน																																	
19	Vacuum Filter	เปลี่ยนใหม่	เปลี่ยน																																	

รูปที่ 66.4 แบบฟอร์มการซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์

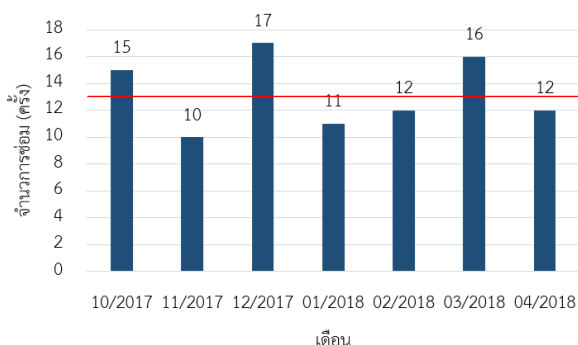
4.4 สรุปผลการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาโค้ดขาด

ผลการดำเนินการแก้ไขปัญหาโค้ดขาดด้วยการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์ในสายการผลิตที่ 1 เป็นระยะเวลา 2 เดือน ในเดือน 01/2562 และ 02/2562 สามารถเพิ่มค่าเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจะเสีย (MTBF) ของเครื่องพิมพ์เป็น 2,797.1 นาฬิกา และ 3,923.8 นาฬิกา และลดค่าเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (MTTR) ของเครื่องพิมพ์เหลือเพียง 12.5 นาฬิกา และ 12.2 นาฬิกา ดังตารางที่ 4.7 ซึ่งมีวิธีการคำนวณเช่นเดียวกับการคำนวณหาค่าเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจะเสีย (MTBF) และค่าเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (MTTR) ของเครื่องพิมพ์ในสายการผลิตที่ 1 (ก่อนปรับปรุง) และยังพบว่าจำนวนครั้งในการซ่อมเครื่องพิมพ์มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยการซ่อมก่อนปรับปรุงจากเดิม 13 ครั้ง ลดเหลือเพียง 7 และ 5 ครั้ง ดังรูปที่ 4.7 ทั้งนี้การดำเนินงานข้างต้นส่งผลให้ผลลัพธ์เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นจากโค้ดขาด มีแนวโน้มลดลงเหลือเพียง 0.007 และ 0.006 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

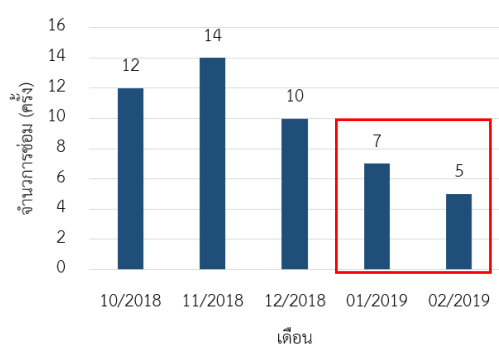
ตารางที่ 23.7 ข้อมูลเครื่องพิมพ์ในสายการผลิตที่ 1 (หลังปรับปรุง)

เดือน/ปี	เวลาการทำงาน (นาฬิกา/วัน)	จำนวนวันทำงาน (วัน/เดือน)	ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงาน (นาฬิกา/เดือน)	จำนวนครั้งที่ซ่อมเครื่อง (ครั้ง)	เวลาที่หยุดซ่อมเครื่อง (นาฬิกา/เดือน)	MTBF (นาฬิกา/ครั้ง)	MTTR (นาฬิกา/ครั้ง)
10/2561	820	27	22,140	12	162	1,831.5	13.5
11/2561	820	26	21,320	14	193	1,509.1	13.8
12/2561	820	23	18,860	10	141	1,871.9	14.1
01/2562	820	24	19,680	7	100	2,797.1	12.5
02/2562	820	24	19,680	5	61	3,923.8	12.2

บันทึกการซ่อมเครื่องพิมพ์สายการผลิตที่ 1



บันทึกการซ่อมเครื่องพิมพ์สายการผลิตที่ 1



รูปที่ 67.5 บันทึกการซ่อมเครื่องพิมพ์สายการผลิตที่ 1 (ก่อน-หลังการปรับปรุง)

ตารางที่ 24.8 บันทึกจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดขาดในสายการผลิตที่ 1 (หลังปรับปรุง)

เดือน/ปี	กระป๋องที่ผลิตได้ (กระป๋อง)	ของเสียที่เกิดจากโค้ดขาด (กระป๋อง)	
		จำนวน	เปอร์เซ็นต์
10/2561	1,929,633	731	0.038%
11/2561	2,059,005	724	0.035%
12/2561	2,500,135	370	0.015%
01/2562	1,499,861	110	0.007%
02/2562	1,598,611	91	0.006%



บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการดำเนินการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยเพื่อปรับปรุงกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์กระป๋องในสายการผลิตที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพจนสามารถลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากการพิมพ์โค้ดให้ได้ตามเป้าหมายของโรงงานที่กำหนด ซึ่งมีของเสียเกิดขึ้นใน 2 รูปแบบ คือโค้ดลบและโค้ดขาด จากการประชุมได้สรุปวิธีการที่ใช้ลดจำนวนของเสียเนื่องจากโค้ดลบคือ เพิ่มขั้นตอนในการเตรียมผิวกระป๋องโดยการให้ความร้อนบนผิวกระป๋องก่อนเข้าสู่กระบวนการพิมพ์ และวิธีการที่ใช้ลดของเสียจากโค้ดขาดคือการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ จากผลการวิเคราะห์พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนบนผิวกระป๋องคือ อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน ระดับแรงลมของเครื่องเป่าลมร้อน และระยะเวลาของกระป๋องที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อน จากการออกแบบการทดลองโดยการออกแบบบล็อกซ์-เบนท์เคน Box Behnken ด้วยผลการทดลอง 15 การทดลอง และหาค่าที่เหมาะสมโดยวิธีพื้นผิวตอบสนองพบว่ากระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) ใช้อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน 512 องศาเซลเซียส แรงลมระดับ 3 ระยะเวลาในการให้ความร้อน 0.66 วินาที กระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) ใช้อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน 309 องศาเซลเซียส แรงลมระดับ 3.5 ระยะเวลาในการให้ความร้อน 0.66 วินาที เป็นค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยโดยทำให้อุณหภูมิของกระป๋องหลังผ่านลมร้อนจะอยู่ที่ 90.5 และ 43.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และได้แบบจำลองสมการถดถอยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียที่เกิดจากโค้ดลบโดยมีสมการในการปรับตั้งกระบวนการเตรียมผิวกระป๋องของกระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) และกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) ดังนี้

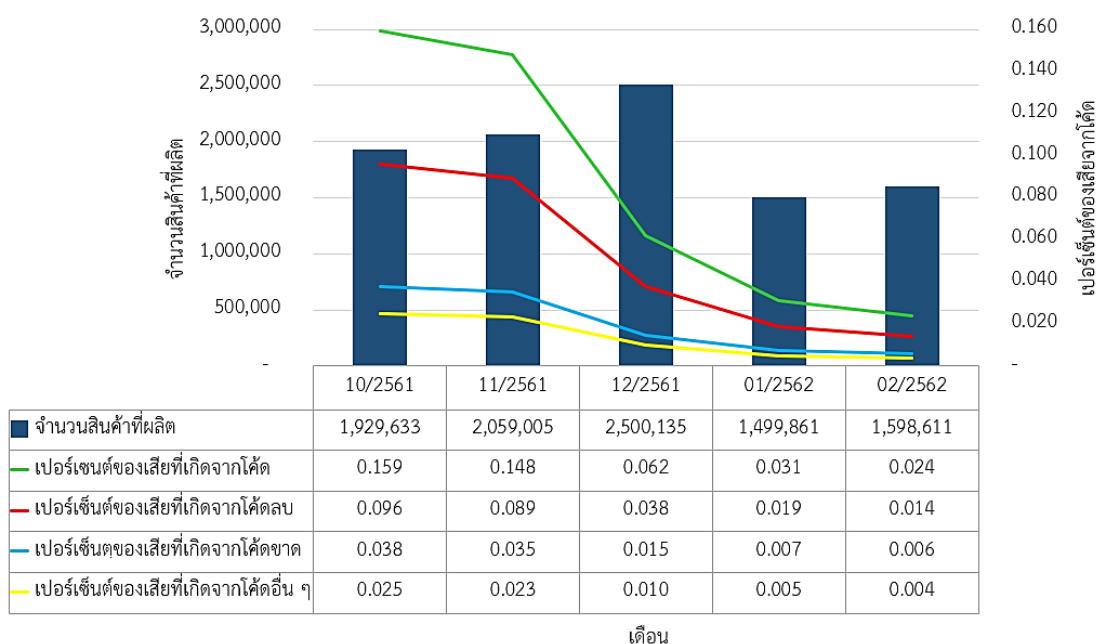
$$\begin{aligned} \text{Defective (Tin Free)} &= 37.58 - 0.09581 \text{ Temp} - 2.665 \text{ Air Level} - 23.54 \text{ Time} \\ &+ 0.000068 \text{ Temp*Temp} + 0.2867 \text{ Air Level*Air Level} \\ &+ 8.50 \text{ Time*Time} + 0.002469 \text{ Temp*Air Level} \\ &+ 0.02822 \text{ Temp*Time} - 0.571 \text{ Air Level*Time} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Defective (Aluminum)} &= 23.47 - 0.0667 \text{ Temp} - 2.087 \text{ Air Level} - 27.10 \text{ Time} \\ &+ 0.000071 \text{ Temp*Temp} + 0.1867 \text{ Air Level*Air Level} \\ &+ 15.65 \text{ Time*Time} + 0.002469 \text{ Temp*Air Level} \\ &+ 0.02116 \text{ Temp*Time} \end{aligned}$$

สำหรับการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ดำเนินการโดยการเพิ่มรอบการทำความสะอาดสื่อน้ำหมึก จากทุก 1 เดือน เพิ่มขึ้นเป็นทุก 2 สัปดาห์ และปรับปรุงแผนการตรวจเช็คอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่อง พบว่าส่งผลให้จำนวนครั้งในการซ่อมเครื่องพิมพ์จากเดิมในเดือน ตุลาคม 2560 – เมษายน 2561 ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งในการซ่อมอยู่ที่ 13 ครั้ง หลังปรับปรุงลดลงเหลือเพียง 5 ครั้ง และสามารถเพิ่มค่าเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจะเสีย (MTBF) ของเครื่องพิมพ์จากเดิมในเดือน ตุลาคม 2560 – เมษายน 2561 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,544.5 นาฬิกา เพิ่มขึ้นเป็น 3,923,8 นาฬิกา และลดค่าเวลาเฉลี่ยในการซ่อม (MTTR) ของเครื่องพิมพ์จากเดิมในเดือน ตุลาคม 2560 – เมษายน 2561 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 14.1 นาฬิกา ลดเหลือเพียง 12.2 นาฬิกา โดยรวมการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์มีแนวโน้มที่ดีขึ้น

ทั้งนี้ผลลัพธ์จากการแก้ไขโดยทำให้ความร้อนบนผิวกระป๋องก่อนพิมพ์และการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ ทำให้สามารถลดของเสียเนื่องจากโค้ดลบลงเหลือเพียง 0.014 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดของเสียเนื่องจากโค้ดขาดเหลือเพียง 0.006 เปอร์เซ็นต์ จากการดำเนินการทั้งหมดส่งผลให้ของเสียจากโค้ดโดยรวมในสายการผลิตที่ 1 ลดลงเหลือเพียง 0.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้ตามเป้าหมายที่โรงงานกำหนดไว้ ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 5.1 และในส่วนของ การปรับปรุงแผนซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์โดยรวมสามารถลดจำนวนของเสียได้ตามเป้าจึงไม่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงเพิ่มความถี่ในการซ่อมบำรุงต่อไป

ปริมาณการผลิตสินค้าและปริมาณโค้ดเสียที่เกิดสายการผลิตที่ 1 (หลังการปรับปรุง)



รูปที่ 68.1 ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากโค้ดในสายการผลิตที่ 1 (หลังการปรับปรุง)

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดใช้กระป๋องประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) ควบคู่ไปกับเบอร์น้ำหมึก 8990 และกระป๋องประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) ควบคู่ไปกับเบอร์น้ำหมึก 5600 ของแบรนด์ Videojet ที่ทางผู้ผลิตแนะนำเพียงเท่านั้น ทำให้ในการนำค่าพารามิเตอร์ของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการเตรียมผิวกระป๋องด้วยเครื่องเป่าลมร้อนจากงานวิจัยนี้ ไม่สามารถนำไปใช้ร่วมกับกระป๋องประเภทอื่นได้โดยตรง จำเป็นจะต้องทำการทดลองด้วยวิธีการออกแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนซ์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้

2. ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดใช้เครื่องพิมพ์แบรนด์ Videojet รุ่น Excel 2000 เพียงเท่านั้น ทำให้ในการนำค่าพารามิเตอร์ของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการเตรียมผิวกระป๋องด้วยเครื่องเป่าลมร้อนจากงานวิจัยนี้ ไม่สามารถนำไปใช้ร่วมกับเครื่องพิมพ์แบรนด์อื่น ๆ ได้โดยตรง จำเป็นจะต้องทำการทดลองด้วยวิธีการออกแบบบ็อกซ์-เบห์นเคนซ์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องพิมพ์แบรนด์อื่น ๆ ต่อไปได้





ตารางที่ ก1 ข้อมูลการผลิตสินค้าอาหารทะเลแปรรูปและอาหารสัตว์ ในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561

เดือน	ประเภท อาหารทะเล แปรรูป (ชิ้น)	ประเภท อาหารสัตว์ (ชิ้น)	ผลิตภัณฑ์ โดยรวม (ชิ้น)	ของเสียจากโคัด ประเภทอาหาร ทะเลแปรรูป (ชิ้น)	ของเสียจากโคัด สัตว์ (ชิ้น)	รวมของ เสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ ของเสียจากโคัด ประเภทอาหาร ทะเลแปรรูป	เปอร์เซ็นต์ ของเสียจาก โคัดประเภท อาหารสัตว์	เปอร์เซ็นต์ ของเสีย จากโคัด โดยรวม
10/2560	26,504,842	30,646,064	57,150,906	7,894	24,197	32,091	0.030	0.079	0.056
11/2560	23,500,304	30,286,250	53,786,554	5,648	20,006	25,654	0.024	0.066	0.048
12/2560	28,294,864	22,147,400	50,442,264	7,866	13,053	20,919	0.028	0.059	0.041
1/2561	21,735,338	22,913,122	44,648,460	1,988	11,965	13,953	0.009	0.052	0.031
2/2561	22,361,313	29,465,796	51,827,109	1,314	15,450	16,764	0.006	0.052	0.032
3/2561	22,053,346	21,674,040	43,727,386	3,246	10,932	14,178	0.015	0.050	0.032
4/2561	22,719,192	26,700,208	49,419,400	2,782	13,479	16,261	0.012	0.050	0.033

ตารางที่ ก2 ข้อมูลการผลิตสินค้าอาหารทะเลแปรรูปและอาหารสัตว์ ในเดือน ตุลาคม 2561 - กุมภาพันธ์ 2562

เดือน	ประเภท อาหารทะเล แปรรูป (ชิ้น)	ประเภท อาหารสัตว์ (ชิ้น)	ผลิตภัณฑ์ โดยรวม (ชิ้น)	ของเสียจากโค็ด ประเภทอาหาร ทะเลแปรรูป (ชิ้น)	ของเสียจากโค็ด สัตว์ (ชิ้น)	รวมของ เสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ ของเสียจากโค็ด ประเภทอาหาร ทะเลแปรรูป	เปอร์เซ็นต์ ของเสียจาก โค็ดประเภท อาหารสัตว์	เปอร์เซ็นต์ ของเสีย จากโค็ด โดยรวม
10/2561	25,108,344	29,456,772	54,565,116	3,385	15,223	18,608	0.0134	0.052	0.034
11/2561	23,773,145	30,299,600	54,072,745	4,125	13,996	18,121	0.0174	0.046	0.034
12/2561	25,700,123	30,592,781	56,292,904	2,954	11,963	15,422	0.021	0.051	0.028
1/2562	27,990,440	23,314,500	51,304,940	3,153	11,650	14,803	0.012	0.038	0.029
2/2562	22,009,327	23,731,290	45,740,617	2,495	9,862	12,357	0.019	0.042	0.027

ตารางที่ ก3 ข้อมูลการผลิตสินค้าอาหารสัตว์ ในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561

เดือน	ประเภท อาหารสัตว์ (ชิ้น)	บรรจุภัณฑ์ กระป๋อง (กระป๋อง)	บรรจุภัณฑ์ Plastic Cup (ถ้วย)	บรรจุภัณฑ์ถุง Pouch (ถุง)	บรรจุภัณฑ์ Tray (ถาด)	ของเสียจากโคัด ประเภทอาหารสัตว์ (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย จากโคัดประเภท อาหารสัตว์
10/2560	30,646,064	8,537,604	8,902,080	13,040,032	166,348	24,197	0.079
11/2560	30,286,250	10,706,826	6,461,808	12,527,720	172,368	20,006	0.066
12/2560	22,147,400	8,479,782	4,476,192	8,958,578	232,848	13,053	0.059
1/2561	22,913,122	6,775,638	4,660,560	11,432,376	44,548	11,965	0.052
2/2561	29,465,796	8,658,756	6,038,448	14,660,876	107,716	15,450	0.052
3/2561	21,674,040	5,572,248	5,456,496	10,572,720	72,576	10,932	0.050
4/2561	26,700,208	5,874,948	8,031,312	12,655,768	138,180	13,479	0.050

ตารางที่ ก4 ข้อมูลการผลิตสินค้าอาหารสัตว์ประเภทกระป๋อง ในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561

เดือน	บรรจุภัณฑ์ กระป๋อง (กระป๋อง)	สายการผลิต ที่ 1 (กระป๋อง)	สายการผลิต ที่ 2 (กระป๋อง)	สายการผลิต ที่ 3 (กระป๋อง)	สายการผลิต ที่ 4 (กระป๋อง)	สายการผลิต ที่ 5 (กระป๋อง)
10/2560	8,537,604	2,190,465	2,075,500	1,265,630	1,859,923	1,146,086
11/2560	10,706,826	2,201,350	2,186,565	2,014,870	2,094,510	2,209,531
12/2560	8,479,782	1,745,400	1,914,344	1,704,350	1,845,402	1,270,286
1/2561	6,775,638	1,490,020	1,140,050	1,290,450	1,439,115	1,416,003
2/2561	8,658,756	1,745,388	1,657,992	1,723,390	1,699,310	1,832,676
3/2561	5,572,248	1,046,994	1,240,940	1,193,416	1,046,843	1,044,055
4/2561	5,874,948	1,205,465	1,025,600	1,200,520	1,233,502	1,209,861

ตารางที่ ก5 ข้อมูลการผลิตสินค้าอาหารสัตว์ประเภทกระป๋องในสายการผลิตที่ 1 ในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561

เดือน	สายการผลิตที่ 1 (กระป๋อง)	ของเสียที่เกิด จากโค้ดทั้งหมด (กระป๋อง)	เปอร์เซ็นต์ ของเสีย จากโค้ด	ของเสียที่เกิด จากโค้ดลบ (กระป๋อง)	เปอร์เซ็นต์ ของเสียที่เกิด จากโค้ดลบ	ของเสียที่เกิด จากโค้ดขาด (กระป๋อง)	เปอร์เซ็นต์ ของเสียที่เกิด จากโค้ดขาด	ของเสียที่เกิด จากโค้ดอื่น ๆ (กระป๋อง)	เปอร์เซ็นต์ ของเสียที่เกิด จากโค้ดอื่น ๆ
10/2560	2,190,465	6,049	0.28	3,654	0.167	1,440	0.066	956	0.044
11/2560	2,201,350	4,101	0.19	2,477	0.113	976	0.044	648	0.029
12/2560	1,745,400	2,676	0.15	1,616	0.093	637	0.036	423	0.024
1/2561	1,490,020	2,620	0.18	1,583	0.106	624	0.042	414	0.028
2/2561	1,745,388	3,105	0.18	1,876	0.107	739	0.042	491	0.028
3/2561	1,046,994	2,044	0.20	1,235	0.118	487	0.046	323	0.031
4/2561	1,205,465	2,763	0.23	1,669	0.138	658	0.055	437	0.036

ตารางที่ ก6 ข้อมูลการผลิตสินค้าอาหารสัตว์ ในเดือน ตุลาคม 2561 - กุมภาพันธ์ 2562

เดือน	ประเภท อาหารสัตว์ (จีน)	บรรจุภัณฑ์ กระป๋อง (กระป๋อง)	บรรจุภัณฑ์ Plastic Cup (ถ้วย)	บรรจุภัณฑ์ถุง Pouch (ถุง)	บรรจุภัณฑ์ Tray (ถาด)	ของเสียจากโคัด ประเภทอาหารสัตว์ (จีน)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย จากโคัดประเภท อาหารสัตว์
10/2561	29,456,772	8,225,193	8,700,693	12,400,392	130,494	15,223	0.052
11/2561	30,299,600	9,407,734	7,752,930	12,965,830	173,106	13,996	0.046
12/2561	30,592,781	11,089,450	7,229,743	12,153,441	120,147	11,963	0.039
1/2562	23,314,500	6,926,732	5,206,616	11,139,220	41,932	11,650	0.050
2/2562	23,731,290	6,994,010	6,497,913	10,164,710	74,657	9,862	0.042

ตารางที่ ก7 ข้อมูลการผลิตสินค้าอาหารสัตว์ประเภทกระป๋อง ในเดือน ตุลาคม 2561 – กุมภาพันธ์ 2562

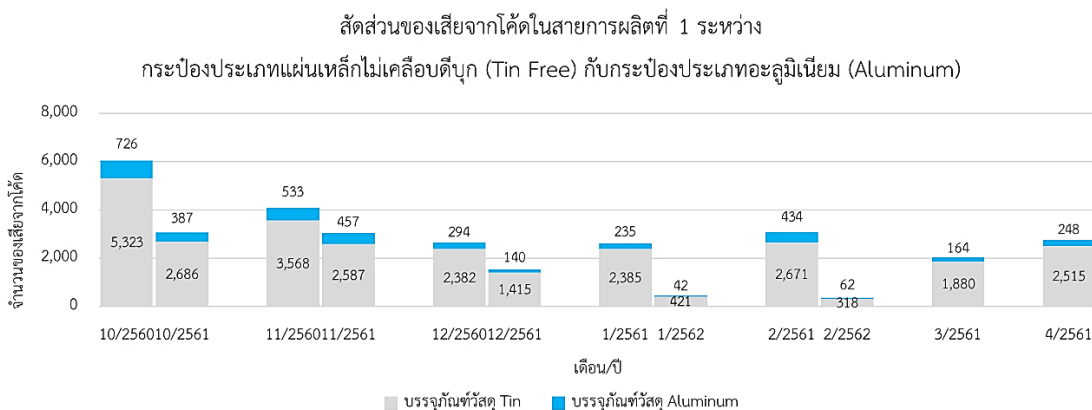
เดือน	บรรจุภัณฑ์ กระป๋อง (กระป๋อง)	สายการผลิต ที่ 1 (กระป๋อง)	สายการผลิต ที่ 2 (กระป๋อง)	สายการผลิต ที่ 3 (กระป๋อง)	สายการผลิต ที่ 4 (กระป๋อง)	สายการผลิต ที่ 5 (กระป๋อง)
10/2561	8,225,193	1,929,633	1,912,960	1,487,220	1,455,910	1,439,470
11/2561	9,407,734	2,059,005	1,845,023	1,704,688	1,846,502	1,952,516
12/2561	11,089,450	2,500,135	2,154,550	1,903,212	2,268,490	2,263,063
1/2562	6,926,732	1,499,861	1,258,603	1,298,870	1,310,235	1,559,163
2/2562	6,994,010	1,598,611	1,420,695	1,309,933	1,196,435	1,468,336

ตารางที่ ก8 ข้อมูลการผลิตสินค้าอาหารสัตว์ประเภทกระป๋องในสายการผลิตที่ 1 ในเดือน ตุลาคม 2561 - กุมภาพันธ์ 2562

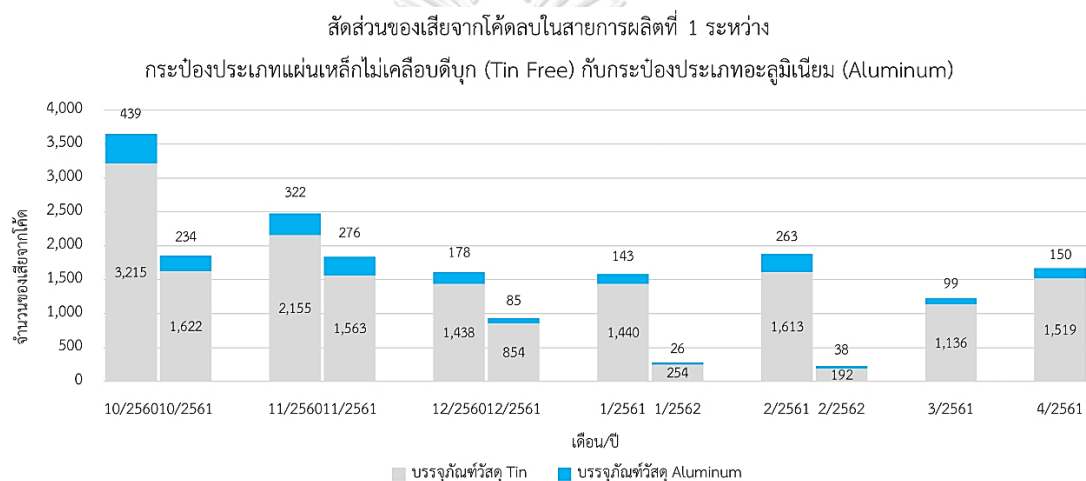
เดือน	สายการผลิตที่ 1 (กระป๋อง)	ของเสียที่เกิดจากโค้ดทั้งหมด (กระป๋อง)	เปอร์เซ็นต์ของเสียจากโค้ด	ของเสียที่เกิดจากโค้ดลบ (กระป๋อง)	เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดจากโค้ดลบ	ของเสียที่เกิดจากโค้ดขาด (กระป๋อง)	เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดจากโค้ดขาด	ของเสียที่เกิดจากโค้ดอื่น ๆ (กระป๋อง)	เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดจากโค้ดอื่น ๆ
10/2561	1,929,633	3,073	0.159	1,856	0.096	731	0.038	486	0.025
11/2561	2,059,005	3,044	0.148	1,839	0.089	724	0.035	481	0.023
12/2561	2,500,135	1,555	0.062	939	0.038	370	0.015	246	0.010
01/2562	1,499,861	463	0.031	280	0.019	110	0.007	73	0.005
02/2562	1,598,611	380	0.024	230	0.014	91	0.006	59	0.004

ตารางที่ ก8 ข้อมูลการผลิตสินค้าอาหารสัตว์ประเภทกระป๋อง Tin และ Aluminum ในสายการผลิตที่ 1 ในเดือน ตุลาคม 2561 - กุมภาพันธ์ 2562

เดือน/ปี	ประเภทกระป๋องที่ผลิตได้ (กระป๋อง)			ของเสียที่เกิดจากโค้ดลบ (กระป๋อง)			ของเสียที่เกิดจากโค้ดขาด (กระป๋อง)								
	Tin	Aluminum	รวม	Tin	Aluminum	รวม	Tin	Aluminum	รวม						
10/2561	1,331,467	598,166	1,929,633	1,622	0.122%	234	0.039%	1,856	0.096%	639	0.048%	92	0.015%	731	0.038%
11/2561	1,420,713	638,292	2,059,005	1,563	0.110%	276	0.043%	1,839	0.089%	616	0.043%	108	0.017%	724	0.035%
12/2561	1,725,093	775,042	2,500,135	854	0.050%	85	0.011%	939	0.038%	337	0.020%	33	0.004%	370	0.015%
01/2562	1,034,904	464,957	1,499,861	254	0.025%	26	0.006%	280	0.019%	100	0.010%	10	0.002%	110	0.007%
02/2562	1,103,041	495,570	1,598,611	192	0.017%	38	0.008%	230	0.014%	76	0.007%	15	0.003%	91	0.006%



รูปที่ ก1 สัดส่วนของเสียจากโค้ดในสายการผลิตที่ 1 ระหว่างกระจกประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) กับกระจกประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)

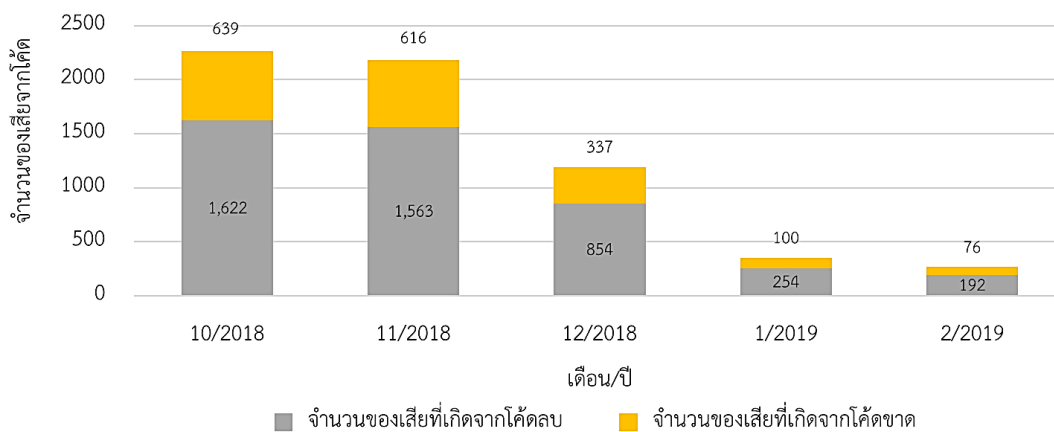


รูปที่ ก2 สัดส่วนของเสียจากโค้ดในสายการผลิตที่ 1 ระหว่างกระจกประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) กับกระจกประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) (ก่อนและหลังการปรับปรุง)



รูปที่ ก3 สัดส่วนของเสียจากโค้ดในสายการผลิตที่ 1 ระหว่างกระจกประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free) กับกระจกประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum) (ก่อนและหลังการปรับปรุง)

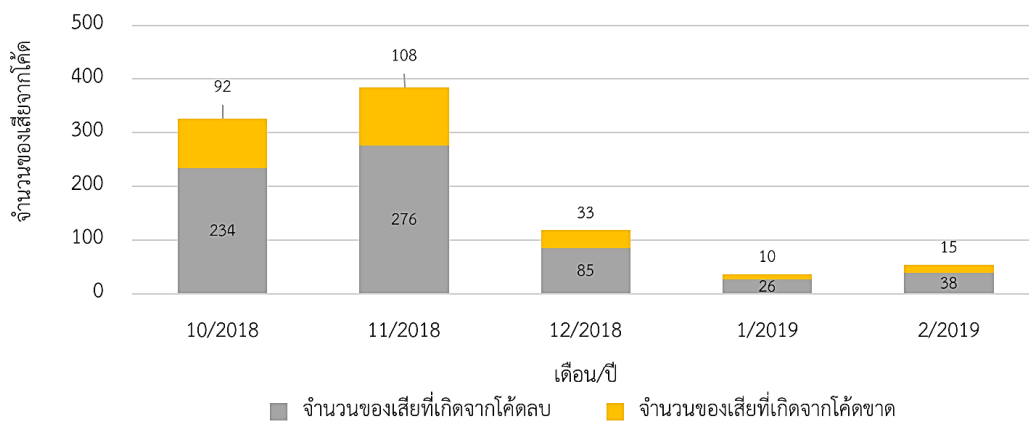
สัดส่วนของเสียจากโค้ดในสายการผลิตที่ 1
 ครอบงมประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)



รูปที่ ก4 สัดส่วนของเสียจากโค้ดในสายการผลิตที่ 1 ครอบงมประเภทแผ่นเหล็กไม่เคลือบดีบุก (Tin Free)



สัดส่วนของเสียจากโค้ดในสายการผลิตที่ 1
 ครอบงมประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)



รูปที่ ก5 สัดส่วนของเสียจากโค้ดในสายการผลิตที่ 1 ครอบงมประเภทอะลูมิเนียม (Aluminum)





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการให้คะแนนในการประเมินตัวเลขความเสี่ยงชั้นนำ (Risk Priority Number)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ค1 เกณฑ์การให้คะแนนในการประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number)

ความรุนแรงของข้อขัดข้อง (Severity of Failures : S)	
คะแนน = 1	ไม่ส่งผลกระทบต่อข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ สามารถทำงานต่อได้
คะแนน = 2	ส่งผลกระทบต่อข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ สามารถยอมรับสภาวะผิดปกติที่เกิดขึ้น และทำงานต่อได้
คะแนน = 3	ส่งผลกระทบต่อข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ทำให้การทำงานล่าช้า
คะแนน = 4	ส่งผลกระทบต่อข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ และก่อให้เกิดของเสียจากข้อบกพร่องบนผลิตภัณฑ์ขึ้นเป็นจำนวนมาก
คะแนน = 5	ส่งผลกระทบต่อข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องหยุดการทำงานเพื่อแก้ไข กระทบต่อระบบการทำงานอื่น ๆ

ความถี่ในการเกิด (Occurrence : O)	
คะแนน = 1	ไม่ค่อยพบเจอปัญหา
คะแนน = 2	โอกาสเกิดน้อย ต้องแก้ไขน้อย
คะแนน = 3	โอกาสเกิดปานกลาง ต้องแก้ไขอยู่ปานกลาง
คะแนน = 4	โอกาสเกิดสูง พบเจอปัญหาบ่อย ต้องแก้ไขอยู่บ่อยครั้ง
คะแนน = 5	โอกาสเกิดสูงมาก พบเจอได้บ่อยมาก ต้องแก้ไขอยู่บ่อยครั้ง

การตรวจพบ (Detection : D)	
คะแนน = 1	พบเจอได้น้อย เข้าถึงได้ง่าย ไม่ต้องคอยตรวจสอบ
คะแนน = 2	พบเจอได้ปานกลาง เข้าถึงได้ง่าย สามารถตรวจสอบได้สะดวก
คะแนน = 3	พบเจอได้ปานกลาง เข้าถึงได้ปานกลาง ต้องอ่านค่าบนเครื่องวัดเพื่อใช้ในการตรวจสอบ
คะแนน = 4	พบเจอได้ยาก เข้าถึงได้ยาก ต้องอ่านค่าบนเครื่องวัดเพื่อใช้ในการตรวจสอบ
คะแนน = 5	พบเจอได้ยาก เข้าถึงได้ยาก ไม่มีเครื่องมือวัด ต้องอาศัยการตรวจสอบ

ตารางที่ ค3 เกณฑ์การให้คะแนนในการประเมินตัวเลขความเสี่ยงซึ่งนำ (Risk Priority Number) สาเหตุของปัญหาได้ตลอด 1 ในหัวข้อ ความถี่ในการเกิด

ลำดับ	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	ความถี่ในการเกิด (Occurrence : O)											
			ระบบควบคุมฯ บอช ผลิตผู้	สายผลฯ บอช ผลิตผู้	มอเตอร์ขับเคลื่อนฯ บอช ผลิตผู้	มอเตอร์ขับเคลื่อนฯ บอช	มอเตอร์ขับเคลื่อนฯ บอช	มอเตอร์ขับเคลื่อนฯ บอช	มอเตอร์ขับเคลื่อนฯ บอช	มอเตอร์ขับเคลื่อนฯ บอช	มอเตอร์ขับเคลื่อนฯ บอช	มอเตอร์ขับเคลื่อนฯ บอช		
1	Man	พนักงานคัดแยกของเสียผิดปกติ	5	4	3	3	3	3	4	4	5	3	3	3
2	Method	ไม่มีขั้นตอนการเตรียมผิวการะป้อง	3	4	4	3	4	3	4	4	5	4	4	4
3		ไม่มีการคัดแยกความมันผิวการะป้อง	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
4		ไม่มีขั้นตอนการตรวจสอบความมันผิวการะป้อง	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
5	Machine	รางลำเลียงการะป้องเสียดสีกับกันการะป้อง	3	4	2	4	3	4	4	4	4	3	3	4
6		งาน Filler เสียดสีกับกันการะป้อง	3	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2
7		สายพานลำเลียงเสียดสีกับกันการะป้อง	3	2	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2
8		กันการะป้องตั้ง เกิดการเสียดสีได้ง่าย	4	4	5	4	4	3	4	4	3	3	4	4
9	Material	มีการเคลือบแลคเกอร์ที่การะป้อง ทำให้ผิวการะป้องมัน	5	4	4	5	4	4	4	5	5	4	4	5
10		การะป้องมีคราบน้ำมันหล่อลื่นที่มาจากเครื่องขึ้นรูปการะป้อง ทำให้ผิวการะป้องมัน	4	5	5	4	4	3	4	3	4	4	4	4
11		อุณหภูมิของการะป้องเย็นกว่าปกติทำให้หมักพิมพ์แห้งช้า	4	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4

ตารางที่ ค4 เกณฑ์การให้คะแนนในการประเมินตัวเลขความเสี่ยงชั้นนำ (Risk Priority Number) สาเหตุของปัญหาได้ตลอด 1 ในหัวข้อ การตรวจพบ

ลำดับ	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	การตรวจพบ (Detection : D)													
			ระบบควบคุม : บลค ควบคุมผู้	ผู้ผลิต : บลค ควบคุมผู้	M.เลขยี่ห้อ/เลขค.เลขพ. บลค ควบคุมผู้	ผู้ควบคุมพ.พ. บลค	M.เลขยี่ห้อ/เลขค.เลขพ. บลค	ผู้ควบคุมพ.พ. บลค	M.เลขยี่ห้อ/เลขค.เลขพ. บลค	ผู้ควบคุมพ.พ. บลค	ผู้ควบคุมพ.พ. บลค	M.เลขยี่ห้อ/เลขค.เลขพ. บลค	เลขค.เลขพ. บลค			
1	Man	พนักงานคิดแยกของเสียผิดประเภท	4	3	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2
2	Method	ไม่มีขั้นตอนการเตรียมผิวการะป้อง	5	4	5	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3		ไม่มีการตัดแยกความมันผิวการะป้อง	4	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4		ไม่มีขั้นตอนการตรวจสอบความมันที่ผิวการะป้อง	4	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	Machine	รางลำเลียงการะป้องเสียดสีกับกันการะป้อง	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6		งาน Filler เสียดสีกับกันการะป้อง	2	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7		สายพานลำเลียงเสียดสีกับกันการะป้อง	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3
8	Material	กันการะป้องงัดขึ้น เกิดการเสียดสีได้ง่าย	3	4	5	4	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3
9		มีการเคลือบแลคเกอร์ที่การะป้อง ทำให้ผิวการะป้องมัน	4	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3
10		การะป้องมีคราบน้ำมันหล่อลื่นที่มากจากเครื่องขึ้นรูปการะป้อง ทำให้ผิวการะป้องมัน	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
11		อุณหภูมิของการะป้องเย็นกว่าปกติทำให้มีฟิล์มพ่นแห้งช้า	5	5	4	4	3	2	4	3	3	2	3	3	4	4

ตารางที่ ค5 เกณฑ์การให้คะแนนในการประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number) สาเหตุของปัญหาได้ตลอด 2 ในหัวข้อ ความรุนแรงของข้อขัดข้อง

ลำดับ	จำแนกตามสาเหตุ	ปัจจัยที่มีผล	ความรุนแรงของข้อขัดข้อง (Severity of Failures : S)										
			การควบคุมคุณภาพ	การควบคุมคุณภาพ	การควบคุมคุณภาพ	การควบคุมคุณภาพ	การควบคุมคุณภาพ	การควบคุมคุณภาพ	การควบคุมคุณภาพ	การควบคุมคุณภาพ	การควบคุมคุณภาพ	การควบคุมคุณภาพ	
1	Man	ป้องกันไม่ให้เกิดข้อผิดพลาด	3	2	3	4	3	2	2	4	1	3	3
2		ไม่มีวิธีการตรวจสอบหรือป้องกันข้อผิดพลาด	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	4
3		ไม่มีวิธีการตรวจสอบหรือป้องกันข้อผิดพลาด	2	4	5	5	4	4	4	5	3	5	4
4		ไม่มีวิธีการควบคุมคุณภาพที่เครื่อง	5	3	5	5	4	5	4	5	4	5	5
5	Method	ไม่มีวิธีการตรวจสอบหรือป้องกันข้อผิดพลาด	4	3	3	2	2	3	3	3	2	3	3
6		ไม่มีวิธีการตรวจสอบหรือป้องกันข้อผิดพลาด	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3
7		ไม่มีวิธีการควบคุมคุณภาพที่เครื่อง	2	3	4	3	3	4	3	3	2	2	3
8		การตั้งค่าเวลาในการป้อนข้อมูลไม่เหมาะสมทำให้เครื่องป้อนข้อมูลไม่ได้ประสิทธิภาพ	4	3	5	4	4	4	4	5	3	5	4
9	Machine	การตั้งค่าแรงดันเครื่องป้อนข้อมูลไม่เหมาะสมทำให้เครื่องป้อนข้อมูลไม่ได้ประสิทธิภาพ	5	3	3	4	4	3	4	4	2	4	4
10		อุณหภูมิของเครื่องป้อนข้อมูลไม่เหมาะสมกับกระบวนการทำให้เครื่องป้อนข้อมูลไม่ได้ประสิทธิภาพ	5	4	5	5	4	5	4	4	4	5	5
11		อุณหภูมิเครื่องป้อนข้อมูลต่ำเกินไปทำให้การป้อนข้อมูลไม่เหมาะสมให้มีความเร็วที่ช้า	4	4	5	4	4	5	4	4	3	4	4
12	Material	อุณหภูมิเครื่องป้อนข้อมูลสูงเกินไปทำให้การป้อนข้อมูลไม่เหมาะสมให้มีความเร็วที่ช้า	5	5	4	4	5	5	5	4	5	4	5

บรรณานุกรม



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- กุสุมา สุนประชา. (2546). การพัฒนาระบบการบริหารจัดการซ่อมบำรุงรักษาสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี. (มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
- ไกลกุล ลิกชะไชย. (2550). การวิเคราะห์และลดการสูญเสียในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษ. (มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
- จิตรลดา เลิศกิตติกุล และ นันทชัย กานตานันทะ. (2557). การลดของเสียของบรรจุภัณฑ์ด้วยการออกแบบการทดลอง. *KKU Res. J.*
- นฤพนธ์ เกิดโพธิ์กะตัน. (2550). การจัดทำระบบฐานข้อมูลเบื้องต้นด้านเทคนิคเครื่องพิมพ์ระบบ *Continuous Inkjet* ของธุรกิจตัวแทนจำหน่ายเครื่องพิมพ์. (มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,
- ปารเมศ ชูติมา. (2547). การออกแบบการทดลองวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ลิขิต วรานนท์ และเอกชัย ไกรราม. (2558). การควบคุมหัวพิมพ์เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท ระบบต่อเนื่อง (CIJ). สมองใส ไฮเทค.
- วิลาวัลย์ อินทร์ตัน. (2555). การปรับปรุงกระบวนการพิมพ์โค๊ดแบบหมึกบนบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์อุปโภคบริโภค ด้วยเครื่องมือ QCC ผ่านกระบวนการ QC Story. วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : บริหารธุรกิจและภาษา, 1(1).
- สมบัติ โพธิ์รัตน์. (2558). การประยุกต์การบำรุงรักษาที่ทุกคนมีส่วนร่วมเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร กรณีศึกษา โรงงานแปงข้าวสาเลี. (มหาบัณฑิต), สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น,
- สลักจิตต์ พุทธจักร. (2556). การลดรอบระยะเวลาในการผลิตของกระบวนการผลิตตลับลูกปืนเม็ดกลม. (มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
- อานนท์ ปาละพันธุ์. (2552). การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องมือสำหรับเครื่องจักรวางโลหะบัดกรีบนแผงวงจร ในโรงงานผลิตแผงวงจรไฟฟ้าชนิดยืดหยุ่นได้. (มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
- อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว. (2545). การลดของเสียจากกระบวนการผลิตกระป๋อง โดยประยุกต์ใช้วิธีการชิกซ์ชิกมา. (มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

- Kettle, J., Lamminmäki, T., & Gane, P. (2010). A review of modified surfaces for high speed inkjet coating. *Surface and Coatings Technology*, 204(12-13), 2103-2109. doi:10.1016/j.surfcoat.2009.10.035
- Kim, H., & Choi, W.-S. (2017). Controlled Zr doping for inkjet-printed ZTO TFTs. *Ceramics International*, 43(6), 4775-4779. doi:10.1016/j.ceramint.2016.11.165
- Wijshoff, H. (2018). Drop dynamics in the inkjet printing process. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 36, 20-27. doi:10.1016/j.cocis.2017.11.004



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	สิทธิกร เลิศอริยสกุล
วัน เดือน ปี เกิด	14 เมษายน 2534
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	33/7 ซ.ประตู่ 3 ถนน เจริญกรุง แขวง บางคอแหลม เขต บางคอแหลม กรุงเทพฯ 10120



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY