การลดของเสียในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ โดยเทคนิคการออกแบบการทดลอง

REDUCTION OF DEFORMATION IN MOBILE PHONE DISPLAY COMPONENT ASSEMBLY PROCESS BY DESIGN OF EXPERIMENTS TECHNIQUE

วิทยา สุมะลิ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การลดของเสียในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือโดยเทคนิคการออกแบบการทดลอง

วิทยา สุมะลิ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอ โทรศัพท์มือถือ โดยเทคนิคการออกแบบการทดลอง Reduction of Deformation in Mobile Phone Display Component Assembly Process by Design of Experiments Technique
ชื่อ - นามสกุล	นายวิทยา สุมะลิ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.
ปีการศึกษา	2559

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ณฐา ดุปตัษเฐียร, Ph.D.)

..... กรรมการ
(อาจารย์เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ, D.Eng)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติพงษ์ กิมะพงศ์, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ 17 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดของเสียในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ โดยเทคนิคการออกแบบการทดลอง
ชื่อ -นามสกุล	นายวิทยา สุมะลิ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพี กาญจนะ, D.Eng.
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อลดการเสียรูปของกรอบยึดในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติและการออกแบบการทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มต้นจากการใช้แผนภูมิเหตุและผลวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ส่งผลต่อการเสียรูปของกรอบยึด การระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญและพิจารณาเลือกปัจจัยที่มีลำดับความสำคัญ 5 ลำดับแรกมาทำการศึกษาและวิเคราะห์หาปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานด้วยการออกแบบการทดลองแบบ แพ็คเกจ เบอร์แมน ปัจจัยที่ทำการศึกษาทั้ง 5 ปัจจัยได้แก่ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง, องศาของมุมแท่นรอง, องศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากการแยกจากกรอบยึด, ระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรองเพื่อรอหัวจับหยิบ และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด

ผลการทดลองจาก แพ็คเกจ เบอร์แมน พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเสียรูปของกรอบยึดที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองและระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด หลังจากนั้นนำปัจจัยทั้ง 2 พิจารณาด้วยการออกแบบการทดลองแบบ 3^k แฟคทอเรียล โดยกำหนดปัจจัยเป็น 3 ระดับคือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองที่ระดับ 100.0 mm/s, 120.0 mm/s,140.0 mm/s และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด 0.025 mm, 0.035 mm, 0.045 mm ผลจากการวิเคราะห์พบว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดคือที่ระดับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองเท่ากับ 140.0 mm/s และที่ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึดเท่ากับ 0.045 mm สามารถลดปริมาณของเสียจากเดิมร้อยละ 8.65 เหลือเพียงร้อยละ 3.29 ส่งผลให้สามารถลดมูลค่าความสูญเสียได้ร้อยละ 5.25

คำสำคัญ: การเสียรูปของกรอบยึด การออกแบบการทดลอง แพ็คเกจ เบอร์แมน 3^k แฟคทอเรียล

Thesis Title	Reduction of Deformation in Mobile Phone Display Component Assembly Process by Design of Experiments Technique
Name - Surname	Mr. Wittaya Sumali
Program	Industrial Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Rapee Kanchana, D.Eng.
Academic Year	2016

ABSTRACT

The objective of this research was to reduce the deformation of shading sheets in the mobile phone display component assembly process with the application of statistical process control and by designing experiment techniques.

The research methodology began with identifying the possible root causes of deformation by employing a cause-and-effect diagram and experts' brainstorming. The top five important factors were selected and analyzed by the Plackett-Burman experimental design. The five factors studied in this research included the feeding speed of the pickers, the angle of the edge of the feeding table, the angle of the plate from the feeding table, the distance of the shading sheet from the edge of the feeding table, and the gap between the pickers and the feeding table.

The results obtained from the analysis employing the Plackett-Burman design illustrated that only two factors, the feeding speed of the pickers and the height between the pickers and the feeding table, had a statistically significant impact on deformation at a significant level of 0.05. Then 3^k factorial design with the response optimizer was consequently applied to analyze the feeding speed of the pickers at 100.0, 120.0, 140.0 mm/s and the gap between the pickers and the feeding table at 0.025, 0.035, 0.045 mm. The optimal level of the feeding speed of the pickers and the optimal gap between the pickers and the feeding table were 140.0 mm/s and 0.045 mm. respectively. After the implementation, the deformation of shading sheets decreased from 8.65% to 3.29%, leading to the company's reduction of loss value by 5.25%.

Keywords: deformation, design of experiments, plackett-Burman, 3^k factorial design

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้นั้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้ทำการศึกษาวิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ณฐา คุปตัษเฐียร ประธานกรรมการสอบ กรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติพงษ์ กิมะพงศ์ และกรรมการสอบ ดร.เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ ที่ได้ให้ความกรุณาในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของงานวิจัย รวมทั้งเสียสละเวลาในการเป็นกรรมการสอบในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณพนักงาน บริษัท มินิแบ(ไทย) จำกัด ที่ได้สนับสนุนในการให้ข้อมูลและวัตถุดิบเพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้ และขอขอบคุณ นายพงศ์ชนิศ นาคัน และนายอิสรภาพ สินวรในการให้คำปรึกษาตลอดมา

ขอขอบพระคุณ และมอบความดีทั้งหมดนี้ให้แก่ คุณพ่อ คุณแม่ ภรรยาและลูก พี่น้อง เพื่อนที่แสนดีและคณะครู-อาจารย์ ที่ให้การสนับสนุน ให้ความช่วยเหลือและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้ และเพื่อน ๆ MIE 56 ทุกคนที่เป็นกำลังใจ

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานค้นคว้าฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจหากการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ขาดตกบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์ประการใด ผู้วิจัยขอกราบขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

วิทยา สุมะลิ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ ..... (5)

สารบัญ ..... (6)

สารบัญตาราง ..... (9)

สารบัญรูป ..... (10)

บทที่ 1 บทนำ 13

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 13

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 19

1.3 สมมติฐานการวิจัย 19

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 19

1.5 ขั้นตอนการศึกษาในการวิจัย 19

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 20

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

2.1 องค์ประกอบของหน้าจอแบ็คไลท์ (Backlight Unit) 21

2.2 เครื่องมือสำหรับการทดลอง 22

2.3 การออกแบบการทดลอง 24

2.4 การออกแบบการทดลองแพลคเก็ตต์-เบอร์แมน (Plackett-Burman) 29

2.5 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 32

2.6 การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบ 37

2.7 บทสรุป 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 39

3.1 ศึกษาสภาพการทำงานและลักษณะของปัญหา 41

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัยของขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เพื่อที่จะกำหนดปัจจัยมาพิจารณา 46

3.3 วิธีดำเนินงานวิจัยของขั้นตอนการออกแบบการทดลองเบื้องต้นและดำเนินการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลอง Plackett-Burman 47

3.4 วิธีดำเนินงานวิจัยของขั้นตอนการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเบื้องต้น 47

3.5 วิธีดำเนินงานวิจัยของขั้นตอนออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลอง โดยใช้การออกแบบการทดลอง 3^k Factorial design 47

3.6 วิธีดำเนินงานวิจัยของขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลองและหาสภาวะที่เหมาะสม (Respond optimizer) 48

3.7 วิธีดำเนินงานวิจัยของขั้นตอนการสรุปผลจากการดำเนินการวิจัย 48

3.8 บทสรุป 48

บทที่ 4 ผลการทดลอง 49

4.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เพื่อกำหนดปัจจัยที่จะนำมาพิจารณา 49

4.2 การออกแบบการทดลองเบื้องต้นและการดำเนินการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลอง Plackett-Burman 56

4.3 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเบื้องต้น 57

4.4 การออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ 3^k Factorial Design 59

4.5 การกำหนดค่าปัจจัยที่เหมาะสมในการทดลอง (Response Optimizer) 64

4.6 การเปรียบเทียบผลวิจัย 66

4.7 บทสรุปผลการดำเนินการวิจัย 68

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 69

5.1 สรุปผลการวิจัย 69

5.4 ข้อเสนอแนะ 70

บรรณานุกรม 71

ภาคผนวก 75

ภาคผนวก ก 76

ภาคผนวก ข 85

ประวัติผู้เขียน 103

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 วัตถุดิบต่างๆในการประกอบย่อยและการประกอบหลัก 13

ตารางที่ 1.2 ของเสียในกระบวนการการประกอบหลัก ระหว่างเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนสิงหาคม 2558 15

ตารางที่ 1.3 แสดงการจัดเรียงปัญหาจากมากที่สุดไปหาน้อย และเปอร์เซ็นต์ของเสียสะสม 16

ตารางที่ 1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 19

ตารางที่ 2.1 Plackett Burman 8-Run Design 29

ตารางที่ 2.2 Plackett Burman 12-Run Design 29

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบรูปแบบการทดลองต่างๆ 34

ตารางที่ 4.1 การปรับค่าพารามิเตอร์หรือระดับต่างๆของทั้ง 5 ปัจจัย 53

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยและคุณลักษณะปัจจัยป้อนเข้า 54

ตารางที่ 4.3 จำนวนกรอบยึดที่ใช้ในการทดลองแบบ Plackett-Burman 55

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองแบบ Plackett-Burman 56

ตารางที่ 4.5 ปัจจัยและคุณลักษณะปัจจัยป้อนเข้า 60

ตารางที่ 4.6 จำนวนกรอบยึดที่ใช้ในการทดลองแบบ 3k Factorial Design 60

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองแบบ 3k Factorial design 61

ตารางที่ 4.8 ปัจจัยและคุณลักษณะปัจจัยป้อนเข้า 65

ตารางที่ 4.9 ตารางเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนปัจจัยที่เกี่ยวข้องและระดับของปัจจัย 66

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 องค์ประกอบต่างๆในการประกอบย่อยและการประกอบหลัก 13
รูปที่ 1.2 ลักษณะของเครื่องจักรประกอบอัตโนมัติ กระบวนการประกอบหลัก 14
รูปที่ 1.3 แผนภูมิแท่งแสดงการจัดลำดับของปัญหา 16
รูปที่ 1.4 สถานีกระบวนการการประกอบกรอบยึด 17
รูปที่ 1.5 ลักษณะของเสียตัวอย่างในสถานีกระบวนการการประกอบกรอบยึด 17
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบต่างๆของแบ็คไลท์ (BLU) 21
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างโครงสร้างของแผนภาพแสดงเหตุและผล 22
รูปที่ 2.3 แบบจำลองทั่วไปของกระบวนการหรือระบบ 24
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม 32
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 40
รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบต่างๆของสถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด 41
รูปที่ 3.3 ลักษณะของม้วนกรอบยึด 42
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนของหัวจับเคลื่อนที่หยิบชิ้นงาน 43
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการเคลื่อนที่ออกไปเพื่อตรวจสอบคุณภาพของกรอบยึด 44
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนของการประกอบกรอบยึดลงบนชิ้นงาน 44
รูปที่ 3.7 การจำลองการเกิดของเสียของกรอบยึด 45
รูปที่ 3.8 ลักษณะของกรอบยึด 45
รูปที่ 3.9 แบบจำลองของกระบวนการ 46
รูปที่ 4.1 แผนภาพเหตุและผลของการเกิดการเสียรูปของกรอบยึด 50
รูปที่ 4.2 แผนภาพเหตุและผลของการเกิดการเสียรูปของกรอบยึดหลังจากการพิจารณาเบื้องต้น .. 51
รูปที่ 4.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปของกรอบยึด 52
รูปที่ 4.4 การออกแบบการทดลดลองแบบ Plackett – Burman 56
รูปที่ 4.5 Residual Plots ของผลลัพธ์ 57
รูปที่ 4.6 ผลการออกแบบการทดลอง Plackett-Burman 58
รูปที่ 4.7 3^k Factorial design 60
รูปที่ 4.8 Residual Plots ของผลลัพธ์ 62

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์การทดสอบแบบ Full factorial Design 63
รูปที่ 4.10 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลที่เหมาะสม (Response Optimizer) 64
รูปที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสม ที่ทำให้ค่า Y (ค่าการเสียรูปของกรอบยึด) ต่ำที่สุด ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) 65
รูปที่ 4.12 ปริมาณของกรอบยึดที่เสียรูปต่อเป้าหมายที่กำหนด 67
รูปที่ 4.13 การลดลงของการเสียรูปของกรอบยึดต่อเป้าหมายที่กำหนด 67
รูปที่ ก.1 หน้าจอและส่วนประกอบของโปรแกรม Minitab 76
รูปที่ ก.2 การสร้างการออกแบบการทดลอง (Create Factorial Design) 76
รูปที่ ก.3 การเลือกรูปแบบของการออกแบบการทดลองและจำนวนปัจจัย 77
รูปที่ ก.4 การระบุ Replicate 77
รูปที่ ก.5 การใส่ค่าระดับปัจจัยทั้งหมด 78
รูปที่ ก.6 ผลการออกแบบการทดลองของ Plackett-Burman 78
รูปที่ ก.7 การเลือก Display Design 79
รูปที่ ก.8 การเลือก Standard order for design 79
รูปที่ ก.9 การจัดเรียงลำดับของข้อมูล (StdOrder) จากน้อยไปหามาก 80
รูปที่ ก.10 การเลือก Analyze Factorial Design 80
รูปที่ ก.11 การกดเลือกผลลัพธ์(Result)ไปไว้ในช่อง Responses: 81
รูปที่ ก.12 การเลือกรูปแบบของกราฟ 81
รูปที่ ก.13 การสร้างการออกแบบการทดลองในขั้นตอน Response Optimizer 82
รูปที่ ก.14 การเลือกรูปแบบของการออกแบบการทดลองและจำนวนปัจจัย 82
รูปที่ ก.15 การกำหนดจำนวนระดับปัจจัย 83
รูปที่ ก.16 การกำหนดระดับปัจจัย 83
รูปที่ ก.17 การเลือก Response Optimizer 84
รูปที่ ก.18 การเลือกเป้าหมายของระดับที่เหมาะสม 84

บทที่ 1
คำนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

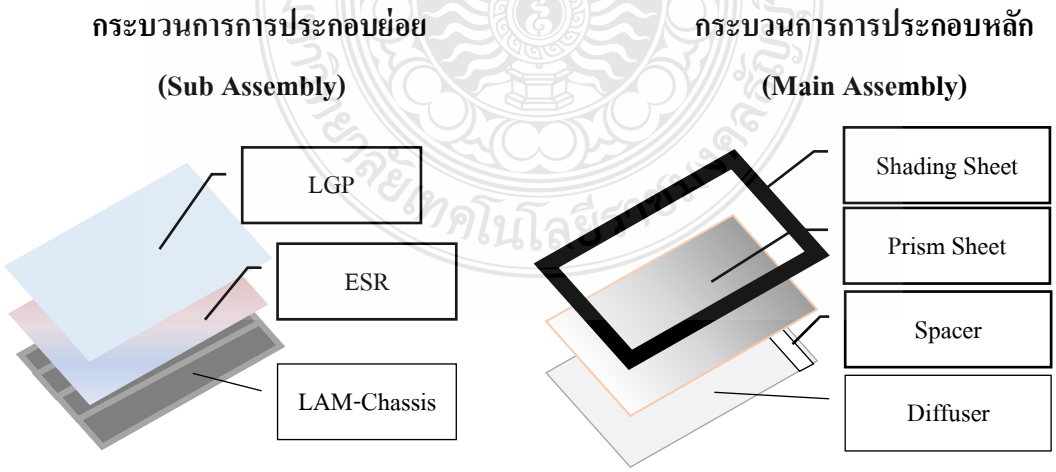
การติดต่อสื่อสารเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำรงชีวิตในยุคสังคมปัจจุบัน ซึ่งอุปกรณ์ทางด้านการสื่อสารต่างๆได้รับการปรับปรุงและพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งปัจจุบันนี้ คำว่า โลกไร้พรมแดน ไม่ใช่เรื่องในจินตนาการอีกต่อไป เทคโนโลยีทางการสื่อสารต่างๆไม่ว่าจะเป็น คอมพิวเตอร์ พีซี โน้ตบุ๊ก สมาร์ทโฟน ต่างเข้ามามีบทบาทที่สำคัญของมนุษย์ทั้งสิ้น โดยเฉพาะโทรศัพท์สมาร์ทโฟน ซึ่งปัจจุบันนี้คงจะปฏิเสธไม่ได้ว่าโทรศัพท์มือถือเข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวันของมนุษย์เรา โทรศัพท์มือถือรุ่นแรกถูกผลิตขึ้นในราวปีค.ศ. 1983 หรือประมาณ 30 ปีที่ผ่านมา จากวันนั้นถึงวันนี้ สมาร์ทโฟน(Smartphone)เป็นหนึ่งในนวัตกรรมสมัยใหม่ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ซึ่งสามารถใช้งานได้ราวกับคอมพิวเตอร์ขนาดย่อม ที่สามารถพกพาไปไหนมาไหนได้ตลอดเวลา อีกทั้งสมาร์ทโฟนสามารถใช้งานได้หลายรูปแบบ ทั้งในด้านการผลิต การบริการ การดำเนินงานต่างๆ รวมทั้งเพื่อการศึกษาหาความรู้ ซึ่งจะส่งผลต่อความได้เปรียบทางด้านเศรษฐกิจ การค้า และการพัฒนาคุณภาพชีวิต ทำให้ตลาดของสมาร์ทโฟนเติบโตอย่างรวดเร็วภายในไม่กี่ปี ด้วยเหตุนี้บริษัทหรือองค์กรแสวงหาผลกำไรต่างเร่งกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าให้ได้ทุกเพศทุกวัย แต่ในขณะเดียวกัน การเร่งกำลังการผลิต อาจทำให้เกิดของเสียจำนวนมหาศาล ถ้าหากองค์กรหรือบริษัทขาดการควบคุมคุณภาพที่ดี ของเสียเหล่านั้นจะก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตที่เพิ่มมากขึ้นอย่างไม่จำเป็น เมื่อมีของเสียเกิดขึ้น ฝ่ายผลิตหรือผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบจะต้องตรวจสอบและทำการแก้ปัญหาให้เร็วที่สุด ซึ่งคำว่าของเสียนั้น ถ้าแปลโดยความหมายคือ “สิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือเสื่อม” เป็นสิ่งที่องค์กรหรือบริษัทต้องคำนึงและพึงระวัง หากของเสียในกระบวนการผลิตมีมากเกินไป นั่นแสดงว่า องค์กรหรือบริษัทนั้นขาดความรับผิดชอบ ขาดการวางแผนที่ดี ซึ่งจะส่งผลต่อผลประกอบการโดยรวม ทำให้บริษัทหรือองค์กรนั้นขาดทุนและอาจปิดกิจการไปในที่สุด

บริษัทกรณีศึกษาเป็นผู้ผลิตสมาร์ทโฟนเป็นหนึ่งในอุปกรณ์สื่อสารที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว องค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของสมาร์ทโฟนก็คือ หน้าจอ (Display) ซึ่งหน้าจอที่มีการผลิตส่วนใหญ่จะเป็นหน้าจอที่เรียกว่า “แบ็กไลท์ (Back light)” เป็นหน้าจอที่ใช้แสงจากหลอด LED โดยการผลิตชิ้นส่วนสำหรับหน้าจอสมาร์ทโฟน (Smartphone) ชนิดแบ็กไลท์ (Back light) สามารถแบ่งการผลิตออกเป็น 2 ส่วน คือ กระบวนการประกอบย่อย (Sub Assembly) และ ส่วนที่สองเรียกว่า

กระบวนการประกอบหลัก (Main Assembly) จะใช้เครื่องจักรในการประกอบวัตถุดิบเข้าด้วยกัน โดยการนำวัตถุดิบชนิดต่างๆมาประกอบกันทีละชิ้นๆจนกระทั่งได้ตามข้อกำหนด วัตถุดิบต่างๆของกระบวนการประกอบย่อยและการประกอบหลักจะแสดงในตารางที่ 1.1 วัตถุดิบในกระบวนการประกอบย่อยมีด้วยกันทั้งหมด 3 ชนิด ส่วนในกระบวนการประกอบหลักมีทั้งหมด 4 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีหน้าที่แตกต่างกันออกไป โดยอาศัยคุณสมบัติและคุณลักษณะของตัววัตถุดิบชนิดนั้นๆ เพื่อให้หน้าจอของสมาร์ทโฟนมีความคมชัดแลนุ่มนวลไปพร้อมกัน ดังรูปที่ 1.1

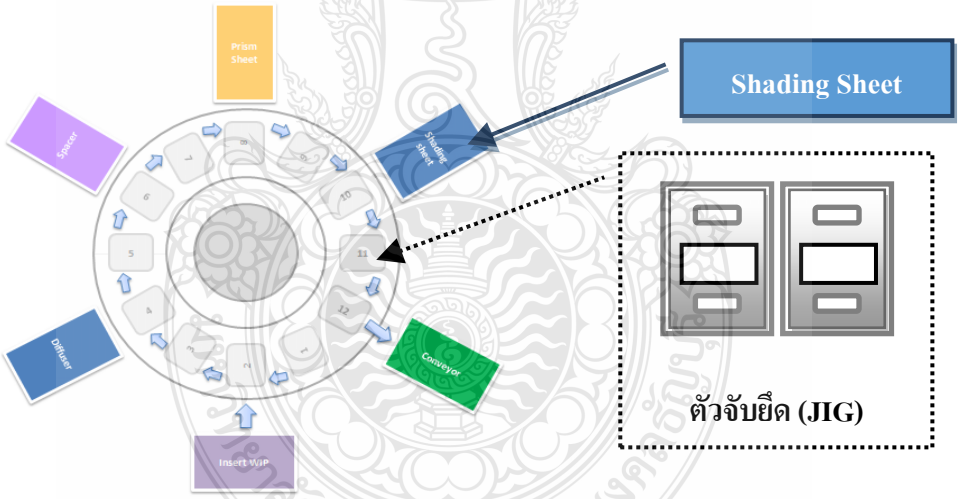
ตารางที่ 1.1 วัตถุดิบต่างๆในการประกอบย่อยและการประกอบหลัก

กระบวนการ	วัตถุดิบ	คุณสมบัติ
1. กระบวนการการประกอบย่อย (Sub Assembly)	1.1 ไลท์ไกด์เพลท (Light Guide Plate) 1.2 อีเอสอาร์ (ESR) 1.3 แลมแชสซิส (LAM-Chassis)	1.1 แผ่นนำแสงและกระจายแสง 1.2 แผ่นสะท้อนแสง 1.3 กรอบโลหะ เพื่อเสริมความแข็งแรงของหน้าจอ
2. กระบวนการการประกอบหลัก (Main Assembly)	2.1 ดิฟฟิวเซอร์ (Diffuser) 2.2 สเปเซอร์ (Spacer) 2.3 ปริซึมชีท (Prism sheet) 2.4 กรอบยึด (Shading sheet)	2.1 แผ่นเกลี่ยแสง ทำให้แสงนวล 2.2 แผ่นปิดระนาบบังคับแสง 2.3 แผ่นที่ทำให้แงหักเหได้ทั่วพื้นที่ 2.4 กรอบกาวสองหน้าใช้ประกอบงานเข้าด้วยกัน



รูปที่ 1.1 องค์ประกอบต่างๆในการประกอบย่อยและการประกอบหลัก

ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกศึกษา โมเดล XX-016 ซึ่งมียอดจำหน่ายสูงสุดในปี 2558 โดยมุ่งเน้นที่กระบวนการประกอบหลัก(Main Assembly)เป็นสำคัญ เนื่องจากวัตถุดิบ(Material)ในกระบวนการนี้ มีราคาค่อนข้างสูง หากมีของเสียหรือข้อบกพร่องเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ย่อมส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต ทำให้องค์กรหรือบริษัทนั้นๆมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น เป็นสาเหตุทำให้เกิดการขาดทุน ลักษณะการทำงานของเครื่องประกอบหลักนั้น มีลักษณะเป็นเป็นแบบโรตารี (Rotary) คือมีลักษณะหมุนไปรอบๆเพื่อประกอบชิ้นงาน โดยหมุนไปในลักษณะตามเข็มนาฬิกาจากสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วย 4 สถานีด้วยกัน โดยเริ่มจากผู้ปฏิบัติงานใส่ชิ้นงานที่ผ่านการประกอบ (Work in process; WIP) จากกระบวนการประกอบย่อย (Sub Assembly) ลงบนตัวจับยึด (Jig) ตรงตำแหน่งใส่ WIP (Insert WIP) จากนั้นเครื่องจักรจะเคลื่อนที่เป็นแนววงกลมจากสถานี Insert WIP ไปยังสถานีต่อไป โดยแต่ละสถานีจะใช้หัวจับ (Picker) ในการหยิบแต่ละชิ้นส่วนเพื่อประกอบ ซึ่งสามารถแบ่งได้ทั้งหมด 4 สถานีหลัก ได้แก่ Diffuser ➢ Spacer ➢ Prism sheet ➢ Shading Sheet ตามลำดับ หลังจากที่มีการประกอบได้ตามกำหนด วัตถุดิบที่ประกอบเสร็จ (Finish goods) จะถูกลำเลียงด้วยสายพาน เพื่อนำไปจัดเก็บก่อนบรรจุและจำหน่ายต่อไป ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ลักษณะของเครื่องจักรประกอบอัตโนมัติ กระบวนการประกอบหลัก

อย่างที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น วัตถุดิบของสถานีการประกอบหลักมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาในส่วนของกระบวนการนี้ ซึ่งหากกระบวนการมีของเสียมากเกินไปนั่นหมายความว่ากำไรที่จะได้ก็จะน้อยลง ตารางที่ 1.2 แสดงการเปรียบเทียบของเสีย (Defect) ในกระบวนการประกอบหลัก (Main Assembly) ในแต่ละสถานี ระหว่างเดือน เมษายน 2558 ถึง เดือนสิงหาคม 2558 โดยเปรียบเทียบยอดการผลิต จำนวนของเสีย และมูลค่าของของเสียที่เกิดขึ้น

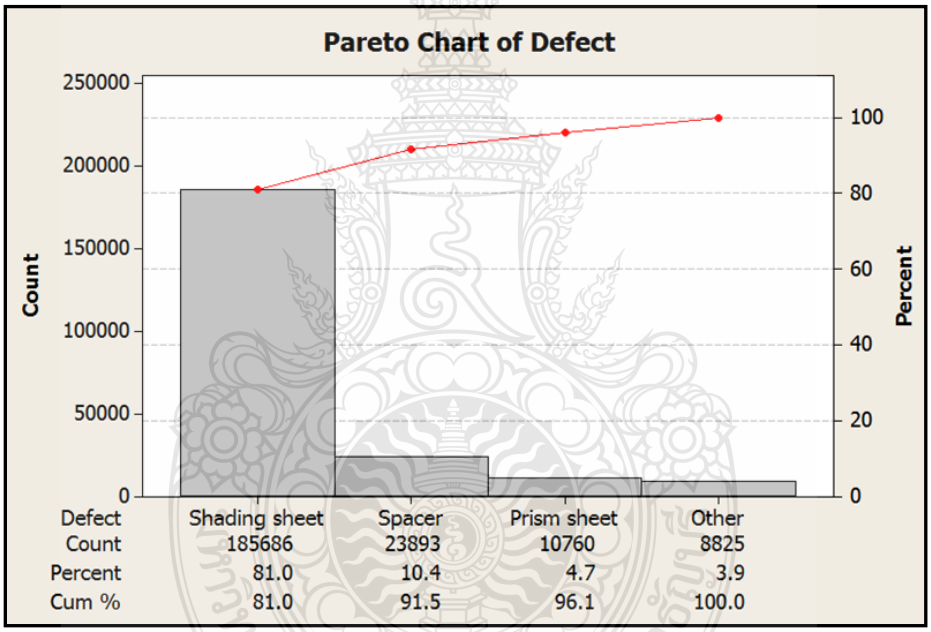
ตารางที่ 1.2 ของเสียในกระบวนการการประกอบหลัก ระหว่างเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนสิงหาคม 2558

เดือน	ยอดการผลิตทั้งหมด (ชิ้น)	สถานี							
		Diffuser		Spacer		Prism Sheet		Shading Sheet	
		ของเสีย (ชิ้น)	มูลค่า (บาท)	ของเสีย (ชิ้น)	มูลค่า (บาท)	ของเสีย (ชิ้น)	มูลค่า (บาท)	ของเสีย (ชิ้น)	มูลค่า (บาท)
เมษายน 2558	428,521	1,457	3,497	4,799	13,438	1,928	4,821	35,310	121,820
พฤษภาคม 2558	456,923	1,188	2,851	4,935	13,817	2,970	7,425	40,666	140,298
มิถุนายน 2558	414,872	1,908	4,580	4,564	12,778	2,780	6,949	34,144	117,797
กรกฎาคม 2558	423,880	2,628	6,307	5,129	14,361	1,017	2,543	38,361	132,346
สิงหาคม 2558	421,343	1,643	3,944	4,466	2,505	2,065	5,161	37,205	128,356
รวม	2,145,539	8,825	21,179	23,893	66,900	10,760	26,900	185,686	640,617
ค่าเฉลี่ย/เดือน	429,108	1,765	4,236	4,779	13,380	2,152	5,380	37,137	128,123
%ของเสีย		0.41%		1.11%		0.50%		8.65%	

จากตารางที่ 1.2 แสดงให้เห็นว่าสถานีการประกอบแผ่นรวมแสง (Diffuser)มีจำนวนของเสียเฉลี่ย 1,765 ชิ้น/เดือน คิดเป็นมูลค่า 4,236 บาท สถานีการประกอบแผ่นเสริม(Spacer)มีจำนวนของเสียเฉลี่ย 4,779ชิ้น/เดือน คิดเป็นมูลค่า13,380บาท สถานีการประกอบแผ่นแยกแสง (Prism Sheet)มีจำนวนของเสียเฉลี่ย 2,152ชิ้น/เดือน คิดเป็นมูลค่า5,380บาทสถานีการประกอบกรอบยึด (Shading Sheet) มีจำนวนของเสียเฉลี่ย 37,137ชิ้น/เดือน คิดเป็นมูลค่า128,123บาท จากข้อมูลดังกล่าวจึงได้นำมาจัดเรียงความสำคัญและความถี่ ของปัญหาจากมากที่สุดไปหาน้อย เพื่อจะได้พิจารณาปัญหาที่มีความสำคัญมากที่สุดมาทำการวิเคราะห์และแก้ไข แสดงดังตารางที่ 1.3 และแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) ดังรูปที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 แสดงการจัดเรียงปัญหาจากมากที่สุดไปหาน้อย และเปอร์เซ็นต์ของเสียสะสม

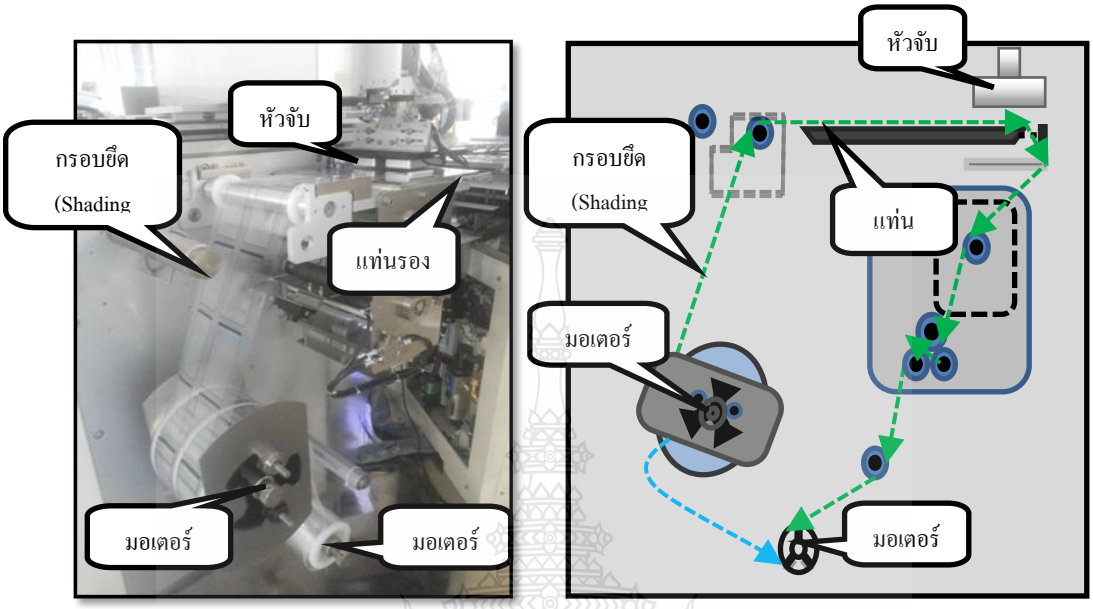
สถานี	ของเสีย	เปอร์เซ็นต์ของเสีย (%)	เปอร์เซ็นต์ของเสียสะสม (%)
Shading Sheet	185,686	81.03	81.03
Spacer	23,893	10.43	91.45
Prism Sheet	10,760	4.70	96.15
Diffuser	8,825	3.85	100.00
รวม	229,164	100	



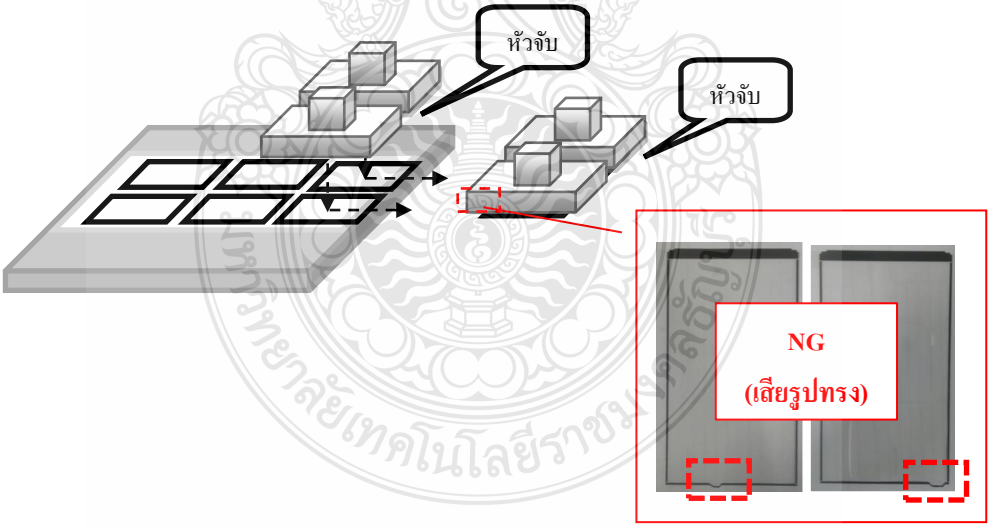
รูปที่ 1.3 แผนภูมิแท่งแสดงการจัดลำดับของปัญหา

จากตารางที่ 1.2 และ รูปที่ 1.3 เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ สถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด (Shading Sheet)มีของเสียมากที่สุดและมีความรุนแรงมากที่สุดคิดเป็น 81.03% ของปัญหาทั้งหมด ดังนั้นจึงเลือกสถานีกระบวนการประกอบกรอบยึดนำมาศึกษาและหาวิธีปรับปรุงแก้ไข

ลักษณะของเสียที่เกิดขึ้น ที่สถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด มีลักษณะที่เสียรูปหลังจากหัวจับหยิบกรอบยึดและเคลื่อนที่ออกจากแท่นรอง ดังแสดงในรูปที่ 1.4 และรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.4 สถานีกระบวนการการประกอบกรอบยึด



รูปที่ 1.5 ลักษณะของเสียตัวอย่างในสถานีกระบวนการการประกอบกรอบยึด

ด้วยเหตุนี้จึงต้องการที่จะลดสัดส่วนของเสียที่สถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด ในกระบวนการประกอบหลักและมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้หลักของการออกแบบการทดลอง (Design of experiment) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย เพื่อการศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อของเสียและกำหนดระดับในแต่ละปัจจัยให้เหมาะสม ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณของเสียลดลง 50% ตามเป้าหมายที่องค์กรกำหนด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อของเสีย ในสถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด (Shading Sheet)

1.2.2 เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม ที่จะทำให้ของเสียในสถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด (Shading Sheet) ลดลง ร้อยละ 50 จากของเสียเฉลี่ยต่อเดือน

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

หากมีการกำหนดและควบคุมระดับของปัจจัยให้มีค่าที่เหมาะสมด้วย เทคนิคการออกแบบการทดลอง จะทำให้ของเสียในกระบวนการประกอบลดลงได้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 งานวิจัยนี้ทำการศึกษาโมเดล XX-016ในสายงานประกอบหลักที่สถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด

1.4.2 งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ ข้อมูลตั้งแต่เดือน เมษายน 2558 ถึง เมษายน 2559

1.4.3 ศึกษาปัจจัยที่สามารถควบคุมและแก้ไขได้

1.5 ขั้นตอนการศึกษาในการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินการหลักๆอยู่ 7 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขปเกี่ยวกับการดำเนินการดังแสดงตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

แผนการดำเนินการวิจัย	
1.	ศึกษาสภาพการทำงานและลักษณะของปัญหา
2.	วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเพื่อที่จะกำหนดปัจจัยพิจารณา
3.	ออกแบบการทดลองเบื้องต้น และดำเนินการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลอง Plackett-Burman
4.	วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเบื้องต้น
5.	ออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลอง โดยใช้การออกแบบการทดลอง 3^k Factorial design
6.	วิเคราะห์ผลการทดลองและหาสภาวะที่เหมาะสม (Response Optimizer)
7.	สรุปผลการดำเนินการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียและทราบถึงระดับปัจจัยที่เหมาะสมในสถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด

1.6.2 สามารถลดสัดส่วนของเสีย ร้อยละ 50 ในสถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด

1.6.3 สามารถลดมูลค่าของเสียในสถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากที่ได้กล่าวมาในบทที่ 1 แล้วว่างานวิจัยนี้ เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อของเสียในกระบวนการประกอบกรอบยึด รวมทั้งระดับปัจจัยที่เหมาะสม โดยได้ประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) มาใช้ในการดำเนินงานวิจัยนี้ ซึ่งการออกแบบการทดลองนั้น ได้ประยุกต์ใช้ในงานต่างๆหลายด้านและมีหลายรูปแบบ ซึ่งงานวิจัยนี้มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้แก่ การออกแบบการทดลอง Plackett-Burman มาใช้ในการกรองปัจจัย และการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล มาใช้ในการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม และยังได้นำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้ไว้ด้วย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

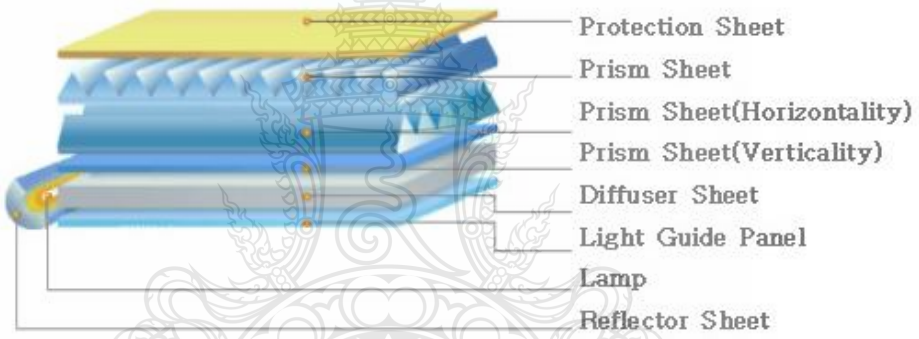
2.1 องค์ประกอบของหน้าจอแบ็คไลท์ (Back light Unit)

แบ็คไลท์ (Back light) เป็นรูปแบบการส่องสว่างที่ใช้ในจอแบบแอลซีดี (LCD) เนื่องจากแอลซีดีไม่สามารถผลิตแสงได้ด้วยตัวเอง ดังนั้นจึงต้องการแสงสว่าง (แสงโดยรอบหรือแหล่งกำเนิดแสงอื่นๆ) เพื่อสร้างภาพที่มองเห็นได้ ซึ่งแบ็คไลท์ (Back lights) จะให้แสงสว่างจากด้านข้างหรือด้านหลังของจอแสดงผล ซึ่งแตกต่างจากฟร้อนไลท์ (Front lights) ที่วางอยู่ด้านหน้าของแอลซีดี

ในส่วนของ LED Backlight LCD หรือ Reality Display เป็นหน้าจอที่เปลี่ยนจากเดิมที่ใช้ TFT (Thin film transistor) ในการส่องสว่างมาเป็นLED TFT-LCDไม่สามารถใช้งานได้ในที่มืดเนื่องจากไม่สามารถปล่อยแสงได้เอง เพื่อปรับปรุงการทำงานนี้ TFT-LCD จะนำแบ็คไลท์มาใช้ ซึ่งสามารถปล่อยแสงไปยังแผง TFTได้ LED Backlight มีข้อดีคือ รายละเอียดต่างๆและสีสันความคมชัดดีมาก และสามารถใช้งานกลางแจ้งได้ดี [1] และมีความบางลงอย่างมาก องค์ประกอบทั่วไปของหน้าจอชนิด LED Backlight จะแสดงดังรูปที่ 2.1 ประกอบด้วย [2];

- แผ่นโปรเทคชัน (Protection sheet): ทำหน้าที่ในการปกป้องพื้นผิว BLU-emitting เพื่อป้องกันรอยขีดข่วนและสิ่งที่อาจเกิดขึ้นกับแผ่นปริซึม
- แผ่นปริซึม (Prism sheet): แผ่นที่เพิ่มการหักเหของแสง เพื่อเพิ่มความสว่างในพื้นผิวของแบ็คไลท์ (Backlight)
- แผ่นดิฟฟิวเซอร์ (Diffuser Sheet): วางอยู่บนพื้นผิวด้านบนLGP จะช่วยกระจายแสงออกจาก LGP ได้ดีมากขึ้น และทำหน้าที่ในการเกลี่ยแสงให้เท่าๆกัน

- LGP (Light Guide Panel: LGP): แหล่งกำเนิดแสง หรือ LED เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีกระบวนการผ่าน LGP เพื่อกระจายแสงบนหน้าจอทั้งหมด
- LED (Light Emitting Diode): เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอย่างหนึ่ง จัดอยู่ในจำพวกไดโอด ที่สามารถเปล่งแสงในช่วงสเปกตรัมแคบ เมื่อถูกไบอัสทางไฟฟ้าในทิศทางไปข้างหน้า
- แผ่นรีเฟล็กเตอร์ (Reflector sheet): โดยวางไว้ด้านล่าง แสงที่ปล่อยออกมาสะท้อนจาก แหล่งกำเนิดแสง แผ่นรีเฟล็กเตอร์ทำหน้าที่ในการเพิ่มประสิทธิภาพของแสง
- กรอบแม่พิมพ์ (Mold Frame): เป็นกรอบที่ทำหน้าที่รักษาความแข็งแรงและรักษาแต่ละส่วนของ BLU ให้มีสภาพที่คงทนถาวร



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบต่างๆของแบ็คไลท์ (BLU)

2.2 เครื่องมือสำหรับการทดลอง

เครื่องมือหลักสำหรับวิธีการออกแบบนั้นจะประกอบไปด้วย เครื่องมือทางสถิติและเครื่องมือทางคุณภาพ (Quality Tools) เป็นหลัก นอกจากนั้นยังมีเทคนิคพิเศษอีกหลายอย่างในการช่วยสร้างความสะดวกในการดำเนินงาน ซึ่งจะกล่าวถึงเครื่องมือที่นิยมใช้ ดังต่อไปนี้

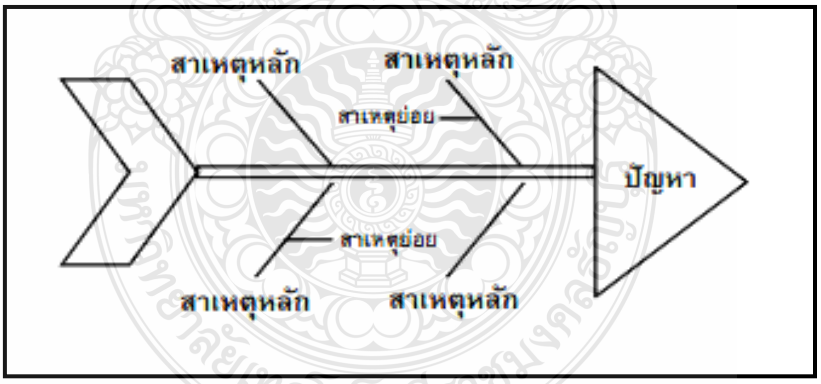
2.1.1 ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

ผังแสดงเหตุและผล คือ ผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง กล่าวคือคุณลักษณะทางคุณภาพคือผลที่เกิดขึ้นจากเหตุคือปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นต้นตอของคุณลักษณะอันนั้น [3] การสร้างผังแสดงเหตุและผลที่จะเอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาได้จริง ไม่ใช่เรื่องง่ายผู้ที่สามารถสร้างผังแสดงเหตุและผลได้ถูกต้อง คือผู้ที่มีโอกาสจะแก้ปัญหาทางคุณภาพได้ถูกต้องเช่นเดียวกัน ข้อสังเกตเกี่ยวกับกับผังแสดงเหตุและผลจะต้องทำการแยกแยะและ

เลือกสรร เพื่อหาปัจจัยอันเป็นสาเหตุแห่งปัญหานั้นควรใช้การปรึกษาหารือในกลุ่มคนหลายความคิดมาร่วมกันเพราะการละเว้น หรือมองข้ามปัจจัยบางอย่างไปจะก่อผลเสียภายหลังได้เลือกคุณลักษณะของปัญหา และปัจจัยสาเหตุในรูปของขนาดหรือปริมาณที่สามารถใส่หน่วยวัดลงไปได้ เพราะในที่สุดแล้ว [4] ผลสรุปจากผังก้างปลาจะต้องนำไปแก้ไขปรับปรุงตัวแปรต่างๆ ก่อนสรุปปัญหาควรใส่น้ำหนักหรือคะแนนให้กับปัจจัยสาเหตุแต่ละตัว เพื่อจะได้ใช้การจัดลำดับความสำคัญของปัญหา ซึ่งแนวทางเสนอแนะนี้จะนำไปผังแสดงเหตุและผลที่ได้ไปเชื่อมโยงกับ FMEA

แผนภูมิแสดงเหตุและผล[5] เป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุ (Cause) ซึ่งทำให้คุณภาพเปลี่ยนแปลงกับผลที่เกิด (Effect) โดยรวมไว้ในลักษณะแผนภาพที่คล้ายกับก้างปลา จึงนิยมเรียก “ผังกางปลา” (Fishbone Diagram) โดยองค์ประกอบและสาเหตุหลักโดยทั่วไปมักจะเหมือนกัน คือ คนงานหรือพนักงาน (Man), เครื่องมือและเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ (Machine) , วัตถุดิบ (Material) และกระบวนการทำงาน (Method)

ผังก้างปลาหรือผังแสดงเหตุและผล ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนหัวปลาจะแสดงหัวข้อปัญหาที่เรากำลังวิเคราะห์ และส่วนก้างปลา จะมีลักษณะเป็นเส้นแตกแขนงไป เพื่อแสดงสาเหตุของปัญหา ทั้งสาเหตุหลัก และสาเหตุย่อยที่เกี่ยวข้อง โยงเข้าด้วยกัน โดยตามความ นิยมมักจะเขียนหัวปลาอยู่ทางขวามือและตัวปลาอยู่ทางซ้ายมือเสมอดังรูปที่ 2.2 [6]



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างโครงสร้างของแผนภาพแสดงเหตุและผล

แผนภูมิแสดงเหตุและผล เป็นวิธีการที่ใช้หาสาเหตุที่แท้จริง (Root Cause) ของปัญหาในระดับรายละเอียด ซึ่งจะต้องทราบปัญหาที่เกิดขึ้นก่อน จากการรวบรวมข้อมูล จัดเรียงข้อมูล โดยเลือกปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุดมาแก้ไขก่อน แล้วมาระดมความคิดจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ค่อยๆระบุสาเหตุที่อาจทำให้เกิดปัญหา ปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or Effect) ซึ่งจะแสดงอยู่ที่หัวปลา ส่วน

สาเหตุ (Causes) จะแยกย่อยออกเป็น ปัจจัย (Factors) ที่จะส่งผลกระทบต่อปัญหา (หัวปลา) สาเหตุหลัก สาเหตุย่อย ซึ่งสาเหตุของปัญหาจะเขียนไว้ในก้างปลาแต่ละก้าง ก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรอง และ ก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก จากนั้นทำการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุปัญหาโดยการพิจารณาจากความสัมพันธ์ด้วยตารางวิเคราะห์เหตุและผล (Cause and Effect Matrix), [5] ทำการผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าผลงานวิจัยเพิ่มเติม เช่นได้เริ่มต้นจากการทำแผนภาพเหตุและผล จากนั้นขอความร่วมมือกันจากพนักงานในส่วนต่างๆที่มีความเกี่ยวข้องอย่างครบถ้วนทำการเลือกปัจจัยเพื่อทำการศึกษาต่อไป[7] นอกจากนี้กฤษดา ศึกษาถึงปัจจัยในกระบวนการผลิตชุดประกอบสำเร็จหัวเขียนอ่านข้อมูลที่มีผลกระทบต่อค่าการโก่งตัวของตัวหัวเขียนอ่านข้อมูล รวมถึงพิจารณาหาระดับ [8]

ปัจจัยที่เหมาะสมที่เป็นไปได้จริงในทางปฏิบัติ เพื่อลดค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการ เปลี่ยนแปลงค่าการโก่งตัว โดยเริ่มจากการอาศัยความรู้และความชำนาญของผู้เชี่ยวชาญและเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล จากนั้นทำการเลือกวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองเป็นลำดับต่อไป ตัวอย่างเช่น การลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในการผลิตห้องสะอาด โดยใช้ เทคนิคการปรับปรุงงาน จากนั้นนำผลวิเคราะห์ที่ได้มาทำวิเคราะห์ 4M ประกอบด้วย คน เครื่องจักร วัตถุดิบ และวิธีการทำงาน เพื่อแก้ไขปัญหาและปรับปรุงงาน ผลจากการใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ พบว่า กระบวนการตัดสังกะสีเป็นขั้นตอนที่ใช้วัสดุ สิ้นเปลืองมากที่สุด [9]

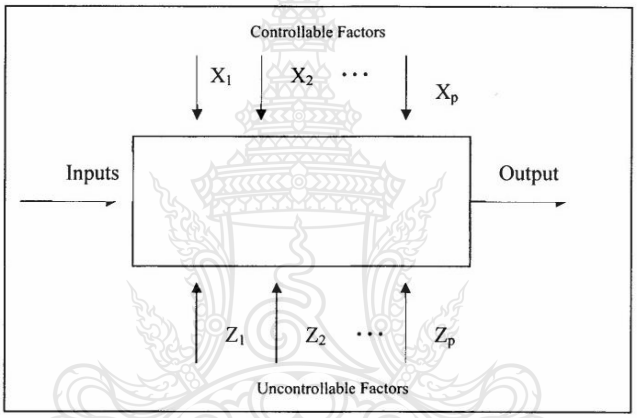
2.3 การออกแบบการทดลอง

การทดลอง (Experiment) คือการจำลองสภาพความเป็นจริงให้มาอยู่ในสภาพที่สามารถควบคุมได้ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริงอันเป็นผลจากการปฏิบัติในการศึกษาทดลอง โดยที่การทดลองจะแบ่งเป็นการทดลองเบื้องต้นคือการทดลองเพื่อให้ทราบผลอย่างกว้าง ๆ ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะนำไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป และการทดลองขั้นตัดสินใจ เป็นขั้นตอนการนำสิ่งที่คัดเลือกได้จากการทดลองเบื้องต้นมาทำการทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบหรือหาสิ่งที่ดีที่สุดในกลุ่ม โดยจะมีการใช้แผนการทดลองแบบต่าง ๆ

การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ หมายถึง กระบวนการในการวางแผนการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจะทำให้สามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้

การใช้วิธีการเชิงสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกคนที่เกี่ยวข้องจะต้องมีความเข้าใจล่วงหน้าว่ากำลังศึกษาอะไรอยู่ จะเก็บข้อมูลได้อย่างไร และจะวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้นั้นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการทดลองคือ เพื่อที่จะศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำงานของกระบวนการและระบบ ซึ่งกระบวนการและระบบจะแสดงดังภาพที่ 2.3 [10.] และไม่ว่าจะอยู่ในสาขาวิชาใดก็ตาม การทดลองอาจจะเกี่ยวข้องในการทำงานไม่มากก็น้อยขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่เป็นอยู่ ซึ่งคำนิยามของการทดลองแบบง่ายๆคือ เป็นการทดสอบที่มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรขาเข้า (Input variable) ของกระบวนการหรือระบบ เพื่อว่าเราสามารถสังเกต หรือบ่งชี้ถึงเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นกับผลตอนขาออกได้ [11]



รูปที่ 2.3 แบบจำลองทั่วไปของกระบวนการหรือระบบ

จากสภาพสามารถอธิบายได้ว่ากระบวนการคือ การรวมกันของเครื่องจักร วิธีการ คน และทรัพยากรอื่น เข้าด้วยกันเพื่อเปลี่ยน Input ให้เป็น Output ที่มีผลตอบออกมาในรูปแบบหนึ่งหรือมากกว่า โดยที่ตัวแปรของกระบวนการการบางตัว $x_1,x_2,\ldots x_p$ เป็นตัวแปรที่สามารถควบคุมได้

ในขณะที่ตัวแปรอื่น $z_1,z_2,\ldots z_q$ เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นในการออกแบบทดลองจึงมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. หาตัวแปรที่มีผลต่อ Y มากที่สุด
2. หาวิธีการตั้งค่าที่มีผลต่อ Y ที่ทำให้ได้ค่า Y ตามต้องการ
3. หาวิธีการตั้งค่า X ที่มีผลต่อ Y ที่ทำให้ได้ค่า Y มีความแปรปรวนน้อยที่สุด
4. หาวิธีการตั้งค่า X ที่มีผลต่อ Y เพื่อให้ผลของตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้คือ $Z_1,Z_2,\ldots Z_q$ มีค่าน้อยที่สุด

การออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment: DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติชั้นสูงที่ใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการให้เป็นไปตามสภาพที่เราต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง คือ วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นการทดลองแบบ ลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่า (One-Factor-at-a-Time) โดยทั่วไปแล้วการออกแบบการทดลองแบบ One Factor at a Time จะให้ผลตอบสนองเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการได้ช้ามาก และสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์รวมถึงต้องเก็บข้อมูลมาก และยังไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับกระบวนการที่มีผลของความสัมพันธ์ร่วม (Interaction Effect) ระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง

การออกแบบการทดลอง คือ ให้ผลของความแม่นยำและความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างสูง โดยสามารถระบุออกมาเป็นค่าตัวเลขทางสถิติที่แสดงถึงค่าระดับความสำคัญของตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการ นอกจากนี้ยังมีความรวดเร็วในการดำเนินการตรวจสอบสาเหตุของปัญหา โดยทั่วไปแล้วถ้าหากเรามีปัจจัยในการทดสอบอยู่ประมาณ 10 ปัจจัย ซึ่งในการดำเนินการทดสอบดูว่าปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลจริงต่อกระบวนการด้วยวิธีแบบ One Factor at a Time จะใช้เวลานานถึง 1 ปี ในการตรวจสอบได้ครบทุกปัจจัย แต่ด้วยวิธีการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองจะใช้เวลาเพียงแค่ 1-3 อาทิตย์เท่านั้น ในการตรวจสอบปัจจัยดังกล่าวการใช้วิธีการเชิงสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกคนที่เกี่ยวข้องจะต้องมีความเข้าใจล่วงหน้าว่ากำลังศึกษาอะไรอยู่ จะเก็บข้อมูลได้อย่างไร และจะวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้นั้นอย่างไร

2.2.1 วัตถุประสงค์ในการออกแบบการทดลอง

2.2.1.1 เพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยตัวใดมีผลต่อสิ่งที่สนใจ

2.2.1.2 เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้สิ่งที่สมใจใกล้เคียงค่าที่ต้องการมากที่สุด

2.2.1.3 เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ความแตกต่างของสิ่งที่สนใจน้อยที่

2.2.1.4 เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้มีค่าน้อยที่สุด

2.2.1.5 เพื่อเป็นประโยชน์ของการออกแบบการทดลองในการพัฒนากระบวนการผลิต

2.2.1.6 ช่วยเพิ่มผลผลิต (Yield)

2.2.1.7 ช่วยลดความแปรปรวนทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ ได้ตามค่าที่ต้องการ

2.2.1.8 ช่วยลดเวลาในการพัฒนากระบวนการผลิต

2.2.1.9 ช่วยเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์

2.2.1.10 ช่วยลดต้นทุน

2.2.2 ประโยชน์ของการออกแบบการทดลองในการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2.2.2.1 ช่วยในการวิเคราะห์เลือกรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

2.2.2.2 ช่วยในการวิเคราะห์เลือกวัตถุดิบที่เหมาะสม

2.2.2.3 ช่วยในการเลือกพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพ

2.2.2.4 ช่วยในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ทำงานได้ดีที่สุด

2.2.3 หลักการพื้นฐานสำหรับการออกแบบการทดลอง

2.2.3.1 เรพลิเคชั่น (Replication) เป็นการทดลองซ้ำ ๆ โดยมีคุณสมบัติ 2 ประการคือ

2.2.3.1.1 ทำให้ผู้ทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้

2.2.3.1.2 ถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้ประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่ง ดังนั้นเรพลิเคชั่นทำให้ผู้ทดลองหาตัวประมาณที่ถูกต้องขึ้น

2.2.3.2 แรนดอมไมเซชั่น (Randomizaiton) หมายถึง การทดลองที่ทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูลจะต้องเป็นตัวแปรแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระแรนดอมไมเซชั่นทำให้สมมติฐานนี้เป็นจริง นอกจากนี้การใช้วิธีการแรนดอม (Random) ทำให้สามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจจะปรากฏในการทดลองได้

2.2.3.3 บล็อกกิง (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรงให้แก่การทดลอง บล็อกอันหนึ่งอาจหมายถึง ส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซตทั้งหมด

2.2.4 ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง

2.2.4.1 กำหนดและทำความเข้าใจปัญหา คือการศึกษาและทำความเข้าใจกระบวนการหรือระบบ เพื่อกำหนดปัญหาในการออกแบบการทดลองให้แน่ชัด ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทดลองบางคนอาจคิดว่าขั้นตอนนี้ง่ายและตรงไปตรงมา แต่ในขั้นตอนนี้อาจจะต้องพยายามพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง และบ่อยครั้งที่จะต้องหาข้อมูล สำหรับป้อนเข้าจากบุคคลหรือหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น แผนกวิศวกรรม แผนกประกันคุณภาพ แผนกผลิต แผนกการตลาด ผู้บริหาร ลูกค้าและแผนกบุคคลถ้อยแถลงของปัญหาที่มีความชัดเจนจะมีผลอย่างมากต่อความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการ และคำตอบสุดท้ายของปัญหานั้น ด้วยเหตุนี้เองการออกแบบการทดลองทุกครั้งควรจะมี การทำงานเป็นทีมซึ่งจะเห็นได้ว่า “ประสบการณ์ขององค์กร (Wisdom of

Organization)" นั้นเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการออกแบบการทดลองเพราะเป็นจุดเริ่มต้นของการดำเนินงาน คือการใช้ประสบการณ์คาดคะเนว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อปัญหาที่สนใจซึ่งถ้าหากไม่มีในส่วนขอประสบการณ์องค์กรเข้ามาเกี่ยวข้องเลย (เช่น ทีมงานเป็นพนักงานใหม่ทั้งหมด) การออกแบบการทดลองก็ยังคงดำเนินต่อไป แต่จะใช้เวลาที่นานขึ้นเพราะต้องเสียเวลาในการตรวจสอบทุกปัจจัยที่มีอยู่ทั้งหมด

2.4.2.2 เลือกปัจจัยและกำหนดค่าของปัจจัยที่จะนำทำการทดลอง คือการเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาเปลี่ยนแปลงในระหว่างทำการทดลอง การกำหนดขอบเขตที่ปัจจัยเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงและกำหนดระดับที่จะเกิดขึ้นในการทดลอง ผู้ทดลองต้องเลือกปัจจัยที่จะนำมาเปลี่ยนแปลงในระหว่างทำการทดลอง กำหนดขอบเขตที่ปัจจัยเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลง และกำหนดระดับ (Level) ที่จะเกิดขึ้นในการทดลอง จะต้องพิจารณาด้วยว่าจะควบคุมปัจจัยเหล่านี้ ณ จุดที่กำหนดได้อย่างไร และจะวัดผลตอบได้อย่างไร ดังนั้นในกรณีเช่นนี้ ผู้ทดลองจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการอย่างมาก ซึ่งความรู้นี้อาจจะได้มาจากประสบการณ์และความรู้จากทางทฤษฎี มีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบดูว่าปัจจัยที่กำหนดขึ้นมานี้มีความสำคัญหรือไม่ และเมื่อวัตถุประสงค์ของการทดลองคือการกรองปัจจัย (Factor Screening) เราควรจะกำหนดให้ระดับต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนน้อย การเลือกขอบเขตของการทดลองก็มีความสำคัญเช่นกัน ในการทดลองเพื่อกรองปัจจัยควรเลือกขอบเขตให้มีความกว้างมาก ๆ หมายถึงว่าขอบเขตที่ปัจจัยแต่ละตัวจะเปลี่ยนแปลงได้ควรมีค่ากว้าง และเมื่อได้เรียนรู้เพิ่มขึ้นว่า ตัวแปรใดมีความสำคัญและที่ระดับใดที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีที่สุด อาจจะลดขอบเขตให้แคบลงได้

2.4.2.3 เลือกตัวแปรตอบสนอง เป็นตัวแปรที่ใช้ในการวัดผลของกระบวนการ โดยจะเลือกตัวแปรตอบสนองที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่กำลังศึกษาอยู่ ในการเลือกตัวแปรตอบสนองผู้ทดลองควรจะแน่ใจว่าตัวแปรนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่กำลังศึกษาอยู่ บ่อยครั้งที่ค่าเฉลี่ยหรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หรือทั้งคู่) ของกระบวนการจะเป็นตัวแปรตอบสนองเป็นไปได้ว่าในการทดลองหนึ่งอาจมีตัวแปรตอบสนองหลายตัว และมีความจำเป็นอย่างมากที่เราจะต้องกำหนดให้ได้ว่า อะไรคือตัวแปรตอบสนอง และจะวัดตัวแปรเหล่านี้ได้อย่างไร ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการทดลองจริง

2.4.2.4 เลือกการออกแบบการทดลอง ในการเลือกการออกแบบการทดลองนั้น จะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองเสมอโดยจะพิจารณาขนาดตัวอย่าง (Replicate) การเลือกลำดับที่เหมาะสมของการทดลองที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและการตัดสินใจว่าควรจะใช้วิธีบล็อก หรือแรนดอมไมเซชั่นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือไม่ ถ้ากิจกรรมการวางแผนก่อนการทดลองทำได้อย่างถูกต้องขั้นตอน

นี้จะเป็นขั้นตอนที่ง่ายมาก การเลือกการออกแบบเกี่ยวข้องกับการพิจารณาขนาดของตัวอย่าง (Replicate) การเลือกลำดับที่เหมาะสมของการทดลองที่จะใช้ในการเก็บข้อมูล และการตัดสินใจว่าควรจะใช้วิธีการจัดกลุ่ม (Block) หรือการจัดแบบสุ่ม (Randomizations) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือไม่ ในการเลือกการออกแบบเราจำเป็นจะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองอยู่ตลอดเวลา ในการทดลองทางวิศวกรรมส่วนมาก เราจะทราบตั้งแต่เริ่มต้นแล้วว่า ปัจจัยบางตัวจะมีผลต่อค่าตอบสนองที่เกิดขึ้น ดังนั้นจะหาว่าปัจจัยตัวใดที่ทำให้เกิดความแตกต่าง และประมาณขนาดของความแตกต่างที่เกิดขึ้น

2.2.4.5 ทำการทดลองตามวิธีการที่ได้ออกแบบการทดลองไว้แล้ว เมื่อทำการทดลองจะต้องติดตามดูกระบวนการทำงานอย่างระมัดระวัง เพื่อให้แน่ใจว่าการดำเนินการทุกอย่างเป็นไปตามแผน ถ้ามีอะไรผิดพลาดเกิดขึ้นเกี่ยวกับการทดลองในขั้นตอนนี้ จะทำให้การทดลองที่ทำนั้นใช้ไม่ได้ ดังนั้นการวางแผนในตอนแรกจะมีความสำคัญอย่างมากต่อความสำเร็จที่จะเกิดขึ้น

2.2.4.6 วิเคราะห์ผลโดยใช้หลักการทางสถิติ คือการนำวิธีการทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ทำการทดลองไว้ เพื่อช่วยในการหาข้อสรุปที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการทดลองหรือไม่ ควรจะเอาวิธีการทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อว่าผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นจะเป็นตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง ถ้าการทดลองได้ถูกออกแบบไว้เป็นอย่างดี และถ้าทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ วิธีการทางสถิติที่จะนำมาใช้นั้นจะเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน ข้อได้เปรียบของวิธีการทางสถิติ คือทำให้ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจมีเครื่องมือช่วยที่มีประสิทธิภาพ และถ้านำเอาวิธีการทางสถิติมาผนวกกับความรู้ทางวิศวกรรม ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ และสามัญสำนึก จะทำให้ข้อสรุปที่ได้ออกมานั้นมีเหตุผลสนับสนุนและมีความน่าเชื่อถือ

2.2.4.7 สรุปผลและข้อเสนอแนะ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะต้องทำการสรุปผลของกระบวนการที่ทำการทดลองซึ่งอาจแสดงในรูปของตาราง กราฟ หรือแผนภูมิเมื่อได้วิเคราะห์ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้ทดลองจะต้องหาข้อสรุปในทางปฏิบัติและแนะนำแนวทางของกิจกรรมที่จะเกิดขึ้น ในขั้นตอนนี้จะนำเอาวิธีการทางกราฟเข้ามาช่วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการนำเสนอผลงานให้ผู้อื่นฟัง นอกจากนี้แล้วการทำการทดลองเพื่อยืนยันผล (Confirmation Testing) ควรจะทำขึ้นเพื่อที่จะตรวจสอบความถูกต้องของข้อสรุปที่เกิดขึ้นอีกด้วย

2.4 การออกแบบการทดลอง Plackett-Burman

การออกแบบการทดลองนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Plackett และ Burman ในปีค.ศ. 1946 เพื่อใช้คัดเลือกปัจจัยออกบางส่วน (Screening Factors) เพื่อลดจำนวนปัจจัยลงเหลือเฉพาะปัจจัยที่สำคัญ เพื่อให้สามารถทำการทดลองได้ [12.] เนื่องจากข้อจำกัดของการทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน (2^{k-p}

หรือ 3^{k-p} จำนวนการทดลอง (n) โดยที่ไม่ทดลองซ้ำ จะเปลี่ยนลดลงไปในสัดส่วนของกำลังระดับ 2^p หรือ 3^p นั่นคือ การทดลอง 7 ปัจจัย 2 ระดับ $n= 2^{k-p} = 2^{7-p}$ เมื่อ p = 0, 1 , 2,…6 ดังนั้น n = 128, 64, 32,…4) แต่ในกรณีของการออกแบบการทดลองแบบ Plackett Burman อาศัยหลักการของเมตริกซ์ Hadamard ซึ่งจำนวนการทดลองจะเปลี่ยนไปในเทอมของ 4 นั้นคือ 4, 8, 12, 16, 20, 24,… แต่ละสดมภ์ประกอบด้วยค่า -1 หรือ +1 และจากจำนวนสดมภ์ทั้งหมด (n-1) สดมภ์มีลักษณะสมดุลเกิดขึ้นในจำนวนครั้งเท่ากัน แบบออร์ทอกอรัลเป็นคู่ (Pairwise Orthogonal)

การสร้างแผนการทดลองแบบ Plackett-Burman ทำได้ดังนี้ คือ

2.1.1 สร้างเวคเตอร์ของค่าในสดมภ์แรก (column ปัจจัย A) ขนาดเท่ากับ n-1 โดยที่ n คือจำนวนการทดลองทั้งหมดที่ใช้ในแผนแบบ Plackett-Burman

2.1.2 สร้างเวคเตอร์ code สำหรับ column ที่เหลือ โดยการใช้ค่าในแถวที่ n-1 ของเวคเตอร์ใน column ก่อนหน้าเลื่อนมาเป็นค่าเริ่มต้นในแถวแรก และเลื่อนค่าลงไป 1 ตำแหน่ง นั่นคือ ค่าสุดท้ายของปัจจัย A ในแถวที่ n-1 จะเท่ากับค่าแรกของปัจจัย B

2.1.3 เพิ่ม code ของแถวสุดท้ายโดยใส่ค่า “-“ ทุกสดมภ์ ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 Plackett Burman 8-Run Design

แผนการทดลอง	**ปัจจัย**						
(Run)	A	B	C	D	E	F	G
1	+	-	-	+	-	+	+
2	+	+	-	-	+	-	+
3	+	+	+	-	-	+	-
4	-	+	+	+	-	-	+
5	+	-	+	+	+	-	-
6	-	+	-	+	+	+	-
7	-	-	+	-	+	+	+
8	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 2.2 Plackett Burman 12-Run Design

แผนการทดลอง	ปัจจัย										
(Run)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+
2	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-
3	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+
4	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+
5	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+
6	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-
7	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-
8	-	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-
9	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	+
10	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-
11	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ข้อมูลข้างต้นพบว่าในการทดลองแบบแผนการทดลองแบบ Plackett-Burman นั่นจำเป็นต้องทราบเพียงค่าเวคเตอร์เริ่มต้นขนาด (n-1) ของปัจจัยเท่านั้น เช่น

กรณี n=8 ค่าเวคเตอร์เริ่มต้นคือ (+++-+--)

n=12 ค่าเวคเตอร์เริ่มต้นคือ (++-+++---+-)

n=16 ค่าเวคเตอร์เริ่มต้นคือ (++++-+-++---+--)

n=20 ค่าเวคเตอร์เริ่มต้นคือ (++--++++-+-+----++-)

Plackett Burman Design เป็นแผนการทดลองที่มี Resolution III ข้อดีที่เห็นได้ชัดเจน คือ การกำหนดจำนวนการทดลองที่จำกัดในการศึกษาปัจจัยได้เป็นจำนวนมากพร้อมๆกัน ข้อเสียประการหนึ่งคือ จำนวนปัจจัยหลักที่ศึกษาได้สูงสุดจะไม่เกิน (n-1) เสมอ เนื่องจาก Plackett Burman เป็นการทดลองที่มี Resolution III จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ในกรณีที่มีผลกระทบร่วม (อันตรกิริยา) มีนัยสำคัญสูง ข้อสมมติ (Assumption) ที่สำคัญหรือข้อจำกัดในการทดลองนี้ ก็คือ ในกรณีที่มีผลกระทบร่วม ผลกระทบร่วมนั้นต้องไม่มีอิทธิพลพอที่จะกลบอิทธิพลหลักของปัจจัยหลัก แต่

อย่างไรก็ตามผู้ทดลองสามารถปรับ Plackett Burman Design ทีมี Resolution III ให้เป็น Resolution IV ได้โดยใช้หลักของ Fold over Design

การออกแบบการทดลองแบบ Plackett Burman นั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบการทดลองในหลากหลายแขนง เช่น

ด้านชีววิทยาและเคมี ในการตรวจสอบผลกระทบในตัวแปรของการแยกต่อ Yield และส่วนประกอบของเพกทิน (Pectins) ที่แยกได้จาก Chicory Roots [13.] ซึ่งสารสกัดทั้ง 20 ชนิดจะถูกทดสอบที่ระดับนัยสำคัญของ Yield และปริมาณน้ำตาล โดยใช้การกรองปัจจัยด้วย Plackett-Burman

สารตัวกลางสำหรับการผลิตไลเปส (Lipase) โดย Pseudomonas fluorescens ในถังหมักแบบ Batch โดยศึกษาจากการออกแบบการทดลองแบบ Plackett-Burman ระหว่างสารตัวกลาง 12 ชนิด พบว่ามีสารจำพวก กลูโกส น้ำมันมะกอก ยีสต์ Dipotassium hydrogen phosphate (K_2HO_4) และ ferrous sulphate heptahydrate ($FeSO_4.7H_2O$) ซึ่งการออกแบบการทดลองรูปแบบนี้ จะเป็นการออกแบบแบบ 2 ระดับ โดยทดลอง n-1 ในการทดลอง n จำนวน ปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญคำนวณได้จากความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของการตรวจสอบที่ระดับสูง (+1) และระดับต่ำ (-1) ในแต่ละปัจจัย โดยการออกแบบการทดลอง Plackett-Burman สามารถนำมาใช้ในลักษณะที่มีจำนวนปัจจัยมากๆและปัจจัยที่ไม่ทราบค่าของค่าระดับปัจจัยต่างๆ[14]

การเร่งความเก่าของข้าวสารด้วยความร้อนร่วมกับความดันสูง โดยการกรองปัจจัยด้วย Plackett & Burman การวิเคราะห์และคัดเลือกปัจจัยที่ส่งผลในการเร่งความเก่าของข้าวสารมีปัจจัยทั้งหมด 5 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ คืออุณหภูมิและเวลาในการเร่งข้าวเก่ามีผลกระทบต่อค่าตอบสนองมากที่สุด [15]

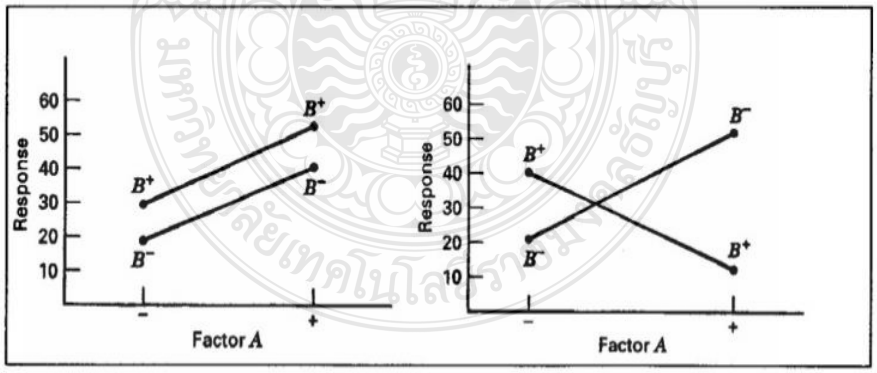
โดยส่วนใหญ่การออกแบบการทดลองแบบ Plackett-Burman จะมีวัตถุประสงค์เพื่อกรองปัจจัยเบื้องต้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญทางสถิติออกมา โดยสามารถนำไปใช้กับการทดลองที่มีจำนวนตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไปจนถึงงานวิจัยที่มีปัจจัยมากๆ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นที่มีจำนวนปัจจัยสูงถึง 15 และ 20 ปัจจัย โดยเลือกใช้การออกแบบการทดลอง Plackett-Burman เช่นกัน ซึ่งแต่ละปัจจัยจะมี 2 ระดับ คือระดับสูง และระดับต่ำ ส่วนใหญ่จะแทนด้วย (+1) และ (-1) ตามลำดับ ซึ่งในการทดลองนี้ เป็นการทดลองเกี่ยวกับของเสียที่เกิดจากกระบวนการประกอบหน้าจอสมาร์ทโฟน และมีจำนวนปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดของเสียประมาณ 5 ปัจจัย โดยทั้ง 5 ปัจจัยจะถูกกรองปัจจัยด้วย Plackett-Burman เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อของเสียที่เกิดขึ้น และนำไปหาสภาวะหรือระดับปัจจัยที่เหมาะสมต่อไป

2.5 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลใช้มากในการทดลองที่เกี่ยวกับปัจจัยหลายปัจจัย ซึ่งต้องการที่จะศึกษาถึงผลร่วมที่มีต่อผลตอบซึ่งเกิดขึ้นจากปัจจัยเหล่านั้น การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลหมายถึงการทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับของปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป เรียกว่า ทรีทเมนต์คอมบิเนชัน (Treatment Combination) ใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัย (Multiple Factor Experiment) และเนื่องจากมีปัจจัยมากกว่า 1 ปัจจัย

ดังนั้นนอกจากจะเกิดอิทธิพลของปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่สนใจแล้วยังอาจเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction Effect) ได้ด้วยการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลมีประโยชน์หลายประการและเป็นการออกแบบที่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าการทดลองทีละปัจจัย ยิ่งกว่านั้นแล้วการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลยังเป็นสิ่งจำเป็นเมื่อมีอิทธิพลของปัจจัยร่วมเกิดขึ้น ซึ่งกรณีเช่นนี้ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงข้อสรุปที่ผิดพลาดได้นอกจากนั้นแล้วการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล ทำให้เราสามารถประมาณผลของปัจจัยหนึ่งที่ระดับต่าง ๆ ของปัจจัยอื่นได้ ทำให้สามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลตลอดเงื่อนไขของการทดลองได้

อิทธิพลของปัจจัยร่วม คือผลที่เกิดขึ้นจากการที่ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้วมีผลทำให้อิทธิพล (Effect) ของปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไป ดังตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วมหรือปฏิสัมพันธ์กัน ซึ่งเมื่อไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม และเมื่อมีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดังรูปที่ 2.4 โดย A และ B คือ ปัจจัย 2 ปัจจัย



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม

การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลจะมีรูปแบบทั่ว ๆ ไป คือในกรณีที่ปัจจัย A มีระดับเท่ากับ a ปัจจัย B มีจำนวนระดับเท่ากับ b ปัจจัย C มีจำนวนระดับเท่ากับ c ต่อไปเช่นนี้เรื่อยๆ และทั้งหมดนี้ถูกจัดให้อยู่ในลักษณะของการทดลองเชิงแฟคทอเรียล ซึ่งจะมีจำนวนข้อมูลที่ได้

ทั้งหมดในการทดลองเท่ากับ abc…n และจะต้องมีเรพลิเคตอย่างน้อย 2 เรพลิเคต เพื่อที่จะทำให้สามารถหาค่าผลรวมของกำลังสองที่เกิดจากความผิพลาดได้ ถ้าอันตรกิริยาที่เป็นไปได้ทั้งหมดถูกนำเข้าไปพิจารณาในแบบจำลองรูปแบบจำลอง รูปแบบของแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่สำคัญได้แก่

2.7.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3^k

การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3^k หมายถึง การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่ประกอบด้วยทรีตเมนต์หรือปัจจัยทั้งหมด k ตัว ซึ่งแต่ละทรีตเมนต์แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับสูง กลาง ต่ำ ซึ่งส่วนใหญ่จะแทนด้วยตัวเลข 0, 1 และ 2 ตามลำดับ สำหรับแต่ละทรีตเมนต์ในการทดลอง 3^k จะถูกแทนด้วยเลข k โดยที่ตัวแรกจะบ่งบอกถึงระดับของตัวแปร A ตัวที่สองจะบ่งบอกถึงระดับของตัวแปร B ,…, และตัว k จะบ่งบอกถึงระดับของตัวแปร K เช่น ในการออกแบบ 32 ตัวเลข 00 แสดงให้เห็นว่าเป็นการทดลองตัวแปร A และ B ที่ระดับต่ำและตัวเลข 01 เป็นการทดลองตัวแปร A ที่ระดับต่ำและตัวแปร B ที่ระดับกลาง เป็นต้น

ในการออกแบบ 3^k นั้น ถ้าตัวแปรมีลักษณะเป็นปริมาณ (Quantitative) เราแทนสัมประสิทธิ์ความแตกต่างออร์ธอกอนอล (Orthogonal Contrast Coefficient) เชิงเส้นตรงด้วยตัวเลข -1,0 และ +1 ตามลำดับซึ่งทำให้ง่ายต่อการสร้างแบบจำลองการถดถอยของผลลัพธ์ที่เกิดจากแต่ละระดับของปัจจัย นอกจากนี้การออกแบบ 3^k ยังสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์และการออกแบบตัวแปรในรูปแบบสมการกำลังสอง (Quadratic) และแทนสัมประสิทธิ์ความแตกต่างออร์ธอกอนอลรูปสมการนี้ด้วยเลข +1, -2, -1 ตามลำดับการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแบบ 3^k (Analysis of Variance for 3^k)

การออกแบบการทดลองลักษณะเช่นนี้จะมีระดับที่สามของปัจจัยเพิ่มเข้ามาในแบบจำลอง ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นสมการแบบควอดราติกได้ ข้อดีคือ ไม่มีการเกิด Alias (Alias แปลว่า ปนกันหรือติดกันจนแยกไม่ออก ซึ่งจะมีผลให้ปัจจัยที่ได้มีค่าปนกัน หรือเรียกว่ามีโครงสร้างคู่แฝดแฝง) และสามารถวิเคราะห์ปัจจัยหลัก (Main effect) และ ความสัมพันธ์ (Interaction) ได้ทั้งหมด [16.]

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับ มีความถูกต้องแม่นยำสูง แต่มีข้อเสียคือ ต้นทุนและเวลาที่ใช้สูงเช่นกันดังตารางที่ 2.3 แต่ถ้าปัจจัยที่ทำการทดลองมีเพียง 2-3 ปัจจัย การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับ เป็นทางเลือกที่ดี เนื่องจาก ต้นทุนและเวลาที่ใช้ไม่มากนัก โดยให้ผลลัพท์ที่มีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุด

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบรูปแบบการทดลองต่างๆ

รูปแบบการทดลอง	ลักษณะการทดลอง	เวลาในการวิเคราะห์	ความถูกต้อง	งบประมาณ
Single Factor	การทดลองสำหรับหนึ่งปัจจัย โดยปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่คาดว่ามีผลกระทบสูงสุดต่อปัญหา	รวดเร็ว	ปานกลาง	น้อย
Factorial Design	การทดลองที่มีมากกว่าหนึ่งปัจจัยและเป็นการทดลองเต็มรูปแบบ	ใช้เวลานาน	มากที่สุด	มาก
2^k Design	การทดลองที่มีมากกว่าหนึ่งปัจจัยและเป็นการทดลองเต็มรูปแบบแต่กำหนดระดับของแต่ละปัจจัยอยู่ที่ปัจจัยละ 2 ระดับเท่านั้น	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
2^{k-p} Design	การทดลองที่มีมากกว่าหนึ่งปัจจัยแต่ไม่ทำการทดลองแบบเต็มรูปแบบทั้งหมด (สครูป)	รวดเร็ว	น้อย	น้อย

การทดลองส่วนมากในทางปฏิบัติจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาถึงผลของปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไปในกรณีเช่นนี้ [17.] การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล (Factorial Design) จะเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล หมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น ตัวอย่างเช่น กรณี 2 ปัจจัย ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ในการทดลอง 1 เรพลิเคต (Replicate) จะประกอบด้วยการทดลอง ทั้งหมด ab การทดลองและเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำ มาจัดให้อยู่ในรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล จะกล่าวได้ว่าปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกัน แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลทั่วไป มีรูปแบบทั่วไป คือ A*B*C*… แฟคทอเรียล

เมื่อทำการกรองปัจจัยเบื้องต้นโดยการออกแบบการทดลองตามวิธี Plackett-Burman แล้ว ปัจจัยที่มีนัยสำคัญจะถูกนำมาออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับ โดยศึกษาปัจจัยละ 3 ระดับ ประกอบด้วย สูง กลาง และต่ำ ซึ่งการออกแบบการทดลองลักษณะนี้ จะนำไปหาสภาวะที่เหมาะสม (Response Optimizer) ต่อไป

การทดลองตามวิธี Plackett-Burman ถูกนำมาศึกษาสภาพของปัญหาเบื้องต้นในการผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดตรง ปัญหาที่พบมากที่สุดคือ ปัญหาหลอดแดง(46.37%) โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาดังกล่าวคือ อุณหภูมิของสารละลายอีมิตเตอร์ และความเร็วในการชุมอีมิตเตอร์ การวิจัยนี้ใช้การทดลองแบบแฟคทอเรียล โดยกำหนดแต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ความเร็วที่ใช้ในการชุบอีมิตเตอร์ไม่มีผลต่อปริมาณอีมิตเตอร์ ส่วนอุณหภูมิของสารละลายอีมิตเตอร์มีผลต่อปริมาณการเคลือบติดของอีมิตเตอร์ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือ 29 องศาเซลเซียส [18]

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของรุจน์ ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนประกอบของชุดหัวอ่านเขียนข้อมูลฮาร์ดดิสก์ โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง โดยเลือกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณกาวที่ติดอยู่ระหว่าง Flex และ Suspension ซึ่งพบว่ามีทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ ขนาดของหยดกาว ความสูงของหยดกาวที่จุดตัวเรือน ระยะเวลาของการหยดกาวที่จุดคอของชิ้นงาน ความสูงของการกำหนดกาวที่จุดคอของชิ้นงาน ระยะเวลาของการหยดกาวที่จุด Gimbal –ของชิ้นงาน และความสูงของการหยดกาวที่ Gimbal ของชิ้นงาน โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ 3^k Factorial Design ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่จะทำให้ปริมาณกาวได้ค่าตามที่กำหนดคือ ระยะเวลาของการหยดกาวที่จุด Gimbal ของชิ้นงานที่ 350 มิลลิวินาที และความสูงของการหยดกาวที่ Gimbal ของชิ้นงานที่ 0.35 มิลลิเมตร [19] เช่นเดียวกับงานวิจัยของชัยรัตน์ได้ศึกษาเพื่อหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมของการพ่นสีที่ทำให้เกิดของเสียสีเป็นผิวส้มน้อยที่สุด โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง พบว่ามีปัจจัยทั้งหมด 5 ปัจจัย โดยใช้เทคนิคออกแบบการทดลองของทากูชิ พบว่า ความหนืดสีและแรงดันลมมีอิทธิพลต่อการเกิดปัญหาดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ a = 0.05 และได้นำทั้งสองปัจจัยมาหาระดับที่เหมาะสมโดยทำการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3 ระดับ เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมด้วยเทคนิคพื้นผิวตอบสนอง พบว่า ระดับปัจจัยที่เหมาะสมของความหนืดสีคือ 10-10.5 วินาที และแรงดันลมที่เหมาะสมคือ 4 บาร์ [20]

การหาสภาวะหรือระดับปัจจัยที่เหมาะสม (Response Optimizer) เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการออกแบบการทดลอง ด้วยวิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสามระดับ (3^k Factorial Design) โดยวิธีนี้จะทำการกำหนดปัจจัยออกเป็น 3 ระดับคือระดับต่ำ (-1) ระดับกลาง (0) และระดับสูง (1) เช่น ในการพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการขัดเลนส์ พบว่าถ้าต้องการให้เกิดการสูญเสีย %Loss ต่ำที่สุด จะต้องเลือกใช้ระดับแรงกดการเจียระไนเลนส์ที่ 10 กิโลกรัม และความเร็วรอบของล้อหินขัดเพชรผลิตที่ 16,000 รอบต่อนาที [21]

ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความกลมของผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณของเสีย โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษา 3 ปัจจัยคืออุณหภูมิการอบชิ้นงาน เวลาการอบ

ชิ้นงาน และขนาดของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน และนำมาหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เหมาะสม (Response optimizer) ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมคืออุณหภูมิการอบชิ้นงาน 279.6 องศาเซลเซียส และเวลาการอบชิ้นงานคือ 8 ชั่วโมง โดยกำหนดขนาดอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเท่ากับ 62.48 มิลลิเมตร จากผลการทดลองสามารถลดจำนวนของเสียจาก 22 เปอร์เซ็นต์เหลือ 0.18 เปอร์เซ็นต์ และส่งผลให้ลดมูลค่าของเสียลงได้เท่ากับ 1,651,584 บาทต่อปี [22]

การศึกษาเพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดจาก กระบวนการผลิตแบบแมชชินชิ่ง โดยมีเป้าหมาย คือ การลดอัตรา ของเสียที่เกิดขึ้นลง 60% การสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นพบว่า การเกิดรอยขีดข่วนบนชิ้นงานทำให้เกิดของเสียมากที่สุด ซึ่งใช้การ ออกแบบการทดลอง 2 k กรองปัจจัย จากนั้นจึงทำการออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial พบว่า เพื่อทำให้จำนวนของเสียที่ เกิดขึ้นในกระบวนการลดลงควรกำหนดปัจจัย คือ วิธีการวาง ชิ้นงานแบบใหม่ เวลาในการเป่าเศษกลึงอยู่ที่ 15 วินาที และ ปริมาณน้ำยาหล่อเย็นอยู่ที่ระดับ 160 ลิตร ซึ่งจากการทดลอง พบว่า สามารถลดจำนวนของเสียลงได้ถึง 79.46% ของจำนวนของ เสียทั้งหมด หรือลดมูลค่าของเสียลงได้เท่ากับ 207,615 บาทต่อ เดือน [23]

โดยส่วนใหญ่ วัตถุประสงค์ในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการทดลองต่างๆ ก็เพื่อต้องการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งในการศึกษาสภาวะหรือระดับปัจจัยที่เหมาะสมนั้น (Response Optimizer) จะเริ่มจากการศึกษาปัจจัยต่างๆด้วยวิธีการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับ (3^k Factorial Design) ซึ่งมีระดับปัจจัย 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (-1) ระดับกลาง (0) และระดับสูง (+1) จากนั้นจะวิเคราะห์ด้วย Response Optimizer เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตน้อยที่สุดหรือได้ตามเป้าหมายที่กำหนด โดยระดับปัจจัยที่เหมาะสม จะนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมนั้นๆตามความเหมาะสม ทั้งในอุตสาหกรรมอุปโภคบริโภค อิเล็กทรอนิกส์ วัสดุศาสตร์ ไฟฟ้า เครื่องจักรกล เป็นต้น ดังงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ศึกษา ซึ่งผลที่ได้จะช่วยให้ของเสียหรือสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นลดลง เป็นผลทำให้องค์กรหรือบริษัทสามารถลดต้นทุนได้มากขึ้น ซึ่งแสดงถึงผลกำไรที่ตามมา

2.6 การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบ

จากที่กล่าวมาแล้วในลำดับขั้นตอนการอกแบบการทดลอง ว่าในการวิเคราะห์การทดลองโดยใช้วิธีทางสถิตินั้นจะมีความเสี่ยงเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอ ดังนั้นการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องอยู่ภายใต้ความเสี่ยงดังกล่าว

การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบจะตั้งสมมติฐานใน 2 ทางเลือก คือ

H_0 : ระดับของปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H_1 : ระดับของปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

ทั้งนี้ภายใต้ความเสี่ยง 2 ตัว คือ α และ β

α คือ ความเสี่ยงในการที่จะไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมติฐานหลักเป็นจริง β คือ ความเสี่ยงในการยอมรับสมมติฐานหลักทั้งที่สมมติฐานหลักไม่เป็นจริง จากความเสี่ยงของทั้ง 2 แบบนี้เอง จึงต้องมีการกำหนดจำนวนซ้ำที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้มีความแม่นยำและให้ค่า β น้อยที่สุดเท่าที่จะทำให้

การตั้งสมมติฐานจะเป็นการตั้งด้วยความหวังที่จะปฏิเสธ ดังนั้นในการทำการทดสอบสมมติฐานย่อมมีความเสียงที่จะเกิดความผิดพลาดแบบที่ 1 หากจะทำการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ในทางปฏิบัติจะเริ่มจากการตั้งสมมติฐานออกแบบการทดลอง ดำเนินการสุ่มตัวอย่างแล้วทำการวิเคราะห์เพื่อหาความเชื่อมั่นที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักนั้น ๆ

ส่วนนี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการคำนวณซึ่งทำให้ได้ค่าของ P-Values (Probability values) ที่สัมพันธ์โดยตรงกับ α อันจะหมายถึงโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดหากทำการปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งเมื่อให้ค่า $\alpha = 0.05$ จะหมายถึงว่ายอมรับความผิดพลาดแบบที่ 1 เท่ากับ 0.05 หรือมีโอกาสผิดพลาดได้หนึ่งใน 20 ของการตัดสินใจทั้งหมด ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิสูจน์สมมติฐานนั้น หากพบว่าค่า P Values มีค่ามากกว่า 0.05 หมายถึง โอกาสที่การปฏิเสธสมมติฐานหลักแล้วกระทำความผิดพลาดแบบที่ 1 ได้มากกว่า 0.05 ซึ่งก็ไม่สามารถที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลักและต้องยอมรับสมมติฐานหลักนั้น แต่หากค่า P Values มีค่าน้อยกว่า 0.05 จะทำการปฏิเสธสมมติฐานหลักแล้วทำการยอมรับสมมติฐานอื่นแทน

2.7 บทสรุป

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและข้อมูลต่างๆ สามารถกล่าวได้ว่า การออกแบบการทดลองด้วยวิธี Plackett-Burman สามารถตอบโจทย์ในการศึกษาการเสียรูปของกรอบยึดในกระบวนการการประกอบหลักได้เป็นอย่างดี เพราะเป็นวิธีการที่สามารถช่วยคัดกรองปัจจัยต่างๆ ลงเหลือเฉพาะปัจจัยที่สำคัญได้เป็นอย่างดี โดยสามารถระบุออกมาเป็นค่าตัวเลขที่มีนัยสำคัญ นั่นแสดงถึงความแม่นยำและความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้ โดยผู้วิจัยเล็งเห็นว่า การออกแบบนี้เหมาะแก่การทดลองในการหาปัจจัยที่ทำให้กรอบยึดเสียรูปได้ เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ใช้เวลาในการทดสอบไม่มากนัก เหมาะแก่การทดสอบในลักษณะของอุตสาหกรรมที่เร่งรีบ และมีการผลิตอยู่ตลอดเวลา โดยกำหนดระดับปัจจัยออกเป็น 2 ระดับ คือระดับต่ำและระดับสูง

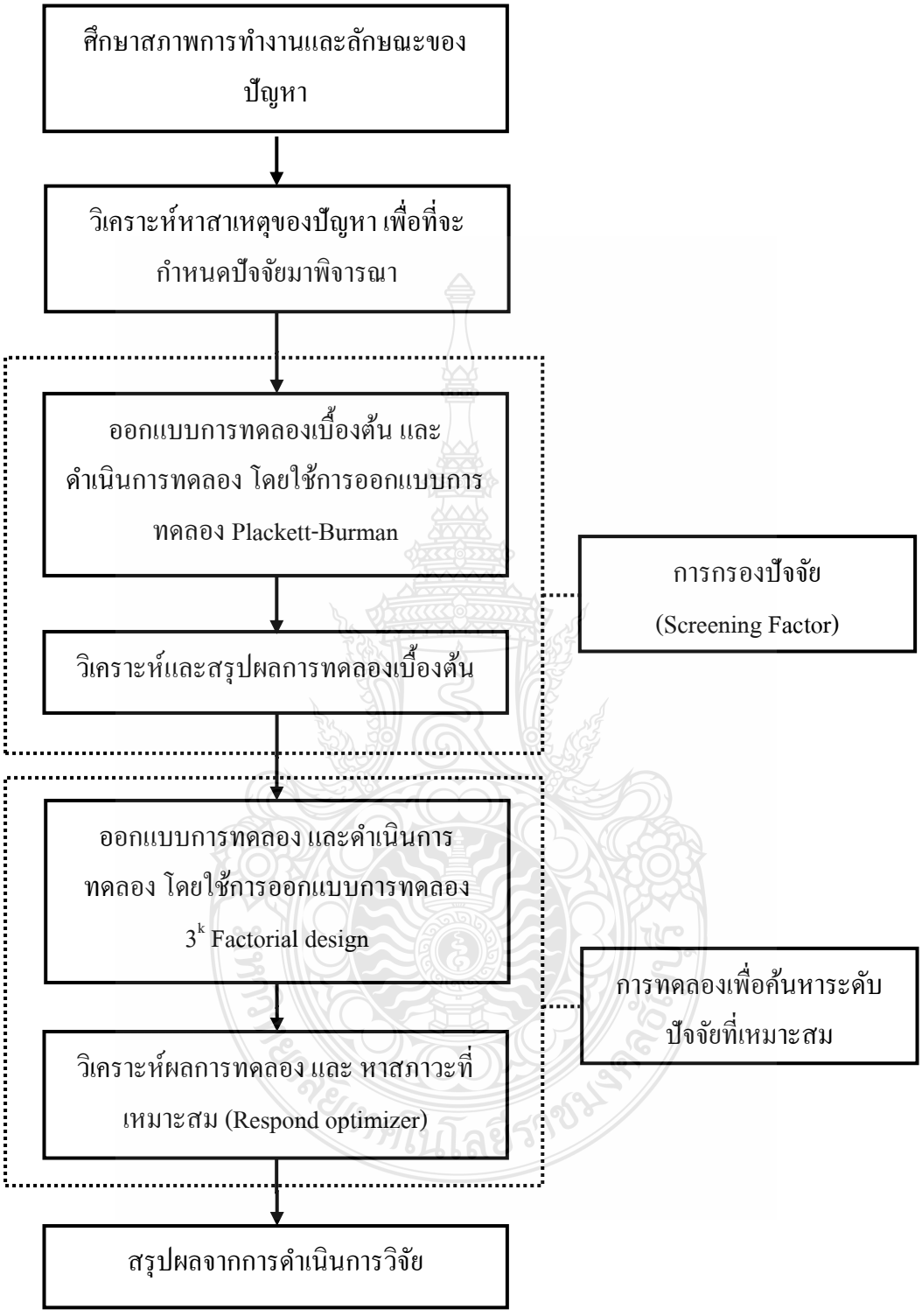
นอกจากนั้นเทคนิค Response Optimizer ยังถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการลดการเสียรูปที่เกิดขึ้นในกระบวนการการประกอบหลัก เพราะของเสียที่เกิดขึ้นจากสถานีนี้มีค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสถานีอื่นในกระบวนการเดียวกัน การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับ เป็นวิธีการหนึ่งในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Response Optimizer นี้ เพื่อให้สามารถหาค่าสภาวะที่เหมาะสมได้ ซึ่งเนื้อหาและบทสรุปจากบทนี้จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการดำเนินการในบทที่ 3 ต่อไป

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จากทางบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานที่ผลิตชิ้นส่วนหน้าจอของสมาร์ทโฟน โรงงานตั้งอยู่ที่ จังหวัดลพบุรี จากทฤษฎีที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 2 สามารถนำข้อมูลต่างๆมาประยุกต์ใช้ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยและระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่มีอิทธิพลต่อการทำให้เกิดของเสีย ในกระบวนการประกอบกรอบยึด และสามารถบรรลุเป้าหมายตามที่องค์กรได้กำหนดไว้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบขั้นตอนของการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ศึกษาลักษณะขั้นตอนการทำงานและลักษณะของปัญหา
2. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เพื่อที่จะกำหนดปัจจัยมาพิจารณา
3. ออกแบบการทดลองเบื้องต้น และดำเนินการทดลอง โดยใช้การออกแบบการทดลอง Plackett-Burman
4. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเบื้องต้น
5. ออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลอง โดยใช้การออกแบบการทดลอง 3^k Factorial design
6. วิเคราะห์ผลการทดลอง และ หาสภาวะที่เหมาะสม (Respond optimizer)
7. สรุปผลจากการดำเนินการวิจัย

จากขั้นตอนต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถอธิบายเป็นแผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ดังรูปที่ 3.1



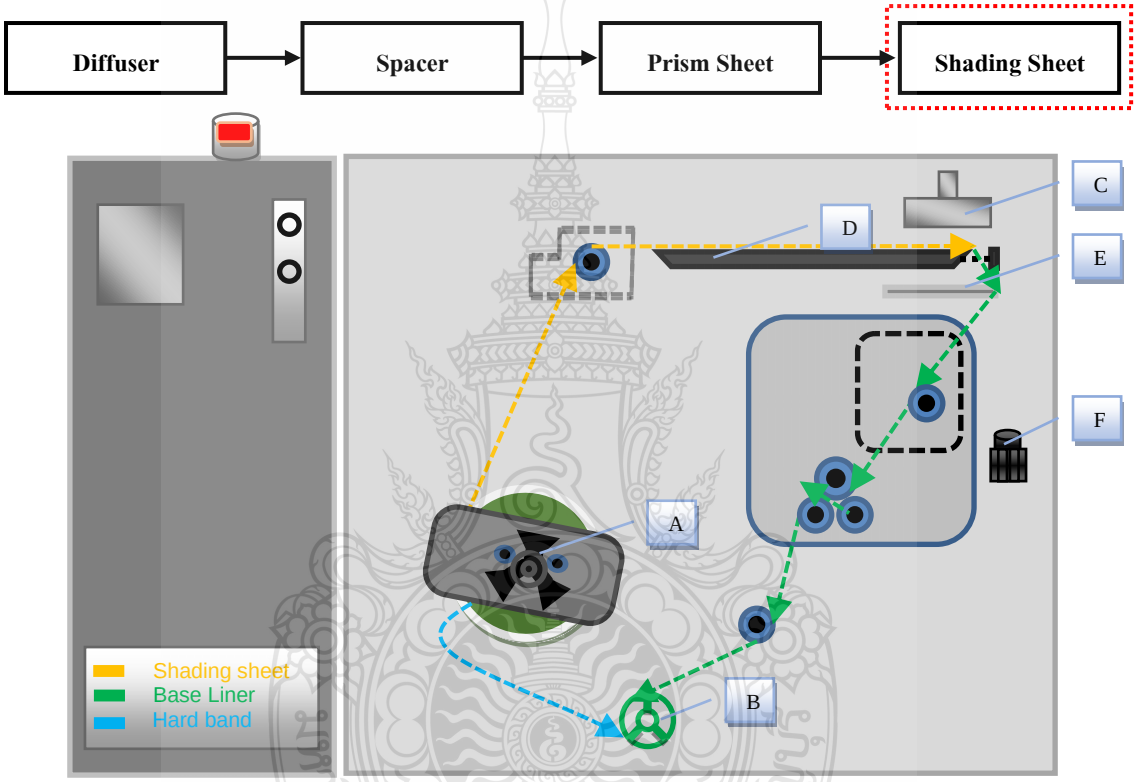
รูปที่ **3.1** แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมานั้น สามารถอธิบายขั้นตอนการดำเนินการวิจัยอย่างละเอียด เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

3.1 ศึกษาสภาพการทำงานและลักษณะของปัญหา

ก่อนที่จะศึกษาสภาพปัญหาของการทำงานนั้น เหนือสิ่งอื่นใดคือผู้ทำการทดลองจะต้องรู้หลักการทำงานของสิ่งที่ต้องทำการวิจัยนั้นๆ

3.1.1 ส่วนประกอบของสถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด



รูปที่ **3.2** ส่วนประกอบต่างๆของสถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด

ซึ่งส่วนประกอบของสถานีกระบวนการการประกอบกรอบยึดสามารถแบ่งออกเป็น 6 ส่วนด้วยกัน ซึ่งแต่ละส่วนจะมีหน้าที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายและความรับผิดชอบในกระบวนการทำงานนั้นๆ โดยทั้ง 6 ส่วนจะมีความสัมพันธ์กันทั้งหมด รูปที่ 3.2 จะแสดงส่วนประกอบต่างๆของสถานีกระบวนการการประกอบกรอบยึด โดยแต่ละส่วนมีหน้าที่ในการทำงานดังนี้;

A. เพลาซัพพลาย (Supply Roller)

ทำหน้าที่รองรับม้วนวัตถุดิบ (กรอบยึด) ซึ่งจะคอยป้อนวัตถุดิบให้แก่กระบวนการโดยใช้มอเตอร์ในการควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่

B. เพลาเก็บแผ่นฟิล์มตัวล่าง (Bottom Roller)

ทำหน้าที่เก็บแผ่นฟิล์ม (Base liner) หลังจากที่หัวจับหยิบกรอบยึดออกไปประกอบแล้ว โดยใช้มอเตอร์ในการควบคุมความเร็ว ซึ่งจะต้องสัมพันธ์กันกับเพลาซัพพลาย

C. หัวจับ (Picker)

ทำหน้าที่หยิบชิ้นงาน(Shading sheet) โดยใช้ลมดูดในการหยิบ และเคลื่อนที่ออกไปด้วยความเร็วที่เท่ากันกันกับเพลาซัพพลายและเพลาเก็บแผ่นฟิล์ม

D. แท่นรอง (Feeding Table)

ทำหน้าที่รองรับวัตถุดิบ (Shading sheet) กับแผ่นฟิล์ม (Base liner) ให้เคลื่อนที่ผ่านไปจนถึงตำแหน่งการจับ

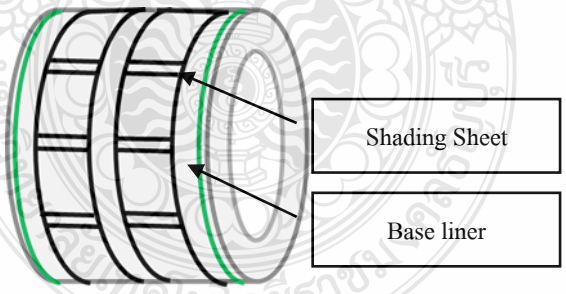
E. แผ่นปรับองศา (Support Plate)

ทำหน้าที่ในการปรับทิศทางของแผ่นฟิล์มหลังจากผ่านแท่นรองตามที่กำหนดเพื่อให้ แผ่นฟิล์มที่เหลืออยู่สามารถจัดเก็บได้ง่ายขึ้น

F. กล้องตรวจสอบ (Vision Camera)

ทำหน้าที่ตรวจสอบความสมบูรณ์ของตัวกรอบยึด เพื่อป้องกันการเกิดข้อบกพร่องก่อนการประกอบ

ในม้วนของกรอบยึดจะประกอบด้วยวัตถุดิบ 2 ชนิดด้วยกัน ; กรอบยึด (Shading Sheet) : กรอบสีดำ และ แผ่นฟิล์ม (Base liner) : พื้นที่สีเทาดังรูปที่ 3.3



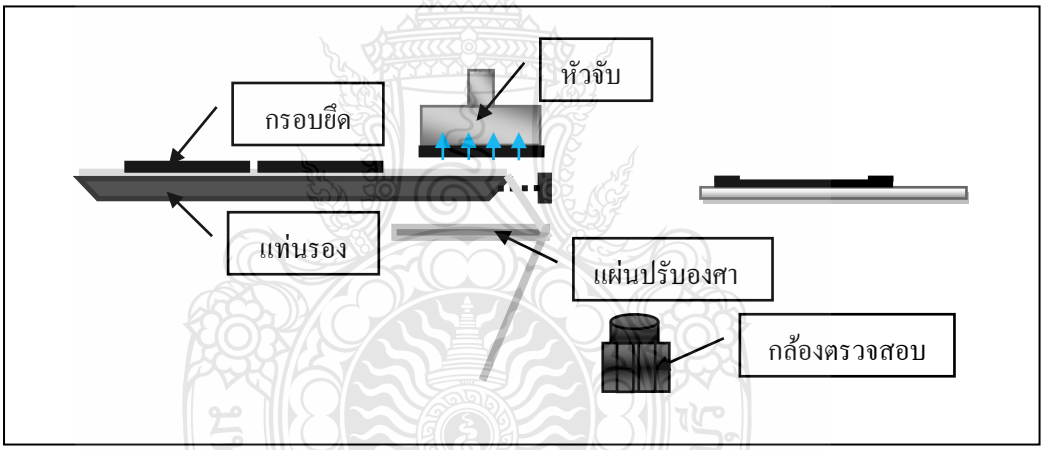
รูปที่ 3.3 ลักษณะของม้วนกรอบยึด

3.1.2 หลักการทำงานของสถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด

สถานีการประกอบกรอบยึด เป็นสถานีที่ 4 ของกระบวนการการประกอบหลัก (Main assembly) โดยม้วนกรอบยึด (Shading sheet) จะถูกติดตั้งไว้ที่เพลาซัพพลาย จากนั้นวัตถุดิบจะถูกป้อนผ่านไปที่เพลาตัวเล็กด้านบนและถูกป้อนไปยังตำแหน่งแท่นรอง (Feeding Table) เมื่อวัตถุดิบอยู่

บนแท่นรองและอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดแล้ว (เตรียมที่จะให้หัวจับมาจับกรอบยึดเพื่อไปประกอบ) หัวจับ (Picker) จะเคลื่อนที่ลงบนกรอบยึดพร้อมกับใช้ลมดูดกรอบยึด เพื่อให้วัตถุดิบสามารถแยกออกจากแผ่นฟิล์มได้ โดยที่หัวจับจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วที่เท่ากับความเร็วของแผ่นฟิล์มเพื่อออกจากแท่นรองไปยังตำแหน่งตรวจสอบ ตำแหน่งตรวจสอบจะมีกล้องตรวจสอบ(Vision Camera) ภาพปัจจุบันเทียบกับภาพมาตรฐาน หากวัตถุดิบมีลักษณะใกล้เคียงกันกับภาพมาตรฐาน หัวจับจะนำกรอบยึดไปประกอบบนชิ้นงานจากสถานีก่อนหน้านี้ ส่วนแผ่นฟิล์มที่เหลือจะถูกจัดเก็บไว้ที่เพลาเก็บแผ่นฟิล์มตัวล่าง (Bottom roller) ซึ่งหลักการพื้นฐานในการทำงานของหัวจับจะสามารถอธิบายเป็น 3 ขั้นตอนหลักได้ดังนี้

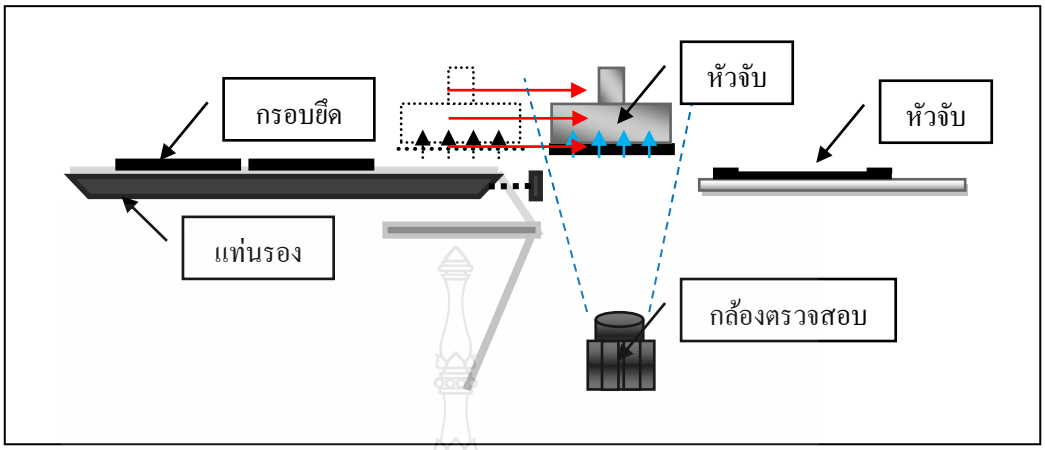
3.1.2.1 หัวจับเคลื่อนที่ลงบนกรอบยึดและใช้ลมดูด เพื่อที่จะเตรียมหยิบกรอบยึดขึ้นมา ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนของหัวจับเคลื่อนที่หยิบชิ้นงาน

ขั้นตอนของหัวจับเคลื่อนที่หยิบชิ้นงาน หัวจับจะเคลื่อนที่ลงมาจับกรอบยึดในตำแหน่งที่มีการกำหนดไว้ โดยที่กรอบยึดและหัวจับจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วที่เท่ากันอย่างสม่ำเสมอ หัวจับจะใช้ลมดูดในการหยิบจับกรอบยึด เพื่อให้สามารถแยกกรอบยึดออกจากแผ่นฟิล์มได้

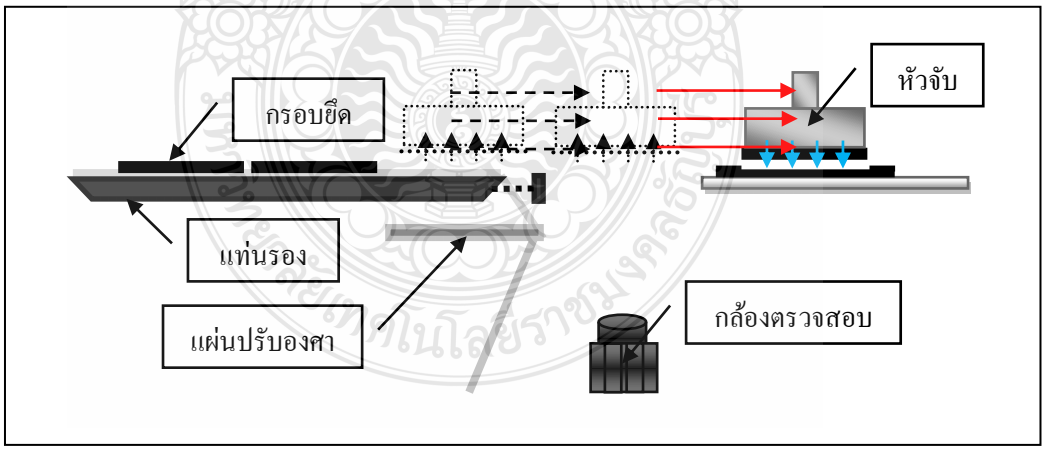
3.1.2.2 กรอบยึดจะเคลื่อนที่ออกไปพร้อมกับหัวจับ ด้วยความเร็วมอเตอร์ตามที่ได้กำหนดไว้ ไปตำแหน่งที่ตรวจสอบคุณภาพของกรอบยึดด้วยกล้อง ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการเคลื่อนที่ออกไปเพื่อตรวจสอบคุณภาพของกรอบยึด

ขั้นตอนการเคลื่อนที่ออกไปเพื่อตรวจสอบคุณภาพของกรอบยึด : หลังจากที่หัวจับหยิบจับกรอบยึดขึ้นมาแล้ว หัวจับที่มีกรอบยึดจะเคลื่อนไปด้านหน้า เพื่อตรวจสอบลักษณะของกรอบยึด ว่ามีลักษณะเป็นตามภาพมาตรฐานหรือไม่ หากภาพ ณ ขณะนั้นมีลักษณะตามที่กำหนด หัวจับจะสามารถทำคำสั่งต่อไปได้ แต่ถ้าหากลักษณะไม่ได้ตามมาตรฐาน เครื่องจักรจะมีการร้องเตือนออกมา

3.1.2.3 หลังจากตรวจสอบคุณภาพของกรอบยึดด้วยกล้องแล้ว หัวจับที่มีกรอบยึดจึงเคลื่อนที่ไปประกอบกับชิ้นงานจากสถานีก่อนหน้านี้ ดังรูปที่ 3.6

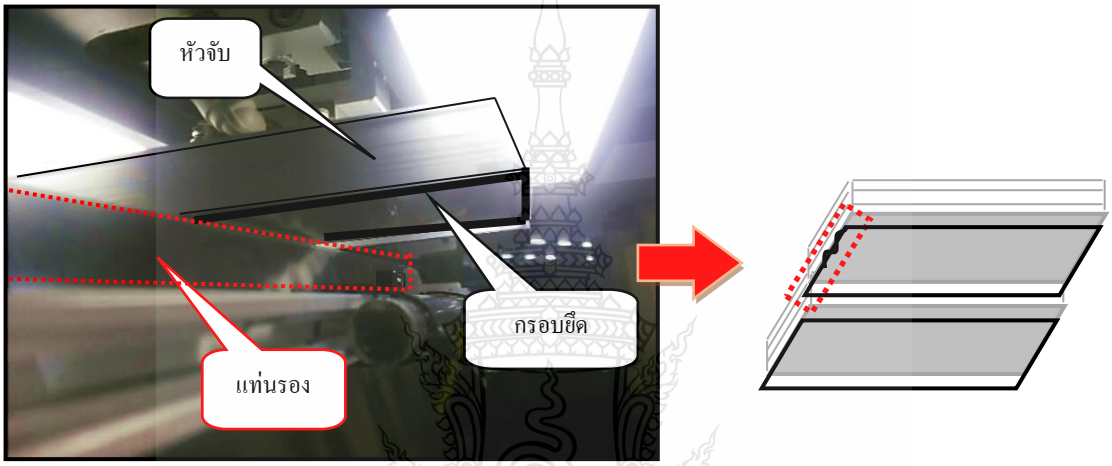


รูปที่ 3.6 ขั้นตอนของการประกอบกรอบยึดลงบนชิ้นงาน

ขั้นตอนของการประกอบกรอบยึดลงบนชิ้นงาน : หลังจากที่มีการตรวจสอบคุณภาพของกรอบยึดเสร็จแล้ว หัวจับจะนำกรอบยึดมาวางบน (Lam-Chassis) เป็นอันจบกระบวนการ

3.1.3 ลักษณะการเกิดของเสียในสถานีกระบวนการประกอบกรอบยึด

ลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นในสถานีการประกอบกรอบยึดนั้น พบว่าจะเกิดขึ้นระหว่างกรอบยึดแยกออกจากแผ่นฟิล์ม หลังจากที่กรอบยึดเคลื่อนที่ออกจากแท่นรองด้วยหัวจับ ซึ่งลักษณะของเสียของกรอบยึดนั้นจะมีการเสียรูปบางส่วน โดยสามารถจำลองได้ดังรูปที่ 3.7 ลักษณะของกรอบยึดที่ดีและตัวอย่างลักษณะของการเสียรูปของกรอบยึดจะแสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.7 การจำลองการเกิดของเสียของกรอบยึด

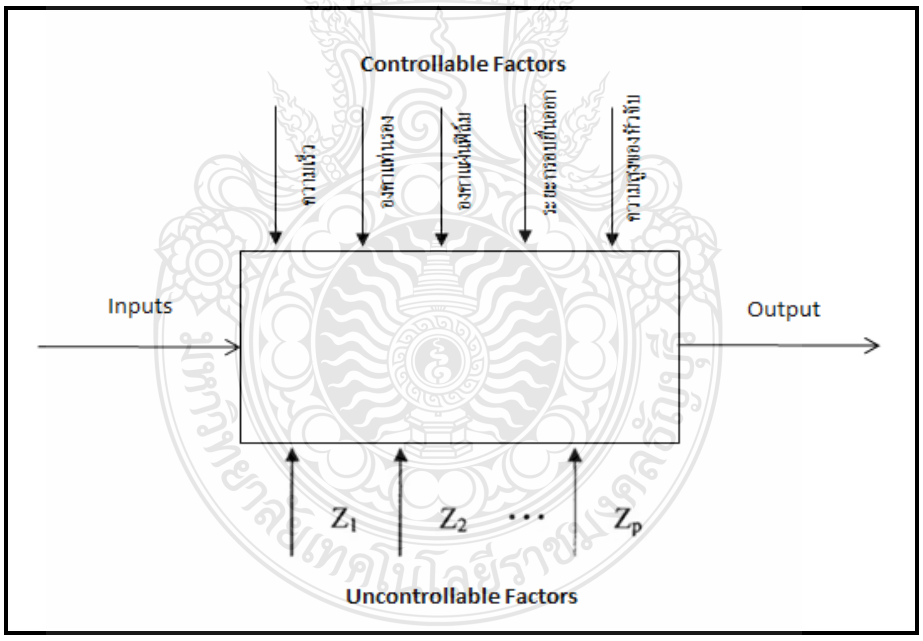
(ก) (ข)

รูปที่ 3.8 ลักษณะของกรอบยึด;
(ก) ลักษณะกรอบยึดที่ดี, (ข) ลักษณะกรอบยึดเสียรูป

การตรวจสอบลักษณะที่ดีและไม่ดีของกรอบยึด สามารถทำได้โดยใช้กล้องตรวจสอบ (Inspection Camera) ในการตรวจสอบความเหมือนกัน(%Matching) ที่ระดับ 90% เทียบกับภาพมาตรฐานที่กำหนด หาก % Matching น้อยกว่า90% กล้องตรวจสอบจะระบุว่า กรอบยึดชิ้นนั้นเสียรูป

3.2 วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เพื่อที่จะกำหนดปัจจัยมาพิจารณา

การค้นหาปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อการเสียรูปของกรอบยึดนั้น ผู้วิจัยจะต้องศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีโอกาสทำให้เกิดการเสียรูปของกรอบยึดเสียก่อน ลักษณะการเสียรูปจะเกิดขึ้นหลังจากที่กรอบเคลื่อนที่ออกจากแท่นรองโดยที่หัวจับจะหยิบกรอบยึดขึ้นมาจากแผ่นฟิล์มพร้อมทั้งเคลื่อนที่ไปด้านหน้า ซึ่งการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในขั้นตอนนี้ จะเป็นการระดมความคิดเห็นของทีมงานหรือกลุ่มบุคคลที่มีแนวทางเดียวกัน และเป็นผู้ที่มีประสบการณ์และมีความเชี่ยวชาญในกระบวนการผลิต จากนั้นจะนำเอาเครื่องมือทางสถิติมาใช้ในการระดมความคิด ที่เรียกว่า แผนภาพก้างปลาหรือแผนภาพเหตุและผล (Fishbone Diagram or Cause and Effect Diagram) คือผลที่เกิดขึ้นจากเหตุ ซึ่งก็คือปัจจัยต่างๆที่เป็นต้นเหตุของคุณลักษณะอันนั้น หรืออาจจะกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เป็นแผนผังที่ใช้ในการวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุต่างๆว่า มีปัจจัยใดบ้างที่เชื่อมโยงเกี่ยวข้องกัน แต่ละปัจจัยสัมพันธ์ต่อเนื่องกันอย่างไร เพื่อช่วยในการหาสาเหตุที่เกี่ยวข้องเบื้องต้น และกำหนดปัจจัยที่จะนำมาพิจารณา พร้อมทั้งกำหนดระดับปัจจัยที่จะใช้ในการออกแบบการทดลองดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงแบบจำลองของกระบวนการ

3.3 ออกแบบการทดลองเบื้องต้นและดำเนินการทดลอง โดยใช้การออกแบบการทดลอง Plackett-Burman

ขั้นตอนต่อไปคือค้นหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดการเสียรูปของกรอบยึด (Shading sheet) ซึ่งเกิดขึ้นในขณะที่หัวจับเคลื่อนที่ออกจากแท่นรอง โดยการกรองปัจจัยต่างๆ (Screening Factor) ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง Plackett-Burman เพื่อลดปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญออก การวางแผนการทดลองแบบ Plackett-Burman นั้น เป็นการทดลองเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่มีความสำคัญหรือมีอิทธิพลต่อการทดลองที่จะศึกษา แต่ไม่ทราบปัจจัยที่มีผลร่วมกัน (interaction) ซึ่งในการทดลองนี้ผู้วิจัยจะศึกษาปัจจัยละ 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (low_2-) และระดับสูง ($high_2$+)

3.4 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเบื้องต้น

เมื่อได้ผลลัพธ์ครบถ้วนแล้ว ให้นำผลการทดลองทั้งหมดไปวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเชิงวิศวกรรมด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง Plackett-Burman ซึ่งอาศัยโปรแกรม Minitab Version 16 มาทำการวิเคราะห์เพื่อลดปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลหรือไม่มีนัยสำคัญต่อการเสียรูปของกรอบยึด เพื่อให้ได้ผลการทดลองและข้อสรุปที่มีอิทธิพลมากที่สุด จากนั้นนำปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อของเสียในกระบวนการประกอบกรอบยึดไปทดลอง เพื่อศึกษาหาระดับความสำคัญของปัจจัยต่อไป

3.5 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลอง โดยใช้การออกแบบการทดลอง 3^k Factorial design

หลังจากนำปัจจัยที่ผ่านการกรองปัจจัย (Screening Factor) ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง Plackett-Burman มาแล้ว จากนั้นให้นำมาทดลองเพื่อค้นหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม จากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3 ระดับ (3^k Factorial design) คือการออกแบบที่ประกอบด้วย k ปัจจัย และจะกำหนดระดับปัจจัยออกเป็น 3 ระดับ คือระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูงตามลำดับ โดยนำระดับของปัจจัยที่เคยทำการทดลองเบื้องต้นมากำหนดค่าระดับกลางเพื่อเพิ่มให้กับปัจจัยต่างๆ ซึ่งจะต้องทำการทดลองทั้งหมด $3x3x3….x3 = 3^k$ การทดลองแบบสามระดับนี้จะทำให้ผลที่ได้สามารถตรวจสอบอิทธิพลของกิริยาร่วมระหว่างปัจจัยนั้นๆได้ จึงช่วยในการสรุปผลได้ดี เมื่อได้ทำการออกแบบการทดลองเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือ การดำเนินการทดลองตามรูปแบบการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง

3.6 ผลการทดลองและหาสภาวะที่เหมาะสม (Respond optimizer)

หลังจากมีการทดลองโดยใช้การทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3 ระดับแล้ว ผลการทดลองทั้งหมดที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเชิงวิศวกรรม เพื่อให้ได้ผลการทดลองและข้อสรุปจากการทดลอง ด้วยวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ (3^k Factorial design) ซึ่งอาศัยโปรแกรม Minitab Version 16 มาทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยอาศัยการวิเคราะห์ด้วย Response Optimizer ในโปรแกรม Minitab Version 16 เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมกับการเกิดของเสีย (การเสียรูป) ในกระบวนการการประกอบกรอบยึด

3.7 สรุปผลจากการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการสรุปผลการดำเนินงานทั้งหมดที่ได้ดำเนินการมา ซึ่งผู้วิจัยจะต้องนำผลการทดลองที่วิเคราะห์ได้ไปใช้กับการทำงานของกระบวนการประกอบกรอบยึดจริง เพื่อตรวจสอบว่า ของเสียจากการที่กรอบยึดเคลื่อนที่ออกจากแท่นรองในกระบวนการกรอบยึดนั้นสามารถลดลงได้ตามเป้าหมายหรือไม่ตามทฤษฎีการทดสอบสมมุติฐาน และนำผลที่ได้มาสรุปพร้อมทั้งเสนอแนะเพิ่มเติมจากการทำวิจัย

3.8 บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆคือ ส่วนแรกจะเกี่ยวข้องกับการค้นหาปัจจัยโดยใช้ผังก้างปลา (Fishbone Diagram) จากนั้นคัดเลือกปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปของกรอบยึดออกไป ในกระบวนการประกอบกรอบยึด ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง Plackett-Burman เพื่อลดปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญออก และนำปัจจัยที่เหลืออยู่ไปศึกษาต่อ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อไป และส่วนที่สองคือการทดลองเพื่อค้นหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม โดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ (3^k Factorial design) โดยใช้โปรแกรม Minitab Version 16 มาทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากขั้นตอนที่กล่าวถึงในบทนี้ เป็นการแสดงให้เห็นถึงลำดับขั้นตอนต่างๆในงานวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้การวิจัยมีระบบและมีความถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย จากนั้นจะมีการแสดงผลการดำเนินงานวิจัยในบทที่ 4 ต่อไป

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

บทที่ 4 จะกล่าวถึงผลการวิจัยในหัวข้อของการเสียรูปในสถานีการประกอบกรอบยึด ซึ่งผลที่ได้จะดำเนินตามขั้นตอนการทดลองในบทที่ 3 โดยรายละเอียดส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา รวมถึงอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลกับการเกิดการเสียรูปของกรอบยึด ซึ่งบทนี้ผู้วิจัยจะแสดงผลลัพธ์ตามขั้นตอนต่างๆที่ได้วางแผนไว้ ผลการทดสอบต่างๆสามารถแสดงรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยได้ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เพื่อกำหนดปัจจัยที่จะนำมาพิจารณา

เมื่อทำการศึกษาในรายละเอียดของกระบวนการประกอบกรอบยึดแล้ว จะทำให้ทราบว่าตัวแปรที่สำคัญของกระบวนการมีอะไรบ้าง จากนั้นจึงระดมความคิด เพื่อทำการค้นหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการเกิดการเสียรูปของกรอบยึด โดยทั่วไปปัจจัยที่ส่งผลต่อความผันแปรของงานวิจัยสามารถพิจารณาโดยหลักการแบบ 4 M คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และ วิธีการ (Method) ซึ่งจากการวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้แผนภูมิก้างปลานั้น ได้นำปัญหาหลักคือ “กรอบยึดเสียรูป” มาวิเคราะห์ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.1

คน (Man) :

- **พนักงานขาดทักษะในการแก้ไขปัญหา** ทำให้ปริมาณของเสียที่เกิดในแต่ละสถานีเกิดขึ้นมากเกินไป เนื่องจากแก้ไขไม่ตรงจุดของปัญหาที่เกิดขึ้น
- **ไม่ทำความสะอาดบริเวณเครื่องจักรทำงาน** ทำให้ชิ้นงานเกิดความสกปรก เกิดเป็นของเสียได้

เครื่องจักร (Machine) :

- **แท่นรองสึก** เนื่องจากเครื่องจักรทำงานตลอด 24 ชั่วโมง แท่นรองจะเกิดการเสียดสีกับหัวจับขณะหัวจับหยิบกรอบยึดและเคลื่อนที่ไปในแนวแกน Y โดยปกติแท่นรองและหัวจับจะต้องขนานกัน แต่ถ้าหากแท่นรองสึกหรอและไม่ขนานกับหัวจับ กรอบยึดที่ได้จะเกิดการเสียรูปหรือหัวจับไม่สามารถจับกรอบยึดในตำแหน่งที่กำหนดได้

วัตถุดิบ (Material) :

- **วัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐาน** หมายถึงขนาดของกรอบ หรืออาจจะเป็นความเหนียวของกาวที่ไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด

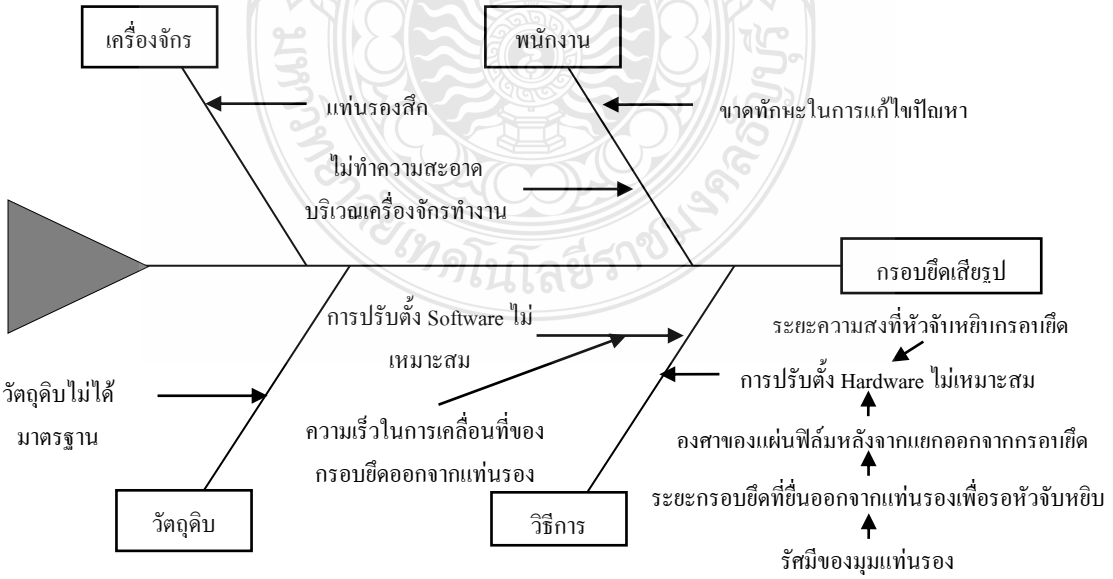
วิธีการ (Method) :

การปรับตั้งซอฟแวร์ (Software) ไม่เหมาะสม

- ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง ความเร็วเป็นอีกปัจจัยที่มีความสำคัญ เนื่องจากความเร็วจะส่งผลต่อแรงในการหยิบจับที่กระทำต่อกรอบยึด

การปรับตั้งฮาร์ดแวร์ (Hardware) ไม่เหมาะสม

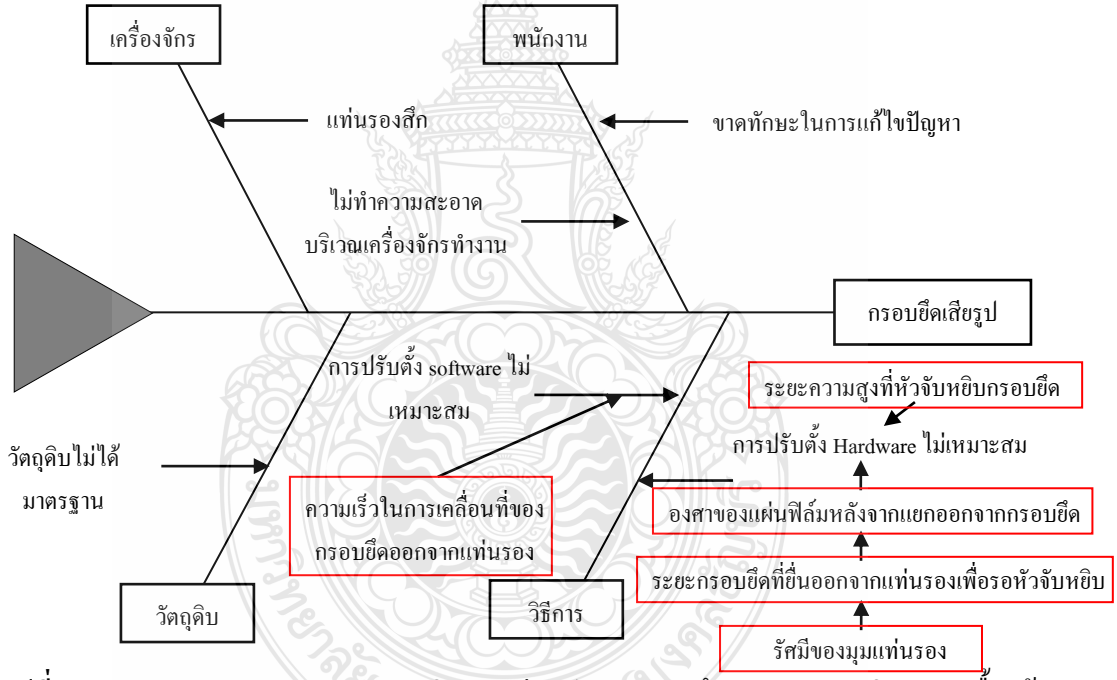
- **ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด** หากสูงเกินไป หัวจับจะหยิบกรอบยึดไม่ได้ หากต่ำเกินไป หัวจับจะทำให้กรอบยึดเสียหายจากจังหวะเคลื่อนที่ไปด้านหน้า
- **องศาของแผ่นฟิล์มหลังจากแยกออกจากกรอบยึด** จะแสดงถึงการความยากง่ายในการที่กรอบยึดแยกออกจากแผ่นฟิล์ม
- **ระยะกรอบยึดที่ยื่นออกจากแท่นรองเพื่อรอหัวจับหยิบ** เป็นระยะที่กรอบยึดยื่นออกมาจากขอบของแท่นรอง ระยะที่ยื่นออกมาต้องเหมาะสมในการที่หัวจับมาหยิบกรอบยึด หากยื่นออกมามากไปอาจทำให้เกิดการสบัดของกรอบยึดและทำให้เกิดความเสียหาย หากยื่นออกมาน้อยไป อาจทำให้หัวจับไม่สามารถหยิบกรอบยึดขึ้นมา
- **รัศมีของมุมแท่นรอง** รัศมีจะหมายถึงขอบของแท่นรองที่ช่วยให้หลีกเลี่ยงการเสียดสีของหัวจับที่หยิบกรอบยึด ในจังหวะสืดท้ายก่อนแยกออกจากแผ่นฟิล์ม



รูปที่ 4.1 แผนภาพเหตุและผลของการเกิดการเสียรูปของกรอบยึด

4.1.1 การเลือกปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

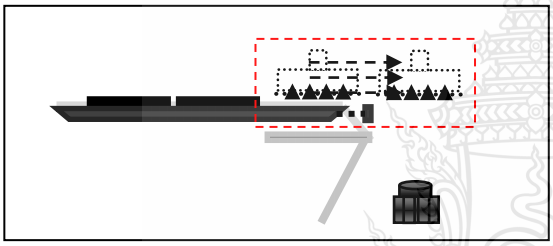
เมื่อนำปัจจัยต่างๆมาพิจารณาโดยการระดมสมองของวิศวกรการผลิตและวิศวกรฝ่ายควบคุมคุณภาพพบว่า ในส่วนของพนักงานที่ขาดทักษะการแก้ปัญหาและไม่ทำความสะอาดเครื่องจักรนั้นสามารถตัดปัจจัยนี้ออกไปได้ เนื่องจากทักษะของช่างส่วนใหญ่ มีความชำนาญที่ใกล้เคียงกันโดยมีการสอบวัดผลเป็นประจำ (รายไตรมาศ และรายปี) และมีใบตรวจสอบ (Check sheet) สำหรับตรวจสอบการทำความสะอาดของเครื่องจักร อีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถตัดทิ้งได้คือ แท่นรองสึกหรอ เพราะหากแท่นรองสึกหรอ หัวจับจะไม่สามารถหยิบจับวัตถุดิบได้เลย เพราะหัวจับจำเป็นต้องขนานกับแท่นรองเสมอ และแรงกดที่กดแท่นรองจากหัวจับก็มีไม่มากนัก อีกปัญหาคือ ถ้าหากว่าวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน วัตถุดิบม้วนนั้นก็จะถูกเคลมไปที่Supplier ก่อนเบื้องต้น มีโอกาสน้อยมากที่วัตถุดิบเหล่านั้นจะถูกนำมาผลิต



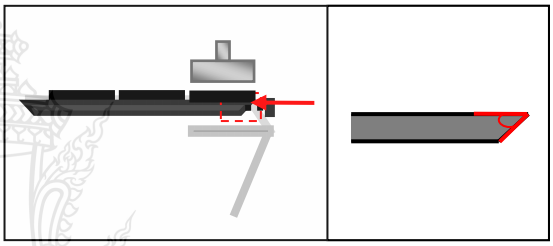
รูปที่ 4.2 แผนภาพเหตุและผลของการเกิดการเสียรูปของกรอบยึดหลังจากการพิจารณาเบื้องต้น

จากการระดมสมองดังรูปที่ 4.2 พบว่ามีเพียง 5 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเสียรูปของกรอบยึด ปัจจัยที่หนึ่งคือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง โดยปกติความเร็วของกรอบยึดและหัวจับจะต้องเท่ากันเสมอ แต่หากความเร็วในการเคลื่อนที่เร็วเกินไป อาจทำให้เกิดการเสียรูปบริเวณขอบของวัตถุดิบได้ ปัจจัยที่สองคือรัศมีของมุมแท่นรอง สามารถส่งผลในจังหวะที่หัวจับหยิบจับกรอบยึด ถ้าองศาไม่ดีหรือเอียง จะส่งผลให้หัวจับด้านใดด้านหนึ่งที่จับชิ้นงาน เกิดการ

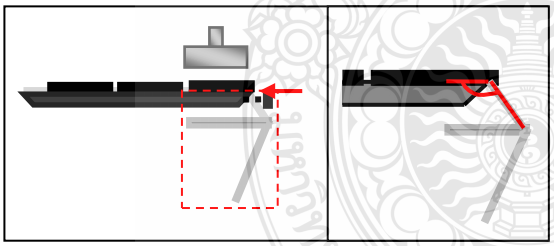
เสียรูปได้ ปัจจัยที่สามคือองศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากแยกกับกรอบยึด ลักษณะองศาที่เหมาะสมคือ แผ่นฟิล์มจะต้องแยกออกจากกรอบยึดและเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่กำหนดได้ เพื่อให้กรอบยึดที่หยิบจับออกมามีลักษณะที่ดีโดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำกับกรอบยึด ปัจจัยที่สี่คือ ระยะกรอบยึดที่ยื่นออกจากแท่นรอง เพื่อรอหัวจับหยิบ หากระยะของกรอบยึดยื่นออกมามากเกินไป อาจทำให้หัวจับไม่สามารถหยิบจับกรอบยึดได้ หากหัวจับหยิบจับกรอบยึดได้ หัวจับอาจจะไถลทำให้วัตถุดิบเสียหายได้ และปัจจัยที่ห้าคือ ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด ซึ่งโดยปกติ ระดับความสูงของหัวจับขณะเคลื่อนที่จับกรอบยึด ระดับความสูงควรห่างจากตัวชิ้นงานประมาณ 0.035 mm หากระดับความสูงของหัวจับต่ำเกินไป เมื่อหัวจับเคลื่อนที่ออกไปพร้อมกับกรอบยึด อาจทำให้กรอบยึดเกิดความเสียหายได้ เนื่องจากหัวจับมีแรงกดทับกรอบยึดมากเกินไป แต่หากหัวจับอยู่สูงเกินไป อาจทำให้หัวจับไม่สามารถจับกรอบยึดได้ โดยรูปที่ 4.3 จะแสดงถึงรูปแบบลักษณะของปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัย



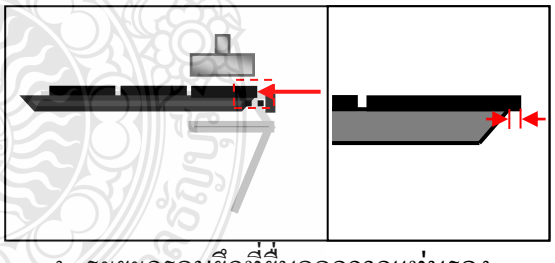
ก. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง



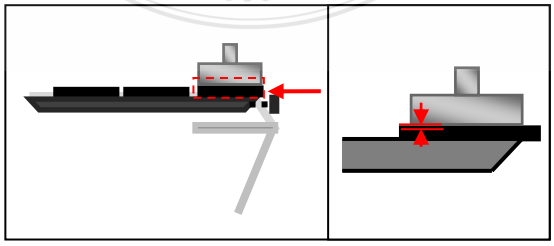
ข. รัศมีของมุมแท่นรอง



ค. องศาทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากแยกออกจากกรอบยึด



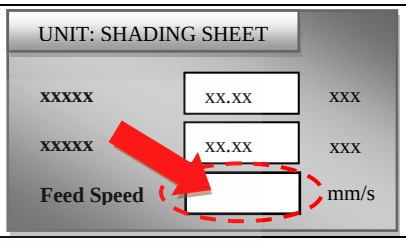
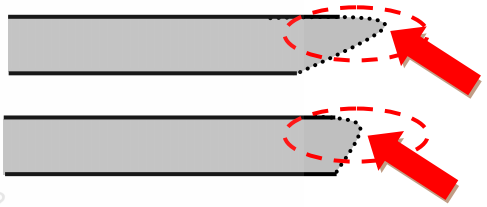
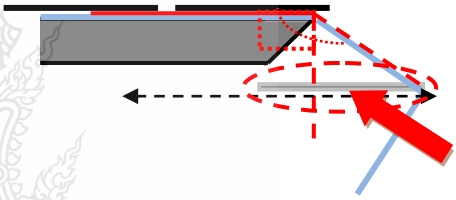
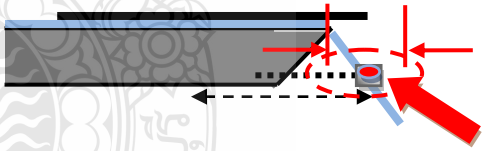
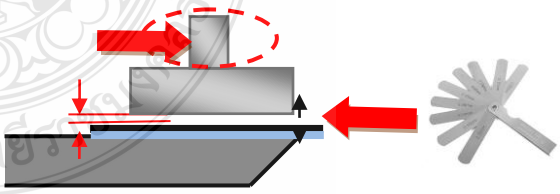
ง. ระยะกรอบยึดที่ยื่นออกจากแท่นรองเพื่อรอหัวจับหยิบ



จ. ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด

รูปที่ 4.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปของกรอบยึด

ตารางที่ 4.1 การปรับค่าพารามิเตอร์หรือระดับต่างๆของทั้ง 5 ปัจจัย

ปัจจัย	ลักษณะการปรับ
A. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง <u>การปรับ:</u> ปรับจากค่าพารามิเตอร์บนหน้าจอของเครื่องจักร	
B. รัศมีของมุมแท่นรอง <u>การปรับ:</u> เปลี่ยนแท่นรอง	
C. องศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากแยกจากกรอบยึด <u>การปรับ:</u> ปรับระยะของแผ่นปรับองศาใต้แท่นรอง	
D. ระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรองเพื่อรอหัวจับหยิบ <u>การปรับ:</u> ปรับระยะของเลเซอร์เซ็นเซอร์ด้านหน้าแท่นรอง	
E. ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด <u>การปรับ:</u> ปรับระยะของไซลินเดอร์(Cylinder) โดยใช้ Feeler gauge	 Feeler Gauge

ลักษณะหรือวิธีการปรับระดับของแต่ละปัจจัยจะแสดงดังตารางที่ 4.1 โดยความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองจะปรับซอฟแวร์ของเครื่องจักร แต่ในส่วนของรัศมีของมุมแท่นรอง, องศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากแยกจากกรอบยึด, ระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรอง

เพื่อรอหัวจับหยิบ และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด จะเป็นการปรับแต่งชิ้นส่วนของเครื่องจักร หรือที่เรียกว่าฮาร์ดแวร์

4.1.2 การกำหนดระดับของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง

จากการศึกษาเกี่ยวกับสถานีการประกอบกรอบยึด (Shading sheet) นั้น เป็นที่ทราบกันดีว่าวัตถุดิบมีราคาค่อนข้างสูง ถ้าหากมีการทดสอบหลายๆรอบ (Replicate) อาจจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงและเกิดความยุ่งยากจากการทดสอบ เพราะในการเปลี่ยนระดับปัจจัยแต่ละครั้ง นั่นหมายถึงความเสี่ยงที่จะสูญเสียเวลา วัตถุดิบ รวมทั้งผลกระทบอื่นๆตามมาอีกด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการลดเวลาและค่าใช้จ่าย การทดลองนี้จึงกำหนดทุกๆปัจจัย ให้มีปัจจัยละ 2 ระดับ โดยจะอ้างอิงจากสภาวะการดำเนินการผลิต ณ ปัจจุบัน

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยและคุณลักษณะปัจจัยป้อนเข้า

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย		
		ระดับต่ำ (Low)	ระดับสูง (High)	หน่วย (Unit)
A. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง	A	100.0	140.0	มิลลิเมตร/วินาที
B. รัศมีของมุมแท่นรอง	B	3.0	5.0	มิลลิเมตร
C. องศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากแยกจากกรอบยึด	C	90.0	135.0	องศา
D. ระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรอง เพื่อรอหัวจับหยิบ	D	0.0	5.0	มิลลิเมตร
E. ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด	E	0.025	0.045	มิลลิเมตร

จากตารางที่ 4.2 แสดงระดับของปัจจัยต่างๆ โดยสามารถกำหนดปัจจัยไว้ที่ 2 ระดับจากทั้งหมด 5 ปัจจัย (ค่าของตัวแปรทั้ง 5 ปัจจัยนี้ เป็นข้อมูลจากสถานะการทำงานของเครื่องจักรที่ช่วงสภาวะปกติ) หลักการกำหนดระดับของปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัยนี้ ผู้วิจัยได้รับข้อมูลจากการตรวจสอบทั้งคุณลักษณะ ข้อกำหนดการใช้เครื่องจักร และข้อตกลงกับทางลูกค้า โดยได้รับความร่วมมือจากฝ่าย

วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของโรงงานรวมทั้งฝ่ายควบคุมคุณภาพในการสนับสนุนและประสานงาน ซึ่งแต่ละระดับของทั้ง 5 ปัจจัยจะประกอบด้วย

A. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง
   - ระดับต่ำ (Low) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองเท่ากับ 100.0 มิลลิเมตร/วินาที
   - ระดับสูง (High) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองเท่ากับ 140.0 มิลลิเมตร/วินาที
B. รัศมีของมุมแท่นรอง
   - ระดับต่ำ (Low) รัศมีของมุมแท่นรองเท่ากับ 3.0 มิลลิเมตร
   - ระดับสูง (High) รัศมีของมุมแท่นรองเท่ากับ 5.0 มิลลิเมตร
C. องศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากแยกจากกรอบยึด
   - ระดับต่ำ (Low) องศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากแยกจากกรอบยึดเท่ากับ 90 องศา
   - ระดับสูง (High) องศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากแยกจากกรอบยึดเท่ากับ 135 องศา
D. ระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรอง เพื่อรอหัวจับหยิบ
   - ระดับต่ำ (Low) ระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรองเพื่อรอหัวจับหยิบเท่ากับ 0.0 มิลลิเมตร
   - ระดับสูง (High) ระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรองเพื่อรอหัวจับหยิบเท่ากับ 5.0 มิลลิเมตร
E. ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด
   - ระดับต่ำ (Low) ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึดเท่ากับ 0.025 มิลลิเมตร
   - ระดับสูง (High) ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึดเท่ากับ 0.045 มิลลิเมตร

เมื่อสามารถกำหนดระดับปัจจัยได้ครบถ้วนแล้ว จากนั้นจะนำปัจจัยมาทำการทดลองตามข้อมูลที่กำหนด ซึ่งในแต่ละการทดลองจะใช้กรอบยึดจำนวน 100 ชิ้นเพื่อทดสอบ โดยมีการทดสอบรวมทั้งหมด 24 ครั้ง ปริมาณของกรอบยึดรวมทั้งหมดเท่ากับ 2,400 ชิ้นแสดงดังตารางที่ 4.3 และเก็บข้อมูลผลลัพธ์ (Response) จำนวนที่กรอบยึดเสียรูป จากเงื่อนไขต่างๆในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 จำนวนกรอบยึดที่ใช้ในการทดลองแบบ Plackett-Burman

จำนวนกรอบยึด (ชิ้น)	จำนวนครั้งที่ทดสอบ (ครั้ง)	จำนวนกรอบยึดทั้งหมด (ชิ้น)
100	24	2,400

4.2 การออกแบบการทดลองเบื้องต้นและการดำเนินการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลอง Plackett-Burman

หลังจากกระบวนการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเสียรูปของกรอบยึดแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือจะดำเนินการทดลองเบื้องต้นโดยใช้การทดลองแบบ Plackett – Burman มาทดสอบโดยจะแสดงในรูปที่ 4.4 ซึ่งขั้นตอนการทดสอบจะประกอบด้วย 5 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ และทดลองซ้ำที่ระดับปัจจัยต่างๆเป็นจำนวน 2 Replicate จำนวนที่ใช้ทดสอบทั้งหมดรวม 24 ครั้ง ผลที่ได้จะแสดงดังตารางที่ 4.4

Plackett-Burman Design

Factors:	5	Replicates:	2
Base runs:	12	Total runs:	24
Base blocks:	1	Total blocks:	2

รูปที่ 4.4 การออกแบบการทดลดลองแบบ Plackett – Burman

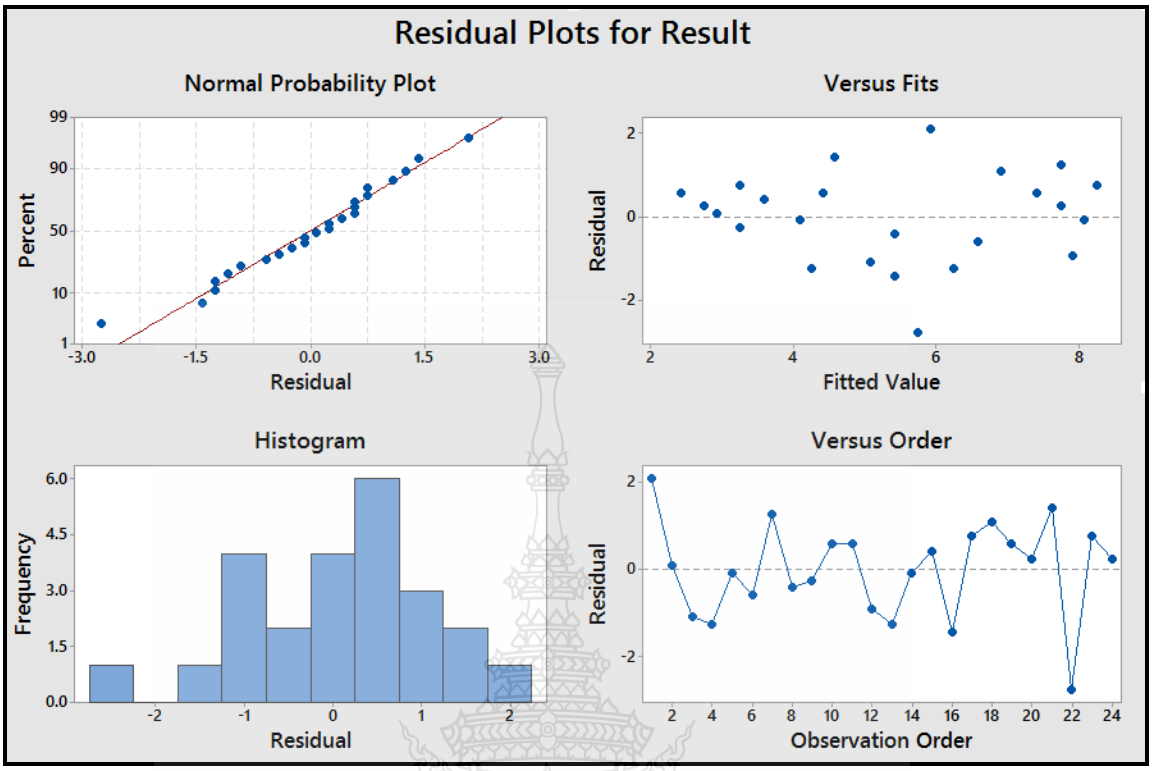
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองแบบ Plackett-Burman

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	C	D	E	
1	1	6	1	1	140	3	135	0	0.025	4
2	2	1	1	1	140	5	90	5	0.025	3
3	3	11	1	1	100	5	135	0	0.045	8
4	4	10	1	1	140	3	135	5	0.025	4
5	5	3	1	1	140	5	90	5	0.045	5
6	6	12	1	1	140	5	135	0	0.045	6
7	7	5	1	1	100	5	135	5	0.025	3
8	8	4	1	1	100	3	135	5	0.045	8
9	9	7	1	1	100	3	90	5	0.045	9
10	10	2	1	1	140	3	90	0	0.045	4
11	11	9	1	1	100	5	90	0	0.025	5
12	12	8	1	1	100	3	90	0	0.025	8
13	13	22	1	2	140	3	135	0	0.025	3
14	14	17	1	2	140	5	90	5	0.025	3
15	15	15	1	2	100	5	135	0	0.045	8
16	16	16	1	2	140	3	135	5	0.025	3
17	17	23	1	2	140	5	90	5	0.045	4
18	18	20	1	2	140	5	135	0	0.045	3
19	19	21	1	2	100	5	135	5	0.025	5
20	20	14	1	2	100	3	135	5	0.045	9
21	21	18	1	2	100	3	90	5	0.045	7
22	22	24	1	2	140	3	90	0	0.045	4
23	23	13	1	2	100	5	90	0	0.025	8
24	24	19	1	2	100	3	90	0	0.025	6

4.3 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเบื้องต้นจากการทดลอง Plackett-Burman

จากการทดลองแบบ Plackett-Burman โดยนำผลค่าผลตอบสนอง (ค่าจำนวนจุดบกพร่องของกรอบยึด) ที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางหลักสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปของกรอบยึดที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha = 0.05$) จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งผลการตรวจสอบจะแสดงได้ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งมี 4 ขั้นตอน คือ

1. การตรวจสอบแบบ Normal Distribution ของ Residuals
2. การตรวจสอบความเป็นอิสระของ Residual
3. การตรวจสอบแบบ Histogram
4. การตรวจสอบความเสถียร



รูปที่ 4.5 Residual Plots ของผลลัพธ์

จากรูปที่ 4.5 เป็นการแสดงผลลัพธ์ต่างๆ ซึ่งสามารถวิเคราะห์รูปแบบของข้อมูลได้ว่า

1. ข้อมูลจากกราฟ Normal Probability Plot เป็นการตรวจสอบส่วนตกค้าง (Residual) ของข้อมูลว่ามีการกระจายตัวแบบปกติหรือไม่ ซึ่งจากรูป สามารถอธิบายได้ว่า ข้อมูลอยู่ใกล้เคียงกับเส้นปกติ จุดตัดจะเรียงตัวกันเป็นแนวเส้นตรง และลักษณะการเกิดจุดจะต้องไม่กระจุกเป็นกลุ่มๆ สามารถอนุมานได้ว่า ข้อมูลนี้มีความเหมาะสม
2. ข้อมูลจากกราฟ Versus Fitted Value เป็นการการตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยดูจากการกระจายของจุดที่แทนข้อมูล ซึ่งจากลักษณะของกราฟสามารถอธิบายได้ว่า มีการกระจายอย่างเป็นอิสระต่อกัน
3. ข้อมูลจากกราฟ Histogram จะแสดงในลักษณะของระฆังคว่ำ ซึ่งสามาถประมาณได้ว่า มีการกระจายข้อมูลแบบปกติ
4. ข้อมูลจากกราฟ Versus Order เป็นการตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance stability) โดยใช้แผนภูมิการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ในแต่ละระดับของ

ปัจจัย ซึ่งพบว่า ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวสม่ำเสมอทั้งทางบวกและทางลบ แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

Factorial Regression: Result versus Blocks, A, B, C, D, E

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	81.000	13.5000	8.55	0.000
Blocks	1	0.667	0.6667	0.42	0.524
Linear	5	80.333	16.0667	10.18	0.000
A	1	60.167	60.1667	38.12	0.000
B	1	2.667	2.6667	1.69	0.211
C	1	0.167	0.1667	0.11	0.749
D	1	0.667	0.6667	0.42	0.524
E	1	16.667	16.6667	10.56	0.005
Error	17	26.833	1.5784		
Total	23	107.833			

รูปที่ 4.6 ผลการออกแบบการทดลอง Plackett-Burman

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังรูปที่ 4.6 พบว่า มีเพียงสองปัจจัยที่มีผลในระดับมีนัยสำคัญต่อจำนวนของเสียในกระบวนการผลิตกรอบยึด คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง (A) P-value เท่ากับ 0.000 และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด (E) P-value เท่ากับ 0.005 ซึ่งทั้งสองปัจจัยมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 นั่นหมายความว่าปัจจัยกรอบยึดออกจากแท่นรอง (A) และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด (E) มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กัน กับจำนวนของเสียในกระบวนการผลิตกรอบยึด

4.4 การออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ 3^k Factorial Design

หลังจากที่มีการกรองปัจจัยเบื้องต้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเสียรูปของกรอบยึดจากการออกแบบการทดลอง Plackett-Burman ด้วยมีนัยสำคัญที่ได้ผ่านการกรองปัจจัยเบื้องต้นมาแล้ว นำมาหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด โดยจะต้องทำการทดลองให้ครบทุกเงื่อนไขและจะต้องวิเคราะห์ผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองทุกกรณี ด้วยวิธีการทดลองแบบ 3^k factorial design

4.4.1 ระดับปัจจัยสำหรับการทดลองแบบ 3^k Factorial Design

เพื่อขจัดปัจจัยที่มีผลต่อของเสียในกระบวนการ ซึ่งได้นำปัจจัยที่มีการกรองปัจจัยเบื้องต้นมาทำการทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสม เพื่อให้จำนวนของเสียจากกรอบยึดเกิดในกระบวนการน้อยที่สุด ปัจจัยที่นำมาใช้ในการพิจารณานั้นประกอบด้วย;

4.4.1.1 ความเร็วในการเคลื่อนที่องกรอบยึดออกจากแท่นรอง

4.4.1.2 ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด

การกำหนดระดับปัจจัย จะทำการกำหนดระดับปัจจัยออกเป็น 3 ระดับคือ ระดับต่ำ (1) ระดับกลาง (2) และระดับสูง (3) โดยนำระดับปัจจัยที่เคยทดลองเบื้องต้นมาทดลองซ้ำอีกครั้ง ดังตารางที่ 4.5

1. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง ได้กำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ไว้ 3 ระดับคือ
   - ระดับต่ำ Low (1) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง เท่ากับ 100.0 มิลลิเมตร/วินาที
   - ระดับกลาง Medium (2) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง เท่ากับ 120.0 มิลลิเมตร/วินาที
   - ระดับสูง High (3) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง เท่ากับ 140.0 มิลลิเมตร/วินาที

2. ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด ได้กำหนดความสูงไว้ 3 ระดับ
   - ระดับต่ำ Low (1) ระยะความสูงของหัวจับเท่ากับ 0.025 มิลลิเมตร
   - ระดับกลาง Medium (2) ระยะความสูงของหัวจับเท่ากับ 0.035 มิลลิเมตร
   - ระดับสูง High (3) ระยะความสูงของหัวจับเท่ากับ 0.045 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.5 ปัจจัยและคุณลักษณะปัจจัยป้อนเข้า

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย			หน่วย (Unit)
		ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง	
ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง	A	100.0	120.0	140.0	มิลลิเมตร/วินาที
ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด	E	0.025	0.035	0.045	มิลลิเมตร

จากนั้นได้ทำการทดลองเพื่อวัดผล ซึ่งในแต่ละการทดลองจะใช้กรอบยึดจำนวน 100 ชิ้น เพื่อทดสอบในแต่ละระดับ โดยมีการทดสอบรวมทั้งหมด 27 ครั้ง ปริมาณของกรอบยึดรวมทั้งหมดเท่ากับ 2,700 ชิ้น แสดงดังตารางที่ 4.6 และเก็บข้อมูลผลลัพธ์ (Response) จำนวนที่กรอบยึดเสียรูป แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 จำนวนกรอบยึดที่ใช้ในการทดลองแบบ 3^k Factorial Design

จำนวนกรอบยึด (ชิ้น)	จำนวนครั้งที่ทดสอบ (ครั้ง)	จำนวนกรอบยึดทั้งหมด (ชิ้น)
100	27	2700

Multilevel Factorial Design

Factors:	2	Replicates:	3
Base runs:	9	Total runs:	27
Base blocks:	1	Total blocks:	1

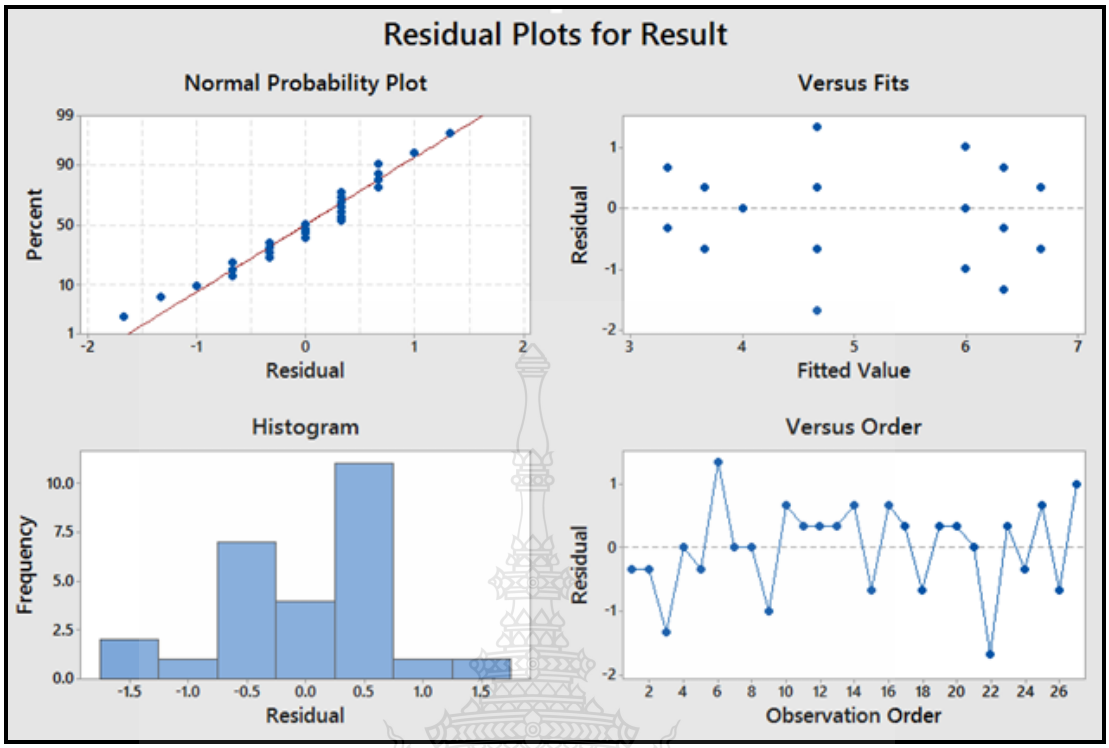
Number of levels: 3, 3

รูปที่ 4.7 3^k Factorial design

หลังจากนั้นจะดำเนินการทดลองโดยใช้การทดลองแบบ 3^k Factorial Design มาทดสอบ โดยจะแสดงในรูปที่ 4.7 ซึ่งขั้นตอนการทดสอบ จะประกอบด้วย 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ และทดลองซ้ำที่ระดับปัจจัยต่างๆเป็นจำนวน 3 Replicate จำนวนที่ใช้ทดสอบทั้งหมดรวม 27 ครั้ง

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองแบบ 3^k Factorial design

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	Result
1	1	6	1	1	100	0.025	6
2	2	12	1	1	100	0.035	5
3	3	11	1	1	100	0.045	4
4	4	24	1	1	120	0.025	6
5	5	16	1	1	120	0.035	7
6	6	7	1	1	120	0.045	4
7	7	9	1	1	140	0.025	5
8	8	26	1	1	140	0.035	6
9	9	25	1	1	140	0.045	4
10	10	22	1	1	100	0.025	3
11	11	13	1	1	100	0.035	5
12	12	19	1	1	100	0.045	4
13	13	10	1	1	120	0.025	7
14	14	3	1	1	120	0.035	5
15	15	8	1	1	120	0.045	4
16	16	4	1	1	140	0.025	6
17	17	17	1	1	140	0.035	7
18	18	2	1	1	140	0.045	3
19	19	20	1	1	100	0.025	5
20	20	15	1	1	100	0.035	4
21	21	18	1	1	100	0.045	3
22	22	1	1	1	120	0.025	6
23	23	14	1	1	120	0.035	7
24	24	21	1	1	120	0.045	4
25	25	27	1	1	140	0.025	7
26	26	23	1	1	140	0.035	7
27	27	5	1	1	140	0.045	3



รูปที่ 4.8 Residual Plots ของผลลัพธ์

4.4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ Full Factorial Design

จากผลการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ Plackett-burman ซึ่งนำค่าผลตอบสนอง (จำนวนการเสียรูปของกรอบยึด)ที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งได้ทำการทดลองต่อเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมด้วยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ โดยอาศัยโปรแกรมทางสถิติ Minitab Version 17 มาทำการทดลอง จากผลการทดลองในตารางที่ 4.6 นำมาวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองจะประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

1. การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ของส่วนตกค้าง (Residual)
2. การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals)
3. การตรวจสอบความเสถียร (Variance Stability)

การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งผลจะแสดงดังรูปที่ 4.8 ผลการตรวจสอบความเป็นไปได้ตามข้อสมมติฐานสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

4.4.2.1 การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) จากการพิจารณาการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) ซึ่งใช้การทดสอบการแจก

แจงแบบปกติ (Normal Probability Plot) โดยนำข้อมูลในตารางที่ มาสร้างเป็นแผนภูมิดังรูปที่4.8 พบว่า ค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง ทำให้ประมาณได้ว่า ค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีการแจกแจงแบบปกติ

4.4.2.2 การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) สามารถพิจารณาจากการนำข้อมูลจากในตารางที่ มาสร้างเป็นแผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) ดังรูปที่4.8 เมื่อพิจารณาจากการกระจายของข้อมูลบนแผนภูมิพบว่า การกระจายตัวของค่า ส่วนตกค้าง (Residuals) มีรูปแบบที่เป็นอิสระ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน หรือไม่สามารถประมาณ รูปแบบที่แน่นอนได้ แสดงให้เห็นว่าค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent)

4.4.2.3 การตรวจสอบความเสถียรของ σ 2 (Variance Stability)

สามารถพิจารณาจากแผนภูมิการกระจายดังรูปที่4.8 ซึ่งเป็นแผนภูมิการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted Value พบว่า ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละตำแหน่ง และไม่พบว่ารูปแบบการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีลักษณะเป็นแนวโน้มแต่อย่างใด จึงสรุปว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

General Factorial Regression: Result versus A, B

Factor Information

Factor	Levels	Values
A	3	100, 120, 140
B	3	0.025, 0.035, 0.045

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	8	39.185	4.8981	6.96	0.000
Linear	4	34.593	8.6481	12.29	0.000
A	2	7.630	3.8148	5.42	0.014
B	2	26.963	13.4815	19.16	0.000
2-Way Interactions	4	4.593	1.1481	1.63	0.210
A*B	4	4.593	1.1481	1.63	0.210
Error	18	12.667	0.7037		
Total	26	51.852			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.838870	75.57%	64.71%	45.04%

รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์การทดสอบแบบ Full factorial Design

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังรูปที่ 4.9 พบว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง (A) และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด (E) แต่ละปัจจัยมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยทั้งสองมีผลในระดับมีนัยสำคัญต่อจำนวนของเสียในกระบวนการผลิตกรอบยึด พบว่าปัจจัยกรอบยึดออกจากแท่นรอง (A) และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด (E) มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กัน

4.5 การกำหนดค่าปัจจัยที่เหมาะสมในการทดลอง (Response Optimizer)

การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้การเสียรูปของกรอบยึดอยู่ในช่วงที่กำหนด คือ % การเสียรูปของกรอบยึดจะต้องมีค่าน้อยกว่า 4.0% สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11

Response Optimization: Result

Parameters

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Result	Minimum		3	7	1	1

Solution

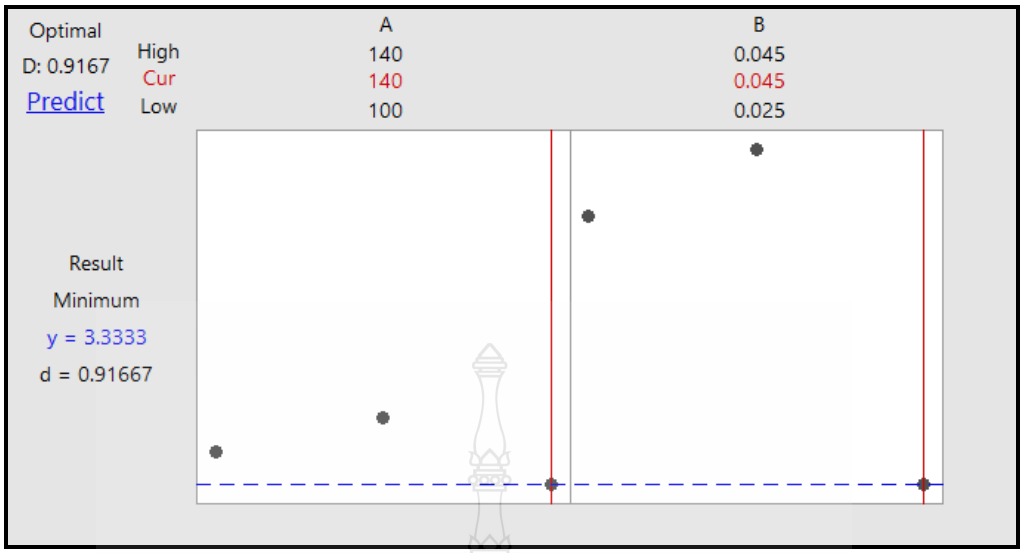
Solution	A	B	Result Fit	Composite Desirability
1	140	0.045	3.33333	0.916667

Multiple Response Prediction

Variable	Setting
A	140
B	0.045

Response	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
Result	3.333	0.484	(2.316, 4.351)	(1.298, 5.368)

รูปที่ 4.10 ข้อมูลการวิเคราะห์ผลที่เหมาะสม (Response Optimizer)



รูปที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสม ที่ทำให้ค่า Y (ค่าการเสียรูปของกรอบยึด) ต่ำที่สุด ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$)

จากการทดลองใช้ Response Optimizer ในการทดลองข้อมูล ผลที่ได้พบว่า ถ้าต้องการให้ได้ค่าจำนวนการเสียรูปของกรอบยึดต่ำที่สุดจะต้องใช้ค่าของความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองเท่ากับ 140.0 มิลลิเมตร/วินาที และระยะความสูงของหัวจับเท่ากับ 0.045 มิลลิเมตร ซึ่งจะแสดงตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปัจจัยและคุณลักษณะปัจจัยป้อนเข้า

ปัจจัยควบคุม	ระดับปัจจัยที่เหมาะสม	หน่วย
ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง	140.0	มิลลิเมตร/วินาที
ระยะความสูงของหัวจับ	0.045	มิลลิเมตร

4.6 การเปรียบเทียบผลวิจัย

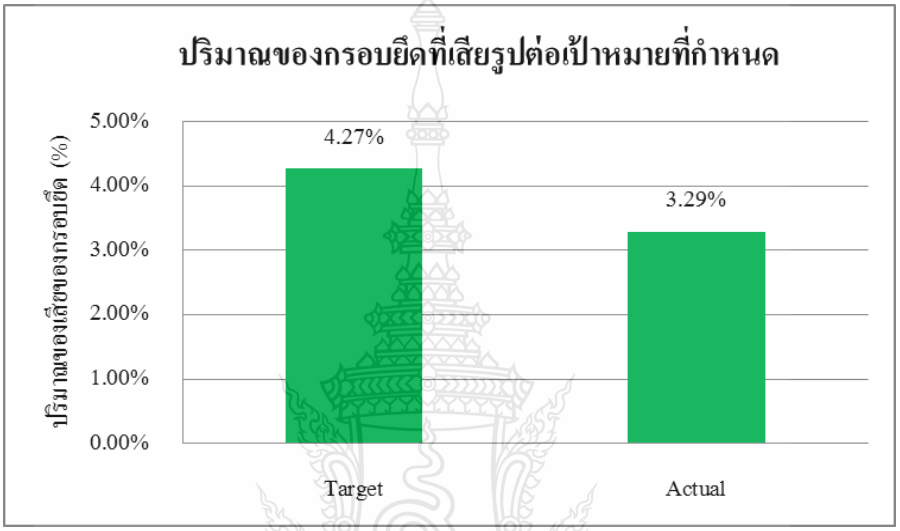
เพื่อยืนยันผลการวิจัยว่า ทั้ง 2 ระดับปัจจัยที่เหมาะสมของความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองและระยะความสูงของหัวจับนั้น จะเป็นสภาวะการทำงานที่เหมาะสม และสามารถลดของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องทดสอบข้อมูลทางสถิติ โดยการนำข้อมูลจำนวนของเสียก่อนการทำวิจัยมาเปรียบเทียบกับข้อมูลของเสียหลังการทำวิจัย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบจำนวนของเสียของการทำงานในสภาวะเดิม กับจำนวนของเสียของการทำงานในสภาวะใหม่ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.8 ในส่วนของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยข้างต้น ได้แก่ รัศมีของมุมแท่นรององศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากแยกจากกรอบยึด และระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรองเพื่อรอหัวจับหยิบ ยังคงใช้ระดับปัจจัยในช่วงที่ได้กำหนดมาเช่นเดิมดังตารางที่ 4.1 ซึ่งขั้นตอนการตรวจสอบลักษณะของกรอบยึด (Inspection) ว่าดีหรือไม่ดีนั้น จะตรวจสอบกรอบยึดที่ 100.0% คือมีการตรวจสอบกรอบยึดทุกๆชิ้น โดยใช้กล้องตรวจสอบ(Inspection Camera)ในการตัดสินว่าเป็นไปตามภาพมาตรฐานหรือไม่ เกณฑ์การตัดสินว่าชิ้นงานเป็นชิ้นงานดี(G) หรือไม่ดี(NG)นั้น มีหลักเกณฑ์ดังนี้ หากกรอบยึดมีความสอดคล้องหรือเหมือนกับภาพมาตรฐาน(Matching) มากกว่าหรือเท่ากับ 90% ถือเป็นชิ้นงานคุณภาพดี แต่หากว่ากรอบยึดมีความสอดคล้องให้ถือว่ากรอบยึดชิ้นนั้นเกิดการเสียรูป

ตารางที่ 4.9 ตารางเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนปัจจัยที่เกี่ยวข้องและระดับของปัจจัย

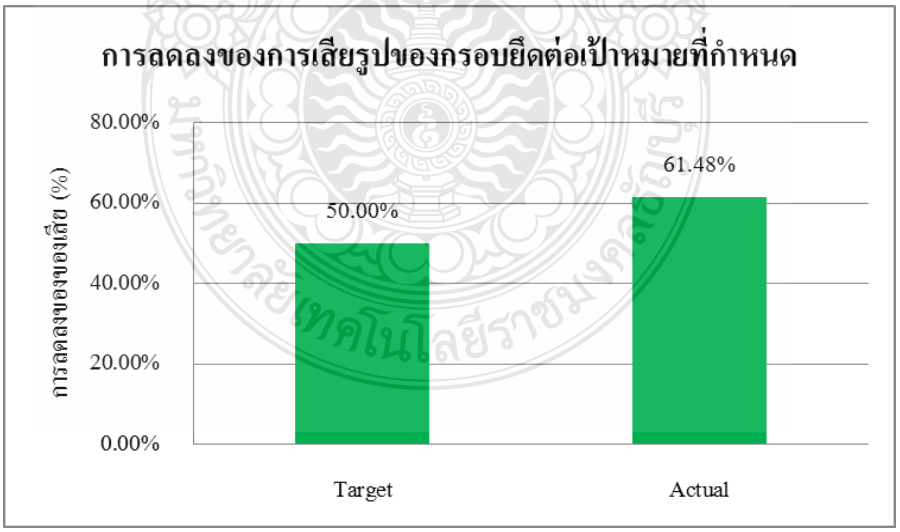
ระยะเวลา	ยอดการผลิตเฉลี่ย (ชิ้น)	ของเสียเฉลี่ย (ชิ้น)	มูลค่าของเสียเฉลี่ย (บาท)	% ของเสียเฉลี่ย
เมษายน 58 – มีนาคม 2559	426,267	36,404	125,596	8.54%
เมษายน 59	410,835	13,520	46,644	3.29%

จากข้อมูลในตารางที่ 4.9 ในสภาวะการทำงานเดิม ยอดการผลิต ปริมาณของเสีย มูลค่าของเสีย และ เปอร์เซ็นต์ของเสียจะแสดงผลออกมาในรูปแบบเฉลี่ยในช่วงเดือนเมษายน 2558 ถึง มีนาคม 2559 ซึ่งยอดการผลิตเฉลี่ยต่อเดือนจะเท่ากับ 426,267 ชิ้น โดยคิดเป็นของเสีย 8.54% และในแต่ละเดือนจะมีของเสียเฉลี่ย 36,404 ชิ้น รวมมูลค่าเสียหายเฉลี่ยเท่ากับ 125,596 บาทต่อเดือน นำข้อมูลข้างต้นมาเปรียบเทียบกับสภาวะการทำงานใหม่ (หลังการทดลอง) ผลที่ได้พบว่า ของเสียจากกรอบยึด

ลดลงจาก 8.54% เท่ากับ 3.29% ซึ่งสามารถลดของเสียได้เท่ากับ 61.48% สูงกว่าเป้าหมายที่วางไว้ที่ 50.0% (4.27%) ดังรูปที่ 4.12 และ 4.13 ตามลำดับ หลังการปรับปรุงจำนวนของเสียลดลงจาก 36,404 ชิ้น เหลือเพียง 13,520 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นมูลค่าการสูญเสียจากเดิม 125,596 บาท ลดลงเท่ากับ 46,644 บาทต่อเดือน ซึ่งผลที่ได้ทำให้องค์กรสามารถประหยัดต้นทุนการผลิตและได้กำไรกว่ากระบวนการทำงานสภาวะเดิมในปีที่ผ่านมา



รูปที่ 4.12 ปริมาณของกรอบยึดที่เสียรูปต่อเป้าหมายที่กำหนด



รูปที่ 4.13 การลดลงของการเสียรูปของกรอบยึดต่อเป้าหมายที่กำหนด

4.7 บทสรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการทดลองในบทที่ 4 เป็นการแสดงถึงผลการวิจัยทั้งหมด เพื่อแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการเสียรูปของกรอบยึดในกระบวนการผลิต ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ การค้นหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในสถานีการประกอบกรอบยึด โดยการกรองปัจจัยเบื้องต้นด้วยการทดลองแบบการทดลอง Plackett-Burman และการทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม จากการออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial Design และ Response Optimizer

จากการทดลองเพื่อกรองปัจจัยเบื้องต้น พบว่า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึดเป็น 2 ปัจจัยที่มีระดับนัยสำคัญ การหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมจากการนำปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญมาทำการออกแบบการทดลอง Full Factorial Design โดยกำหนดระดับปัจจัยเป็น 3 ระดับ พร้อมทั้งหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมด้วยเทคนิค Response Optimizer พบว่า หากต้องการให้ค่าจำนวนของเสียเกิดน้อยที่สุดจะต้องควบคุมปัจจัยดังต่อไปนี้

- ค่าของความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง เท่ากับ 140.0 มิลลิเมตร/วินาที
- ระยะความสูงของหัวจับ เท่ากับ 0.045 มิลลิเมตร

เมื่อพิจารณาทั้ง 2 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญพร้อมกับดำเนินงานปรับปรุง พบว่าจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในสถานีการประกอบกรอบยึด มีค่าเท่ากับ 3.29% ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ที่ 4.27 % สำหรับรายละเอียดของผลการวิจัยที่กล่าวมานี้ จะทำการสรุปถึงรายละเอียดอีกครั้งในบทที่ 5 รวมทั้งข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งนี้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปของกรอบยึด (Shading sheet)ในสถานีการประกอบกรอบยึดของกระบวนการการประกอบหลัก (Main assembly) พร้อมทั้งหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม เพื่อลดจำนวนกรอบยึดที่เสียรูปในขณะที่มีการประกอบชิ้นงาน ผู้วิจัยตั้งเป้าให้การเสียรูปของกรอบยึดลดลง จากเดิม 8.54 % ให้ลดลงเหลือ 4.2% หรือคิดเป็น 50% ของของเสียของกรอบยึด โดยการประยุกต์ใช้หลักการการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง (Design and Analysis of Experiment) เพื่อให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้ ในการศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเสียรูปของกรอบยึด ซึ่งหากมีการศึกษาและควบคุมระดับปัจจัยที่เหมาะสมแล้ว สิ่งที่ตามมาจะมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นนั่นหมายความว่า ของเสียที่เกิดจากการผลิตจะมีปริมาณลดลง เมื่อการออกแบบการทดลอง และการดำเนินการทดลองตามที่ออกแบบไว้ ผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์นำมาประยุกต์ใช้และสรุปผลการทดลองเชิงสถิติ ซึ่งการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเชิงสถิติ สามารถแสดงถึงค่าระดับความสำคัญของตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตได้อย่างแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือ

5.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเสียรูปของกรอบยึด

ปัจจัยที่อาจมีผลต่อการเสียรูปของกรอบยึด เกิดจากการระดมสมองจากทีมวิศวกรที่มีความเชี่ยวชาญด้านการผลิต พร้อมนำเสนอในรูปแบบของแผนภูมิก้างปลา พบว่ามีปัจจัย 5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปของกรอบยึดในกระบวนการผลิต ประกอบด้วยความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง, รัศมีมุมแท่นรอง, องศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากแยกจากกรอบยึด, ระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรองเพื่อรอหัวจับหยิบ และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด จากนั้นมีการคัดกรองปัจจัยเบื้องต้นโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบ Plackett-Burman ผลลัพทธ์ที่ได้มี 2 ปัจจัยที่มีผลในระดับนัยสำคัญต่อการเสียรูปของกรอบยึด คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด

5.1.2 ระดับปัจจัยที่เหมาะสมต่อการลดลงของการเสียรูปของกรอบยึด

ปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด จะถูกดำเนินการด้วยการออกแบบการทดลองแบบ 3^k Factorial Design โดยกำหนดระดับปัจจัยเป็น 3 ระดับ พร้อมทั้งหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการลดการเสียรูปของกรอบยึดให้ลดลงเหลือ 50% จากของเสียเฉลี่ยต่อเดือน ด้วยเทคนิค Response Optimizer ผลการทดลองพบว่า ระดับปัจจัยที่เหมาะสมของความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองเท่ากับ 140 mm/s และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึดเท่ากับ 0.045 mm.

5.1.3 เปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการทำงาน

เมื่อนำระดับปัจจัยที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ผลการทดลองไปใช้ในกระบวนการผลิตจริง พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนการเสียรูปของกรอบยึดมีค่าลดลงจาก 8.54% เท่ากับ 3.29% นั่นเท่ากับว่าลดลง 61.48% จากของเสียเฉลี่ยต่อเดือน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ที่ 50% ซึ่งหลังการปรับปรุง จำนวนของเสียลดลงจาก 36,404 ชิ้นต่อเดือนเหลือเพียง 13,520 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นมูลค่าของเสียลดลงต่อเดือนจาก 125,596 บาท เหลือ 46,644 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษา มีการผลิตชิ้นส่วนหน้าจอสมาร์ทโฟนหลายรุ่น หลายโมเดล โดยแต่ละรุ่นจะใช้ชนิดของวัสดุที่แตกต่างกัน แต่ลักษณะการประกอบยังคงประกอบโดยใช้เครื่องจักรเหมือนกัน ซึ่งสามารถนำวิธีการออกแบบการทดลอง ไปใช้ในการหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบและหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้

บรรณานุกรม

1 **http://daekwang99.tradekorea.com/product/detail/**

2 **https://www.khe.co.kr/20_product/**

3 วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. (2542). **คุณภาพในงานบริการ.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ประชาชน จำกัด.

4 T. H. Varzakas. (2011). **Application of iso22000, failure mode, and effect analysis (FMEA) cause and effect diagrams and pareto in conjunction with HACCP and risk assessment for processing of pastry products**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, vol. 51, no. 8, pp. 762-782.

5 H. M. Juran. (1975). **Quality Control Handbook 3rd ed**. McGraw-Hill Co., Inc.

6 ธารชุดา พันธ์นิกุล, ดวงพร สังฆะมณี และ ปรีดาภรณ์ งามสง่า. (2557). **การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้วยเครื่องมือทางวิศวกรรมอตุสาหการ กรณีศึกษา: โรงงานประกอบรถจักรยาน**. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2557

7 กฤษดา อัศวรุ่งแสงสกุล. (2542). **การปรับปรุงคุณภาพของหัวอ่านเขียนข้อมูลฮาร์ดดิสก์โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

8 วัชรศักดิ์ ทวีสุข. (2546). **การศึกษาปัจจัยในกระบวนการประกอบชุดประกอบสำเร็จ หัวเขียนอ่านข้อมูลฮาร์ดดิสก์ที่มีผลกระทบต่อการโก่งตัว ของตัวหัวเขียนอ่านข้อมูลโดยการใช้การออกแบบการทดลอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

9 อรพรรณ วิชัยเดช และนิวิท เจริญใจ. (2554). **การปรับปรุงงานเพื่อลดของเสียในการผลิตห้องสะอาด**. วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2554.

10 Douglas C. Montgomery. (1997). **Design and analysis of experiments**. Wiley.

11 Douglas C. Montgomery. (2005). **Design and Analysis of Experiments.** 6th ed. The United States of America : John Wiley & Sons,INC.

บรรณานุกรม (ต่อ)

12 **ประไพศรีสุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. (2551). การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด. กรุงเทพฯ.**

13 Christelle Robert & Thierry Devillers. (2006). **Use of a Plackett-Burman Experimental Design to Examine the Impact of Extraction Parameters on Yields and Compositions of Pectins Extracted from Chicory Roots**. Chicorium intybus L., J. Agric. Food Chem, 54 (19), pp 7167-7174**.**

14 Aravindan Rajendram. (2007). **Statistical evaluation of medium components by plackett-Burman experimental design and kinetic modeling of lipase production by Pseudomonas fluorescens**, Indian Journal of Biotechology Vol 6, pp 469-478.

15 จุฑารัตน์ นนทะมา, วิศรุต ฟื้นหา และสุเนตร สืบค้า. (2554). **การเร่งความเก่าของข้าวสารด้วยความร้อนร่วมกับความดันสูง: การกลั่งกรองปัจจัยด้วยวิธี Plackett&Burman**. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42: 1 (พิเศษ): 385-389.

16 นางสาวโสภิดา ท้วมมี. **การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่น โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก**. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2550.

17 ปารเมศ ชุติมา. (2545). **การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 1กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

18 รุจน์ นะสานี. (2543). **การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของการผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดตรงกรณีศึกษา โรงงานผลิตหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

19 ชัยรัตน์ แจ้งเจนรบ. (2545). **การปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์.**วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

20 **เปมิกา สุวรรณมณี. (2548). การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการพ่นสีเฟอร์นิเจอร์ไม้โดยการออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.**

21 ณัฐกานต์ รสดี และ สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร. (2012**). การพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการขัดเลนส์ด้วยการออกแบบการทดลองกรณีศึกษาโรงงานขัดและประกอบเลนส์**. GRC 2012 Khonkaen University.

22 อาทิตย์ นูมหันต์. (2012**). การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตกระบอกเลนส์ โดยการออกแบบการทดลอง.** สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. Ladkrabang Engineering Journal, Vol. 29, No. 2.

23 ชุติมา ราชพิทักษ์. (2551). **การลดของเสียจากกระบวนการ ผลิตแบบแมนชั่นนิ่ง โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

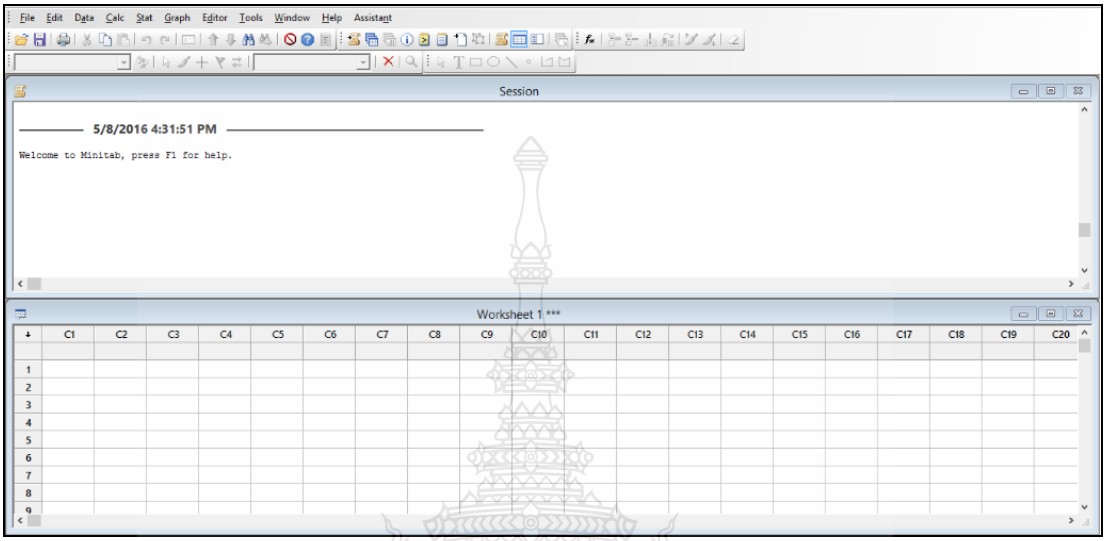
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การใช้โปรแกรม MINITAB

ก. การใช้โปรแกรม Minitab ในวิเคราะห์การทดลอง

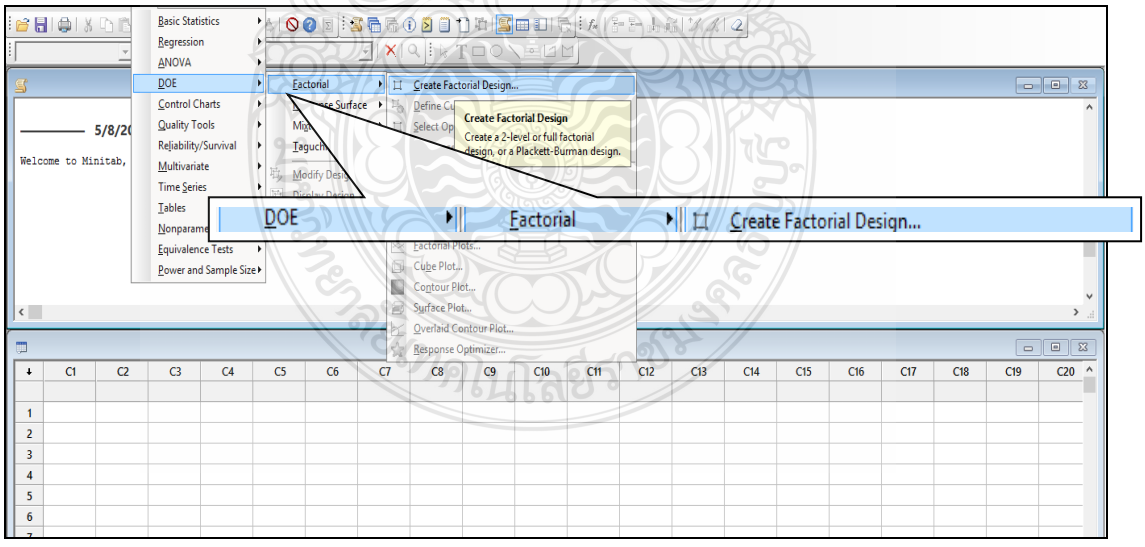
1. Plackett – Burman Design Analysis using Minitab

1.1 เปิดโปรแกรม Minitab Version หน้าแรกของโปรแกรมนี้จะแสดงดังรูปที่ ก.1



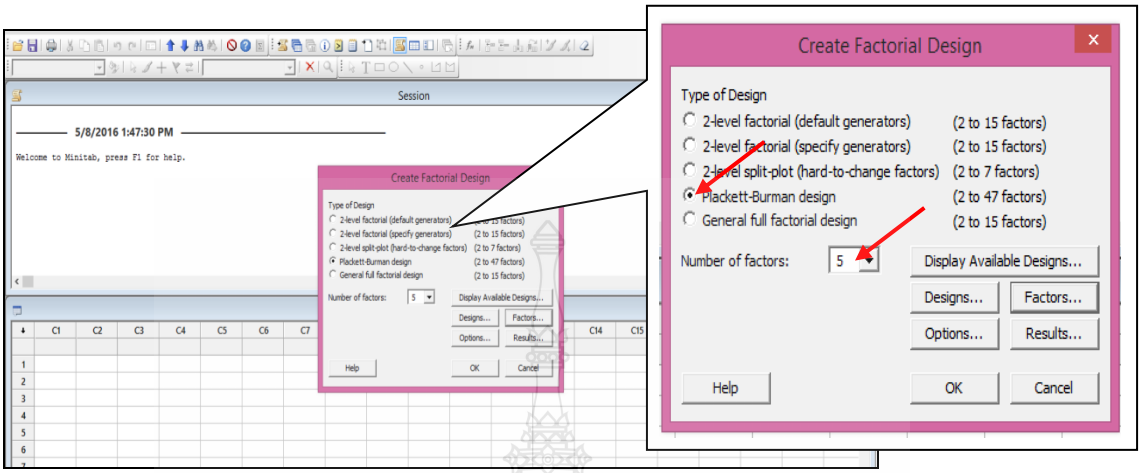
รูปที่ ก.1 หน้าจอและส่วนประกอบของโปรแกรม Minitab

1.2 เริ่มจากเลือก Stat ⇨ DOE ⇨ Factorial ⇨ Create Factorial Design ดังรูป ก.2



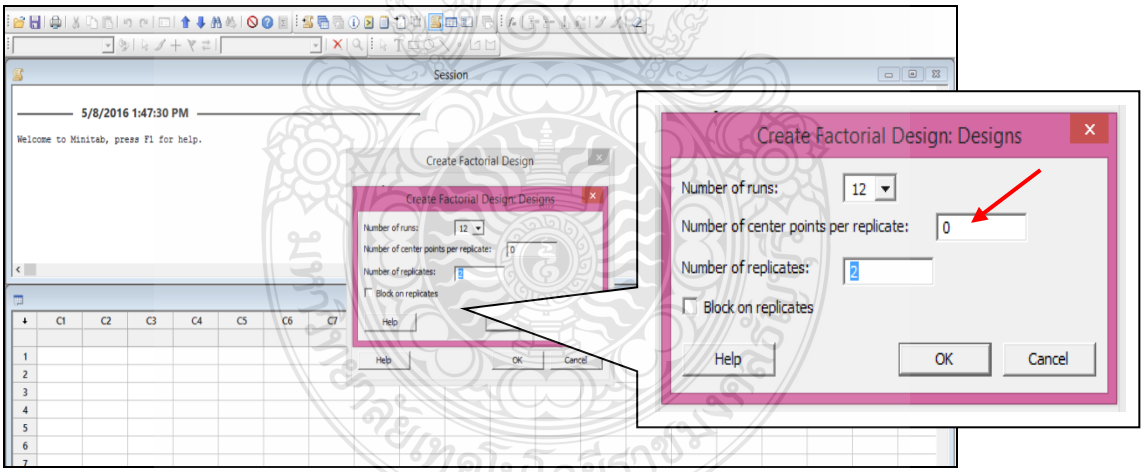
รูปที่ ก.2 การสร้างการออกแบบการทดลอง (Create Factorial Design)

1.3 จากนั้นจะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ชื่อ Create Factorial Design ขึ้นมา แล้วเลือก Plackett-Burman พร้อมทั้งเลือก Number of factors แสดงดังรูปที่ ก.3



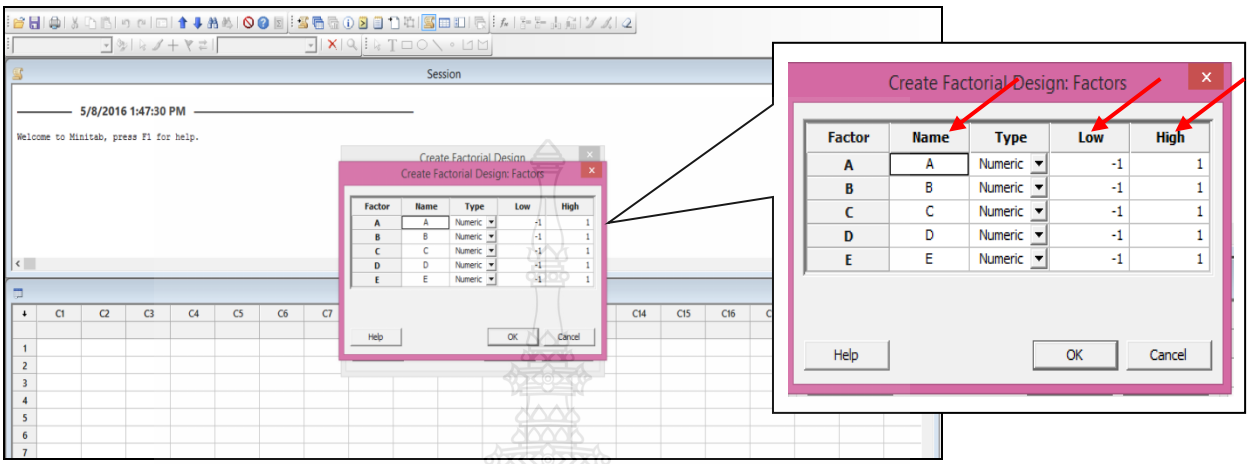
รูปที่ ก.3 การเลือกรูปแบบของการออกแบบการทดลอง และจำนวนปัจจัย

1.4 คลิกที่ปุ่ม Designs... จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ชื่อ Create Factorial Design – Design จากนั้นกำหนด Number of replicates จากนั้นกดปุ่ม OK แสดงดังรูปที่ ก.4



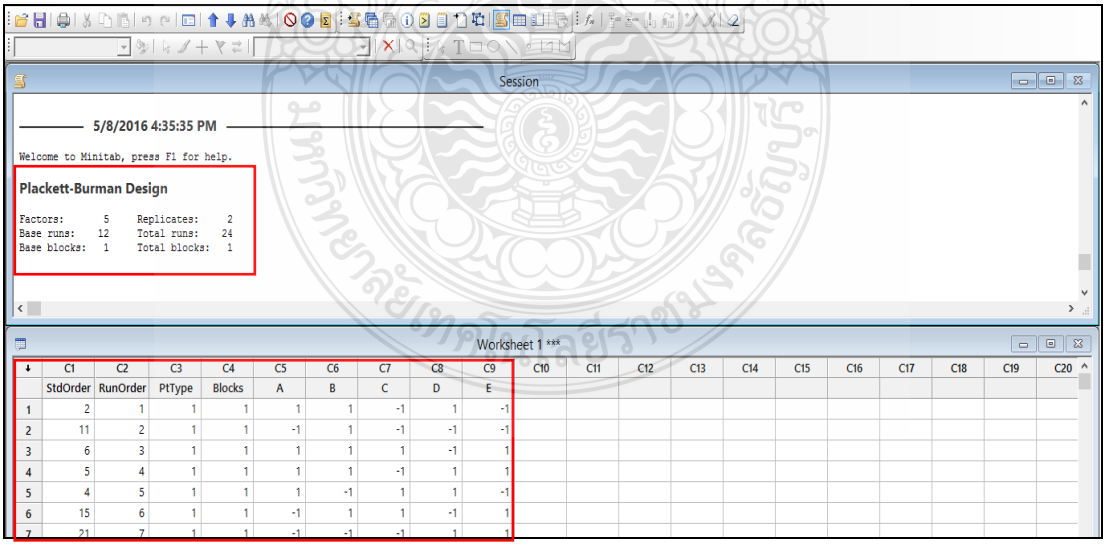
รูปที่ ก.4 การระบุ Replicate

1.5 คลิกที่ปุ่ม Factors... จะปรากฏไดอะล็อกซ์บ็อกซ์ชื่อ Create Factorial Design: Factor แล้วทำการใส่ Name, Type และค่าระดับของปัจจัย (ค่าระดับปัจจัยที่ Low และ High อาจจะใส่ค่าจริงหรือค่าการเข้ารหัส เช่น 1, -1 ก็ได้) จากนั้นคลิกปุ่ม OK ดังแสดงในรูปที่ ก.5



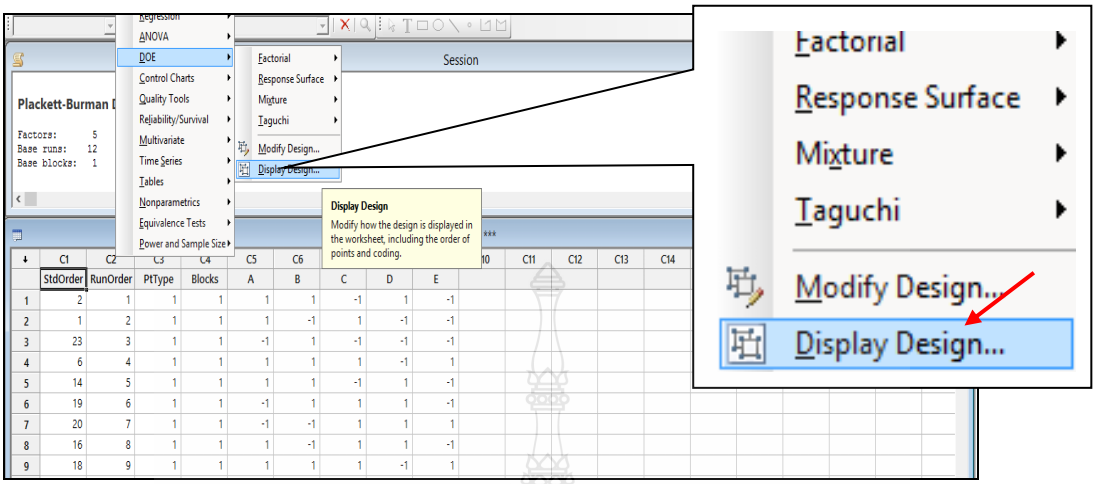
รูปที่ ก.5 การใส่ค่าระดับปัจจัยทั้งหมด

1.6 คลิกที่ปุ่ม OK ในไดอะล็อกบ็อกซ์ชื่อ Create Factorial Design จากนั้นจะปรากฏผลการออกแบบการทดลองแบบ Plackett-Burman ใน Session Window และใน Data Window (Worksheet) ดังรูปที่ ก.6



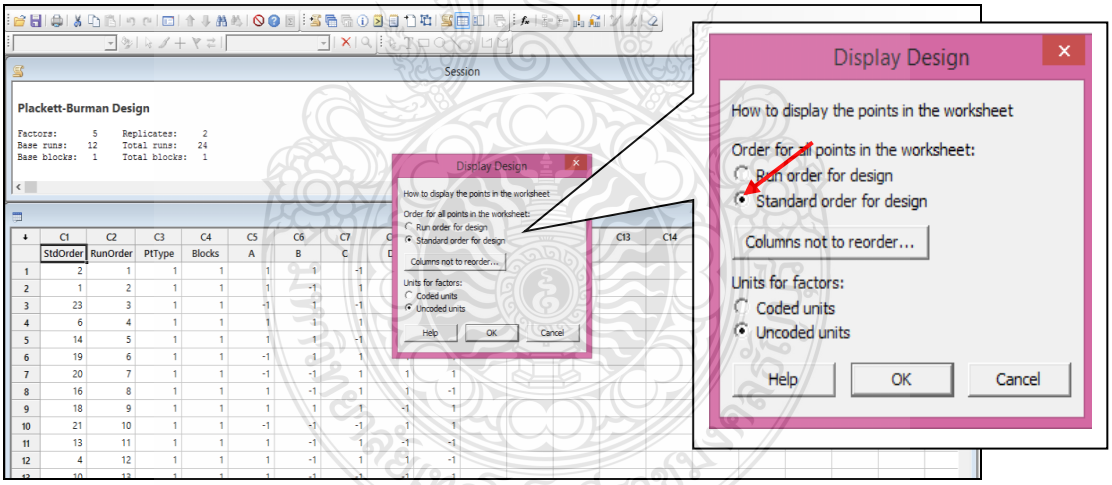
รูปที่ ก.6 ผลการออกแบบการทดลองของ Plackett-Burman

1.7 เลือก Stat ⇨ DOE ⇨ Factorial ⇨ Display Design ดังรูปที่ ก.7



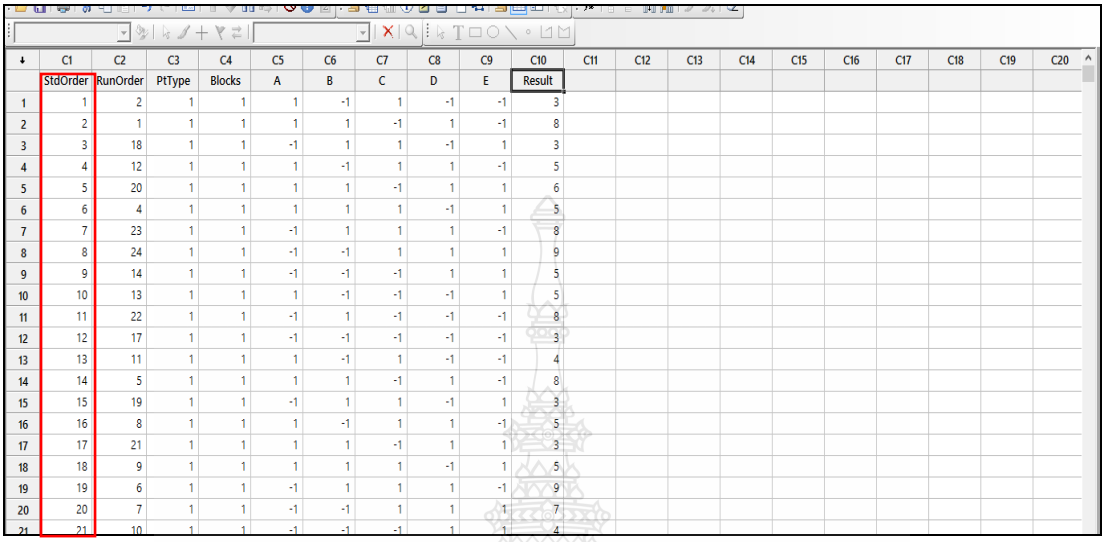
รูปที่ ก.7 การเลือก Display Design

1.8 ในไดอะล็อกบ็อกซ์ชื่อ Display Design จากนั้นเลือก Standard order for design จากนั้นคลิกปุ่ม OK ดังรูปที่ ก.8



รูปที่ ก.8 การเลือก Standard order for design

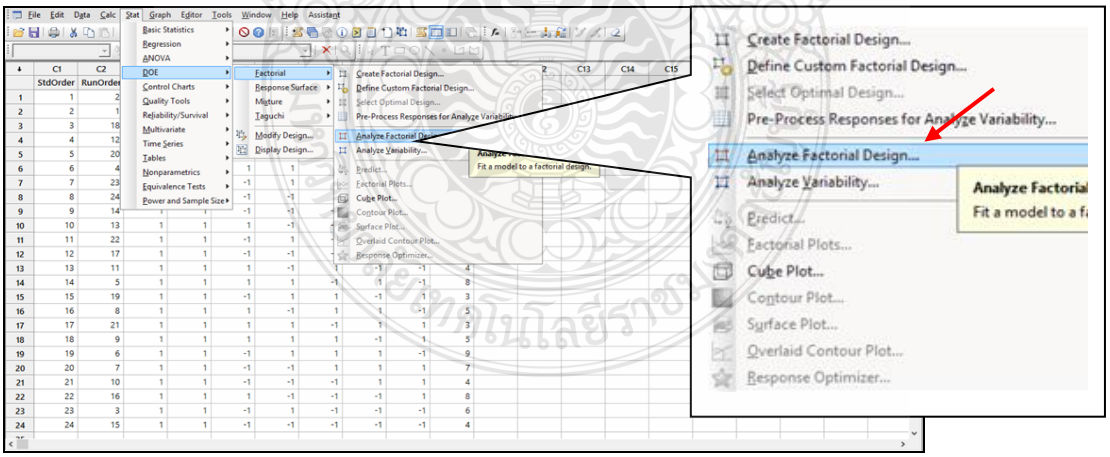
1.9 Standard order (StdOrder) จะเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก หลังจากนั้นให้นำผลที่ทำการทดลองมาใส่ เพื่อทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ดังรูปที่ ก.9



	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	C	D	E	Result
1	1	2	1	1	1	-1	1	-1	-1	3
2	2	1	1	1	1	1	-1	1	-1	8
3	3	18	1	1	-1	1	1	-1	1	3
4	4	12	1	1	1	-1	1	1	-1	5
5	5	20	1	1	1	1	-1	1	1	6
6	6	4	1	1	1	1	1	-1	1	5
7	7	23	1	1	-1	1	1	1	-1	8
8	8	24	1	1	-1	-1	1	1	1	9
9	9	14	1	1	-1	-1	-1	1	1	5
10	10	13	1	1	1	-1	-1	-1	1	5
11	11	22	1	1	-1	1	-1	-1	-1	8
12	12	17	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	3
13	13	11	1	1	1	-1	1	-1	-1	4
14	14	5	1	1	1	1	-1	1	-1	8
15	15	19	1	1	-1	1	1	-1	1	3
16	16	8	1	1	1	-1	1	1	-1	5
17	17	21	1	1	1	1	-1	1	1	3
18	18	9	1	1	1	1	1	-1	1	5
19	19	6	1	1	-1	1	1	1	-1	9
20	20	7	1	1	-1	-1	1	1	1	7
21	21	10	1	1	-1	-1	-1	1	1	4

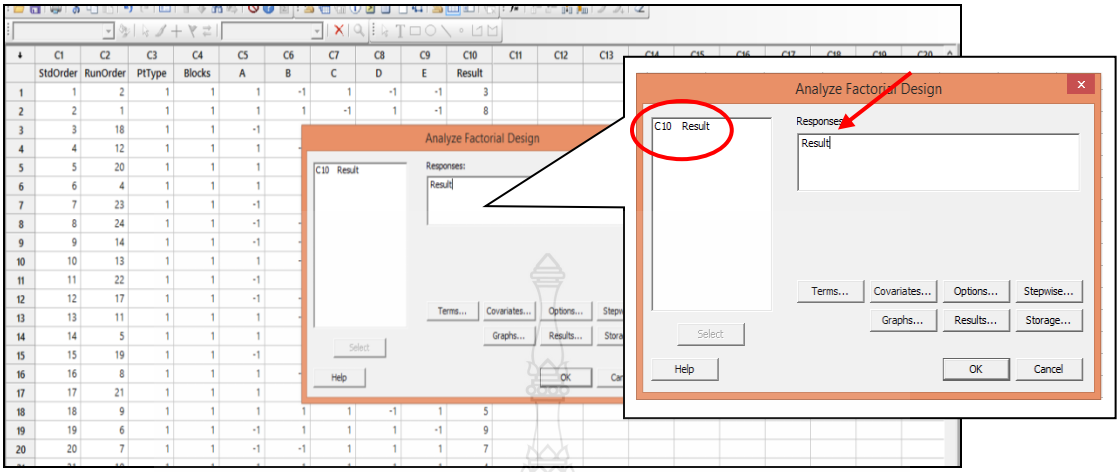
รูปที่ ก.9 การจัดเรียงลำดับของข้อมูล (StdOrder) จากน้อยไปหามาก

1.10 เมื่อลงบันทึกผลการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว เลือก Stat ⇨ DOE ⇨ Factorial ⇨ Analyze Factorial Design จากนั้นจะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ชื่อ Analyze Factorial Design ดังรูปที่ ก.10



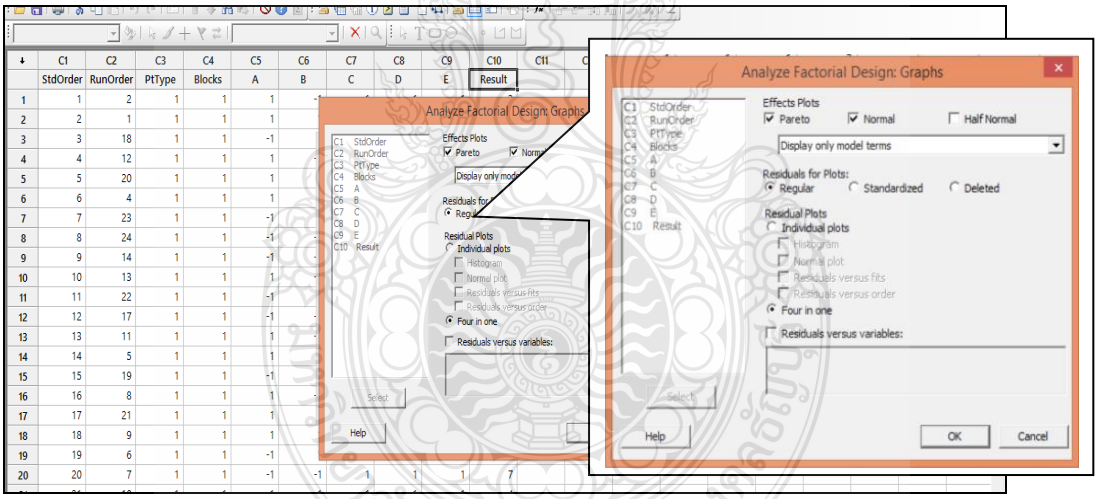
รูปที่ ก.10 การเลือก Analyze Factorial Design

1.11 กดเลือก Result ลงในช่อง Responses: ดังรูปที่ ก.11



รูปที่ ก.11 การกดเลือกผลลัพธ์(Result)ไปไว้ในช่อง Responses:

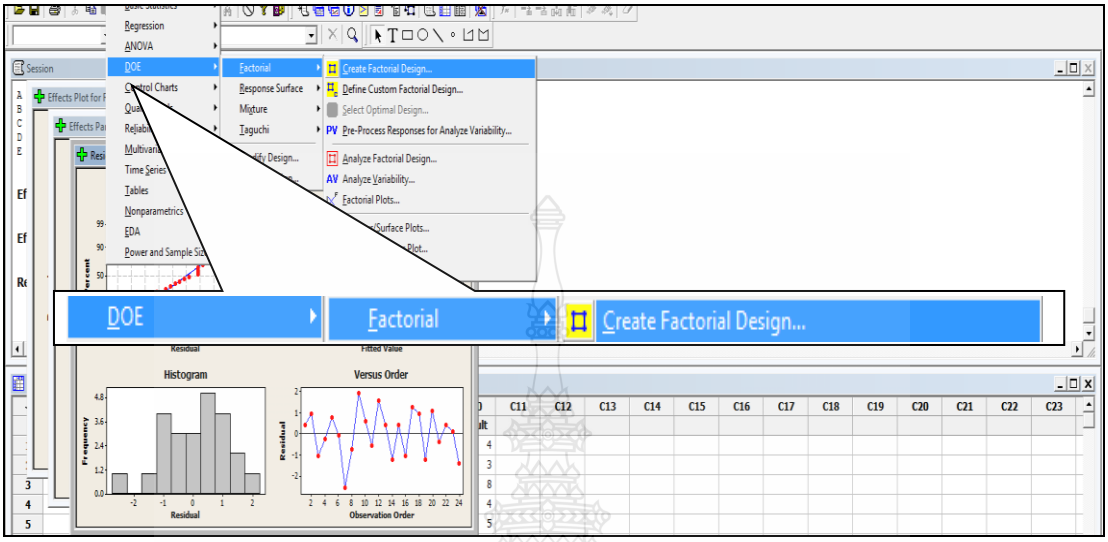
1.12 เลือกรูปแบบของกราฟที่ต้องการแสดง แล้วคลิก OK ดังรูปที่ ก.12



รูปที่ ก.12 การเลือกรูปแบบของกราฟ

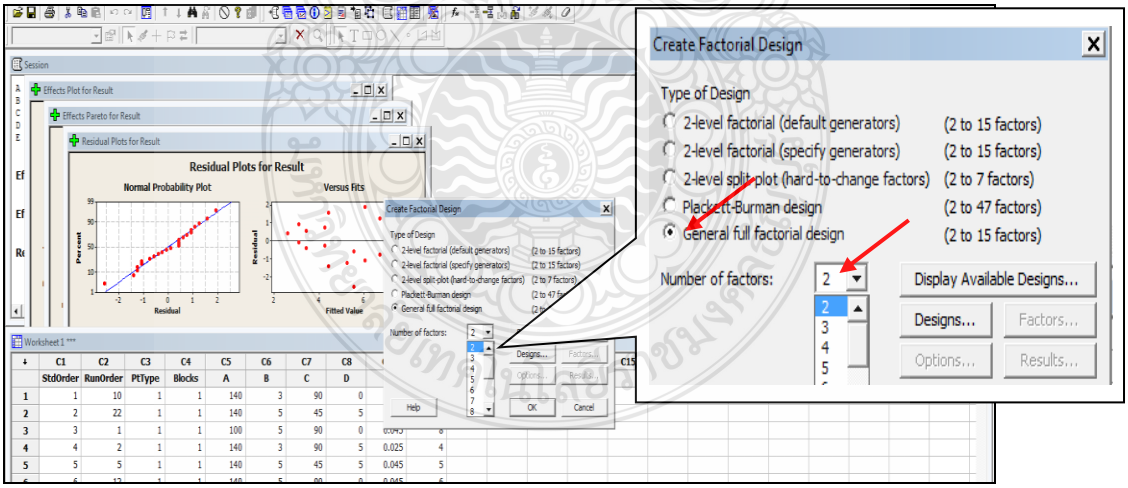
2. Response Optimizer using Minitab

2.1 เลือก Stat ⇨ DOE ⇨ Factorial ⇨ Create Factorial Design ดังรูป ก.13



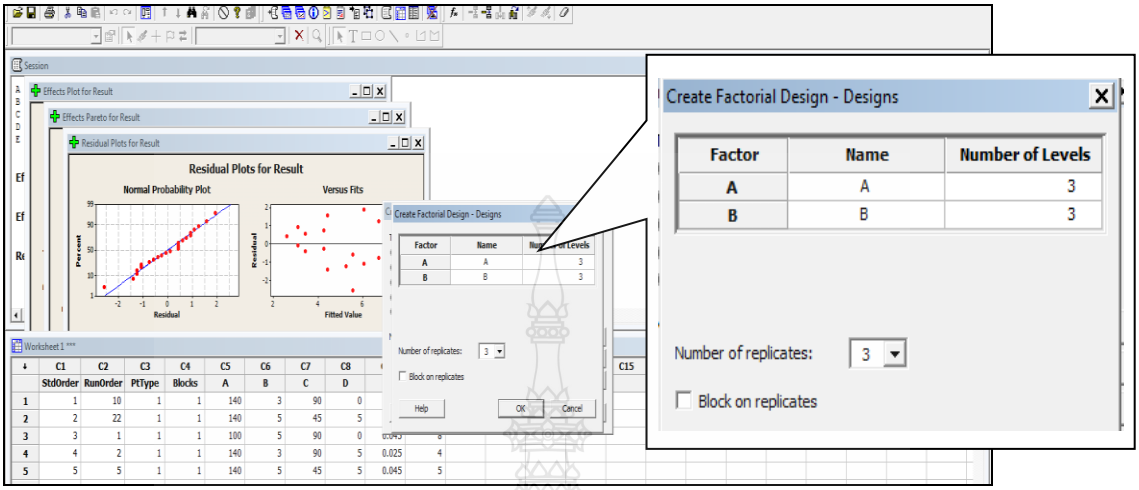
รูปที่ ก.13 การสร้างการออกแบบการทดลองในขั้นตอน Response Optimizer

2.2 จากนั้นจะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ชื่อ Create Factorial Design ขึ้นมา แล้วเลือก General Full Factorial Design พร้อมทั้งเลือก Number of factors ดังแสดงดังรูปที่ ก.14



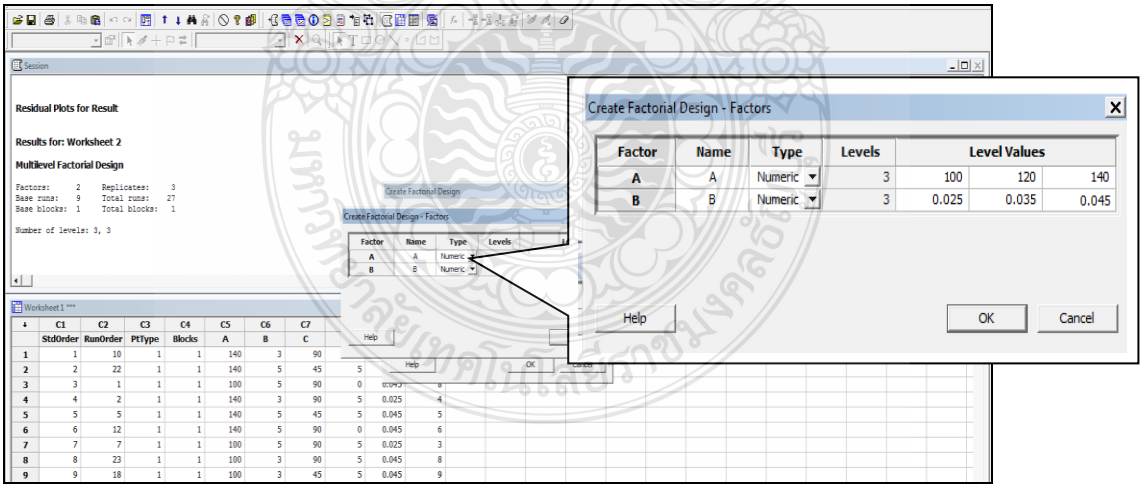
รูปที่ ก.14 การเลือกรูปแบบของการออกแบบการทดลองและจำนวนปัจจัย

2.3 คลิกที่ปุ่ม Designs... จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ชื่อ Create Factorial Design – Design จากนั้นกำหนด Number of replicates จากนั้นกดปุ่ม OK ดังรูปที่ ก.15



รูปที่ ก.15 การกำหนดจำนวนระดับปัจจัย

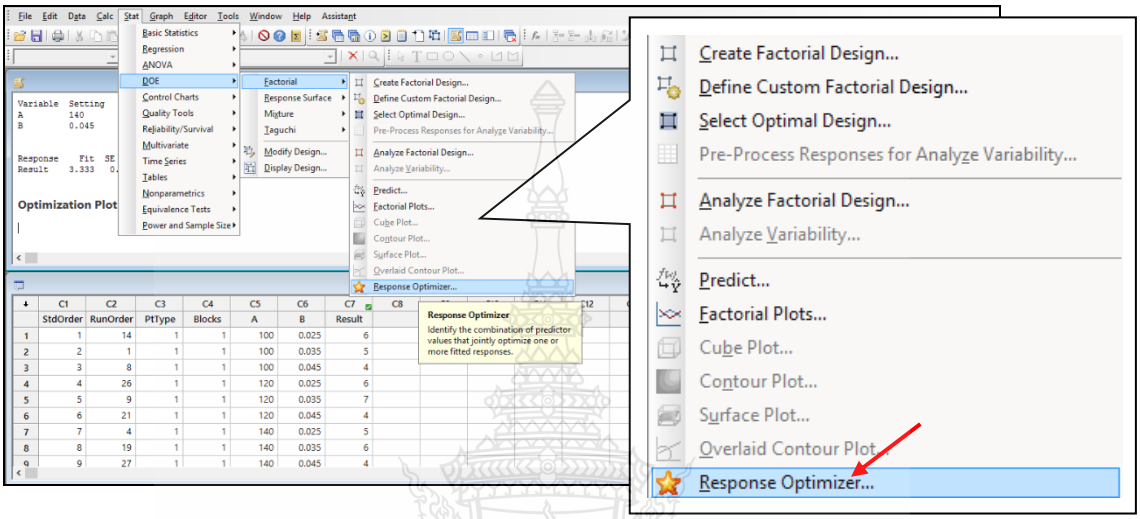
2.4 คลิกที่ปุ่ม Factors... จะปรากฏไดอะล็อกซ์บ็อกซ์ชื่อ Create Factorial Design: Factor แล้วทำการใส่ Name, Type และค่าระดับของปัจจัย (ค่าระดับปัจจัยที่ Low และ High อาจจะใส่ค่าจริงหรือค่าการเข้ารหัส เช่น 1, -1 ก็ได้) จากนั้นคลิกปุ่ม OK ดังแสดงในรูปที่ ก.16



รูปที่ ก.16 การกำหนดระดับปัจจัย

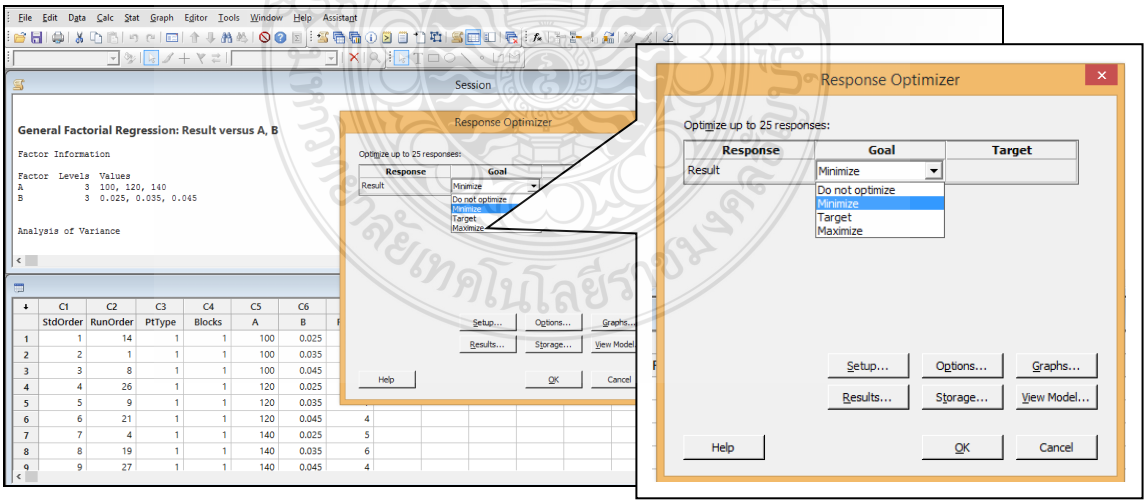
***จากนั้นทำตามขั้นตอนที่ 1.8 -1.12 เหมือนเดิม โดยกำหนดค่าต่างๆตามที่ได้กำหนดไว้ในการทดลอง

2.5 เลือก Stat ⇨ DOE ⇨ Factorial ⇨ Response Optimizer ดังรูปที่ ก.17



รูปที่ ก.17 การเลือก Response Optimizer

2.6 เลือก Minimize แล้วคลิก OK ก็จะได้กราฟตามต้องการ และสามารถแสดงปัจจัยที่เหมาะสมได้ตามที่ต้องการดังรูปที่ ก.18



รูปที่ ก.18 การเลือกเป้าหมายของระดับที่เหมาะสม

ภาคผนวก ข
เอกสารเผยแพร่งานวิจัย

itech
การประชุมวิชาการระดับชาติ
ด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
และวิศวกรรม ครั้งที่ 3
NCITE 2017
The 3rd National Conference on Industrial Technology
and Engineering (NCITE 2017)
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
www.itech.ubru.ac.th

กำหนดการนำเสนอ (Presentation Schedule)			
Session A1	**Logistics & Supply Chain Management**		**ห้อง 50-203 (ชั้น 2)**
11.00–11.15	IE_46	การพยากรณ์และหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับปุ๋ยเคมี : กรณีศึกษาร้านปุ๋ยศรีโพธิ์ไทร จ.อุบลราชธานี	ปานจิต ศรีสวัสดิ์ รณฤทธิ์ ทามณี อาคม พันธ์ศรี พงษ์สิทธิ์ วงศ์บา
11.15-11.30	LOGM_08	การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบรรจุและจัดเก็บภายในคลังสินค้าโดยการลดความผิดพลาดของคน	ธนาวุฒิ มีอานุภาพ โชติกา วิริยะรัตนศักดิ์ วิศิษฏ์ศรี วิยะรัตน์ อนุชา วัฒนาภา
11.30-11.45	LOGM_20	จำลองการเคลื่อนที่ของวัสดุในกระพ้อลำเลียงด้วยวิธี DEM	สถาพร วังฉาย
11.45-12.00	LOGM_23	การปรับปรุงผังคลังสินค้าและเส้นทางการหยิบสินค้าเพื่อลดเวลาในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพสินค้าก่อนการจัดส่งลูกค้า กรณีศึกษา: บริษัทประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ ABC	ภิรมยา ศรีธงไชย สุรีวรรณ ภูลียาว ปรัชญ์ บุญแซม
Session A2	**Industrial Engineering & Management (1)**		**ห้อง 50-204 (ชั้น 2)**
11.00–11.15	IE_14	การกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ โดยเทคนิคการออกแบบการทดลอง	วิทยา สุมะลิ ระพี กาญจนะ
11.15-11.30	IE_29	การออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์ในกระบวนการฉีดขึ้นรูปที่ส่งผลต่อรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่	รัชนี หมวดเมืองกลาง กรกนก ควรพิมาย เจนจิรา เทียมชุนทด ศรราม วงค์ศิลา ภานุพงษ์ พิลัยโชติ จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร อนุชิต คงฤทธิ์
11.30-11.45	IE_17	การบริหารความเสี่ยงของสถานีกักเก็บและจ่ายก๊าซ LPG ด้วยเทคนิค FTA และ FMEA ในโรงงานอุตสาหกรรม	ศิริโรจน์ แย้มงามเหลือ ณฐา คุปตัษเฐียร
11.45-12.00	IE_03	การออกแบบและพัฒนาตัวกันกระแทกสำหรับบรรจุหม้อมีหูหิ้วเพื่อการขนส่ง	นิทัศน์ ทิพยโสตนัยนา ธนธร ทองสัมฤทธิ์
Session A3	**Manufacturing Processes and Design**		**ห้อง 50-302 (ชั้น 3)**
11.00–11.15	IE_13	การศึกษากระบวนการตัดโลหะด้วยก๊าซธรรมชาติ	ชัยรัตน์ หงส์ทอง ธวัชชัย คำแดง อภิรมย์ ชูเมฆา
11.15-11.30	IE_19	วัสดุเชิงประกอบจากขยะพลาสติกกับเปลือกไข่	สมโภชน์ กูลศิริศรีตระกูล นฤมล กูลศิริศรีตระกูล

NCITE 2017

การกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือโดยเทคนิคการออกแบบการทดลอง

Identifying an Optimal Factors in Mobile Phone Display Component Assembly Process by Design of Experiments Technique

วิทยา สุมะลิ[1*] และระพี กาญจนะ[2]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
E-mail : wittaya.sumali@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยของแต่ละปัจจัย เพื่อจะลดปัญหาการเสียรูปของกรอบยึดในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มต้นจากการใช้แผนภูมิเหตุและผลวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ส่งผลต่อการเสียรูปของกรอบยึด โดยการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญและพิจารณาเลือกปัจจัยที่มีลำดับความสำคัญ 5 ลำดับแรกมาทำการศึกษาและวิเคราะห์หาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานด้วยการออกแบบการทดลองแบบ Plackett-Burman ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ปัจจัยที่ทำการศึกษาทั้ง 5 ปัจจัยได้แก่ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง, องศาของมุมแท่นรอง, องศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากการแยกจากกรอบยึด, ระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรองเพื่อรอหัวจับหยิบ และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด ผลการทดลองจาก Plackett-Burman พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเสียรูปของกรอบยึดที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองและระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด หลังจากนั้นนำปัจจัยทั้ง 2 พิจารณาด้วยการออกแบบการทดลองแบบ 3^k Factorial Design โดยกำหนดปัจจัยเป็น 3 ระดับและผลจากการวิเคราะห์พบว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดคือที่ระดับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองเท่ากับ 140.0 mm/s และที่ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึดเท่ากับ 0.045 mm สามารถลดปริมาณของเสียจากเดิม 8.65% เหลือเพียง 3.29% ส่งผลให้สามารถลดมูลค่าความสูญเสียได้ถึง 5.25%

คำสำคัญ : การเสียรูปของกรอบยึด การออกแบบการทดลอง Plackett-Burman 3^k Factorial Design

คณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมครั้งที่ 3

ผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้ประเมินบทความ ภายนอกสถาบันเจ้าภาพ (คิดเป็นร้อยละ 62)

1. ผศ.ดร.ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. อ.ดร.ชินพัฒน์ บัวชาติ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. ผศ.ดร.วสวัช นาคเขียว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
4. ผศ.ดร.ภัทราพร กมลพัชร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
5. ผศ.ดร.วริษา วิสิทธิพานิช มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
6. ผศ.ดร.ณัฐนารี สุขเสกสรวศ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
7. ผศ.ดร.สุดจิต ครุจิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
8. อ.ดร.พันตรี โคมพิทยา มหาวิทยาลัยนครพนม
9. อ.ดร.ปรุฬห์ มยะเฉียว มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
10. ดร.อรสา ยินหร์น้อย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
11. ผศ.ดร.ธองกรณ์ ละม่อม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
12. ผศ.ดร.ธนัญจลักษณ์ เมืองมีศรี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีวิโลยธองกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
13. อ.ดร.พรรณวิภา แพงศรี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีวิโลยธองกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
14. ผศ.ดร.ธรัช อารีราษฎร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
15. ผศ.ธิดินา คุณยศยิ่ง มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
16. อ.ดร.จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
17. ผศ.ดร.ธารชุดา พันธ์นิกุล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
18. ผศ.ดร.สมปิติ สันสุขชาวน์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้ประเมินบทความ ภายในสถาบันเจ้าภาพ (คิดเป็นร้อยละ 38)

1. อ.ดร.กนกวรรณ สุภัทธี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
2. ดร.ฐิติพงษ์ อุ่นใจ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
3. ดร.ตนุ วิโรจน์อุไรเรือง มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
4. ดร.วรรณา สายแก้ว มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
5. อ.ดร.นัทธพงศ์ นันทสำเริง มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
6. อ.ดร.นิกร เห็นงาม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

NCITE 2017
tech
การประชุมวิชาการระดับชาติด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม ครั้งที่ 3
The 3rd National Conference in Industrial Technology and Engineering (NCITE 2017)
ขอมอบเกียรติบัตรนี้ไว้เพื่อแสดงว่า
ได้เข้าร่วมการนำเสนอผลงานวิชาการรับฟังข้อ
โดยเลือกนำเสนอแบบการบรรยาย
ในระหว่างวันที่ 3 - 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2560 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

การกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ โดยเทคนิคการออกแบบการทดลอง

IDENTIFYING AN OPTIMAL FACTORS IN MOBILE PHONE DISPLAY COMPONENT ASSEMBLY PROCESS BY DESIGN OF EXPERIMENTS TECHNIQUE

วิทยา สุมะลิ[1*] และ ระพี กาญจนะ[2]

[1*]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก (คลองหก) อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

E-mail: wittaya.sumali@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยของแต่ละปัจจัย เพื่อจะลดปัญหาการเสียรูปของกรอบยึดในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มต้นจากการใช้แผนภูมิเหตุและผลวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ส่งผลต่อการเสียรูปของกรอบยึด โดยการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญและพิจารณาเลือกปัจจัยที่มีลำดับความสำคัญ 5 ลำดับแรกมาทำการศึกษาและวิเคราะห์หาปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานด้วยการออกแบบการทดลองแบบ Plackett-Burman ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ปัจจัยที่ทำการศึกษาทั้ง 5 ปัจจัยได้แก่ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง, องศาของมุมแท่นรอง, องศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากการแยกจากกรอบยึด, ระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรองเพื่อรอหัวจับหยิบ และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด ผลการทดลองจาก Plackett-Burman พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเสียรูปของกรอบยึดที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองและระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด หลังจากนั้นนำปัจจัยทั้ง 2 พิจารณาด้วยการออกแบบการทดลองแบบ 3^k Factorial Design โดยกำหนดปัจจัยเป็น 3 ระดับและผลจากการวิเคราะห์พบว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดคือที่ระดับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองเท่ากับ 140.0 mm/s และที่ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึดเท่ากับ 0.045 mm สามารถลดปริมาณของเสียจากเดิม 8.65% เหลือเพียง 3.29% ส่งผลให้สามารถลดมูลค่าความสูญเสียได้ถึง 5.25%

คำสำคัญ : การเสียรูปของกรอบยึด, การออกแบบการทดลอง, Plackett-Burman, 3^k Factorial Design

ABSTRACT

The objective of this research was to identify an optimal factor and level of each factor in order to reduce the deformation problem of shading sheet in the mobile phone display component assembly process. The research methodologies began with identifying the possible root cause of deformation problem with cause and effect diagram and experts brainstorming. The top five important factors were selected and analyzed by Plackett-Burman design at a significant level of 0.05. The five impact factors were included feeding speed of pickers, angle of edge of feeding table, angle of plate from feeding table, distance of shading sheet from the edge of feeding table, and height between picker and feeding table. The result illustrated that only two factors; feeding speed of pickers and height between picker and feeding table have a statistically significant impact on deformation at a significant level of 0.05. Then 3^k factorial design with response optimizer were consequently applied to analyzed and showed the optimal level of feeding speed of pickers and height between pickers and feeding table were 140.0 mm/s and 0.045 mm., respectively. After implementation, the deformation of shading sheet decreased from 8.65% to 3.29% leading to company's loss value reduction with 5.25%

Keyword: Deformation, Design of Experiments, Plackett-Burman, 3^k Factorial Design

1. บทนำ

สมาร์ทโฟนเป็นหนึ่งในอุปกรณ์สื่อสารที่ได้รับความนิยมและมีการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดภายในไม่กี่สิบปีที่ผ่านมา หน้าจอ (Display) คือหนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การผลิตหน้าจอโดยส่วนใหญ่จะเป็นหน้าจอที่เรียกว่า “แบล็คไลท์ (Back light)” เป็นหน้าจอที่ใช้แสงจากหลอด LED (light-emitting diode) เพื่อให้ความสว่างแก่ผู้ใช้งาน ในการศึกษาครั้งนี้จะให้ความสนใจในกระบวนการการผลิตหน้าจอเป็นหลัก ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้หุ่นยนต์ในการประกอบหน้าจอ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการการประกอบย่อยและกระบวนการการประกอบหลัก แต่เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการการประกอบหลักมีราคาค่อนข้างสูง และมีปริมาณของเสียสูงเมื่อเทียบกับกระบวนการการประกอบย่อย จึงสนใในกระบวนการการประกอบหลักเป็นสำคัญ และเมื่อพิจารณาในแต่ละสถานีของกระบวนการการประกอบหลัก (มีทั้งหมด 4 สถานีประกอบด้วย Diffuser, Spacer, Prism Sheet และกรอบยึด (Shading sheet)) สถานีที่เกิดข้อบกพร่องมากที่สุดคือ สถานีการประกอบกรอบยึด เนื่องจากตัววัตถุดิบมีลักษณะเป็นกรอบกาวกลวง ทำให้เกิดการเสียรูปได้ง่าย

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนในกระบวนการประกอบกรอบ ตั้งแต่ เมษายน - สิงหาคม 2558

วัตถุดิบ	ของเสียเฉลี่ย (ชิ้น)/เดือน	% ของเสียเฉลี่ย/เดือน
Diffuser	1,765	0.41
Spacer	4,779	1.11
Prism Sheet	2,152	0.50
Shading Sheet	37,137	8.65

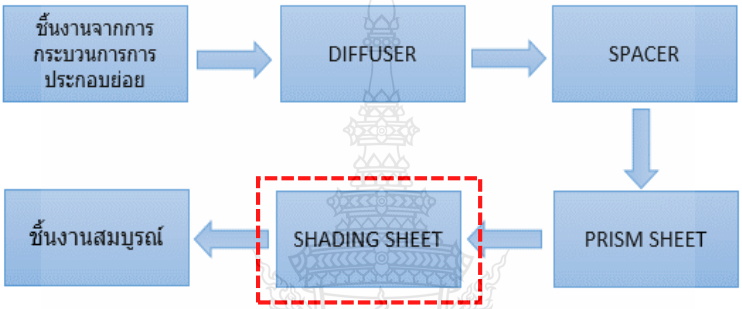
จากปัญหาดังกล่าวทำให้กระบวนการผลิตมีต้นทุนที่เพิ่มมากขึ้น เสี่ยงที่จะทำให้องค์กรอยู่ในสภาวะขาดทุนได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะลดปริมาณของการเสียรูปของกรอบยึดลงให้ได้อย่างน้อย 50.0% จากปริมาณของเสียเฉลี่ยต่อเดือนเดิมที่ 8.65% ที่แสดงในตารางที่ 1 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE) เป็นเครื่องมือทางสถิติที่ถูกนำมาใช้ในการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) เมื่อทราบความสัมพันธ์ดังกล่าวแล้ว สามารถออกแบบค่าของปัจจัยให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ [1] เทคนิคการทดลองแบบแฟคทอเรียล ที่นิยมนำไปประยุกต์ในการหาสภาวะที่เหมาะสมในวงการอุตสาหกรรม ได้แก่การทดลอง 2^kแฟคทอเรียลแบบเพิ่มจุดกึ่งกลาง ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้เมื่อพื้นฐานของการทดลองแบบแฟคทอเรียลมีจำนวนการทดลองที่ไม่มากนัก สามารถสรุปผลการศึกษาด้วยนัยสำคัญทางสถิติและง่ายต่อความเข้าใจเพื่อนำไปใช้ในเชิงปฏิบัติ [1] ดังตัวอย่าง การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อนถาดบรรจุฮาร์ดดิสก์ 2.5 [2] ซึ่งนำปัจจัยที่มีลำดับความสำคัญ 3 อันดับแรกมาทำการพิจารณา โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล 2^K (2^K Factorial Design) ซึ่งได้ทดลองแบบ 23 ออกแบบให้ใช้ Full Factorial และทำซ้ำ 2 ครั้ง ซึ่งผลการทดลองสามารถลดของเสียจากเดิม 3.53% เหลือเพียง 0.93%

นอกจากนี้ยังถูกนำไปใช้ในการศึกษาการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบแลกเกอร์บนแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก [3] โดยใช้หลักการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่เพิ่มจุดกึ่งกลาง ประกอบด้วย 3 ปัจจัย ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้นำมาหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้ การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เหมาะสม (Response Optimizer) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า น้ำหนักแลกเกอร์ต่อพื้นที่ 8.5 กรัมต่อตารางเมตร อุณหภูมิบ่ม 125 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้บ่ม 13 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมมากที่สุด

2. วิธีการวิจัย

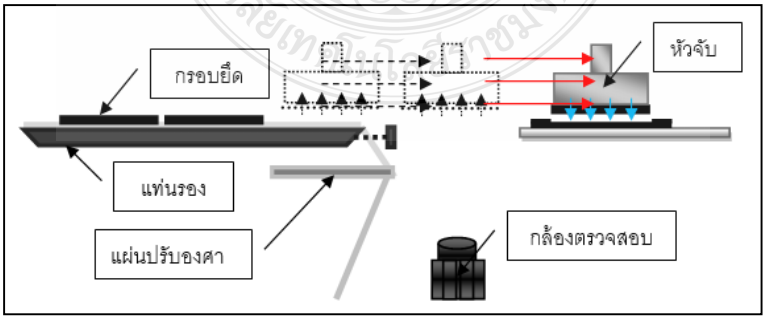
2.1 การคัดกรองปัจจัยเบื้องต้น

ปัญหาในการวิจัยครั้งนี้คือ การเสียรูปของกรอบยึดซึ่งลักษณะของกรอบยึดที่ดีจะมีลักษณะของกรอบที่ชัดเจน ไม่บิดเบี้ยว โดยปัจจัยต่างๆที่อาจมีผลกระทบจะถูกนำมารวบรวมโดยการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อคัดกรองปัจจัยเบื้องต้น กระบวนการการประกอบหลักนั้น สามารถอธิบายลำดับขั้นตอนได้ตามรูปที่ 1 ซึ่งสถานีกรอบยึดจะเป็นสถานีสุดท้ายในการประกอบก่อนจะเป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์



รูปที่ 1 ลำดับขั้นตอนของกระบวนการการประกอบหลัก

ในขั้นแรก หัวจับจะเคลื่อนที่ลงมาหยิบจับกรอบยึดในตำแหน่งที่กำหนดไว้ โดยที่กรอบยึดและหัวจับจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วที่เท่ากันอย่างสม่ำเสมอ หัวจับจะใช้ลมดูด(Vacuum)ในการหยิบจับกรอบยึดขึ้นมาเพื่อแยกออกจากแผ่นฟิล์ม หลังจากนั้นหัวจับที่มีกรอบยึดจะเคลื่อนไปด้านหน้า เพื่อตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของกรอบยึดว่าเป็นตามภาพมาตรฐานที่ควรจะเป็นหรือไม่ หากกรอบยึดมีลักษณะตามที่กำหนดและเป็นไปตามมาตรฐาน หัวจับจะนำกรอบยึดมาประกอบบนแลมแชสซิสเป็นอันจบกระบวนการ ซึ่งรูปแบบของการประกอบจะแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนของการประกอบกรอบยึดลงบนชิ้นงาน

จากนั้นวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการลดการเสียรูปของกรอบยึด เมื่อได้ปัจจัยและระดับที่เหมาะสมแล้ว ให้นำผลลัพธ์ที่ได้ไปทดสอบในกระบวนการผลิตและเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง การคัดกรองปัจจัยเบื้องต้น เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสียรูปของกรอบยึด ในขั้นตอนนี้มีการระดมความคิดเห็นจากทีมงานวิศวกรที่มีประสบการณ์และมีความเชี่ยวชาญในกระบวนการผลิต เพื่อร่วมกันวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุ ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียด้วยแผนผังก้างปลา หลังจากกรองปัจจัยเบื้องต้น (Screening Factor) แล้ว ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปของกรอบยึดจะถูกออกแบบการทดลองด้วยเทคนิค Plackett-Burman

โดยจะทำการศึกษาปัจจัยละ 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (Low) และระดับสูง (high) เพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญ เมื่อสามารถกำหนดระดับปัจจัยได้ครบถ้วนแล้ว ก็ จะนำปัจจัยมาทำการทดลองตามข้อมูลที่กำหนด ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ (3^k Factorial design) เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม การทดลองจะกำหนดระดับของปัจจัยเป็น 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (Low) ระดับกลาง (Medium) และระดับสูง (High) ทั้งนี้นำระดับของปัจจัยที่ได้ทำการทดลองเบื้องต้นมากำหนดค่าระดับกลาง

2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองและหาสภาวะที่เหมาะสม

จากการทดลองจากการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ (3^k Factorial design) ผลการทดลองทั้งหมดที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Response Optimizer เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมกับการเกิดของเสียอันเนื่องมาจากการเสียรูป ในกระบวนการการประกอบกรอบยึด โดยศึกษาระดับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

2.3 การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุง

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง มาทำการทดลองจริงตามรูปแบบการผลิต ณ ปัจจุบัน โดยจะเริ่มทดลองจริงในเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยต่อเดือน ตั้งแต่เดือนเมษายน ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2558 ที่มีค่าเท่ากับ 8.65%

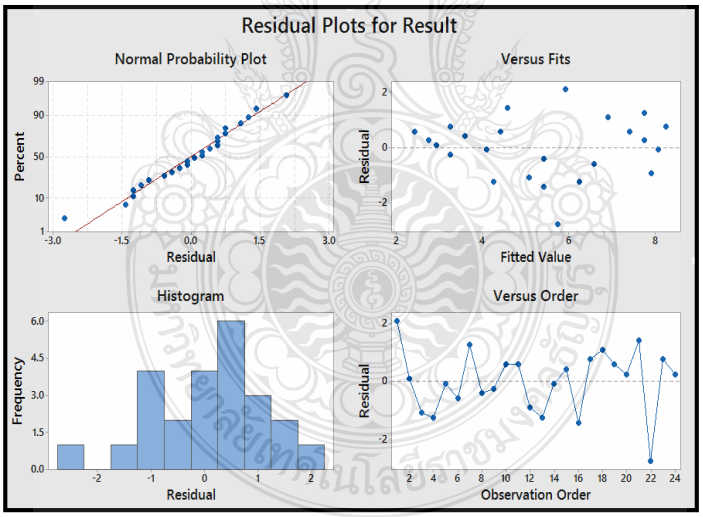
3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการคัดกรองปัจจัยเบื้องต้น

หลังจากมีการระดมสมองและวิเคราะห์หาสาเหตุร่วมกับทีมวิศวกรผู้มีประสบการณ์ในด้านการออกแบบและกระบวนการผลิตแล้ว พบว่ามีทั้งหมด 5 ปัจจัยที่น่าจะมีอิทธิพลต่อการเสียรูปอย่างมีนัยสำคัญ ระดับของปัจจัยนั้นๆจะระบุในตารางที่ 2 (สถานีการประกอบกรอบยึดได้ใช้ค่าที่ระบุดังตารางที่ 2 เป็นค่าที่ใช้จริงในการผลิต) เพื่อใช้หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปของกรอบยึด โดยนำมาดำเนินการทดลองเบื้องต้นโดยใช้การทดลองแบบ Plackett-Burman เพื่อทดสอบถึงความมีนัยสำคัญของปัจจัยที่ระดับ 0.05 โดยจะประกอบด้วย 5 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ และทดลองซ้ำที่ระดับปัจจัยต่างๆเป็นจำนวน 2 Replicate จำนวนที่ใช้ทดสอบทั้งหมดรวม 24 ครั้ง

ตารางที่ 2 ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย		
		ระดับต่ำ (Low)	ระดับสูง (High)	หน่วย (Unit)
ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง	A	100.0	140.0	มิลลิเมตร/วินาที
องศาของมุมแท่นรอง	B	3.0	5.0	มิลลิเมตร
องศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากแยกจากกรอบยึด	C	90.0	45.0	องศา
ระยะกรอบยึดที่ยึดออกจากแท่นรอง เพื่อรอหัวจับหยิบ	D	0.0	5.0	มิลลิเมตร
ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด	E	0.025	0.045	มิลลิเมตร



รูปที่ 3 การตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูลของการทดลองแบบ Plackett-Burman

จากรูปที่ 3 เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลที่ได้ แสดงให้เห็นว่าการตรวจสอบส่วนตกค้าง (Residual) ของข้อมูล (ซ้ายบน) ข้อมูลอยู่ใกล้เคียงกับเส้นปกติ จุดตัดจะเรียงตัวกันเป็นแนวเส้นตรง และลักษณะการเกิดจุดจะต้องไม่กระจุกเป็นกลุ่มๆ สามารถอนุมานได้ว่า ข้อมูลนี้มีความเหมาะสม และจากกราฟ Versus Fitted Value (ขวาบน) เป็นการการตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยดูจากการกระจายของจุดที่แทนข้อมูล ซึ่งจากลักษณะของกราฟสามารถอธิบายได้ว่า มีการกระจายอย่างเป็นอิสระต่อกัน สำหรับข้อมูลจากกราฟ Versus Order (ขวาล่าง) เป็นการตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน(Variance stability) โดยใช้แผนภูมิการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ในแต่ละระดับของปัจจัย ซึ่งพบว่า ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวสม่ำเสมอทั้งทางบวกและทางลบ แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่ามีเพียงสองปัจจัยที่มีค่า P-Value น้อยกว่า α = 0.05 แสดงว่าทั้ง 2 ปัจจัย มีผลต่อปริมาณของเสียในกระบวนการประกอบกรอบยึดที่ระดับมีนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของเสียในกระบวนการประกอบคือความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง (A) และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด (E) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Plackett-Burman ของปัจจัยทั้ง 5

Factorial Regression: Result versus Blocks, A, B, C, D, E

Analysis of Variance

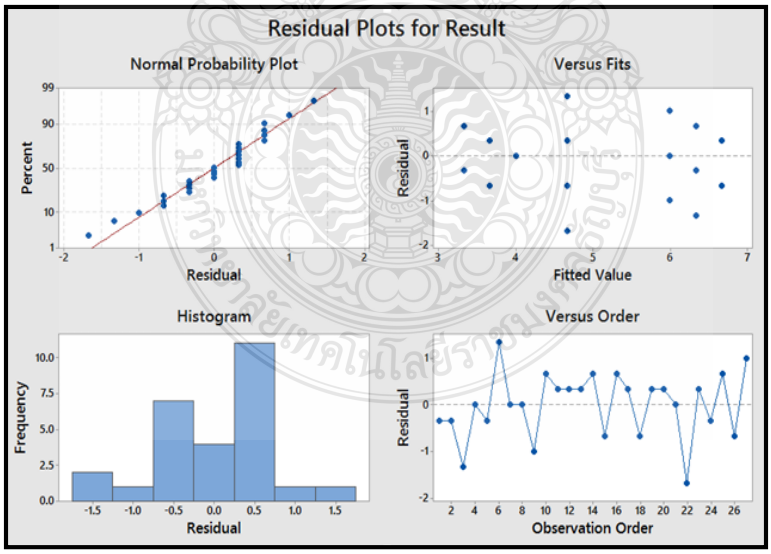
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	81.000	13.5000	8.55	0.000
Blocks	1	0.667	0.6667	0.42	0.524
Linear	5	80.333	16.0667	10.18	0.000
A	1	60.167	60.1667	38.12	0.000
B	1	2.667	2.6667	1.69	0.211
C	1	0.167	0.1667	0.11	0.749
D	1	0.667	0.6667	0.42	0.524
E	1	16.667	16.6667	10.56	0.005
Error	17	26.833	1.5784		
Total	23	107.833			

3.2 ผลการทดลองแบบ 3^k Factorial design

เมื่อทราบปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของเสียในกระบวนการประกอบกรอบ แล้วได้ดำเนินการทดลองโดยใช้การทดลองแบบ 3^k Factorial Design โดยขั้นตอนการทดสอบ จะประกอบด้วย 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 4 และทดลองซ้ำที่ระดับปัจจัยต่างๆเป็นจำนวน 2 Replicate จำนวนที่ใช้ทดสอบทั้งหมดรวม 18 ครั้ง

ตารางที่ 4 ปัจจัยและคุณลักษณะปัจจัยป้อนเข้า

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย			หน่วย
		ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง	
1. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง	(A)	100.0	120.0	140.0	มิลลิเมตร /วินาที
2. ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด	(E)	0.025	0.035	0.045	มิลลิเมตร



รูปที่ 4 การตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูลการทดลองแบบ 3^k Factorial design

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การทดสอบแบบ 3^k Factorial design

General Factorial Regression: Result versus A, B

Factor Information

Factor	Levels	Values
A	3	100, 120, 140
B	3	0.025, 0.035, 0.045

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	8	39.185	4.8981	6.96	0.000
Linear	4	34.593	8.6481	12.29	0.000
A	2	7.630	3.8148	5.42	0.014
B	2	26.963	13.4815	19.16	0.000
2-Way Interactions	4	4.593	1.1481	1.63	0.210
A*B	4	4.593	1.1481	1.63	0.210
Error	18	12.667	0.7037		
Total	26	51.852			

Model Summary

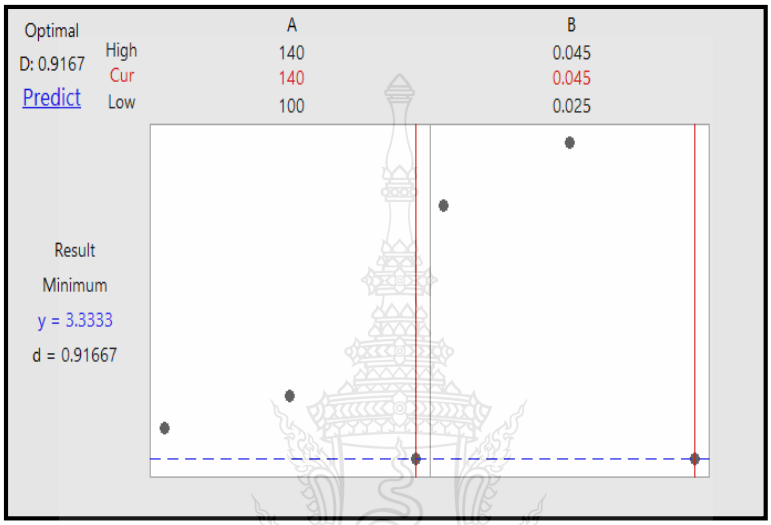
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.838870	75.57%	64.71%	45.04%

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) (ด้านซ้ายบน) มีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง ทำให้ประมาณได้ว่าค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีการแจกแจงแบบปกติ และการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) (ด้านบนขวา) มีรูปแบบที่เป็นอิสระ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน แสดงให้เห็นว่าค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent) และผลการตรวจสอบความเสถียรของ σ^2 (Variance Stability) (ด้านล่างขวา) พบว่า ค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละตำแหน่ง และไม่พบว่ารูปแบบการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีลักษณะเป็นแนวโน้มแต่อย่างใด จึงสรุปว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง (A) และระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด (E) แต่ละปัจจัยมีค่า P-Value น้อยกว่า α = 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 5 จึงสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยทั้งสองมีผลปริมาณของเสียในกระบวนการประกอบกรอบยึด ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05

3.3 ผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของทั้ง 2 ปัจจัย พบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองเท่ากับ 140.0 มิลลิเมตร/วินาที และระยะความสูงของหัวจับเท่ากับ 0.045 มิลลิเมตร เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ค่าการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมที่กำหนด

3.4 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

เพื่อเป็นการยืนยันผลว่าจุดเหมาะสมที่ได้จากผลการวิจัยเป็นสภาวะการทำงานใหม่ที่ดีกว่าเดิม จึงนำค่าที่ได้มาทดสอบใช้จริงเป็นระยะเวลา 1 เดือน (เมษายน พ.ศ. 2559) และนำข้อมูลจำนวนของเสียก่อนการทำวิจัยมาเปรียบเทียบกับข้อมูลของเสียหลังการทำวิจัย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบจำนวนของเสียของการทำงานในสภาวะเดิม กับจำนวนของเสียของการทำงานในสภาวะใหม่สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบผลก่อน-หลังปรับปรุง

หัวข้อ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	% การปรับปรุง
ยอดการผลิต เฉลี่ย (ชิ้น)	426,267	410,835	-
ของเสียเฉลี่ย (ชิ้น)	36,404	13,520	-
มูลค่าของเสียเฉลี่ย (บาท/เดือน)	125,596	46,644	-
% ของเสียเฉลี่ย	8.54%	3.29%	5.25%

จากตารางที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณของเสียก่อนและหลังมีการนำผลการทดลองไปประยุกต์มาใช้ จะเห็นได้ว่าสภาพการดำเนินงานก่อนปรับปรุง ช่วงเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนมีนาคม 2559 นั่นมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการผลิตเท่ากับ 426,267 ชิ้นต่อเดือนและมีปริมาณของเสียเฉลี่ยที่ 36,404 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นอัตราของเสียเฉลี่ยที่ 8.54% และคิดเป็นมูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยเท่ากับ 125,596 บาทต่อเดือน ซึ่งหลังจากการปรับปรุงโดยปรับความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองเท่ากับ 140.0 มิลลิเมตร/วินาที และระยะความสูงของหัวจับเท่ากับ 0.045 มิลลิเมตร ผลที่ได้พบว่าอัตราของเสียเฉลี่ยลดลงจาก 8.54% เป็น 3.29% สามารถลดลง 5.25% หรือราวๆ 80,000 บาทต่อเดือนเลยทีเดียว

4. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการการผลิต จากการทดลองเบื้องต้นโดยใช้การทดลองแบบ Plackett-Burman คือความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง ระยะความสูงที่หัวจับหยิบกรอบยึด การหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมจากการนำปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญมาทำการออกแบบการทดลอง 3^k Factorial design เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสม (Response Optimization) พบว่าถ้าต้องการให้ค่าจำนวนของเสียเกิดน้อยที่สุดจะต้องควบคุมปัจจัยดังนี้ค่าของความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองเท่ากับ 140.0 มิลลิเมตร/วินาที ระยะความสูงของหัวจับเท่ากับ 0.045 มิลลิเมตรเมื่อพิจารณาทั้ง 2 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญพร้อมกับดำเนินงาน พบว่าจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในสถานีการประกอบกรอบยึด มีค่าเท่ากับ 3.29% ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 4.32% (ลดลง 50% จาก 8.65% ที่เป็นของเสียเดิม)

4.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษา มีการผลิตชิ้นส่วนหน้าจอสมาร์ทโฟนหลายรุ่นหลายโมเดล โดยแต่ละรุ่นจะใช้ชนิดของวัสดุที่แตกต่างกัน แต่ลักษณะการประกอบยังคงประกอบโดยใช้เครื่องจักรเหมือนกัน ซึ่งสามารถนำวิธีการออกแบบการทดลอง ไปใช้ในการหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบและหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีเป็นอย่างสูงสำหรับคำแนะนำที่ดีตลอดมา และบริษัทกรณีศึกษา ขอขอบคุณคุณพงศ์ชนิศ นาคันและคุณอิสรภาพ สินวร ที่มีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ปัจจัยเบื้องต้น และขอขอบคุณกำลังใจดีๆจากบิดามารดา และสุดท้ายขอขอบคุณผู้ที่ให้ข้อมูลต่างๆที่ไม่ได้กล่าวถึง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] C. D. Montgomery. Design and Analysis of Experiment. Singapore: John Wylie & Sons; 1991

[2] ชาญณรงค์ อินทรชู, ระพี กาญจนะ. การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อนจากถาดฮาร์ดดิสก์ 2.5 โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลธัญบุรี*. 17 มีนาคม 2556; 116 – 126.

[3] ทศพล เกียรติเจริญผล. การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบแลกเกอร์บนแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก. Ladkrabang Engineering Journal. Vol.26. March 2009; 60 - 65.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายวิทยา สุมะลิ
วัน เดือน ปีเกิด	22 กันยายน 2528
ที่อยู่	54 หมู่ 4 ตำบลบ้านทราย อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี 15110
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	วิศวกรการผลิต บริษัท มินิแบไทย จำกัด พ.ศ. 2554 ถึงปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	08-7035-5721
อีเมล์	wittaya.sumali@hotmail.com