

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

วิทยา สุมะลี^{1*} และระพี กาญจนะ²

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

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. The 3^k factorial design with response optimizer was then consequently applied to analyze. The result showed that 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

ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการศึกษาที่กระบวนการการผลิตหน้าจอเป็นหลัก ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้หุ่นยนต์ในการประกอบหน้าจอ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการประกอบย่อยและกระบวนการประกอบหลัก เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการประกอบหลักมีราคาค่อนข้างสูง และมีปริมาณของเสียสูงเมื่อเทียบกับกระบวนการประกอบย่อย จึงสนใจกระบวนการประกอบหลักเป็นสำคัญ และเมื่อพิจารณาในแต่ละสถานีของกระบวนการประกอบหลัก ประกอบด้วย 4 สถานีคือ Diffuser, Spacer, Prism Sheet และกรอบยัด (Shading sheet) โดยสถานีที่เกิดข้อบกพร่องมากที่สุดคือสถานีการประกอบกรอบยัด ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งมีของเสียทั้งหมด 37,137 ชิ้น จากของเสียทั้งหมด 45,833 ชิ้นหรือคิดเป็น 81% จากของเสียทั้งหมด เนื่องจากตัววัตถุดิบมีลักษณะเป็นกรอบกาวกลวง ทำให้เกิดการเสียรูปได้ง่าย

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนในกระบวนการประกอบกรอบ ตั้งแต่ เมษายน - สิงหาคม 2558

สถานี	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

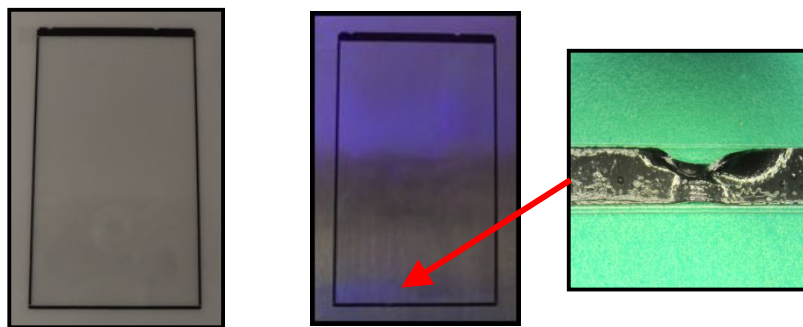
จากปัญหาดังกล่าวทำให้กระบวนการผลิตมีต้นทุนที่เพิ่มมากขึ้น สิ่งที่จะทำให้ห้องกรออยู่ในสภาวะขาดทุนได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะลดปริมาณของการเสียรูปของกรอบยึดลงให้ได้อย่างน้อย 50.0% จากปริมาณของเสียเฉลี่ยต่อเดือนเดิมที่ 8.65% ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOE) เทคนิคนี้เป็นเครื่องมือทางสถิติที่นิยมนำมาใช้ในการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) และเมื่อทราบความสัมพันธ์จะสามารถออกแบบค่าของปัจจัยให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ [1] อย่างไรก็ตามเทคนิคการทดลองแบบแฟคทอเรียล ที่นิยมนำไปประยุกต์ในการหาสภาวะที่เหมาะสมในวงการอุตสาหกรรม ได้แก่การทดลอง 2^k แฟคทอเรียลแบบเพิ่มจุดกึ่งกลาง ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้เมื่อพื้นฐานของการทดลองแบบแฟคทอเรียลมีจำนวนการทดลองที่ไม่มากนัก สามารถสรุปผลการศึกษาด้วยนัยสำคัญทางสถิติและง่ายต่อความเข้าใจเพื่อนำไปใช้ในเชิงปฏิบัติ ดังตัวอย่าง การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อนถาดบรรจุอาร์ดติสก์ 2.5 [2] ซึ่งนำปัจจัยที่มีลำดับความสำคัญ 3 อันดับแรกมาทำการพิจารณา โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^k (2^k Factorial Design) ซึ่งได้ทดลองแบบ 23 ออกแบบให้ใช้ Full Factorial และทำซ้ำ 2 ครั้ง ซึ่งผลการทดลองสามารถลดของเสียจากเดิม 3.53% เหลือเพียง 0.93%

นอกจากนี้การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล ยังถูกนำไปใช้ในการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบแลกเกอร์บนแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก [3] โดยใช้หลักการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่เพิ่มจุดกึ่งกลาง ประกอบด้วย 3 ปัจจัย ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้นำมาหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้ การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เหมาะสม (Response Optimizer) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า น้ำหนักแลกเกอร์ต่อพื้นที่ 8.5 กรัมต่อตารางเมตร อุณหภูมิบ่ม 125 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้บ่ม 13 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมมากที่สุด เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^k (2^k Factorial Design) และ 3^k (3^k Factorial Design) ยังถูกนำไปใช้ลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติก ปัจจัยที่ส่งผลเหลือ 2 ปัจจัยจาก 3 ปัจจัย คืออุณหภูมิในการหลอม PVC ที่ Mixing Rolls 180 องศาเซลเซียส และปริมาณเศษพีวีซีแผ่นที่นำกลับมาหลอมใหม่ที่ Mixing Rolls 30 กิโลกรัม/Batch เมตร ซึ่งทำให้สามารถลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดการตรวจสอบประเภทเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลาย ที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ลงได้ 73.08 เปอร์เซ็นต์ [4]

2. วิธีการวิจัย

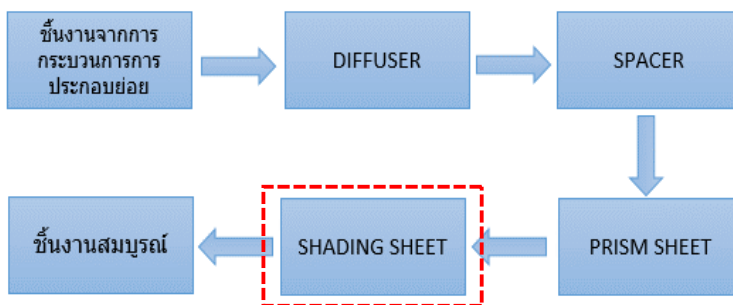
2.1 การคัดกรองปัจจัยเบื้องต้น

ปัญหาในการวิจัยครั้งนี้คือ การเสียรูปของกรอบยึด ซึ่งลักษณะของกรอบยึดที่ดีจะไม่บิดเบี้ยวและมีรูปทรงสี่เหลี่ยมของกรอบชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 1 โดยปัจจัยที่อาจมีผลกระทบต่อการเสียรูปของกรอบยึดจะถูกนำมาเก็บรวบรวมและคัดกรองปัจจัยเบื้องต้นโดยการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญ กระบวนการประกอบหลักนั้นสามารถอธิบายลำดับขั้นตอนได้ตามรูปที่ 2 ซึ่งสถานีกรอบยึดจะเป็นสถานีสุดท้ายในกระบวนการประกอบหลักก่อนจะเป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์



รูปที่ 1 ลักษณะของกรอบยึด;

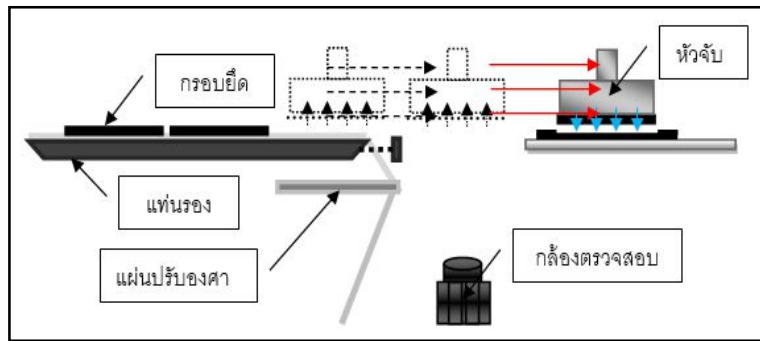
(ก) ลักษณะกรอบยึดที่ดี, (ข) ลักษณะกรอบยึดเสียรูป



รูปที่ 2 ลำดับขั้นตอนของกระบวนการประกอบหลัก

ขั้นตอนของการประกอบกรอบยึด เริ่มจากหัวจับจะเคลื่อนที่ในแนวแกน Z ลงมาหีบจับกรอบยึดในตำแหน่งที่กำหนดไว้ จากนั้นกรอบยึดและหัวจับจะเคลื่อนที่ไปในแนวแกน Y ด้วยอัตราเร็วที่เท่ากันอย่างสม่ำเสมอ

หัวจับจะใช้ลมดูด (Vacuum) ในการหยิบจับกรอบยึดขึ้นมาเพื่อแยกออกจากแผ่นฟิล์ม ณ ตำแหน่งสุดท้ายของแท่นรอง หัวจับที่มีกรอบยึดจะถูกตรวจสอบลักษณะทางกายภาพโดยกล้องตรวจสอบ เพื่อเปรียบเทียบภาพ ณ ปัจจุบันเป็นไปตามภาพมาตรฐานหรือไม่ หากกรอบยึดมีลักษณะที่ดีและเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด หัวจับจะนำกรอบยึดมาประกอบบนแลมแชสซิส [แลมแชสซิส (Lam-Chassis) มีลักษณะเป็นแผ่นโลหะสีเหลี่ยมผืนผ้าเป็นวัสดุที่ใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับหน้าจอ ไม่บิดงอได้ง่าย] และถูกส่งไปยังสายพานลำเลียงต่อไป ซึ่งรูปแบบของการประกอบจะแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนของการประกอบกรอบยึดลงบนชิ้นงาน

การคัดกรองปัจจัยเบื้องต้น เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสียรูปของกรอบยึด ซึ่งในขั้นตอนนี้มีการระดมความคิดเห็นจากทีมงานวิศวกรที่มีประสบการณ์และมีความเชี่ยวชาญในกระบวนการผลิต เพื่อร่วมกันวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียด้วยแผนผังก้างปลา หลังจากมีการกรองปัจจัยเบื้องต้นแล้ว ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปของกรอบยึดจะถูกออกแบบการทดลองด้วยเทคนิค Plackett-Burman แทนแผนการทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูป เนื่องจากจะต้องมีค่าใช้จ่ายสูง ต้องใช้เวลาและทรัพยากรมาก แผนการทดลองแบบ Plackett & Burman จึงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพมาก กว่าเนื่องจากการลดรูปลงจากการทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูปในสัดส่วนของจำนวนระดับปัจจัย จึงนิยมนำมาใช้ในการคัดเลือกปัจจัยออกบางส่วน เพื่อลดจำนวนปัจจัยลงเหลือเฉพาะปัจจัยที่สำคัญ (มีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนอง) [5] โดยจะทำการศึกษปัจจัยละ 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (Low) และระดับสูง (high) เพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อสามารถกำหนดระดับปัจจัยได้ครบถ้วนแล้ว ก็ จะนำปัจจัยมาทำการทดลองตามข้อมูลที่กำหนด และเมื่อได้ปัจจัยที่มีนัยสำคัญแล้ว จะนำปัจจัยเหล่านั้นไปทดสอบด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสามระดับ (3k Factorial Design) เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม การทดลองนี้จะกำหนดระดับของปัจจัยเป็น 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (Low) ระดับกลาง (Medium) และระดับสูง (High) ทั้งนี้ระดับของปัจจัยที่ได้ทำการทดลองเบื้องต้นมากำหนดค่าระดับกลาง

2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองและหาสภาวะที่เหมาะสม

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

2.3 การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุง

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำผลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง มาทำการทดลองจริงตามรูปแบบการผลิต ณ ปัจจุบัน โดยจะเริ่มทดลองจริงในเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับปริมาณของเสียเฉลี่ยต่อเดือนที่เกิดขึ้นที่สถานีประกอบยึด ตั้งแต่เดือน เมษายน ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2558 ที่มีค่าเท่ากับ 8.65%

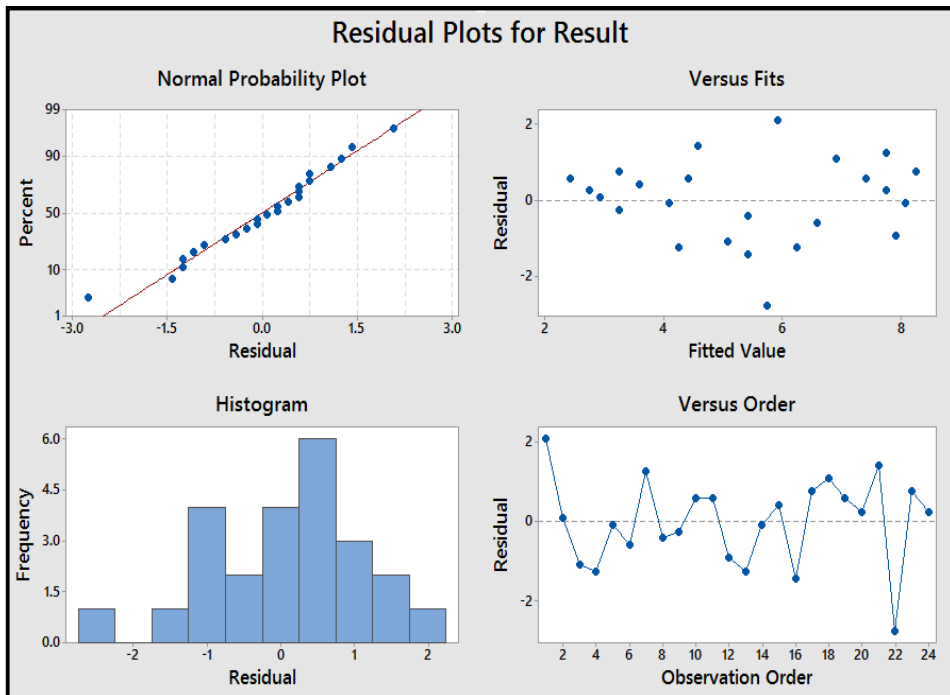
3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการคัดกรองปัจจัยเบื้องต้น

หลังจากมีการระดมสมองและวิเคราะห์หาสาเหตุร่วมกับทีมวิศวกรผู้มีประสบการณ์ในด้านการออกแบบและกระบวนการผลิตแล้ว พบว่ามีทั้งหมด 5 ปัจจัยที่น่าจะมีอิทธิพลต่อการเสียรูปอย่างมีนัยสำคัญ ระดับของปัจจัยนั้นๆจะระบุในตารางที่ 2 (สถานีการประกอบรอยยึดได้ใช้ค่าที่ระบุดังตารางที่ 2 เป็นค่าที่ใช้จริงในการผลิต) เพื่อใช้หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปของรอยยึด โดยนำมาดำเนินการทดลองเบื้องต้นโดยใช้การทดลองแบบ Plackett-Burman เพื่อทดสอบถึงความมีนัยสำคัญของปัจจัยที่ระดับ 0.05 โดยจะประกอบด้วย 5 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ และทดลองซ้ำที่ระดับปัจจัยต่าง ๆ เป็นจำนวน 2 Replicate จำนวนที่ใช้ทดสอบทั้งหมดรวม 24 ครั้ง

ตารางที่ 2 ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย		
		ระดับต่ำ (Low)	ระดับสูง (High)	หน่วย (Unit)
ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรอยยึดออกจากแท่นรอง	A	100.0	140.0	มิลลิเมตร/ วินาที
องศาของมุมแท่นรอง	B	3.0	5.0	มิลลิเมตร
องศาของทิศทางแผ่นฟิล์มหลังจากแยกจากรอยยึด	C	90.0	45.0	องศา
ระยะรอยยึดที่ยึดออกจากแท่นรอง เพื่อรอหัวจับหนีบ	D	0.0	5.0	มิลลิเมตร
ระยะความสูงที่หัวจับหนีบรอยยึด	E	0.025	0.045	มิลลิเมตร



รูปที่ 4 การตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูลของการทดลองแบบ Plackett-Burman

จากรูปที่ 4 เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลที่ได้ แสดงให้เห็นว่าการตรวจสอบส่วนตกค้าง (Residual) ของข้อมูล (เข้ายบ) ข้อมูลอยู่ใกล้เคียงกับเส้นปกติ จุดตัดจะเรียงตัวกันเป็นแนวเส้นตรง และลักษณะการเกิดจุดจะต้องไม่กระจุกเป็นกลุ่มๆ สามารถอนุมานได้ว่า ข้อมูลนี้มีความเหมาะสม และจากกราฟ Versus Fitted Value (ขวาบน) เป็นการตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยดูจากการกระจายของจุดที่แทนข้อมูล ซึ่งจากลักษณะของกราฟสามารถอธิบายได้ว่าการกระจายอย่างเป็นอิสระต่อกัน สำหรับข้อมูลจากกราฟ Versus Order (ขาล่าง) เป็นการตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance stability) โดยใช้แผนภูมิการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ในแต่ละระดับของปัจจัย ซึ่งพบว่า ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวสม่ำเสมอทั้งทางบวกและทางลบ แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า มีเพียงสองปัจจัยที่มีค่า P-Value น้อยกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าทั้ง 2 ปัจจัย มีผลต่อปริมาณของเสียในกระบวนการประกอบกรอบยัดที่ระดับมีนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของเสียในกระบวนการประกอบคือความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยัดออกจากแท่นรอง (A) และระยะความสูงที่หัวจับหีบกรอบยัด (E) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Plackett-Burman ของปัจจัยทั้ง 5

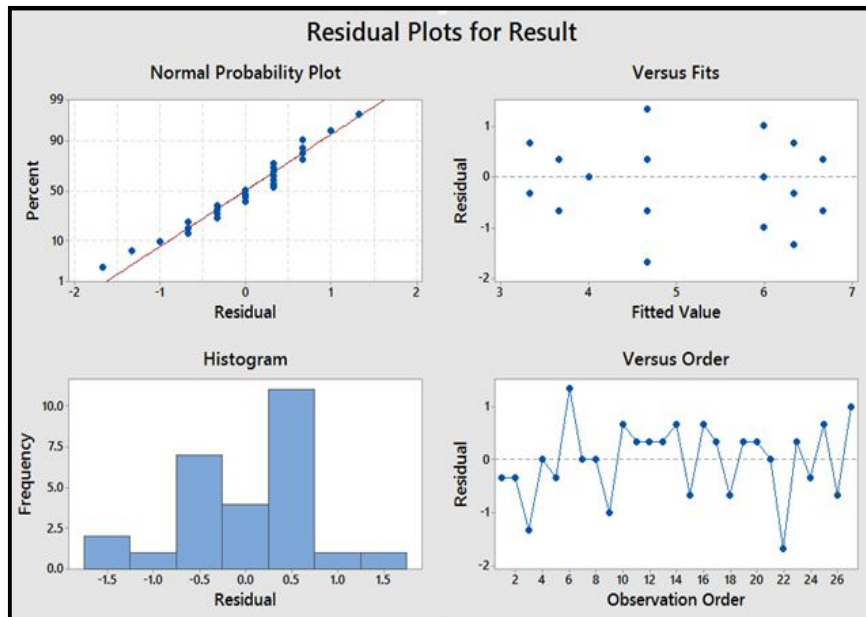
Factorial Regression: Result versus Blocks, A, B, C, D, E					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	81.000	13.5000	8.55	0.000
Blocks	1	0.667	0.6667	0.42	0.524
Linear	5	80.333	16.0667	10.18	0.000
A	1	60.167	60.1667	38.12	0.000
B	1	2.667	2.6667	1.69	0.211
C	1	0.167	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. ระยะความสูงที่หัวจับหีบกรอบยึด	(E)	0.025	0.035	0.045	มิลลิเมตร



รูปที่ 5 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

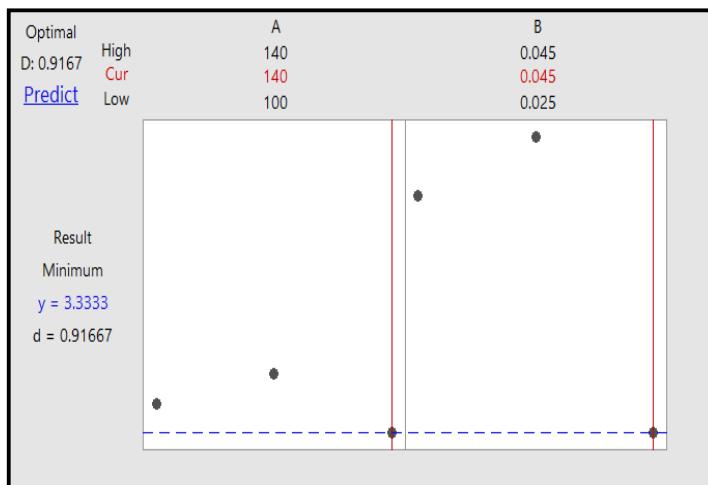
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.838870	75.57%	64.71%	45.04%

จากรูปที่ 5 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 และไม่พบว่ามีรูปแบบการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีลักษณะเป็นแนวโน้มแต่อย่างใด จึงสรุปว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรวยออกจากแท่นรอง (A) และระยะความสูงที่หัวจับหนีบกรวยยึด (E) แต่ละปัจจัยมีค่า P-Value น้อยกว่า $\alpha = 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 5 จึงสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยทั้งสองมีผลปริมาณของเสียในกระบวนการประกอบกรวยยึด ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ และในส่วนของ A*B นั้น ได้ค่า P-Value มากกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่า 2 ปัจจัยไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน นั่นคือ ปัจจัยความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรวยยึดออกจากแท่นรองและปัจจัยระยะความสูงที่หัวจับหนีบกรวยยึดไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

3.3 ผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของทั้ง 2 ปัจจัย พบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรวยยึดออกจากแท่นรองเท่ากับ 140.0 มิลลิเมตร/วินาที และระยะความสูงของหัวจับเท่ากับ 0.045 มิลลิเมตร เป็นสภาวะที่เหมาะสมในขอบเขตของข้อมูลที่ศึกษาและอยู่ในข้อกำหนดระหว่างผู้ผลิตกับผู้ซื้อ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ค่าการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมที่กำหนด

3.4 ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

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

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบผลก่อน-หลังปรับปรุง

ดัชนีชี้วัด	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 6 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณของเสียก่อนและหลังมีการนำผลการทดลองไปประยุกต์มาใช้ จะเห็นได้ว่าสภาพการดำเนินงานก่อนปรับปรุง ช่วงเดือนเมษายน 2558 ถึง เดือนมีนาคม 2559 นั้นมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการผลิตเท่ากับ 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% หรือประมาณ 80,000 บาทต่อเดือน

4. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

จากการระดมสมองและเลือกปัจจัยที่นำมาศึกษา 5 ปัจจัย โดยใช้การทดลองแบบ Plackett-Burman กรองปัจจัยเบื้องต้นเหลือ 2 ปัจจัย คือความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรอง และระยะความสูงที่หัวจับยึดกรอบยึด จากนั้นหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมจากการนำปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญมาทำการออกแบบการทดลอง 3^k Factorial design เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมด้วยเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสม (Response Optimization) ในขอบเขตของข้อมูลที่ศึกษาและอยู่ในข้อกำหนดระหว่างผู้ผลิตกับผู้ซื้อ พบว่าถ้าต้องการให้จำนวนของเสียเกิดน้อยที่สุดจะต้องควบคุมปัจจัยดังนี้ค่าของความเร็วในการเคลื่อนที่ของกรอบยึดออกจากแท่นรองเท่ากับ 140.0 มิลลิเมตร/วินาที ระยะความสูงของหัวจับเท่ากับ 0.045 มิลลิเมตรเมื่อพิจารณาทั้ง 2 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญพร้อมกับดำเนินงาน พบว่าจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในสถานีการประกอบกรอบยึด มีค่าเท่ากับ 3.29% ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 4.32% หรือลดลงอย่างน้อย 50% จาก 8.65% ที่เป็นของเสียเดิมตามวัตถุประสงค์

4.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโรงงานการศึกษา มีการผลิตชิ้นส่วนหน้าจอสมาาร์ทโฟนหลายรุ่นหลายโมเดล โดยแต่ละรุ่นจะใช้ชนิดของวัสดุที่แตกต่างกัน แต่ลักษณะการประกอบยังคงประกอบโดยใช้เครื่องจักรเหมือนกัน ซึ่งสามารถวิธีการออกแบบการทดลอง ไปใช้ในการหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อและหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. D. Montgomery. Design and Analysis of Experiment. Singapore: John Wylie & Sons; 1991
- [2] ชาญณรงค์ อินทรชู, ระพี กาญจนะ. การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อนจากถาดฮาร์ดดิสก์ 2.5 โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชวมงคลธัญบุรี. ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2556; 116 – 126.
- [3] ทศพล เกียรติเจริญผล. การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม สำหรับการเคลือบแลกเกอร์บนแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก. Ladkrabang Engineering Journal. Vol.26. March 2009; 60 - 65.
- [4] โสภิตา ท่วมมี และ อรรถกร เก่งพล. การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่นโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง : กรณีศึกษา บริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก. วารสารวิชาการ พระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 ก.ย. - ธ.ค. 2551; 80-89
- [5] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยาและพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. 2551. การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด. กรุงเทพฯ. 448 หน้า