

การประยุกต์วิธีการทาทุชิ เพื่อลดชิ้นงานเสียในกระบวนการประกอบ แผ่นวงจรพิมพ์พีซีบี กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

สมพร วงษ์เพ็ง^{1*} อัญญารัตน์ ประสันใจ²

^{1,2}คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี ประเทศไทย

*ผู้พิมพ์ประสานงาน อีเมล : somporn_v@mutt.ac.th

รับต้นฉบับ: 25 กันยายน 2562; รับบทความฉบับแก้ไข: 28 ตุลาคม 2562; ตอบรับบทความ: 12 พฤศจิกายน 2562

เผยแพร่ออนไลน์: 25 ธันวาคม 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์พีซีบี จากการศึกษากระบวนการผลิต ณ โรงงานกรณีศึกษา มีปริมาณของเสียร้อยละ 4.39 ก่อนการปรับปรุง ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานประกอบด้วยการนำแผนภูมิพาเรโตมาใช้ จัดลำดับปัญหาที่เกิดขึ้นร่วมกับการใช้แผนผังแสดงเหตุและผลในการหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา จากนั้นออกแบบการทดลองด้วยวิธีทาทุชิ เพื่อหาค่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสม สำหรับปัจจัยที่มีอิทธิพลของกระบวนการ ซึ่งได้แก่ ความเร็ว (Squeegee Speed), แรง (Squeegee Force), และ ความสูง (Board Size Height) การออกแบบการทดลองถูกใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ โดยการพิจารณาค่า signal to noise ratio ที่ทำให้เกิดค่า smaller the better

จากการทดลองพบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดดังนี้ คือ ความเร็ว (Squeegee Speed) คือ 30 มิลลิเมตรต่อวินาที แรง (Squeegee Force) คือ 20 นิวตัน และความสูง (Board Size Height) คือ 1.0 มิลลิเมตร เมื่อมาปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องพิมพ์ตะกั่ว ทำให้ของเสียต่อเดือนลดลงเหลือร้อยละ 2.58 ซึ่งจากเดิมของเสียต่อเดือนร้อยละ 4.39 ของเสียลดลงร้อยละ 40 เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

คำสำคัญ : การประยุกต์ใช้ทาทุชิ แผ่นวงจรพิมพ์พีซีบี ลดของเสีย

Application of Taguchi Method for Defect Reduce Assembly Process on Printed Circuit Board A Case Study of An Electronics Part Factory

Somporn Vongpeang^{1*} Anyarat Prasanjai²

^{1,2} Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, Thailand

*Corresponding Author. E-mail address: somporn_v@rmutt.ac.th

Received: 25 September 2019; Revised: 28 October 2019; Accepted: 12 November 2019

Published online: 25 December 2019

Abstract

This research aimed to reduce a defect in printed circuit board assembly process. The amount of defect of the production process at a case study company was 4.39 percent before the improvement. The steps of improvement were based on the Pareto chart and cause – effect diagram to analyze the problem and design the experiment by Taguchi method in order to find the suitable factors. The effective factors in the process were a squeegee Speed, a squeegee force, and a board size height. The experiment was designed as a tool to determine the appropriate set of parameters in order to find the signal to noise ratio that had a smaller the better value.

The result of this research showed that the appropriate parameters to set up the machine were: a squeegee speed was 30 millimeters per second, a squeegee force was 20 Newton, and a board size height was 1.0 millimeters. After the experiment, it showed that defect reduced to 2.58 percent from 4.39 percent.

Keywords: Application of Taguchi, Printed circuit board, Defect reduce

1) บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีการแข่งขันกันสูง ซึ่งสินค้าอิเล็กทรอนิกส์เกือบทุกประเภทมีการปรับตัวเพิ่มขึ้น ดังนั้นความจำเป็นของการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการและเพิ่มผลผลิตด้านอุตสาหกรรม ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จึงยังเป็นสิ่งที่ภาคอุตสาหกรรมประเภทนี้ต้องการ ซึ่งปัญหาและอุปสรรคหนึ่งในกระบวนการผลิตประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นพีซีบีจะเกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการการพิมพ์ตะกั่วลงบนแผ่นพีซีบี การวางอุปกรณ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นพีซีบี การให้ความร้อนในการหลอมตะกั่ว ระหว่างตัวอุปกรณ์กับแผ่นพีซีบี ซึ่งจะต้องมีการกำหนด ค่าพารามิเตอร์ในการปรับตั้งอย่างเหมาะสม ถูกต้อง จำเป็นต้องมีความรู้และประสบการณ์ในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์เป็นอย่างดี เพื่อกำหนดวิธีการให้กับกระบวนการได้อย่างถูกต้องเหมาะสมเพื่อลดความสูญเสียให้เหลือน้อยที่สุด

สภาพการณ์ปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาที่ได้เข้าไปสำรวจนั้น พบปัญหาชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบของส่วนการพิมพ์ตะกั่ว (Printing Process) จากการนำข้อมูลบันทึกของชิ้นงานเสียของฝ่ายผลิตมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและแยกลักษณะงานเสีย จากข้อมูลพบชิ้นงานเสีย คิดเฉลี่ยต่อเดือนเป็นร้อยละ 4.39 ซึ่งในกระบวนการประกอบถือว่าเป็นร้อยละที่สูง

ดังนั้นจึงได้ทำการระดมสมองร่วมกันหลายฝ่ายและนำสาเหตุหลักที่ได้จากการวิเคราะห์มาทำการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น และได้ใช้แนวทางทฤษฎี เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) การควบคุมคุณภาพ และการออกแบบการทดลองด้วยวิธีทากูชิ เพื่อลดงานเสียให้ลดน้อยลงกว่า 40 %

2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1) เพื่อลดชิ้นงานเสียในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์พีซีบี ลดลง 40% ต่อเดือน

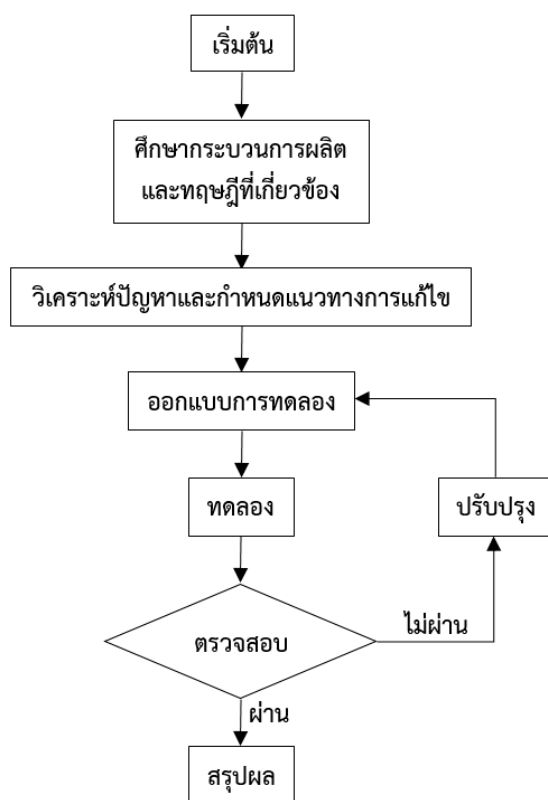
2.2) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการประกอบของส่วนการพิมพ์ตะกั่ว

3) วิธีดำเนินการวิจัย

3.1) ข้อมูลและการรวบรวมข้อมูล

การดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อค้นหาสาเหตุและระบุปัจจัยที่มีผลกระทบที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการประกอบ

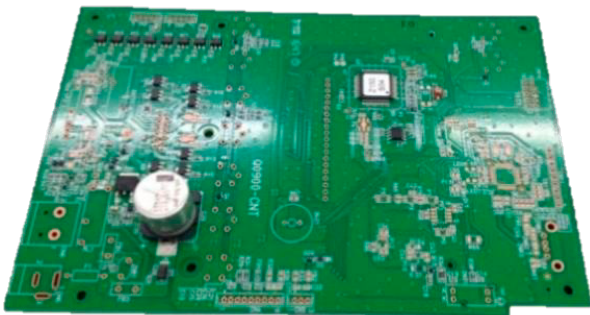
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นพีซีบี โดยคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณภาพตรงตามมาตรฐานเพื่อการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นพีซีบีเพื่อลดความสูญเสีย ลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น โดยได้ทำการศึกษาข้อมูลบริษัท ซึ่งดำเนินธุรกิจด้านการประกอบนาฬิกา และประกอบแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมเครื่องบันทึกเวลา โดยศึกษาจากการปฏิบัติงานในปัจจุบันร่วมกับทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ศึกษากระบวนการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นพีซีบี เก็บข้อมูลปัญหาในการประกอบชิ้นงาน ในรุ่นการผลิต รุ่น Z150 โดยศึกษาของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการที่ก่อให้เกิดปริมาณงานที่ไม่ตรงตามข้อกำหนด และศึกษาสภาพกระบวนการที่เป็นต้นตอของปัญหาที่เป็นกระบวนการที่เป็นสาเหตุ โดยทำการวิเคราะห์กระบวนการในการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ลงบนแผ่นพีซีบี จากนั้นจึงทำการประชุมเพื่อหาข้อสรุปกับทีมงานเพื่อศึกษาและทำการวิจัยเกี่ยวกับปัญหานี้ เริ่มทำการเก็บข้อมูลแล้วจึงทำการวิเคราะห์เพื่อนำไปหาวิธีการแก้ไขปัญหในส่วนการผลิต โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยเป็นลำดับดังแสดงรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปขั้นตอนการดำเนินงาน

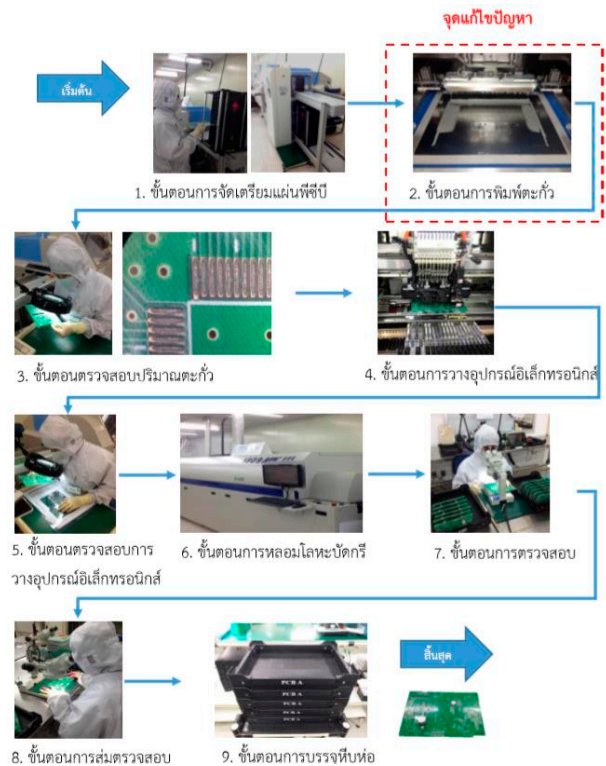
3.2) ศึกษากระบวนการการผลิตการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นพีซีบี

ผลิตภัณฑ์แผงวงจรประกอบด้วยลายวงจรที่เกิดจากการนำวงจรไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบจากวงจรไฟฟ้า ในรูปแบบของแบบวงจรไฟฟ้าหรือเรียกว่าภาษาทางเทคนิคว่า เซอร์กิตไดอะแกรม (Circuit Diagram) มาอยู่ในรูปแบบของชิ้นงานที่สามารถนำมาใช้งานในทางปฏิบัติงานได้จริง โดยส่วนประกอบของแบบวงจรไฟฟ้านั้น จะมาอยู่ในรูปแบบการต่อสายไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งไปสู่ชิ้นหนึ่งตามลำดับสัญญาณขาเข้าเรียกว่าอินพุตและสัญญาณขาออกหรือเอาต์พุตของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด ซึ่งการประกอบต่อบนลายวงจรจะต้องถูกต้องตามแบบของวงจร ที่ได้ถูกออกแบบไว้เท่านั้น หากมีส่วนใดส่วนหนึ่งที่ผิดแตกต่างจะไม่สามารถทำให้วงจรที่ต่อใช้งานนั้นสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ตามที่ได้ออกแบบไว้นั้นได้ครบถ้วน



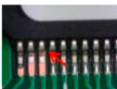
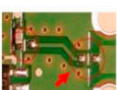
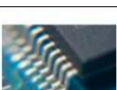
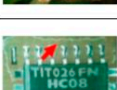
รูปที่ 2 ลักษณะของพีซีบีที่ทำการผลิตในรุ่น Z150 ที่นำมาศึกษากระบวนการ

ในกระบวนการผลิตรุ่น Z150 นี้จะมีการผลิตอย่างสม่ำเสมอ โดยมีการผลิตอยู่ประมาณ 1,000 ชิ้นต่อเดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนสั่งซื้อของลูกค้าที่ให้ทำการผลิตโดยให้โรงงานกรณีศึกษาผลิต โดยมีลำดับขั้นตอนการผลิตชิ้นงานตามกระบวนการดังนี้



รูปที่ 3 แผนภาพกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์โมเดลกรณีศึกษา

ตารางที่ 1 ตารางแสดงลักษณะของเสียในกระบวนการผลิต

ลักษณะของเสีย	ความหมาย	รูป
ตะกั่วลัดวงจร (Bridging)	โลหะบัดกรีที่ขาอุปกรณ์ที่เชื่อมติดกันโดยที่ไม่ต้องการเป็นสาเหตุให้เกิดการลัดวงจรของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นพีซีบี	
ตะกั่วไม่เพียงพอ (Insufficient Solder)	ปริมาณโลหะบัดกรีที่เชื่อมต่อขาอุปกรณ์มีปริมาณน้อย ไม่เพียงพอต่อขาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กับสายวงจรบนพีซีบี	
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลุด (Missing Part)	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องวางบนตำแหน่งที่กำหนดบนพีซีบีหลุดออกหายไปขณะการประกอบในสายการผลิต	
วางอุปกรณ์ไม่ตรง (Misalignment)	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่วางไม่ตรงตามแนวของการเชื่อมต่อของขาอุปกรณ์กับสายวงจรบนแผ่นพีซีบี	
ขาของตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลอย (Floating)	ขาของตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ยกออกจากจุดเชื่อมต่อกับสายวงจรบนแผ่นพีซีบีทำให้รูปทรงการประกอบไม่ปกติ	
ตะกั่วไหลละลายไม่สมบูรณ์ (Non wetting)	ตะกั่วที่ตำแหน่งเชื่อมต่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีการไหลละลายไม่สมบูรณ์เป็นเนื้อเดียวกัน	
คราบสกปรก (Dirty on Board)	คราบสกปรกแปลกปลอมเช่นเศษฝุ่นผงต่าง คราบการเปื้อนอุปกรณ์บนแผ่นพีซีบี	
ตะกั่วไม่เกาะขาอุปกรณ์ (Tombstone)	ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ประเภทซีพียูที่เกิดการยกขาข้างหนึ่งลอยและตั้งขึ้นจากจุด	
อุปกรณ์แตกหัก (Damage Component)	ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่แตก บิ่น ร้าว บวมจนผิวยกหรือแตกออกจากกัน	

3.3) การวิเคราะห์ปัญหาของชิ้นงานเสีย

จากการรวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้นภายใน 6 เดือน ในกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างเดือน มกราคม - มิถุนายน และสรุปรายละเอียดงานเสียทั้งหมด ในตารางที่ 2

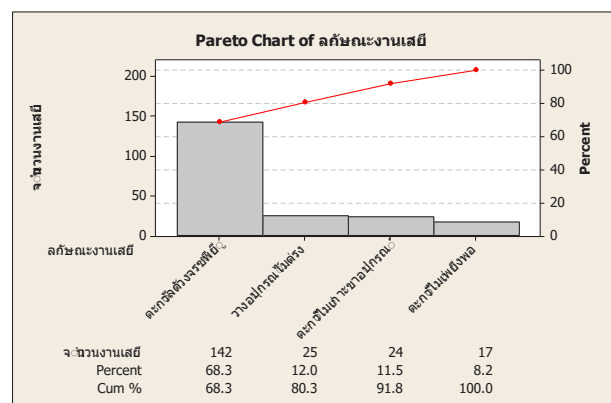
ตารางที่ 2 ข้อมูลของเสียจากฝ่ายผลิต 6 เดือน

เดือน	จำนวนผลิต (ชิ้น)	ชิ้นงานดี (ชิ้น)	ชิ้นงานเสีย (ชิ้น)	ชิ้นงานเสียร้อยละ
มกราคม	954	920	34	3.56
กุมภาพันธ์	1,245	1,197	48	3.86
มีนาคม	200	192	8	4.00
เมษายน	869	824	45	5.18
พฤษภาคม	235	220	15	6.38
มิถุนายน	1,233	1,175	58	4.70
รวม	4,736	4,582	208	4.39

งานที่เกิดปัญหาเหล่านี้จะต้องดำเนินการซ่อมหรือนำกลับมาทำซ้ำ (Rework) และบางส่วนต้องทิ้ง โดยมีค่าใช้จ่ายในการทิ้งต่อบอร์ดเป็นมูลค่า 850 บาทต่อบอร์ด โดยมูลค่าต้นทุนในการทิ้งนี้ เป็นมาตรฐานของบริษัท ตามต้นทุนค่าแรง ค่าเสียต่าง ๆ ของโรงงานได้มาจากข้อมูลของในหน่วยงานฝ่ายการผลิต จากข้อมูลพบว่า มีจำนวนแผ่นพีซีบีที่ถูกผลิตออกมาแล้วเป็นของเสียทั้งสิ้น 142 หน่วยคิดเป็นเงิน 120,700 บาท หรือเฉลี่ย 20,117 บาทต่อเดือน เมื่อนำบันทึกข้อมูลบอร์ดที่พบปัญหาแยกแยะกลุ่มของลักษณะอาการเสียที่เกิดขึ้น เพื่อหาจำนวนของลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้น โดยนับเป็นจำนวนจุดที่เกิดขึ้นบนแผ่นพีซีบีที่ถูกตรวจสอบพบปัญหาบนแผ่นพีซีบี จัดลำดับปัญหาได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนชิ้นงานที่เป็นของเสียแยกตามลักษณะตามประเภท

ลักษณะงานเสีย	งานเสีย (จำนวน)	งานเสียสะสม (จำนวน)	สัดส่วนสะสม (%)	สัดส่วน (%)
ตะกั่วลัดวงจรซีพียู	142	142	68	68
วางอุปกรณ์ไม่ตรง	25	167	80	12
ตะกั่วไม่เกาะขาอุปกรณ์	24	191	92	11.5
ตะกั่วไม่เพียงพอ	17	208	100	8.5
รวม	208	-	-	100



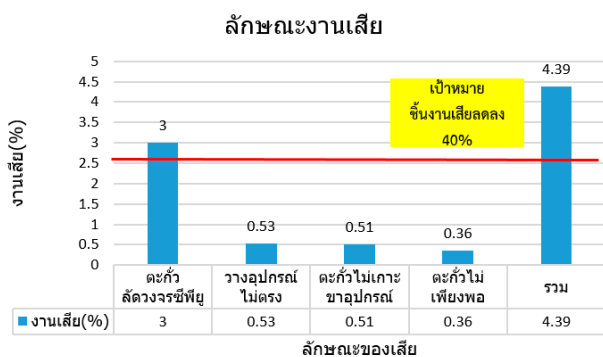
รูปที่ 4 แผนภูมิพาเรโตแสดงลักษณะของเสียที่พบตามลักษณะปัญหา

จากแผนภูมิพาเรโตแสดงให้เห็นว่าจำนวนของลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นพีซีบีแยกตามลักษณะของหัวข้อปัญหาทั้งหมดที่พบ ในสัดส่วน 80 : 20 ตามหลักการคัดเลือกปัญหาของพาเรโตนั้นจะมีปัญหาอยู่ 2 ลักษณะปัญหาได้แก่ อันดับที่ 1 คือ ปัญหาตะกั่วลัดวงจร

ซีพียู อยู่ที่ร้อยละ 68 ปัญหาอันดับที่ 2 คือ ปัญหาการวางอุปกรณ์ไม่ตรง อยู่ที่ร้อยละ 12 ซึ่งผลรวมอยู่ที่ร้อยละ 80 ของลักษณะของเสียที่พบมากที่สุดในการกระบวนการ แต่เนื่องจากเนื่องจากความรุนแรงของปัญหาหลังการผลิต ปัญหาการลัดวงจรจะสร้างความเสียหายให้กับผลิตภัณฑ์และชิ้นส่วนต่างและตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จึงเลือกหัวข้อ ตะกั่วลัดวงจรซีพียู มาพิจารณาในการลดปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะปัญหาที่จำเป็นเร่งด่วนที่มีผลกระทบต่อทางด้านคุณภาพ ต้นทุน ความเชื่อมั่นจากลูกค้า และเป็นปัญหาที่มีของเสียเกิดขึ้นสูงที่สุดเพื่อที่จะนำไปทำการแก้ไขปรับปรุง

ตารางที่ 4 ลักษณะของชิ้นงานเสีย 6 เดือน

ลักษณะงานเสีย	งานเสีย (จำนวน)	งานเสีย (%)	หมายเหตุ
ตะกั่วลัดวงจรซีพียู	142	3.00	ซ่อมไม่ได้
วางอุปกรณ์ไม่ตรง	25	0.53	ซ่อมได้
ตะกั่วไม่เกาะขา อุปกรณ์	24	0.51	ซ่อมได้
ตะกั่วเพียงพอ	17	0.36	ซ่อมได้
รวม	208	4.39	



รูปที่ 5 กราฟแสดงลักษณะชิ้นงานเสีย

เป็นกราฟแสดงอัตราส่วนของชิ้นงานเสียเฉลี่ยต่อเดือนทั้ง 4 แบบ จากการนำเอาข้อมูลชิ้นงานเสียทั้งหมด 6 เดือน ของฝ่ายผลิต มาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุและแก้ไขปรับปรุงต่อไป

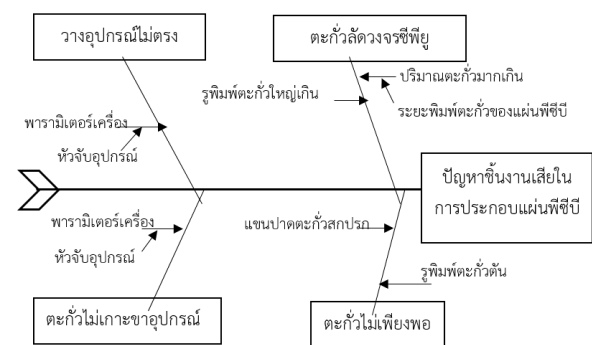
3.4) การวิเคราะห์ปัญหาและกำหนดแนวทางการแก้ไข

การหาสาเหตุของชิ้นงานเสียแต่ละชนิด โดยนำแผนผังเหตุและผล มาประยุกต์ในการระดมความคิดจากแผนกผลิต แผนกควบคุมคุณภาพ ผู้บริหาร และผู้ที่เกี่ยวข้อง ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การระดมความคิด

การเสนอแนวคิดในการปรับปรุงและการดำเนินการซึ่งวิธีการแก้ไขปัญหามาปรากฏการณ์ไม่สามารถที่จะแก้ไขได้โดยตรง จึงต้องหาแนวทางป้องกันและแก้ไข[1] จากการระดมความคิดสามารถแบ่งเหตุและผลออกเป็นสาเหตุหลัก ซึ่งสาเหตุหลักสามารถแตกเป็นแขนงสาเหตุย่อยได้อีกเพื่อให้สามารถวิเคราะห์สาเหตุได้ง่ายขึ้น ในการหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขต่อไปดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนผังแสดงเหตุและผลของชิ้นงานเสีย

จากแผนภาพแสดงเหตุและผลของชิ้นงานเสียเพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของชิ้นงานเสียแต่ละอาการและได้นำปัญหาทั้งหมดมาทำการแก้ไขที่ละขั้นตอน โดยทำการแจกแจงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สาเหตุของปัญหาและแนวทางการแก้ไขของชิ้นงานเสีย
ในกระบวนการผลิตพีซีบี

ปัญหา	สาเหตุของปัญหา	การแก้ไขปัญหา
1. ตะกั่ว ลัดวงจรซีพียู	-ปริมาณตะกั่ว มากเกินไป	-ทดลองปรับระยะของการ พิมพ์ตะกั่ว
	-รูพิมพ์ตะกั่ว ใหญ่เกินไป	-ทดลองปรับระยะของการ พิมพ์ตะกั่ว หรือสร้างบล็อก สกรีน
2. วางอุปกรณ์ ไม่ตรง	-พารามิเตอร์ เครื่อง	-ตรวจเช็คหัวจับอุปกรณ์ -ตรวจเช็คการวางอุปกรณ์
3. ตะกั่วไม่เกาะ ขาอุปกรณ์	-พารามิเตอร์ เครื่อง	-ตรวจเช็คหัวจับอุปกรณ์ -ตรวจเช็คการวางอุปกรณ์
4. ตะกั่วไม่ เพียงพอ	-รูพิมพ์บรรจุ ตะกั่วตัน	-ตรวจเช็คการทำ ความสะอาด
	-แขนปาดตะกั่ว สกปรก	

3.5) ปัจจัย และระดับปัจจัย

ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ พิจารณาเฉพาะปัจจัยที่ควบคุมได้ (Factor) และไม่สนใจปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Noise Factor)[2] โดยปัจจัยที่ศึกษา ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลักที่สำคัญ ได้แก่ ความเร็ว (Squeegee Speed), แรง (Squeegee Force), และ ความสูง (Board Size Height) โดยค่าระดับปัจจัยต่าง ๆ เพื่อประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย จากการระดมความคิดจากแผนกผลิต แผนกควบคุมคุณภาพ ผู้บริหาร และผู้ที่เกี่ยวข้อง ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปัจจัยและระดับปัจจัย

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย		หน่วย
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	
ความเร็ว Squeegee Speed	30	32	mm. / sec
แรง Squeegee Force	20	22	N.
ความสูง Board Size height	0.5	1.0	mm.

3.6) การออกแบบการทดลองด้วยวิธีทากูชิ

การออกแบบการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลด้วยวิธีทากูชิ ซึ่งใช้การสร้างแผนการทดลองแบบเมตริกซ์ (Design the matrix experiment) [3] มีรูปแบบการทดลองที่เลือกมาจากการทดลองแบบสมบูรณ์เพื่อลดเวลา และความสิ้นเปลืองทรัพยากรจากการทดลองจำนวนมาก [4] โดยใช้แผนการทดลองในรูปแบบ Orthogonal Array $L_8 2^3$ และผู้วิจัยทำการซ้ำ 3 ครั้ง ตามแผนที่ออกแบบไว้ โดยจะนำผลการทดลอง (ชิ้นงานเสีย) ที่ได้ มาคำนวณในอัตราส่วนสัญญาณต่อสิ่งรบกวน Signal-To-Noise Ratio เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมดังรูปที่ 8

Worksheet 1 ***			
↓	C1	C2	C3
	Speed	Force	Height
1	30	20	0.5
2	30	20	1.0
3	30	22	0.5
4	30	22	1.0
5	32	20	0.5
6	32	20	1.0
7	32	22	0.5
8	32	22	1.0

รูปที่ 8 ออกแบบการทดลองด้วยวิธีทากูชิ

4) ผลการวิจัย

ผลการทดลองตามรูปแบบ Orthogonal Array $L_8 2^3$ ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง[5] ค่าผลการทดลอง (Response) ในงานวิจัยนี้คือ ชิ้นงานเสีย และ คำนวณค่าในอัตราส่วนสัญญาณต่อสิ่งรบกวน (S/N Ratio) โดย การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสีย ซึ่งค่า ยิ่งน้อยยิ่งดี หมายความว่า ค่าผลการทดลองยิ่งน้อยยิ่งดี ตามทฤษฎีของทากูชิ การคำนวณดังกล่าวอยู่ในรูปของ Smaller-The-Better ผลการทดลองดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการทดลอง

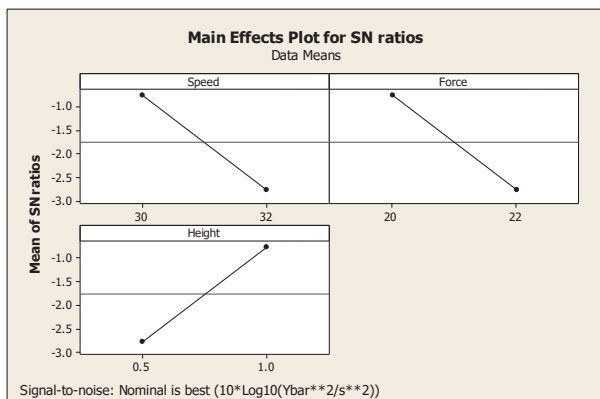
ลำดับ การ ทดลอง	ระดับของปัจจัยที่ใช้ทดลอง			ชิ้นงานเสีย		
	Speed	Force	height	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	30	20	0.5	1.0	1.0	0
2	30	20	1.0	1.0	1.0	1.0
3	30	22	0.5	1.0	0	0
4	30	22	1.0	1.0	0	1.0
5	32	20	0.5	0	1.0	0
6	32	20	1.0	0	1.0	1.0
7	32	22	0.5	0	0	0
8	32	22	1.0	0	0	1.0

การวิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่า ผลกระทบของแต่ละปัจจัยจากมากไปน้อย คือ ความเร็ว (Squeegie Speed), แรง (Squeegie Force), และ ความสูง (Board Size Height) ดังตารางที่ 8

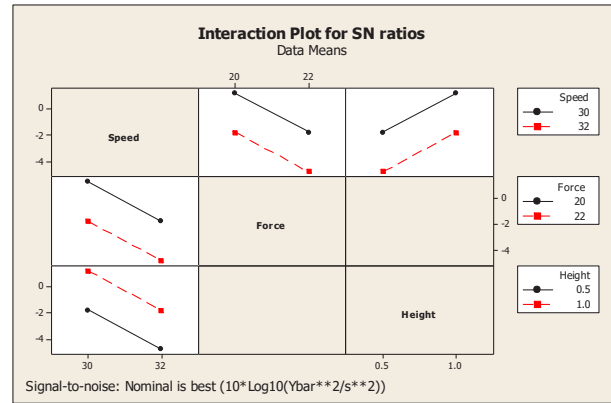
ตารางที่ 8 ผลตอบสนองค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนสัญญาณต่อสิ่งรบกวนที่ระดับต่าง ๆ ของแต่ละปัจจัย

ระดับ ปัจจัย	ความเร็ว Squeegie Speed	แรง Squeegie Force	ความสูง Board Size height
1	-0.7575	-0.7575	-2.7643
2	-2.7643	-2.7643	-0.7575
ผลกระทบ	2.0069	2.0069	2.0069
Rank	2	2	2

การวิเคราะห์ผลของทางสถิติเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมพิจารณาจากระดับอัตราส่วนสัญญาณต่อสิ่งรบกวน (Signal-to-Noise Ratio: S/N) มีค่าสูงสุดดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟผลตอบสนองค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสิ่งรบกวนปัจจัยหลัก



รูปที่ 10 กราฟผลตอบสนองค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสิ่งรบกวนความสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัย

จากรูปที่ 10 ปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องพิมพ์ตะกั่ว เพื่อลดปัญหาของเสียน้อยที่สุดดังนี้

-ความเร็ว (Squeegie Speed) ค่าที่เหมาะสม คือ 30 mm./sec (ระดับปัจจัยที่ 1)

-แรง (Squeegie Force) ค่าที่เหมาะสม คือ 20 N. (ระดับปัจจัยที่ 1)

-ความสูง (Board Size Height) ค่าที่เหมาะสม คือ 1.0 mm. (ระดับปัจจัยที่ 2)

จากค่าของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด คือ ความเร็ว (Squeegie Speed) คือ 30 mm./ sec แรง (Squeegie Force) คือ 20 N. และความสูง (Board Size Height) คือ 1.0 mm. นำมาปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องพิมพ์ตะกั่ว และควบคุมด้วยค่าดังกล่าวเป็นระยะเวลา 1 เดือน ดังรูปที่ 11

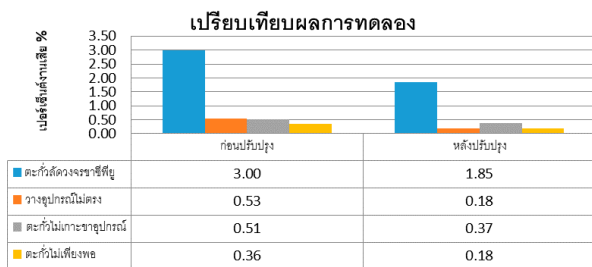


รูปที่ 11 การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องพิมพ์ตะกั่ว

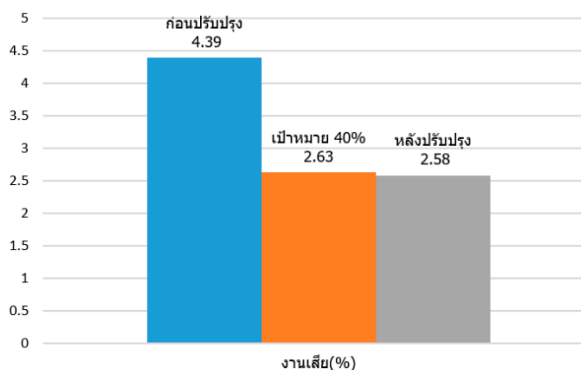
จากการควบคุมการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องพิมพ์ตะกั่ว ด้วยปัจจัยที่เหมาะสม ตามการออกแบบการทดลองด้วยวิธีของทางสถิติ ในเดือนสิงหาคม ผลดังตารางที่ 9 รูปที่ 12

ตารางที่ 9 ผลการทดลอง ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
In put (จำนวน)	4,736	542
Out put (จำนวน)	4,528	528
งานเสีย (จำนวน)	208	14
ตะกั่วลวดวงจรซีพียู	3.00	1.85
วางอุปกรณ์ไม่ตรง	0.53	0.18
ตะกั่วไม่เกาะขาอุปกรณ์	0.51	0.37
ตะกั่วไม่เพียงพอ	0.36	0.18
งานเสีย (%)	4.39	2.58
งานเสียที่ลดลง (%)	1.81	



รูปที่ 12 เปรียบเทียบผลการทดลอง



รูปที่ 13 เปรียบเทียบก่อนปรับปรุง เป้าหมาย และหลังปรับปรุง

5) สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า จากค่าของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด คือ ความเร็ว (Squeegee Speed) คือ 30 mm./sec แรง (Squeegee Force) คือ 20 N. และความสูง (Board Size Height) คือ 1 mm. นำมาปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องพิมพ์ตะกั่ว ทำให้ของเสียต่อเดือนลดลงจากเดิมร้อยละ 4.39 เหลือ 2.58 ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ของเสียลดลง

ร้อยละ 40 ผลการวิจัยสอดคล้องกับ [7] Wanruedee Intananok, 2015 ปัจจัยหลักในกระบวนการสกรีนโลหะบัดกรี

6) ข้อเสนอแนะ

การนำเอาเทคนิควิธีการทางภูมิศาสตร์ช่วยในการออกแบบการผลิต ทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งเป็นตัวช่วยในการปรับปรุงลดของเสียในกระบวนการผลิตในส่วนอื่น ๆ ได้นำไปสู่การลดต้นทุนในการผลิต และคุณภาพของชิ้นงานที่สูงขึ้น [8]

การวิจัยในกระบวนการเครื่องพิมพ์ตะกั่วในครั้งนี้ ผลการทดลองเป็นไปตามเป้าหมาย แต่ควรปรับปรุงในปัจจัยอื่น ๆ ต่อไป เพื่อให้ของเสียลดลงมากกว่า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่คอยสนับสนุน ทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ความรู้ เทคนิคต่าง ๆ และขอขอบพระคุณบริษัทกรณีศึกษาที่อำนวยความสะดวก สนับสนุน ความร่วมมือเป็นอย่างดีในผลงานในครั้งนี้

REFERENCES

- [1] Panuwat Tanasankulwong, "Application of Lean Six Sigma in Wine Glass Manufacturing Industry," (In Thai), *TNI Journal of Engineering and Technology*, Vol.7 No.1, pp. 22-31, January – June 2019.
- [2] D.C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, 6th ed. USA.: John Wiley & Sons, 2005.
- [3] G. Taguchi, *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, New York: McGraw-Hill, 1988.
- [4] Roy, R.K., *A primer on the Taguchi competitive manufacturing Series*, New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.
- [5] Chalida Chanwichit, "Application of Taguchi method to reduce packet loss," (In Thai), IE Network 2015 SILPAKORN UNIVERSITY, pp. 36-40, April 6-7, 2015.
- [6] Srinivas Athrey, "Application Of Taguchi Method For Optimization Of Process Parameters In Improving The Surface Roughness Of Lathe Facing Operation," *International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES)*, Vol. 1, No. 3, pp.13-19, November 2012.

- [7] Wanruedee Intananok, “DETERMINE PROPER CONDITIONS TO REDUCE DEFECTIVES IN A SOLDER PASTE SCREEN PRINTING PROCESS”, Master of Engineering thesis, Industrial Engineering Department, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 2015.
- [8] Surapong Bangphan, “Application of Taguchi Method for Optimizing Turning Process by Studying of Production Machining Parameter,” (In Thai), *UBU Engineering Journal*, Vol.7, No.2, pp. 104-112, July-December 2014.