

การกำหนดค่าปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อลดปัญหาตะกั่วลัดวงจร
โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง: กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

Optimal Factor Setting to Reduce Problem from Lead Bridging
by Using Design of Experiments: A Case Study of Electronics Part Factory

สมพร วงษ์เพ็ง* และ อัญญารัตน์ ประสันใจ

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, ประเทศไทย

E-mail: somporn_v@rmutt.ac.th

Somporn Vongpeng* and Anyarat Prasunjai

Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumtani, Thailand

E-mail: somporn_v@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหาตะกั่วลัดวงจรในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์พีซีบี โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง เพื่อกำหนดค่าปัจจัยที่เหมาะสม จากการศึกษากระบวนการผลิตของบริษัท กรณีศึกษามีปริมาณของเสียร้อยละ 2.58 ซึ่งมีปัญหาการลัดวงจรตำแหน่งซีพียูเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลให้เกิด ปริมาณของเสียร้อยละ 1.85 ของทุกประเภทของเสียทั้งหมดของกระบวนการผลิต ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วยการนำแผนภูมิพาเรโตมาจัดลำดับปัญหาที่เกิดขึ้นร่วมกับแผนผังแสดงเหตุและผลในการหาปัจจัยที่ ส่งผลกระทบกับปัญหา จากนั้นทำการทดลองและหาค่าของปัจจัยที่เหมาะสมโดยการออกแบบการทดลองกับ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการ การออกแบบการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ปัจจัย คือ ขนาดของรูพิมพ์บล็อกสกรีน โดยในการทดลองมีการปรับค่าขนาดรูพิมพ์ที่ 0.25 และ 0.30 และระยะของการพิมพ์ตะกั่ว โดยการปรับที่ระยะ 0.50 และ 1.00 มิลลิเมตร ผลวิจัยพบว่าปัจจัยที่เหมาะสมในการพิมพ์ตะกั่ว คือ ปัจจัยบล็อกสกรีนขนาดรูพิมพ์ ขนาด 0.25 มิลลิเมตร และปัจจัยระยะของการพิมพ์ตะกั่วที่ 0.50 มิลลิเมตร ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาของงานเสีย ที่เกิดจากตะกั่วลัดวงจรตำแหน่งซีพียู ลดลงจากเดิมปริมาณของเสียร้อยละ 1.85 จนไม่เกิดปัญหานี้ และทำให้ผล รวมปริมาณของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลดลงจากเดิมปริมาณของเสียร้อยละ 2.58 เป็นร้อยละ 0.35 เนื่องจากของเสียลดลงในขั้นตอนการผลิตอื่นๆ ทำให้หลังจากปรับปรุงปัจจัยการผลิตปริมาณของเสียรวม เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

คำสำคัญ: การกำหนดค่าที่เหมาะสม; ตะกั่วลัดวงจร; การออกแบบการทดลอง

Abstract

This research aimed to reduce lead bridging waste in the PCB assembly process by the optimal factor setting. The total amount of wastes in a production process at a case study company was 2.58 percent including the major problem of the short-circuit of CPU position problem giving the amount of waste of 1.85 percent. The steps of waste reduction were based on the Pareto chart to order the problem causing waste production and also used the cause – effect diagram to analyze the problem and the design of experiments (DOE) method in order to obtain the suitable factors. Two effective factors in the DOE method were the hole size of stencil block factor varying at 0.25 and 0.30 millimeters and the board size height factor varying at 0.50 and 1.0 millimeters. The result of this research showed that the appropriate parameters to set up the machine were the hole size of stencil block factor of 0.25 millimeters and the board size height of 0.50 millimeters. After the experiment, it showed that the lead bridging wastes were eliminated from 1.85 percent to zero resulting in the reduction of the total amount of waste to be 0.35 percent due to a decrease in waste in other production processes. Therefore, after improving the factors of production, the total amount of waste was in line with the target set.

Keywords: Optimal factor; Lead bridging waste; Design of experiment

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีการแข่งขันกันสูง ซึ่งสินค้าอิเล็กทรอนิกส์เกือบทุกประเภทมีต้นทุนที่ปรับตัวเพิ่มขึ้น ดังนั้นความจำเป็นของการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการและเพิ่มผลผลิตด้านอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จึงยังเป็นสิ่งที่ภาคอุตสาหกรรมประเภทนี้ต้องการ ซึ่งปัญหาและอุปสรรคหนึ่งในกระบวนการผลิตประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นพีซีบีจะเกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการการพิมพ์ตะกั่วลงบนแผ่นพีซีบี การวางอุปกรณ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นพีซีบี การให้ความร้อนในการหลอมตะกั่วระหว่างตัวอุปกรณ์กับแผ่นพีซีบี ซึ่งจะต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการปรับตั้งอย่างเหมาะสมถูกต้อง จำเป็นต้องมีความรู้และประสบการณ์ในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์เป็นอย่างดี เพื่อกำหนดวิธีการให้กับกระบวนการได้อย่างถูกต้องเหมาะสมเพื่อลดความสูญเสียให้เหลือน้อยที่สุด [1]

สถานการณ์ในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา พบปัญหาชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบของส่วนการพิมพ์ตะกั่ว (Printing Process) จากข้อมูลบันทึกของชิ้นงานเสียของฝ่ายผลิต เมื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและแยกลักษณะงานเสีย พบข้อมูลชิ้นงานเสียคิดเฉลี่ยต่อเดือนเป็นร้อยละ 2.58 ซึ่งสูงกว่าที่บริษัทตั้งเป้าหมายที่เปอร์เซ็นต์ของเสียไม่เกินร้อยละ 1

ดังนั้นจึงได้ทำการระดมสมองร่วมกันหลายฝ่าย ทั้งฝ่ายบริหาร ฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ และผู้ที่เกี่ยวข้อง นำสาเหตุหลักที่ได้จากการวิเคราะห์มาทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ใช้แนวทางทฤษฎี เครื่องมือการ

ควบคุมคุณภาพ และการออกแบบการทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดค่าที่เหมาะสมในกระบวนการประกอบของส่วนการพิมพ์ตะกั่วและลดงานเสียให้ลดต่ำกว่าร้อยละ 1 ตามที่บริษัทตั้งเป้าหมายไว้

2. การดำเนินงานวิจัย

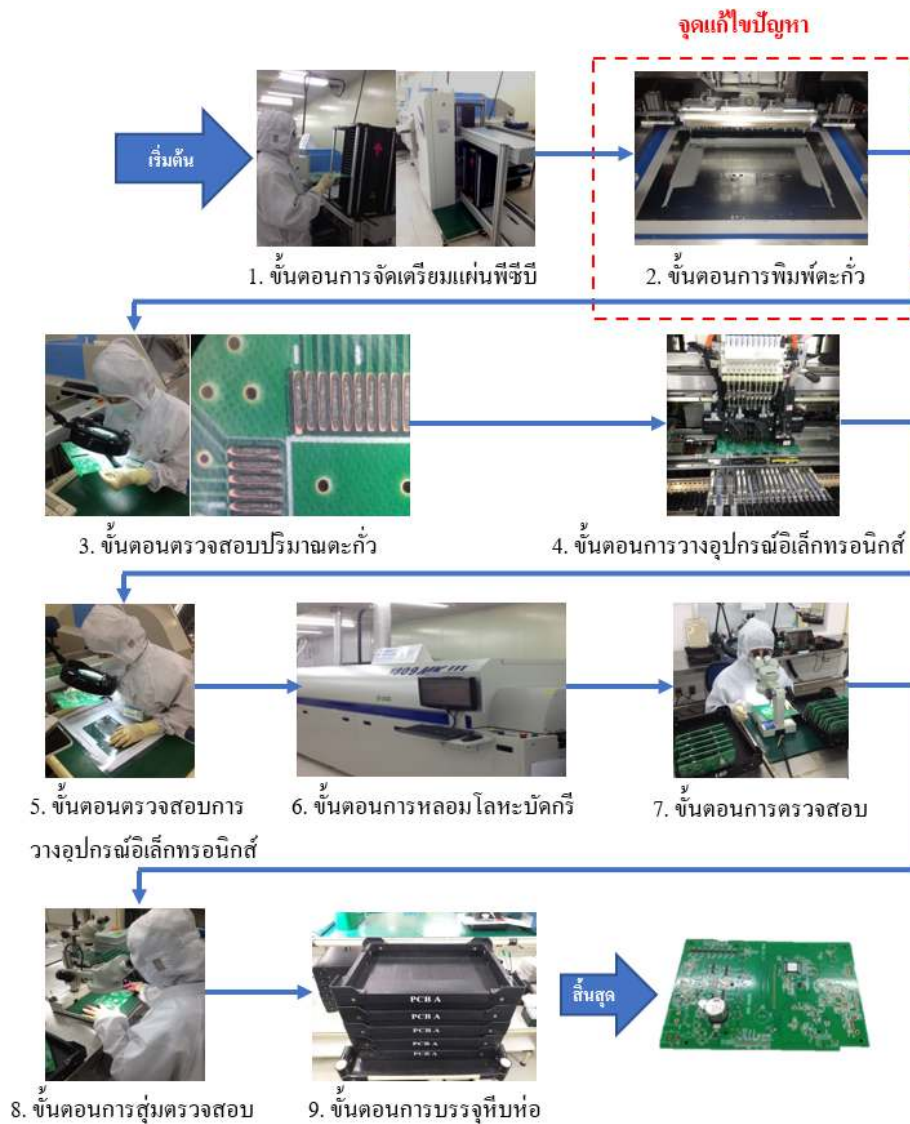
2.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อค้นหาสาเหตุและระบุปัจจัยที่มีผลกระทบทำให้เกิดของเสียในกระบวนการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นพีซีบี โดยคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณภาพตรงตามมาตรฐาน [2] เริ่มจากการเก็บข้อมูลของเสีย ศึกษากระบวนการผลิตและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องแล้วจึงทำการวิเคราะห์เพื่อนำไปหาวิธีการแก้ไขปัญหในส่วนการผลิต หลังจากนั้นทำการทดลอง ตรวจสอบ และสรุปผลการวิจัย

2.2 ศึกษากระบวนการผลิต

การศึกษากิจกรรมการผลิต เริ่มจากศึกษาการปฏิบัติงานในปัจจุบันร่วมกับทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นบริษัทประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นพีซีบี การเก็บข้อมูลปัญหาในการประกอบชิ้นงานในรุ่นการผลิตกรณีศึกษา เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเปอร์เซ็นต์ของเสียมากกว่าร้อยละ 1 ซึ่งไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่บริษัทตั้งไว้ โดยศึกษาของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดและศึกษาสภาพกระบวนการที่เป็นสาเหตุของปัญหาที่เป็นกระบวนการ จากนั้นจึงทำการประชุมเพื่อหาข้อสรุปกับทีมงานเพื่อทำการวิจัยเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิตรุ่นกรณีศึกษา ปริมาณการผลิตจะขึ้นอยู่กับคำสั่งซื้อของลูกค้า โดยมีลำดับขั้นตอนการผลิตชิ้นงานตามกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 1

ผลิตภัณฑ์รุ่นกรณีศึกษา คือแผงวงจรประกอบด้วยลายวงจรที่เกิดจากการนำวงจรไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบจากวงจรไฟฟ้า ในรูปแบบของแบบวงจรไฟฟ้าหรือเรียกด้วยภาษาทางเทคนิคว่า เซอร์किட்ไดอะแกรม (Circuit Diagram) มาอยู่ในรูปแบบของชิ้นงานที่สามารถนำมาใช้งานในทางปฏิบัติงานได้จริง โดยส่วนประกอบของแบบวงจรไฟฟ้านั้น จะมาอยู่ในรูปแบบการต่อสายไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งไปสู่ชิ้นหนึ่งตามลำดับสัญญาณขาเข้าเรียกว่าอินพุต และสัญญาณขาออกหรือเอาต์พุตของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด ซึ่งการประกอบต่อบนลายวงจรจะต้องถูกต้องตามแบบของวงจรที่ได้ถูกออกแบบไว้เท่านั้น หากมีส่วนใดส่วนหนึ่งที่ผิดแตกต่างจะไม่สามารถทำให้วงจรที่ต่อใช้งานนั้นสามารถทำงานได้ ตามที่ถูกออกแบบไว้นั้นได้ครบถ้วน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา

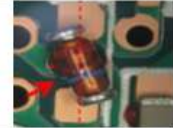


รูปที่ 2 ลักษณะของพีซีบีที่ทำนํามาศึกษากระบวนการการผลิตรุ่นกรณีศึกษา

จากการรวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนการปรับปรุงเป็นเวลา 1 เดือน ในกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีข้อผิดพลาดการผลิต 542 ชิ้น แต่พบว่ามียังงานที่เป็นไปตามข้อกำหนด 528 ชิ้น จะเห็นได้ว่า 14 ชิ้น ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ซึ่งมีของเสียร้อยละ 2.58 ไม่เป็นไปตามเป้าหมายของบริษัทที่ตั้งไว้

งานที่เกิดปัญหาเหล่านี้จะต้องดำเนินการซ่อมหรือนำกลับมาแก้ไขและบางส่วนต้องทิ้ง โดยมีค่าใช้จ่ายในการกำจัดต่อบอร์ดเป็นมูลค่า 850 บาทต่อบอร์ด โดยลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นได้หลากหลายลักษณะดังรายละเอียดในตารางที่ 1

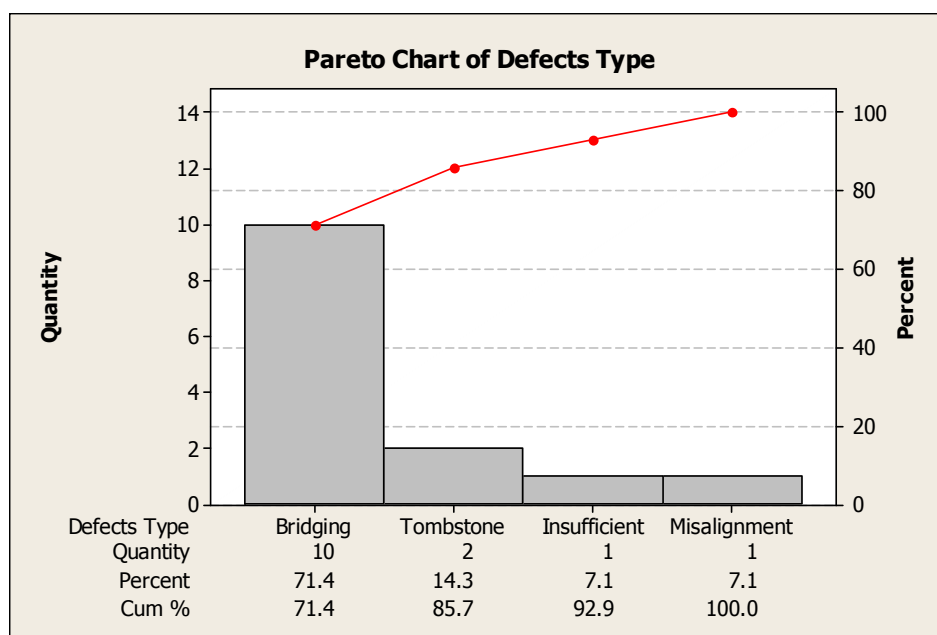
ตารางที่ 1 ลักษณะของเสียและความหมายของเสียในกระบวนการผลิต

ลักษณะของเสีย	ความหมาย	รูป
ตะกั่วลัดวงจร (Bridging)	โลหะบัดกรีที่ขาอุปกรณ์ที่เชื่อมติดกันในจุดที่ไม่ต้องการเป็นสาเหตุให้เกิดการลัดวงจรของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นพีซีบี	
ตะกั่วไม่เพียงพอ (Insufficient Solder)	ปริมาณโลหะบัดกรีที่เชื่อมต่อขาอุปกรณ์มีปริมาณน้อย ไม่เพียงพอต่อขาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กับลายวงจรบนพีซีบี	
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลุด (Missing Part)	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งบนตำแหน่งที่กำหนดบนพีซีบี หลุดออกหายไปขณะการประกอบในสายการผลิต	
วางอุปกรณ์ไม่ตรง (Misalignment)	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่วางไม่ตรงตามแนวของการเชื่อมต่อของขาอุปกรณ์กับลายวงจรบนแผ่นพีซีบี	
ขาของตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยก (Floating)	ขาของตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยกออกจากจุดเชื่อมต่อกับลายวงจรบนแผ่นพีซีบี ทำให้รูปทรงการประกอบไม่ปกติ	
ตะกั่วหลอมละลายไม่สมบูรณ์ (Non wetting)	ตะกั่วที่ตำแหน่งเชื่อมต่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีการหลอมละลายไม่สมบูรณ์เป็นเนื้อเดียวกัน	
คราบสกปรก (Dirty on Board)	คราบสกปรกแปลกปลอมเช่นเศษฝุ่นผงต่าง คราบการเปื้อนอุปกรณ์บนแผ่นพีซีบี	
ตะกั่วไม่เกาะขาอุปกรณ์ (Tombstone)	ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ประเภทชิปที่เกิดการยกขาข้างหนึ่งลอยและตั้งขึ้นจากจุด	
อุปกรณ์แตกร้าว (Damage Component)	ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่แตก บิ่น ร้าว บวมจนฉีกแยกหรือแตกออกจากกัน	

2.3 การวิเคราะห์ปัญหาของชิ้นงานเสีย

จากการบันทึกข้อมูลการผลิตแผ่นพีซีบี ปัญหาที่พบบ่อยถูกนำมาแยกเป็นกลุ่มของลักษณะของเสียที่เกิดขึ้น เพื่อหาจำนวนของลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้น โดยนับเป็นจำนวนจุดที่เกิดขึ้นบนแผ่นพีซีบีที่ถูกตรวจสอบอีกครั้ง เพื่อยืนยันลักษณะปัญหบบนแผ่นพีซีบีที่แน่นอน และจัดลำดับปัญหา

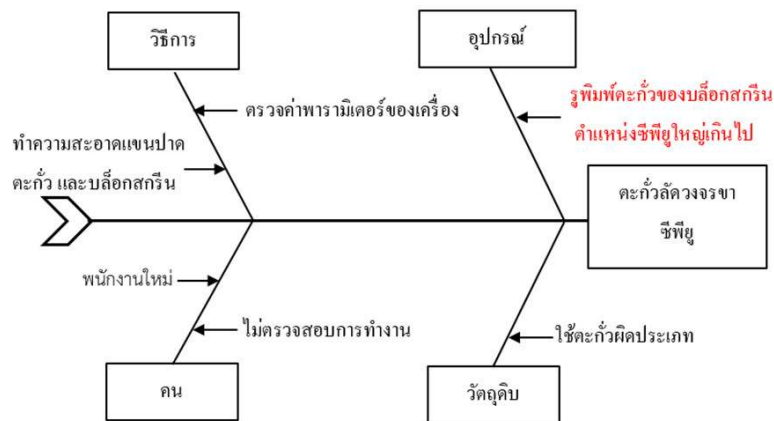
ข้อมูลของเสียแต่ละประเภท ได้นำมาวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพาร์โต [3-6] ซึ่งแสดงให้เห็นว่าจำนวนของลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นพีซีบีแยกตามลักษณะของหัวข้อปัญหาทั้งหมดที่พบ ในสัดส่วน 80 : 20 ตามหลักการคัดเลือกปัญหาของพาร์โตนั้น ปัญหาหลักคือตะกั่วลวดวงจรชิพอยู่ร้อยละ 71.4% ซึ่งเป็นลักษณะของเสียที่พบบ่อยที่สุดในกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 3 ปัญหาที่สร้างความเสียหายให้กับผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วน และตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จึงเลือกหัวข้อ ตะกั่วลวดวงจรชิพ มาพิจารณาในการลดปัญหาที่เกิดขึ้น เพราะเป็นลักษณะปัญหาที่จำเป็นเร่งด่วนที่มีผลกระทบสูงด้านคุณภาพ ต้นทุน ความเชื่อมั่นจากลูกค้า และเป็นปัญหาที่มีของเสียเกิดขึ้นสูงที่สุด จึงนำไปทำการแก้ไขปรับปรุงต่อไป



รูปที่ 3 แผนภูมิพาร์โตแสดงลักษณะของเสียที่พบตามลักษณะปัญหา

2.4 การวิเคราะห์ปัญหาและกำหนดแนวทางการแก้ไข

การวิเคราะห์ปัญหาคด้วยแผนภูมิพาร์โต พบว่างานเสียที่เกิดจากตะกั่วลวดวงจรชิพอยู่ 71.4% จากนั้นได้นำปัญหาดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์หาคำตอบด้วยการใช้แผนภูมิแกงปลาเพื่อช่วยวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยการระดมความคิดทั้งฝ่ายบริหาร ฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ และผู้ที่เกี่ยวข้อง สามารถแบ่งเหตุและผลออกเป็นสาเหตุหลักและสามารถแตกเป็นแขนงสาเหตุย่อย ดังแสดงในรูปที่ 4

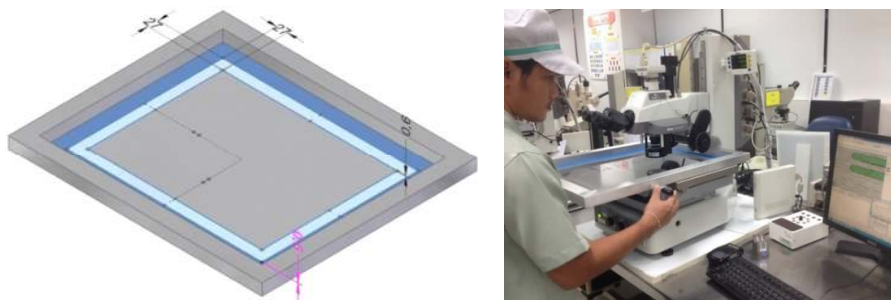


รูปที่ 4 แผนผังแสดงเหตุและผลของชิ้นงานเสียของบริษัทอิเล็กทรอนิกส์

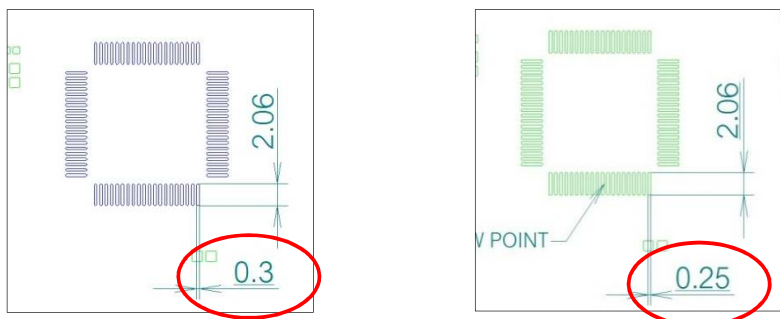
จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาตะกั่วลัดวงจรขาซีพียูในกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รุ่นการศึกษา ด้วยแผนภาพเหตุและผล ดำเนินการจัดกลุ่มไว้ด้วยกัน 4 กลุ่ม คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัสดุคืบ (Material) และวิธีการ (Method) แนวทางการแก้ไขปรับปรุง จากการระดมความคิดทั้งฝ่ายบริหาร ฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ และผู้ที่เกี่ยวข้อง สาเหตุหลักของปัญหาที่สรุปคือรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่วตำแหน่งของ ซีพียูใหญ่เกินไปไม่เหมาะสมกับพื้นที่แพทของพีซีบี จึงต้องออกแบบรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่วใหม่จากเดิม 0.30 มิลลิเมตร เปลี่ยนเป็น 0.25 มิลลิเมตร และทดลองค่าที่เหมาะสมของค่าพารามิเตอร์เพื่อแก้ไขปัญหาชิ้นงานเสียจาก ตะกั่วลัดวงจรขาซีพียู

2.5 การออกแบบและสร้างบล็อกสกรีนตะกั่ว

การออกแบบบล็อกสกรีนตะกั่ว ทางคณะผู้วิจัย และวิศวกรออกแบบได้ทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องใน การออกแบบรูบล็อกสกรีนตะกั่ว หลังจากนั้นทำการผลิตบล็อกสกรีนตะกั่วแล้วนำมาตรวจสอบความถูกต้องขนาด เปรียบเทียบกับแบบ (Drawing) ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่ว 0.25 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 0.254 มิลลิเมตร และรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่ว 0.30 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 0.294 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 ออกแบบบล็อกสกรีนตะกั่วและการตรวจสอบ



รูปที่ 6 แบบขนาดรูบล็อกสกรีนตะกั่วก่อนและหลังปรับปรุง

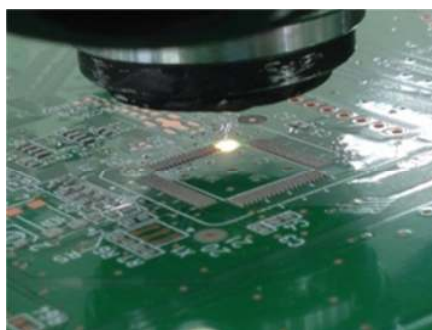
2.6 ปัจจัยและระดับปัจจัย

การกำหนดปัจจัยและระดับปัจจัยที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ พิจารณาเฉพาะปัจจัยหลักที่ควบคุม (Factor) [6-7] โดยปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วย 2 ปัจจัยหลักที่สำคัญ ได้แก่ ขนาดรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่ว (Hole Size of Stencil Block) และ ความสูง (Board Size Height) แสดงดังตารางที่ 2 เพื่อประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย [8]

ตารางที่ 2 ปัจจัย และระดับปัจจัย

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย		หน่วย
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	
ขนาดรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่ว (Hole Size of Stencil Block)	0.25	0.30	มม.
ความสูง (Board Size Height)	0.50	1.00	มม.

จากปัจจัยที่กำหนด นำมาออกแบบการทดลองโดยโปรแกรมมินิแทบแบบ 2^k แฟกทอเรียล ด้วยปัจจัย 2 ปัจจัย ระดับของปัจจัย 2 ระดับ การทดลองซ้ำ 4 ครั้ง ได้แบบการทดลองทั้งหมด 16 การทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3 และตรวจสอบขนาดรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่ว ดังรูปที่ 7 บันทึกผลการตรวจสอบขนาดรูของตะกั่ว (Average lead width) ดังตารางที่ 3



รูปที่ 7 การตรวจสอบขนาดรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่ว

ตารางที่ 3 ปัจจัยการทดลองและผลการตรวจสอบขนาดรูของตะกั่ว (Average lead width)

Std Order	Run Order	Center Pt	Blocks	Hole size of stencil block (mm.)	Board Size height (mm.)	Average lead width (mm.)
12	1	1	1	0.30	1.00	0.297
2	2	1	1	0.30	0.50	0.304
14	3	1	1	0.30	0.50	0.303
3	4	1	1	0.25	1.00	0.252
13	5	1	1	0.25	0.50	0.252
10	6	1	1	0.30	0.50	0.303
6	7	1	1	0.30	0.50	0.304
5	8	1	1	0.25	0.50	0.252
9	9	1	1	0.25	0.50	0.252
16	10	1	1	0.30	1.00	0.296
11	11	1	1	0.25	1.00	0.251
4	12	1	1	0.30	1.00	0.297
1	13	1	1	0.25	0.50	0.251
15	14	1	1	0.25	1.00	0.253
8	15	1	1	0.30	1.00	0.295
7	16	1	1	0.25	1.00	0.252

3. ผลการวิจัย

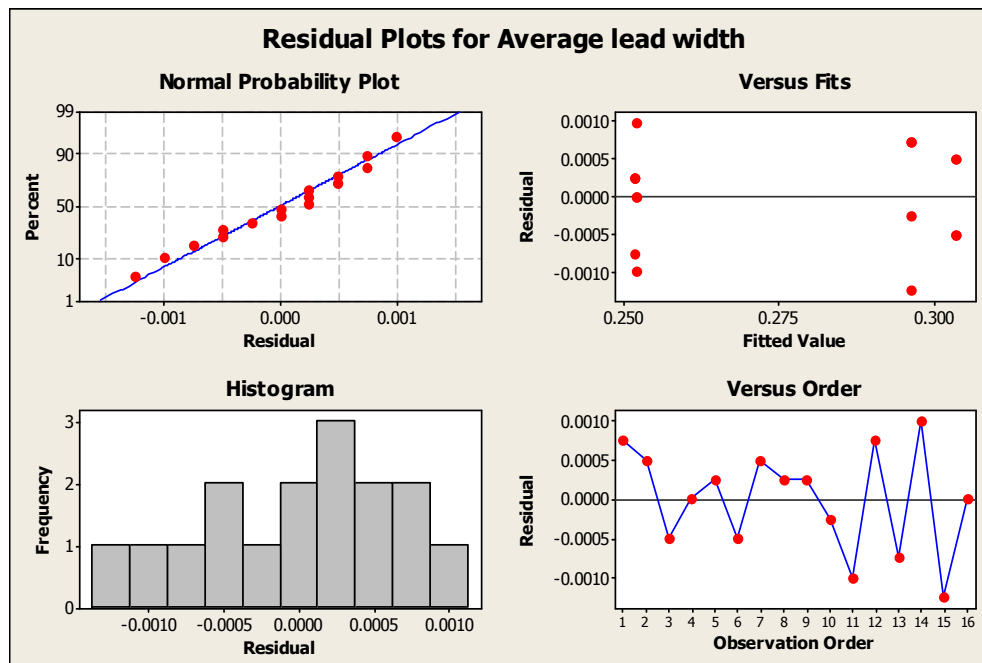
จากการคำนวณด้วยโปรแกรมมินิแทบโดยใช้เทคนิควิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าปัจจัยขนาดรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่ว ปัจจัยความสูง และปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสอง มีค่า P-Value น้อยกว่าค่าอัลฟ่า 0.05 จึงสรุปว่า ปัจจัยทั้งสองและปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสองมีผลต่อความกว้างของตะกั่วที่พิมพ์ลงในแผ่นวงจรที่ทำให้เกิดปัญหาตะกั่วลจจในกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 8 และสอดคล้องกับ Normal Plot of the Standardized Effects ที่ปัจจัยขนาดรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่ว ปัจจัยความสูง และปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสองมีผลเท่ากับ Significant แต่ปัจจัยขนาดรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่วจะส่งผลมากที่สุด

Factorial Fit: Average lead versus Hole size of, Board Size h					
Estimated Effects and Coefficients for Average lead width (coded units)					
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.275875	0.000184	1499.36	0.000
Hole size of stencil block	0.048000	0.024000	0.000184	130.44	0.000
Board Size height	-0.003500	-0.001750	0.000184	-9.51	0.000
Hole size of stencil block* Board Size height	-0.003750	-0.001875	0.000184	-10.19	0.000
S = 0.000735980 PRESS = 0.0000115556					
R-Sq = 99.93% R-Sq(pred) = 99.88% R-Sq(adj) = 99.91%					

รูปที่ 8 ผลวิเคราะห์ ANOVA ด้วยโปรแกรมมินิแทบ

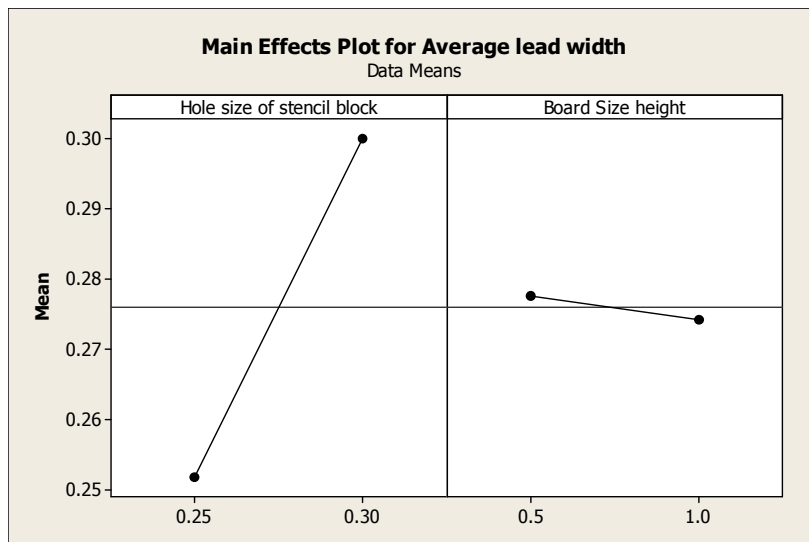
การวิเคราะห์ Residual Plots ของค่าผลตอบค่า Y (ค่าเฉลี่ยความกว้างตะกั่วจากการพิมพ์) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบที่เหมาะสม (Response Optimization) สามารถวิเคราะห์รูปแบบความพอเพียงของข้อมูล [9] ดังแสดงในรูปที่ 9 ได้ดังนี้

- กราฟ Normal Probability Plot มีลักษณะเป็นเส้นตรง และข้อมูลจากกราฟ Histogram กราฟมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง คล้ายระฆังคว่ำ หรือ Normal Curve แสดงให้เห็นว่ามีการแจกแจงแบบปกติ
- กราฟ Versus Fitted Value มีลักษณะเรียงตัวของข้อมูลที่ไม่แน่นอนกระจัดกระจาย แสดงให้เห็นว่าเป็นแบบสุ่ม และมีความแปรปรวนเท่าๆ กันของแต่ละกลุ่ม
- กราฟ Versus Order มีลักษณะกระจายตัวของข้อมูลทั้งด้านบนและด้านล่างใกล้เคียงกัน ไม่อยู่ในด้านใดด้านหนึ่ง แสดงให้เห็นว่าข้อมูลแต่ละกลุ่มเป็นอิสระต่อกัน

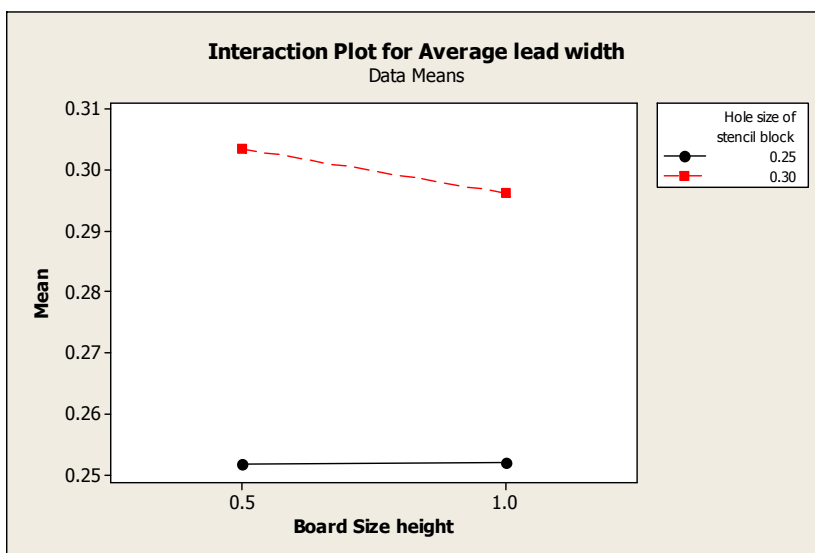


รูปที่ 9 Residual Plots ของค่าผลตอบค่า Y (ค่าเฉลี่ยความกว้างตะกั่วจากการพิมพ์)

การวิเคราะห์ผลกระทบหลักปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยร่วม พบว่าปัจจัยขนาดรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่ว เมื่อระดับของปัจจัยแตกต่างกันจะส่งผลกระทบต่อค่า Y (ค่าเฉลี่ยความกว้างตะกั่วจากการพิมพ์) มากกว่า ปัจจัยความสูง ซึ่งระดับของปัจจัยแตกต่างกันจะส่งผลกระทบต่อค่า Y (ค่าเฉลี่ยความกว้างตะกั่วจากการพิมพ์) เพียงเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 10 และเมื่อวิเคราะห์ปัจจัยร่วม ระดับของปัจจัยความสูงเปลี่ยนแปลงจะส่งผลกระทบต่อค่า Y (ค่าเฉลี่ยความกว้างตะกั่วจากการพิมพ์) มาก เมื่อปัจจัยขนาดรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่วมีค่า 0.30 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่

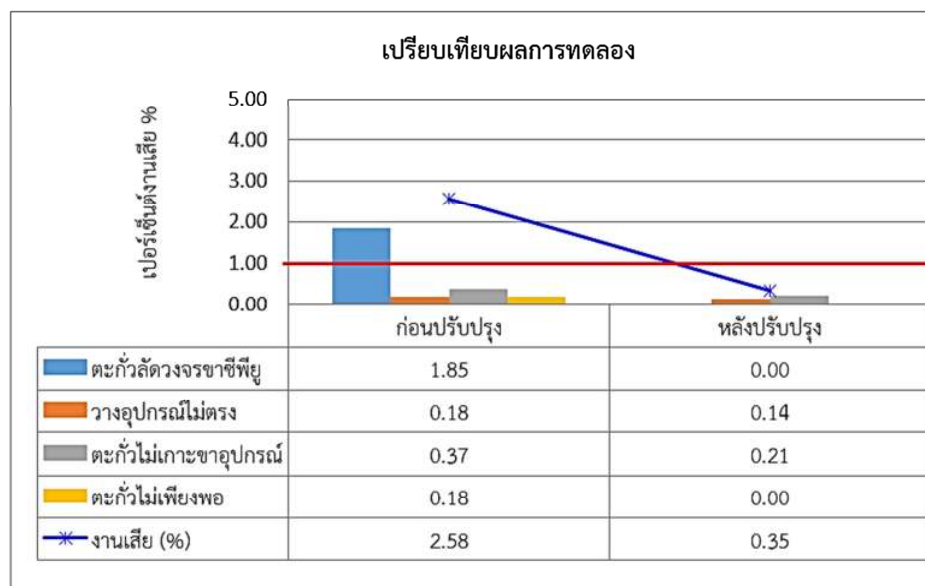


รูปที่ 10 ผลกระทบหลักปัจจัยเดียว



รูปที่ 11 ผลกระทบปัจจัยร่วม

จากการควบคุมการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องพิมพ์ตะกั่ว เป็นระยะเวลา 1 เดือน ด้วยปัจจัยที่เหมาะสมคือปัจจัยขนาดรูพิมพ์บล็อกสกรีนตะกั่ว (Hole Size of Stencil Block) ที่ระดับของปัจจัย 0.25 มิลลิเมตร และ ปัจจัยความสูง (Board Size Height) ที่ระดับของปัจจัย 0.50 มิลลิเมตร พบว่าเปอร์เซ็นต์งานเสียหลังการปรับปรุงลดลง โดยปริมาณของเสียจากตะกั่วลัดวงจรขาซีฟิยุลดลงจากร้อยละ 1.85 เป็นร้อยละ 0.00 ทำให้สามารถลดปริมาณของเสียรวมจากร้อยละ 2.58 เป็นร้อยละ 0.35 แสดงดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 กราฟเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการแก้ไขปัญหาในกระบวนการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์พีซีบี บริษัทกรณีศึกษามีปริมาณของเสียร้อยละ 2.58 ซึ่งมีปัญหาการลัดวงจรตำแหน่งซีพียูเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลให้เกิดปริมาณของเสียร้อยละ 1.85 ของทุกประเภทของเสียทั้งหมด การดำเนินงานด้วยการนำแผนภูมิพาเรโตมาจัดลำดับปัญหาที่เกิดขึ้นร่วมกับแผนผังแสดงเหตุและผลในการหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา ด้วยการหาค่าของปัจจัยที่เหมาะสมโดยการออกแบบการทดลอง ผลการวิจัยจากการกำหนดปัจจัยที่เหมาะสม คือ ปัจจัยบล็อกสกรีนขนาดรูพิมพ์ขนาด 0.25 มิลลิเมตร และปัจจัยความสูงที่ระยะ 0.50 มิลลิเมตร สามารถแก้ไขปัญหาของงานเสียที่เกิดจากตะกั่วลวดวงจรตำแหน่งซีพียู จากเดิมต่อเดือนร้อยละ 1.85 จนไม่เกิดปัญหานี้ และทำให้ผลรวมปริมาณของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลดลง [9] จากเดิมร้อยละ 2.58 เป็น ร้อยละ 0.35 เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ สรุปได้ว่าการนำเทคนิควิศวกรรมอุตสาหกรรม [10] แผนภูมิพาเรโต และแผนผังแสดงเหตุและผล มาช่วยวิเคราะห์ปัญหา ทำให้ทราบสาเหตุและแนวทางแก้ไข ปัญหา การประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง สามารถหาค่าของปัจจัยที่เหมาะสม ลดของเสีย ต้นทุนในการผลิต ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่คอยสนับสนุนทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ ความรู้ เทคนิคต่างๆ และขอขอบพระคุณบริษัทกรณีศึกษาที่ อำนวยความสะดวกและสนับสนุนความร่วมมือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Vongpeng and A. Prasunjai, "Application of Taguchi method for waste reduce assembly process on printed circuit board: A case study of an electronics part factory," TNI Journal of Engineering and Technology, Vol. 7, No. 2, 2019, pp. 26-35.
- [2] R. Sangkatip, M. Sriswat, K. Satayotin and W. Prasong, "Improvement of Electric Fan Manufacturing Process by Lean Six Sigma Technique," Pathumwan Academic Journal, Vol. 9, No. 26, 2019, pp. 14-24.
- [3] B. Buathuan, "Waste Reduction in Painting of Exterior Wall Panel on Fiber Cement Board," The Journal of Industrial Technology, Vol. 12, No. 1, 2016, pp. 65-77.
- [4] S. Vongpeng and A. Prasunjai, "The reduce time of cutting bottom can process: A case study of can manufacturing company," Proceedings of IE Network 2017, Chiang Mai, 2017, pp. 156-162.
- [5] S. Vongpeng and A. Prasunjai, "The reduced time on anti slip plate hole punch process," Proceedings of IE Network 2018, Ubon Ratchathani, 2018, pp. 515-518.
- [6] S. Vongpeng and A. Prasunjai, "Efficiency enhancement of hexagon nuts requisition in warehouse case study: Mold industry," Proceedings of ARUCON 2018, Phra Nakhon Si Ayutthaya, 2018, pp. 551-554.
- [7] P. Tanasanskulwong and U. Purintrapiban, "Application of Lean Six Sigma in Wine Glass Manufacturing Industry," TNI Journal of Engineering and Technology, Vol.7, No.1, 2019, pp. 22-31.
- [8] N. Lorjalarnsak, P. Sawattaan, N. Chaiwongsakda, P. Anan-uea, K. Sinnarong, W. Watanarawee, C. Putakamnerd and S. Winyangkul, "Logistics Operations Optimization in Case Study to Transport Routing and Production Scheduling," Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal, Vol. 11, No. 2, 2018, pp.14-28.
- [9] C. Kalchuk and K. Phunikorn, "Design of Experiments for Analyzing Factors Affecting to Napier Grass Cutting Efficiency," Thai Industrial Engineering Network Journal, Vol. 5, No. 2, 2018, pp.20-26.
- [10] A. Prasunjai and S. Vongpeng, "Increase of Production Efficiency of Tractor Part by Industrial Engineering Technique:A Case Study of Automotive Part Factory," Pathumwan Academic Journal, Vol. 10, No. 27, 2020, pp. 50-69.