



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ปรับตั้งเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวดด้วยวิธีออกแบบการทดลอง

Optimization for compress rubber screen machine setup using design of experiment

เอราวัณ ชาญพหล¹ ยศวรรธน์ จันทนา^{2*}

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

² สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

Arawan Chanpahol¹ Yotsawat Jantana^{2*}

¹ Program of Production Technology, Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University Phetchabun 67000

² Program of Computer Engineering, Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University Phetchabun 67000

* Corresponding author.

E-mail: yotsawatns@gmail.com Telephone: 0 8950 05769

วันที่รับบทความ -26 เมษายน 2564; วันที่แก้ไขบทความครั้งที่ 1 16 มิถุนายน 2564; วันที่ตอบรับบทความ 12 สิงหาคม 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ปรับตั้งเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวดด้วยวิธีออกแบบการทดลอง ซึ่งกระบวนการในการอัดยางขอบมุ้งลวดประสบปัญหาการเกิดของเสียระหว่างปฏิบัติงานและยังผลิตไม่ได้ทันตามความต้องการของลูกค้าเนื่องจากยังไม่สามารถตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวดได้ จากการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาพบความผิดพลาดเกิดจาก 3 ปัจจัยหลักที่มีผลกระทบร่วมกันในกระบวนการผลิต คือ ระยะเวลาที่ 1 ระยะเวลาที่ 2 และความเร็วของรอบมอเตอร์ จึงทำการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ โดยศึกษาปัจจัยทั้งสองระดับ บนโปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 17 พบว่า ปัจจัยระยะกวดที่ 1 ส่งผลกระทบบรรยากาศของการทดลองมากที่สุด ซึ่งผลจากโปรแกรมแสดงการปรับตั้งค่าที่เหมาะสม คือ ระยะเวลาที่ 1 ปรับตั้งค่าที่ 12 มิลลิเมตร ระยะเวลาที่ 2 ปรับตั้งค่าที่ 11 มิลลิเมตร และปรับตั้งความเร็วของรอบมอเตอร์ที่ 120 รอบต่อนาที ซึ่งจากการนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองไปปรับใช้ พบว่า สามารถลดเวลาในกระบวนการอัดยางขอบมุ้งลวดลงได้ คิดเป็น 60% และยังช่วยลดของเสียลงได้ 30% คิดเป็นจำนวนต้นทุนที่ลดลงเท่ากับ 9,580 บาทต่อเดือน หรือ 114,960 บาทต่อปี

คำสำคัญ

การออกแบบการทดลอง การทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ เครื่องอัดยางขอบมุ้งลวด ทดสอบสมมติฐาน

Abstract

This research aims to study and find out an appropriate parameter for compress rubber screen machine set up by using experimental design. The process of compress rubber screen faced with waste product occurrence during operation, and unable to produce in time of customers' need because of unable to set up an appropriate parameter for compress rubber screen machine setup. According to analysis for the cause of the problems, it was found that the error was caused

by three main factors which affected in common on the production process, those were first press period, second press period, and motor speed round. Then the researcher designed the Full-factorial experiment by studying factors at two levels on Minitab version 17 program. The results revealed that the first press period commonly affected the most on the result of the experiment. The results from the program showed an appropriate setup: the first press period setup at 12 millimeters, the second press period setup at 11 millimeters, and the motor speed round setup at 120 rounds per minute. According to the utilization of parameter setup value from the experiment, it was found that time in the compress rubber screen process was reduced by 60% and also reduced waste occurrence by 30%. These can be calculated of capital reduction at 9,580 baht per month, or 114,960 baht per year.

Keywords

experimental design; full-factorial experiment; compress rubber screen machine; hypothesis testing

1. คำนำ

ในปัจจุบันโรคไข้เลือดออกยังเป็นปัญหาสำคัญด้านสุขภาพในประเทศไทย ซึ่งสาเหตุของโรคไข้เลือดออกมาจากยุงเป็นพาหะนำโรค จากสถิติผู้ป่วยไข้เลือดออกของกองโรคติดต่อภายในปี พ.ศ. 2563 มีจำนวนผู้ป่วยถึง 21,350 ราย และมีผู้เสียชีวิตจำนวน 13 ราย [1] ซึ่งโรคไข้เลือดออกนี้เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของคนในชุมชนทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตก่อนวัยอันควร ดังนั้นประชาชนจึงต้องร่วมมือกันช่วยควบคุมโรคไข้เลือดออกด้วยวิธีการกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลาย รวมถึงหาวิธีการป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ปัจจัยที่ทำให้การควบคุมโรคไข้เลือดออกสำเร็จผลนั้น [2,3] นอกจากประชาชนต้องดูแลบ้านเรือนตนเองโดยกำจัดลูกน้ำยุงลายแล้ว ยังสามารถทำการติดตั้งมุ้งลวดเพื่อป้องกันยุงซึ่งเป็นสาเหตุของการแพร่ระบาดของโรคไข้เลือดออก [4] มุ้งลวดจึงเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยป้องกันยุงและเป็นตัวกักฝุ่นละอองเพื่อให้ได้สัมผัสกับอากาศที่เย็นสบายในการใช้ชีวิตประจำวัน [5,6] แต่ในการผลิตมุ้งลวดนั้นกลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจอะลูมิเนียมประสบปัญหาในกระบวนการผลิตมุ้งลวดไม่ทันต่อความต้องการที่มีอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากยังขาดการปรับตั้งระยะกดยางขอบมุ้งลวดไม่สัมพันธ์กับความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวดที่ใช้ในกระบวนการผลิตขาดการปรับตั้งเครื่องที่เหมาะสมจึงทำให้มุ้งลวดไม่ได้มาตรฐานตามที่ตั้งไว้และทำให้กระบวนการผลิตเกิดความล่าช้า ผลิตไม่ทันตามความต้องการเพราะต้องแก้ไขงานบ่อยครั้ง ส่งผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าที่ไม่สามารถทำการผลิตให้เป็นไปตามข้อตกลงได้ [7] จากเหตุผลดังกล่าวจึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องอัดยางขอบมุ้ง

ลวดให้มีความเหมาะสมเพื่อให้ได้มุ้งลวดตามมาตรฐานที่ต้องการและเพื่อลดเวลาในการผลิตด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง ซึ่งไม่พบงานวิจัยการออกแบบการทดลองในการอัดยางขอบมุ้งลวดมาก่อน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองในการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการปรับตั้งเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวด โดยใช้โปรแกรม Minitab เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์และการคำนวณทางสถิติ แล้วจึงนำผลที่ได้ไปปรับปรุงการปรับตั้งเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวดให้มีความเหมาะสม ลดเวลาการทำงาน ช่วยแก้ไขงานและเพิ่มกำลังการผลิตมุ้งลวด อันส่งผลให้กลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจอะลูมิเนียมสามารถผลิตได้ทันต่อความต้องการของลูกค้าและยังสามารถลดต้นทุนในระบบกระบวนการผลิตได้อีกด้วย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) ซึ่งเป็นเครื่องมือทางสถิติที่ประยุกต์ใช้อย่างเป็นระบบสามารถปรับปรุงกระบวนการโดยการออกแบบการทดลองอันจะช่วยให้สามารถกำหนดการตั้งค่าของปัจจัยหรือสัดส่วนขององค์ประกอบในการปรับตั้งเครื่องมือเครื่องจักรได้อย่างเหมาะสม [8,9] นักวิจัยส่วนใหญ่นิยมใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเนื่องจากเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และกระบวนการ [10] อีกทั้งยังสามารถศึกษาผลกระทบของทุกปัจจัย รวมทั้งอันตรกิริยาระหว่างปัจจัยได้ในการทดลองชุดเดียว ลดค่าใช้จ่ายในการทดลอง [8] ซึ่งการ

ทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ ศึกษาปัจจัยที่สองระดับนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย [11] และยังสามารถศึกษาปัจจัยได้หลายปัจจัยพร้อมกัน สรุปผลของปัจจัยหลัก (Main Factor) และผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) ในปัจจุบันมีโปรแกรมการคำนวณทางสถิติเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ช่วยในการออกแบบการทดลอง ซึ่งโปรแกรม Minitab เป็นหนึ่งโปรแกรมที่ถูกพัฒนาเพื่อใช้งานสำหรับการคำนวณทางสถิติโดยเฉพาะ [8]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์และจัดการข้อมูลทางสถิติ การออกแบบการทดลอง พบว่ามีการศึกษาและวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ [12-18] ซึ่งยังไม่พบงานวิจัยการออกแบบการทดลองในการอัดยางขอบมุ้งลวดมาก่อน เช่น

กนกพร พิซผล และจิราภรณ์ ประดับ [14] ได้ศึกษาหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกฝาชวดจากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาพบความผิดพลาด 3 ปัจจัยหลัก คือ ความเร็วของสายพาน ระยะห่างระหว่างตัวคัดแยกกับฝา และการตั้งค่านว่วงเวลาในระบบพีแอลซี โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบเต็มรูป ซึ่งหลังจากนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้ไปใช้จริงพบว่าสัดส่วนของฝาชวดที่ได้มาตรฐานถูกคัดแยกออกมาลดลงเหลือร้อยละ 1.7

มนตรี วิมล และคณะ [15] ได้ศึกษาหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหล่อทองเหลืองแบบอินเวสเมนต์ โดยใช้การทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับ ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก คือ ระยะเวลาอบแบบหล่อ อุณหภูมิแบบหล่อ และอุณหภูมิเทโลหะหลอมเหลว พบว่า ระยะเวลาในการอบแบบหล่อ 3 ชั่วโมง อุณหภูมิแบบหล่อ 300 องศาเซลเซียส และระดับในการเทโลหะ 800 องศาเซลเซียส เป็นพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหล่อทองเหลืองแบบอินเวสเมนต์

อริวัฒน์ สีนะธรรม และเปรมพร เขมาวุฒม์ [16] ได้ศึกษาเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตสายสวนหลอดเลือดหัวใจ ด้วยวิธีการออกแบบการทดลองโดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองด้วยวิธีแฟกทอเรียลแบบ 2^k มีตัวแปรต้นเป็นปัจจัยควบคุมได้ทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ความดัน มุม และกระดาศทราย ซึ่งผลการทดลองสามารถลดของเสียในปริมาณที่ลดลงคิดเป็นร้อยละ 87.96

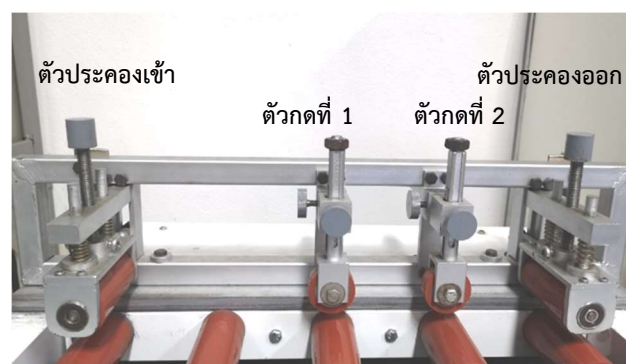
Sahin Güngör และคณะ [17] ได้ศึกษาการสังเคราะห์น้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วทิ้งเพื่อนำกลับมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล โดยทำการออกแบบการทดลองมีปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย คือ ลำดับของตัวเร่งปฏิกิริยา อัตราส่วนของน้ำมันเป็นเมทานอล และเวลา พบว่า สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ ตามมาตรฐาน ASTM

Li Yi และคณะ [18] ได้ศึกษาปัจจัยผลกระทบของการใช้พลังงานโดยการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการผลิตชิ้นส่วนมาตรฐาน และใช้การทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ พบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมีผลต่อการใช้พลังงานที่ลดลงซึ่งในการทดลองโมเดลมีความแม่นยำ

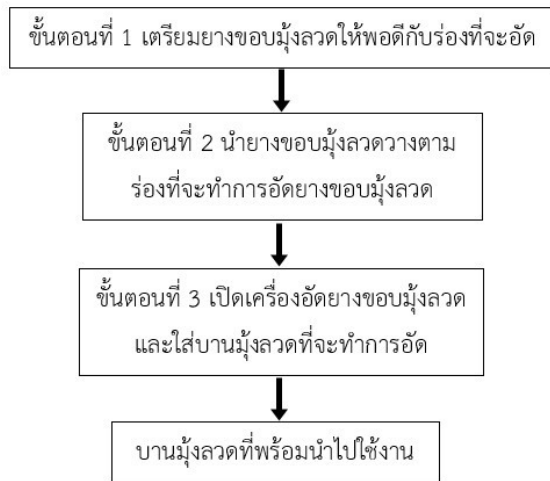
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษากระบวนการอัดยางขอบมุ้งลวด

เครื่องอัดยางขอบมุ้งลวดมีระบบการทำงานของเครื่องขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ทำหน้าที่ส่งกำลังไปยังชุดลูกกลิ้ง โดยใช้เฟืองและโซ่เป็นตัวส่งกำลังไปยังลูกกลิ้งทั้ง 5 ลูก ดังรูปที่ 1 และขั้นตอนในการอัดยางขอบมุ้งลวดจะถูกเลื่อนเข้าตัวประกอบเข้าเพื่ออัดยางมุ้งลวดให้เข้าร่องแล้วส่งผ่านไปยังตัวกดที่ 1 ตัวกดที่ 2 และผ่านตัวประกอบออก ตามลำดับ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ลักษณะตัวประกอบและตัวกดยางขอบมุ้งลวด



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนในการอัดยางขอบมุ้งลวด

3.2 การออกแบบการทดลอง

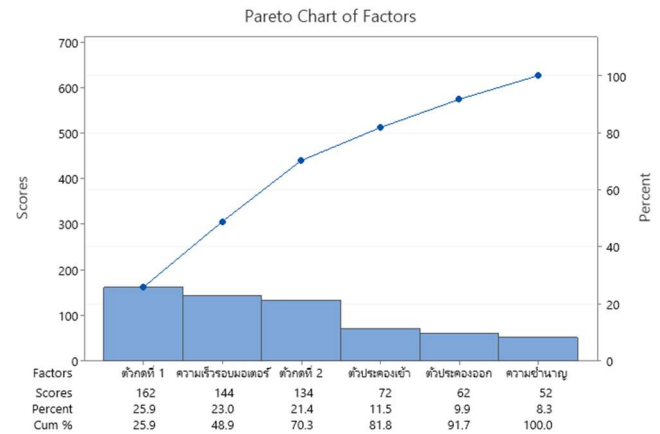
การออกแบบการทดลอง คือ การทดสอบเพียงครั้งเดียวหรือต่อเนื่อง โดยการเปลี่ยนแปลงตัวแปรนำเข้า (ปัจจัย, Input หรือ X) ในระบบหรือกระบวนการที่สนใจจะศึกษาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ (ผลตอบสนอง, Output หรือ Y) [8,12]

3.2.1 ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง

- 1) กำหนดและทำความเข้าใจของปัญหาที่จะทำการออกแบบการทดลอง
- 2) เลือกปัจจัยและกำหนดค่าของปัจจัยในการทดลองหรือการเลือกปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้อง
- 3) เลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) เป็นตัวแปรที่ใช้ในการวัดผลของกระบวนการ
- 4) เลือกการออกแบบการทดลองซึ่งจะพิจารณาขนาดของตัวอย่างว่ามีความเหมาะสมกับการทดลองแบบใดมีวัตถุประสงค์เพียงพหรือไม่ในการทดลอง
- 5) ทำการทดสอบตามวิธีการที่ได้ออกแบบการทดลองไว้แล้ว

3.2.2 กำหนดปัจจัยในการทดลอง

1) คัดเลือกปัจจัยในการทดลองโดยทำการตั้งปัจจัยทั้งหมด 6 ปัจจัย ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ให้ค่าคะแนนในเมตริกซ์เหตุและผล (Cause and Effect Matrix) [19] และแสดงผลบนแผนภูมิพาเรโต (Pareto chart) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงแผนภูมิพาเรโตค่าคะแนนของปัจจัย

2) ปัจจัยหรือตัวแปรนำเข้าที่มีความสัมพันธ์กันในการทำงานของเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวดที่มีค่าคะแนนสูงที่สุด 3 ปัจจัย ซึ่งเป็นตัวแปรนำเข้าที่สามารถควบคุมได้ [20] เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยหรือตัวแปรนำเข้าที่มีความสัมพันธ์กันในการทำงานของเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวด

ปัจจัย	ค่า Min - Max
1) ตัวกวดที่ 1	9 – 15 มิลลิเมตร
2) ตัวกวดที่ 2	9 – 14 มิลลิเมตร
3) ความเร็วรอบมอเตอร์	70 – 120 รอบ/นาที

3.2.3 กำหนดปัจจัยตัวแปรตอบสนอง (Response)

ค่าผลลัพธ์ที่ต้องการ คือ ค่ายางขอบมุ้งลวดที่ผ่านการอัดด้วยเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวดซึ่งต้องควบคุมปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยให้มีค่าที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่อง ส่งผลให้ค่าผลลัพธ์นั้นมีค่าเป็นศูนย์หรือที่เข้าใกล้ค่าศูนย์มากที่สุด โดยการวัดค่า 8 จุดและหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการวัดค่าผลลัพธ์ที่ต้องการโดยหน่วยเป็นมิลลิเมตร

รายละเอียด	ค่าผลลัพธ์
1. หากยางขอบมุ้งลวดที่ถูกอัดเท่ากันกับบานขอบมุ้งลวด	ศูนย์
2. หากยางขอบมุ้งลวดที่ถูกอัดสูงกว่าบานขอบมุ้งลวด	ค่าบวก
3. หากยางขอบมุ้งลวดที่ถูกอัดต่ำกว่าบานขอบมุ้งลวด	ค่าลบ

3.2.4 การทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ

งานวิจัยนี้เลือกใช้การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ สำหรับศึกษาปัจจัยที่สองระดับ (2^k Full Factorial Design) จำนวนปัจจัยที่ศึกษา 3 ปัจจัย ซึ่ง 2^3 เท่ากับ 8 ครั้ง และทำการทดลองที่ตำแหน่งค่ากลาง (Center Point) 1 ครั้ง โดยทำการทดลอง 1 รอบการทดลอง (1 replicates) เนื่องจากต้องการลดงบประมาณที่ใช้ในการทดลอง และทำการทดลองเพื่อทดสอบว่าสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการออกแบบการทดลองมีความเหมาะสมหรือไม่ รวมจำนวนการทดลองทั้งหมด 9 การทดลอง โดยใช้บานมั่งลวดทั้งหมด 9 บาน ในการทดลอง

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลของการออกแบบการทดลอง

ผลของการออกแบบการทดลองบนโปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 17 แสดงดังตารางที่ 3-4

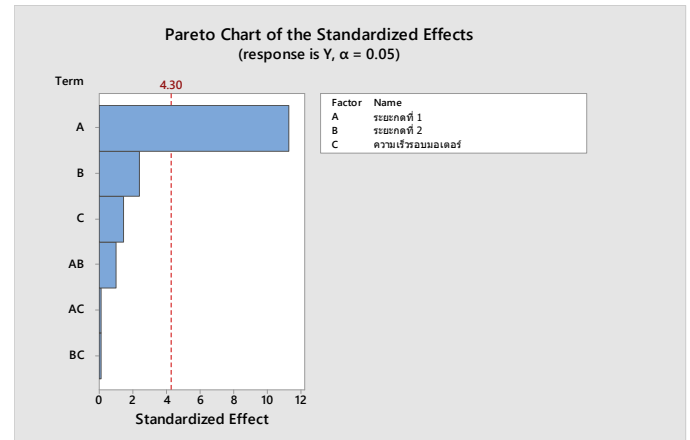
ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	13.1175	2.1863	22.85	0.043
Linear	3	13.0138	4.3379	45.33	0.022
ระยะกตที่ 1	1	12.2513	12.2513	128.02	0.008
ระยะกตที่ 2	1	0.5513	0.5513	5.76	0.138
ความเร็วรอบมอเตอร์	1	0.2112	0.2112	2.21	0.276
2-Way Interactions	3	0.1037	0.0346	0.36	0.792
ระยะกตที่ 1*ระยะกตที่ 2	1	0.1013	0.1013	1.06	0.412
ระยะกตที่ 1*ความเร็วรอบมอเตอร์	1	0.0012	0.0012	0.01	0.919
ระยะกตที่ 2*ความเร็วรอบมอเตอร์	1	0.0012	0.0012	0.01	0.919
Error	2	0.1914	0.0957		
Curvature	1	0.1901	0.1901	152.11	0.052
Lack-of-Fit	1	0.0013	0.0013		
Total	8	13.3089			

ตารางที่ 4 สรุปผลของโมเดล

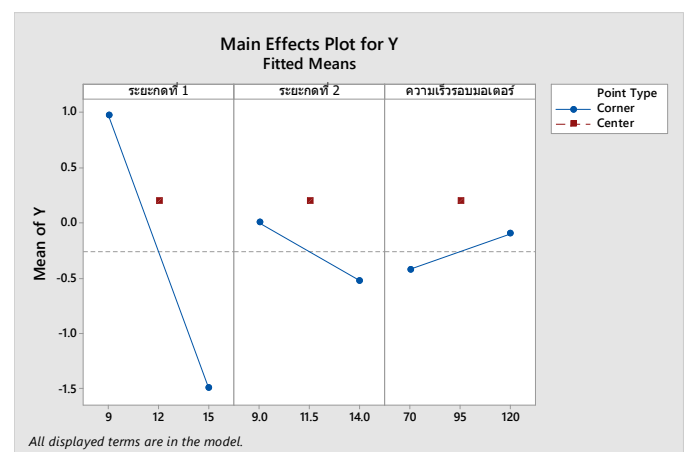
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.309345	98.56%	94.25%	89.68%

จากตารางที่ 4 พบว่า สรุปผลของโมเดลจากการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ผลของ R-sq มีค่าเท่ากับ 98.56% และค่า R-sq (adj) มีค่าเท่ากับ 94.25% ซึ่งมากกว่า 70% [8] แสดงว่าการออกแบบการทดลองนี้มีความถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า P-Value ของปัจจัยระยะกตที่ 1 มีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยระยะกตที่ 1 นั้นส่งผลต่อผลลัพธ์ (Response) ของการทดลองมากที่สุด



รูปที่ 4 กราฟพาเรโตแสดงเทอมของปัจจัย

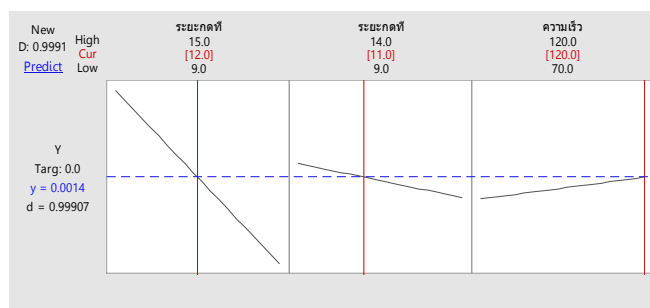
จากรูปที่ 4 แสดงกราฟพาเรโตให้เห็นค่าผลของปัจจัยระยะกตที่ 1 มีค่ามากกว่าเส้นวิกฤตมาก แสดงว่าปัจจัยระยะกตที่ 1 นั้นส่งผลกับผลตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ แต่ต้องพิจารณาอันตรกิริยาลำดับที่สองด้วย



รูปที่ 5 ผลกระทบหลักที่ส่งผลต่อผลลัพธ์

จากรูปที่ 5 แสดงตำแหน่งค่ากลางของปัจจัยหลักอยู่บนเส้นตรง ปัจจัยหลักระยะกวดที่ 1 แสดงให้เห็นว่าส่งผลกับผลตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าปัจจัยอื่น ซึ่งตรงกับการวิเคราะห์ค่า P-Value ของ Curvature ที่มากกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าสมการความสัมพันธ์มีความเหมาะสมของการออกแบบการทดลอง

ผลจากการออกแบบการทดลองข้างต้นได้ค่าที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวด พบว่า ระยะกวดที่ 1 คือ 12 มิลลิเมตร ระยะกวดที่ 2 คือ 11 มิลลิเมตร และความเร็วของรอบมอเตอร์ คือ 120 รอบต่อนาที ซึ่งค่าผลลัพธ์หลังจากผ่านการทดลองแล้ว เท่ากับ 0.0014 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ค่าที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวด

4.2 ผลของการทดสอบสมมติฐาน

4.2.1 กำหนดสมมติฐาน

กำหนดสมมติฐานแบบสองหาง (Two Tail Test, Not equal) โดยกำหนดค่า μ คือ ค่าที่ต้องการทดสอบสมมติฐานการอัดยางขอบมุ้งลวดที่ 0.0014 มิลลิเมตร ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu = 0.0014$

สมมติฐานรอง $H_1 : \mu \neq 0.0014$

4.2.2 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

ทำการหาจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ 1-Sample t Test เพื่อหาจำนวน Sample Size ของการทดลอง ได้จำนวนตัวอย่างของการทดลองที่เหมาะสมเท่ากับ 13 ตัวอย่าง ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นสำหรับการตัดสินใจของการทดลองไม่น้อยกว่า 90% เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

4.2.3 ทดสอบสมมติฐาน

ทำการทดสอบสมมติฐานจากการทดสอบใช้งานจริงสุ่มหยิบยานมุ้งลวดจำนวน 13 บาน แล้ววัดค่าผลลัพธ์ที่ได้ บันทึกค่าทดสอบบนโปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 17 พบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.874 ดังรูปที่ 7 ซึ่งผลจากการทดสอบค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้หรือยอมรับ H_0 แสดงให้เห็นว่าจากผลการทดสอบสมมติฐานคือค่าเฉลี่ยจากการวัดค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการอัดยางขอบมุ้งลวด มีค่าเท่ากับ 0.0014 มิลลิเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Null hypothesis	$H_0: \mu = 0.0014$
Alternative hypothesis	$H_1: \mu \neq 0.0014$
T-Value	P-Value
0.16	0.874

รูปที่ 7 ผลการทดสอบสมมติฐาน

5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบการทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวด ซึ่งใช้การทดลองแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ ศึกษาปัจจัยที่ 2 ระดับ โดยปัจจัยในการทดลอง 3 ปัจจัย จำนวนของการทดลองเท่ากับ 2^3 ทำการทดลองบนโปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 17 ผลการทดลองได้สมการเป็นเส้นตรง ค่าความแปรปรวนจากการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ผลของ R-sq มีค่าเท่ากับ 98.56% และค่า R-sq (adj) มีค่าเท่ากับ 94.25% มีค่ามากกว่า 70% การออกแบบการทดลองนี้จึงมีความถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งค่า P-Value ของปัจจัยระยะกวดที่ 1 มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของปัจจัยระยะกวดที่ 1 ส่งผลกระทบบรรลุต่อผลลัพธ์ของการทดลองมากที่สุด ซึ่งการปรับตั้งค่าที่เหมาะสม คือ ระยะกวดที่ 1 ปรับตั้งค่าที่ 12 มิลลิเมตร ระยะกวดที่ 2 ปรับตั้งค่าที่ 11 มิลลิเมตร ปรับตั้งความเร็วของรอบมอเตอร์ที่ 120 รอบต่อนาที จึงจะทำให้ยางขอบมุ้งลวดที่ถูกกดโดยเครื่องอัดยางขอบมุ้งลวดมีค่าที่ใกล้เคียงศูนย์มิลลิเมตรมากที่สุด และทำการทดสอบจำนวน 13 ตัวอย่าง วิเคราะห์รูปแบบเดิมกับรูปแบบใหม่ที่ได้การปรับตั้งเครื่องจากการออกแบบการทดลองแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์รูปแบบเดิมเปรียบเทียบกับรูปแบบใหม่ที่ได้จากการออกแบบการทดลอง

การทดสอบ	รูปแบบเดิม - ระยะกวดที่ 1 9 มม. - ระยะกวดที่ 2 11 มม. - ความเร็วรอบมอเตอร์ 100 รอบ/นาที	รูปแบบใหม่ - ระยะกวดที่ 1 12 มม. - ระยะกวดที่ 2 11 มม. - ความเร็วรอบมอเตอร์ 120 รอบ/นาที
1	1.5	0.8
2	2.2	-1.0
3	1.7	-1.2
4	2.0	0.5
5	2.5	0.5
6	1.2	-0.5
7	1.0	-0.3
8	2.6	0.8
9	1.2	0.3
10	1.3	0.2
11	1.5	-0.4
12	1.4	0.5
13	1.9	0.2
เฉลี่ย	1.6923	0.0307

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบใหม่ที่ได้จากการทดลองมีผลของค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าของยางอัดมั่งลวดเป้าหมาย และการทดลองยังทำการทดสอบสมมติฐานแบบสองทาง (Two Tail Test, Not equal) เพื่อทดสอบความถูกต้องของการออกแบบการทดลองโดยการทดสอบทั้งหมด 13 ตัวอย่าง กำหนดค่า μ คือ ค่าที่ต้องการทดสอบสมมติฐานการอัดยางขอบมั่งลวดที่ 0.0014 มิลลิเมตร ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยกำหนดสมมติฐานหลัก $H_0 : \mu = 0.0014$ และสมมติฐานรอง $H_1 : \mu \neq 0.0014$ ได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.874 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของโมเดลเป็นการแจกแจงแบบปกติ

แสดงให้เห็นว่าจากผลการทดสอบสมมติฐานคือ ค่าเฉลี่ยจากการวัดค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการอัดยางขอบมั่งลวด มีค่าเท่ากับ 0.0014 มิลลิเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งผลการทดลองมีความสมบูรณ์และมีความเหมาะสม และจากการนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองไปปรับใช้ในการอัดยางขอบมั่งลวด พบว่า สามารถลดเวลาในกระบวนการอัดยางขอบมั่ง

ลวดลงได้ 6 นาทีต่อบาน จากเดิมที่ใช้เวลา 10 นาทีต่อบาน คิดเป็น 60% และยังช่วยลดของเสียของกระบวนการกดยางขอบมั่งลวดแบบเดิมลงได้ ซึ่งทำให้ผู้ประกอบการอะลูมิเนียมสามารถลดของเสีย คือ ยางขอบมั่งลวดลงได้ถึง 30% ต่อบาน หรือคิดเป็นจำนวนต้นทุนที่ลดลงเท่ากับ 9,580 บาทต่อเดือน หรือ 114,960 บาทต่อปี และยังส่งผลให้ลูกค้ามีความพึงพอใจมากขึ้นที่สามารถผลิตได้ทันต่อความต้องการของลูกค้าซึ่งมั่งลวดได้คุณภาพตามมาตรฐานที่ตั้งไว้

6. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มั่งลวดที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นมั่งลวดชนิดไฟเบอร์ ซึ่งการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไปควรศึกษาเพิ่มเติมในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการอัดยางขอบมั่งลวดชนิดอะลูมิเนียม และในลอน เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของมั่งลวดแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ส่งผลต่อแรงกดและความเร็วของรอบมอเตอร์ ซึ่งในเรื่องความทนทาน ราคา ลักษณะชนิดของมั่งลวด และการใช้งานนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้าซึ่งมีความต้องการที่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัย และขอขอบคุณกลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจอะลูมิเนียม ที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงสาธารณสุข. กรมควบคุมโรค. *กองโรคติดต่อ* นำโดยแมลง. เข้าถึงได้จาก :<https://drive.google.com/file/d/1Or6uXzgdwxWos2J98LZUuEgClnvBYZsY/view> [เข้าถึงเมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2564].
- [2] เรวดี คำเลิศ, โสภาวดี มูลเมฆ, วาสนิ ศรีปลั่ง, กามัล กอและ, อภิวิญ ฐวัชสิน, อุษาวดี ถาวรระ. การศึกษาหาประสิทธิภาพของภูมิปัญญาท้องถิ่นทำป้องกันยุงต่อยุงลายบ้านโดยการมีส่วนร่วมของท้องถิ่นภาคใต้. *วารสารควบคุมโรค*. 2560;43(4): 391-399.

- [3] ภิรมย์รัตน์ เกียรติธนบดี, วิโรจน์ ไววนิชกิจ, จเด็จ ตี้อย. พฤติกรรมการป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออกของภาคีเครือข่ายสุขภาพในอำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*. 2558;10(2): 84-91.
- [4] วินัย พันอ้วน. *ความรู้และทักษะในการป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออกของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ในอำเภอบางใน จังหวัดแม่ฮ่องสอน*. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, 2560.
- [5] สำนักรอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. *คู่มือการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในชุมชนสำหรับประชาชน*. โรงพิมพ์มหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย; 2560.
- [6] กระปุก. กระปุกดอทคอม. *มั่งลวดคืออะไรมาทำความรู้จักก่อนติดตั้งกันเถอะ*. เข้าถึงได้จาก: <https://home.kapook.com/view82233.html> [เข้าถึงเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2564].
- [7] วิชญา จันทนา, วัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญ. การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเซรามิค: กรณีศึกษาโรงงานในจังหวัดสมุทรปราการ. *วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*. 2563;37(2):58 -83.
- [8] ปรัชญา พลพะพันธ์. *คู่มือวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสถิติด้วย Minitab ฉบับมืออาชีพ*. นนทบุรี: โอดีซี พรีเมอร์; 2560.
- [9] Deng S, et al. Applying design of experiments to evaluate economic feasibility of rare- earth element recovery. *Procedia CIRP* 90. 2020;165-170.
- [10] Birangal T, Mahesha GT. Reduction of ppm level by using design of experiment (DOE) method. *Materials Today: Proceedings*. 2020;24(2):442-452.
- [11] Cao L, et al. Russo D, Felton K, Salley D, Sharma A, Keenan G, et al. Optimization of formulations using robotic experiments driven by machine learning DoE. *Physical Science*. 2021; 2(1) : 100295.
- [12] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา, พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. *การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป; 2551.
- [13] กลิน รั้งสิกรรพม. การวิเคราะห์รูปแบบการวางแผนผังตลาดสดด้วยเทคนิคแบบจำลองมอนติคาร์โล. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มก*. 2562;32(108): 71-82.
- [14] กนกพร พิษผล, จิราภรณ์ ประดับวงษ์. การออกแบบการทดลองและการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องคัดแยกฝาววด. *วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย*. 2561;7(1): 5-17.
- [15] มนตรี วิมล, ธนากร จันทศรีชา และสิริเดช กุญหิรัญบวร. การศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหล่อทองเหลืองแบบอินเวสเมนต์ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. 2562;20(1): 39-48.
- [16] อธิวัฒน์ ถิ่นธรรม, เปรมพร เขมาวุฒม์. การปรับปรุงกระบวนการผลิตลวดแกนกลางของผลิตภัณฑ์สายสวนหลอดเลือดหัวใจด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*. 2562;14(2): 12-24.
- [17] Güngör S, Ceyhan U, Karadeniz ZH. Optimization of heat transfer in a grooved pipe model by Stochastic Algorithms and DOE based RSM. *International Journal of Thermal Sciences*. 2021;106634.
- [18] Yi L, Chen T, Ehmsen S, Gläßner C, Aurich JC. A study on impact factors of the energy consumption of the fused deposition modeling process using two-level full factorial experiments. *Procedia CIRP*. 2020;93:79-84.
- [19] Pyzdek T. *The Six Sigma Handbook*. New York: McGraw-Hill; 2003.
- [20] ศุภชัย แสงบัวท้าว, ระพี กาญจนะ. การวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อการออกแบบสร้างเตาเผาขยะชุมชนขนาดเล็กด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏธนบุรี*. 2557; 43-53
- [21] กลิน รั้งสิกรรพม. การวิเคราะห์การไหลของจลาจลที่สี่แยกไฟจราจรด้วยเทคนิคแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*. 2563;8(2): 1-14.
- [22] คลอเคลีย วจนะวิชากร. การลดความสูญเสียเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตไม้กวาดทางมะพร้าว กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนบ้านบึงหวาย จังหวัด

อุบลราชธานี. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.
2562;13(1): 141-152.