

การลดปริมาณรางเลื่อนเบาะรถยนต์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดโดยใช้การออกแบบ และวิเคราะห์การทดลอง

REDUCTION OF NONCONFORMING SEAT-SLIDE RAILS USING DESIGN AND ANALYSIS OF EXPERIMENTS

มงคล ชินโคตร¹ และ นิติเดช คูหาทองสัมฤทธิ์^{2*}

¹สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร 10240

²ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร 10240

Mongkhon Chinnakort¹ and Nitidetch Koothathongsumrit^{2*}

¹Engineering Management and Technology, Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University, Bangkok 10240

²Department of Statistics, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok 10240

*E-mail: nitidetch.k@ru.ac.th

Received: 06-01-2025

Revised: 16-06-2026

Accepted: 16-06-2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณรางเลื่อนเบาะรถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าที่ทิศทางที่มีความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนเฉลี่ยต่ำกว่า 1.40 มิลลิเมตร ปัญหาดังกล่าวเกิดจากการตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืนตามประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงาน โดยเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืนมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ระยะการเจาะ แรงดันลม และขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้ได้ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับกำหนดสภาวะที่เหมาะสมของเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน ผลการวิจัยพบว่าควรกำหนดระดับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อการเจาะรูหยุดตลับลูกปืนคือ ระยะการเจาะเท่ากับ 3.00 มิลลิเมตร แรงดันลมเท่ากับ 160.00 บาร์ และขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์เท่ากับ 5.00 มิลลิเมตร จากการนำผลการวิจัยไปทดลองใช้กับกระบวนการผลิตพบว่ารางเลื่อนเบาะรถยนต์มีความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนเฉลี่ยเท่ากับ 1.81 มิลลิเมตร ซึ่งสูงกว่า 1.40 มิลลิเมตร และไม่เกิน 1.90 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยบริษัทกรณีศึกษาสามารถลดจำนวนรางเลื่อนเบาะรถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าที่ทิศทางที่มีความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนต่ำกว่าข้อกำหนดลดร้อยละ 92 เมื่อเทียบกับอัตราผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดแบบเดียวกันก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต ประโยชน์จากการวิจัยนี้ช่วยยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์และปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อสนับสนุนกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลสามระดับ รางเลื่อนเบาะรถยนต์ การลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนด การปรับปรุงกระบวนการผลิต

ABSTRACT

The purpose of this study is to reduce the number of defective nonconforming four-way electric motor-adjustable automotive seat-slide rails with an average bearing stopper hole depth below 1.40 millimeters. This problem arises from the parameter settings of the bearing stopper hole drilling machine based on operator experience. The related parameters include drilling depth, air pressure, and steel-plate thickness. To address this problem, this study employed Three-level factorial design of experiments to identify the optimal conditions for the drilling process. The results indicated that the appropriate parameter settings consist of drilling depth of 3.00 millimeters, an air pressure of 160.00 bar, and a steel-plate thickness of 5.00 millimeters. After implementing these parameter settings in the actual production process, the average bearing stopper hole depth of the automotive seat-slide rails reached 1.81 millimeters, which is statistically significantly higher than the specification of 1.40 millimeters and remains below the upper threshold of 1.90 millimeters. As a result, the case study achieved a 92% reduction in the number of four-way electric motor-adjustable seat-slide rails with bearing stopper hole depths below the specification, compared to the nonconforming rate prior to the process improvement. The benefits of this study enhance product quality and improve production process consistency to supporting sustainable manufacturing performance in the automotive industry.

Keywords: Three-level factorial design of experiments, Seat-slide rail, Reduction of nonconforming product, Production process improvement.

บทนำ

จากข้อมูลสถิติการจดทะเบียนรถยนต์ของประเทศไทยพบว่าในช่วงเดือน มกราคม ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2568 มีจำนวนรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคลสะสมทั้งสิ้น 99,984 คัน (Transport statistics sub-division planning division department of land transport, 2025) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการขยายตัวอย่างต่อเนื่องในอุตสาหกรรมยานยนต์ เบาะรถยนต์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของรถยนต์ทุกประเภท ทำหน้าที่รองรับสรีระเพื่อสร้างความสะดวกสบาย ลดความเมื่อยล้าในขณะเดินทาง และเพิ่มความสวยงามภายในห้องโดยสาร การผลิตเบาะรถยนต์ทุกตัวต้องมีรางเลื่อนเบาะ (Seat-Slide Rail) เพื่อเป็นชิ้นส่วนที่ใช้ยึดติดเบาะเข้ากับตัวถังรถยนต์ ทำให้สามารถปรับตำแหน่งของการนั่งและเพิ่มความปลอดภัยในขณะโดยสาร จากข้อมูลสถิติการจดทะเบียนรถยนต์ในช่วงต้นส่งผลให้ความต้องการใช้รางเลื่อนเบาะรถยนต์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Koothathongsumrit & Chankham, 2026)

บริษัทกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตและจำหน่ายรางเลื่อนเบาะรถยนต์ จำนวน 3 ประเภท ได้แก่ รุ่นปรับด้วยตัวเองสองทิศทาง รุ่นปรับด้วยตัวเองสี่ทิศทาง และรุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทาง แสดงดังภาพที่ 1 โดยบริษัทประสบปัญหาการผลิตรางเลื่อนเบาะรถยนต์ไม่ผ่านข้อกำหนด จากสำรวจข้อมูลการผลิตย้อนหลัง พบว่ารางเลื่อนของเบาะรถยนต์ รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทาง มีปริมาณการผลิตสูงสุดจำนวน 24,090 ชิ้น มีผลิตภัณฑ์ที่

ไม่ผ่านข้อกำหนดจำนวน 793 ชิ้น คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 713,700 บาท แสดงดังตารางที่ 1 โดยรางเลื่อนเบาะรถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทาง มีความซับซ้อนของตำแหน่งรูหยุดตลับลูกปืนมากที่สุด เนื่องจากต้องกำหนดตำแหน่งหยุดของตลับลูกปืนให้สัมพันธ์กับระยะของเกียร์วหุนมอเตอร์ ทำให้ต้องการความแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับรางเลื่อนเบาะรถยนต์รุ่นอื่น ส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดจำนวนมาก ดังนั้นการศึกษาวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาเฉพาะรางเลื่อนเบาะรถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทางเท่านั้น

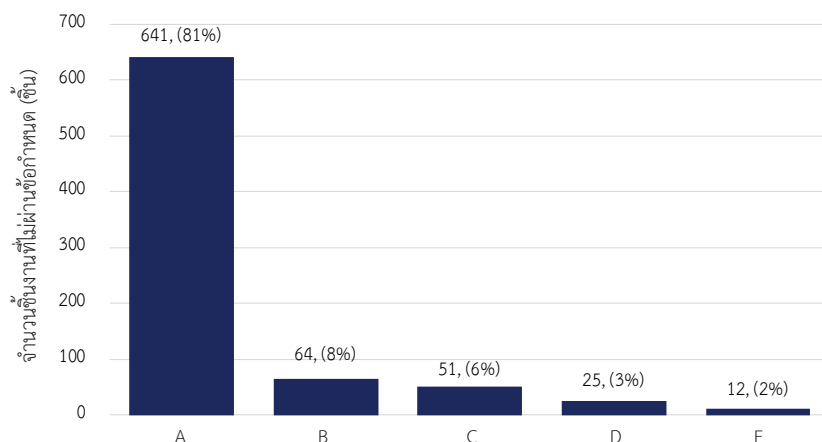


ภาพที่ 1 รางเลื่อนเบาะรถยนต์แต่ละประเภท

ตารางที่ 1 จำนวนการผลิตรางเลื่อนของเบาะรถยนต์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดรุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทาง

เดือน	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	ไม่ผ่านข้อกำหนด (ชิ้น)	สัดส่วน (ร้อยละ)	มูลค่า (บาท)
มกราคม	3,760	128	3.40	115,200
กุมภาพันธ์	3,450	112	3.25	100,800
มีนาคม	3,600	120	3.33	108,000
เมษายน	2,700	87	3.22	78,300
พฤษภาคม	3,460	115	3.32	103,500
มิถุนายน	3,650	118	3.23	106,200
กรกฎาคม	3,470	113	3.26	101,700
รวม	24,090	793	3.29	713,700

เมื่อนำรางเลื่อนเบาะรถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทางที่ไม่ผ่านข้อกำหนด มาจำแนกลักษณะความบกพร่อง สามารถจำแนกได้ 5 ลักษณะ ได้แก่ ค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนต่ำกว่าข้อกำหนด (A) ค่าความผิดของรางเลื่อนเบาะรถยนต์สูงกว่าข้อกำหนด (B) ค่าระยะเคลื่อนที่ของรางเลื่อนเบาะรถยนต์ไม่ผ่านข้อกำหนด (C) ค่าเสียงดังของรางเลื่อนเบาะรถยนต์สูงกว่าข้อกำหนด (D) และอื่น ๆ (E) โดยพบว่าลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดมากที่สุดคือค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนต่ำกว่าข้อกำหนดจำนวน 641 ชิ้น จำนวนเฉลี่ย 92 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 81 เมื่อเทียบกับปริมาณของรางเลื่อนเบาะรถยนต์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนด

เมื่อศึกษาปัญหาค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนต่ำกว่าข้อกำหนด พบว่ามีค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนเฉลี่ยเท่ากับ 1.20 มิลลิเมตร ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด คือสูงกว่าหรือเท่ากับ 1.40 มิลลิเมตร และไม่เกิน 1.90 มิลลิเมตร หน้าที่ของรูหยุดตลับลูกปืนเพื่อป้องกันไม่ให้ตลับลูกปืนหลุดออกจากรางและทำหน้าที่ให้เบาะรถยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างมั่นคงปลอดภัย เมื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาพบว่าเกิดจากการตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน ได้แก่ ระยะเวลาเจาะ แรงดันลม และขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในกระบวนการผลิต ตัวอย่างเช่น หากการตั้งค่าพารามิเตอร์เครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืนสูงไป จะส่งผลให้ขาดความแม่นยำของตำแหน่งเจาะรูหยุดตลับลูกปืนและทำให้แม่พิมพ์แตกหัก แต่หากการตั้งค่าพารามิเตอร์เครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืนต่ำเกินไป จะส่งผลให้ค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนต่ำกว่าข้อกำหนด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืนเพื่อลดปัญหาผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนด

เมื่อทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องจักรเพื่อใช้ในการลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนด พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) ในการแก้ปัญหาดังกล่าว เช่น งานวิจัยของ Chayarathi et al. (2021) ศึกษาการลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดในกระบวนการชุบโครเมียมด้วยวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ ซึ่งสามารถลดสัดส่วนลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดลงจากร้อยละ 22.02 เป็นร้อยละ 8.42 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด งานวิจัยของ Mahanil et al. (2024) ประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC เพื่อลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดในกระบวนการเชื่อมประกอบรถยนต์ โดยใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ สามารถลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดเหลือเพียงร้อยละ 0.02 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด งานวิจัยของ Silaloy & Na-Badalung (2024) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตอุปกรณ์เชื้อระดับน้ำมันโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง ทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดเหลือเพียงร้อยละ 1.68 จากปริมาณผลิตทั้งหมด งานวิจัยของ Wadsungnoen & Osothsilp (2023) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการ

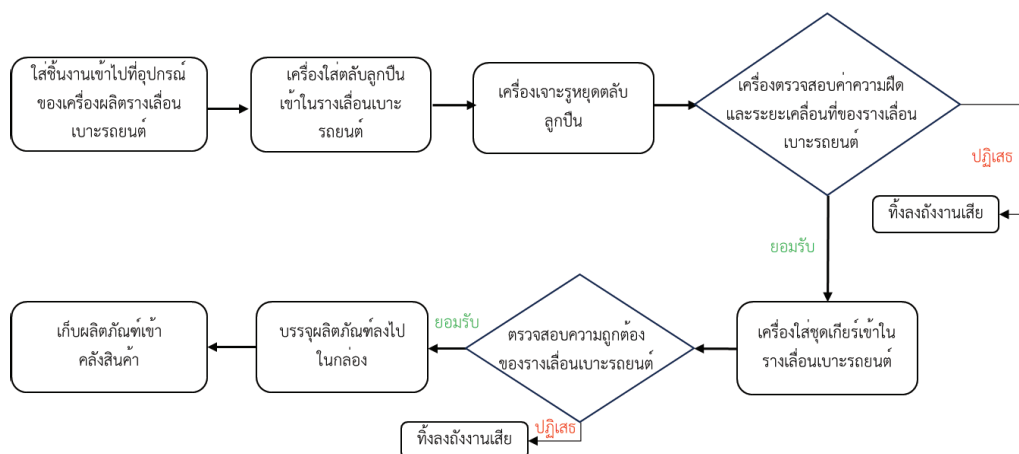
ลดของเสียจากข้อบกพร่องสีแตกและสีบางในกระบวนการพ่นสีฝุ่นบนกรอบกระจกของหลังคารถกระบะอเนกประสงค์ โดยใช้การออกแบบการทดลองและพื้นผิวตอบสนอง พบว่าสามารถลดสัดส่วนของเสียลงจากร้อยละ 8 เป็นร้อยละ 1.13 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด งานวิจัยของ Yimyam & Koothongsumrit (2025) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการลดจำนวนแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด โดยใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ สามารถช่วยลดแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเฉลี่ยจาก 127 ลูกต่อเดือน ลดลงเหลือ 46 ลูกต่อเดือน โดยวรรณกรรมในข้างต้นแสดงให้เห็นว่ามีการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหาในกระบวนการผลิต แต่ยังไม่มียานวิจัยใดที่นำแนวคิดการออกแบบการทดลองมาใช้แก้ปัญหาในกระบวนการผลิตรางเลื่อนเบาะรถยนต์

จากความสำคัญของปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้น การศึกษาวิจัยนี้จึงต้องการเติมช่องว่างงานวิจัยด้วยการนำการออกแบบการทดลองมาใช้ลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดของบริษัทรถจักรยานยนต์ โดยต้องการลดจำนวนรางเลื่อนเบาะรถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทางที่มีค่าความลึกของรูลูกปืนต่ำกว่าข้อกำหนด ศึกษาอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมของพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับปรับตั้งเครื่องเจาะรูลูกปืน ได้แก่ แรงดันลมระยะการเจาะ และขนาดแผ่นรองฐานแม่พิมพ์ พร้อมทั้งกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องจักรดังกล่าว ผลลัพธ์จากการศึกษาวิจัยนี้นำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิตและรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ตลอดจนเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ในระยะยาว

วิธีการ

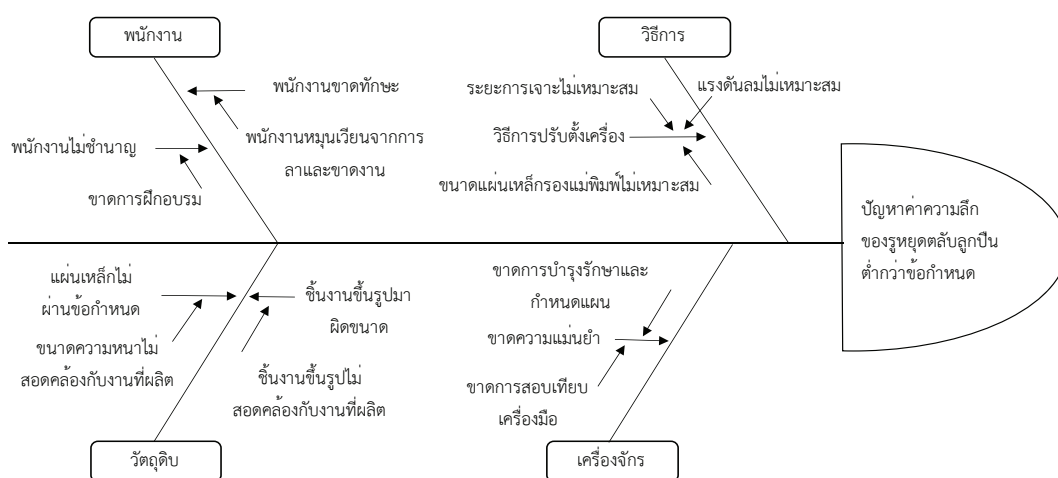
การศึกษานี้ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเพื่อลดปริมาณรางเลื่อนเบาะรถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทางที่มีค่าความลึกของรูลูกปืนต่ำกว่าข้อกำหนด มีวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ศึกษากระบวนการผลิต กระบวนการผลิตรางเลื่อนเบาะรถยนต์เป็นแบบสายพานการผลิต เริ่มจากการให้พนักงานประกอบรางเลื่อนด้านบนและด้านล่างเข้าด้วยกัน แล้วจึงประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ภายในรางเลื่อนเบาะรถยนต์ จากนั้นเครื่องจะทำการเจาะรูลูกปืนเพื่อป้องกันไม่ให้ลูกปืนไหลออกจากราง และสายพานการผลิตจะส่งต่อกระบวนการถัดไปจนเสร็จสิ้น โดยกระบวนการผลิตรางเลื่อนเบาะรถยนต์ มีทั้งหมด 8 ขั้นตอน ได้แก่ ใส่ชิ้นงานเข้าไปที่อุปกรณ์ของเครื่องผลิตรางเลื่อนเบาะรถยนต์ เครื่องบรรจุลูกปืนเข้าในรางเลื่อนเบาะรถยนต์ เครื่องเจาะรูลูกปืน เครื่องตรวจสอบค่าความผิดและระยะการเคลื่อนที่ของรางเลื่อนเบาะรถยนต์ เครื่องบรรจุชุดเกียร์เข้าในรางเลื่อนเบาะรถยนต์ ตรวจสอบความถูกต้องของรางเลื่อนเบาะรถยนต์ บรรจุผลิตภัณฑ์ลงในกล่อง และเก็บผลิตภัณฑ์เข้าคลังสินค้า แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการผลิตรางเลื่อนเบาะรถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทาง

2. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล เพื่อสำรวจความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้องมาร่วมกันระดมสมองเพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาค่าความลึกของรูหยุดตั้กลับลูกปืนต่ำกว่าข้อกำหนดได้แก่ ฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายซ่อมบำรุง และฝ่ายวิศวกรรมการผลิต การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล (Lin, 2024) แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนต่ำกว่าข้อกำหนด พบว่ามีสาเหตุมาจาก 1) พนักงาน (Man) เนื่องจากพนักงานมีการหมุนเวียนจากการขาดงานและลางาน ทำให้ขาดทักษะและไม่ชำนาญในการปรับตั้งเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน อีกทั้งยังขาดการฝึกอบรมทบทวนทักษะอย่างสม่ำเสมอ 2) วิธีการ (Method) จากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่ายังไม่มีการระบุค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับแรงดันลม ระยะการเจาะและขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ ของรางเลื่อนเบาะรถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทาง ดังนั้นการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืนด้วยประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้ค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนมีความแปรผัน 3) วัตถุดิบ (Material) พบแผ่นเหล็กไม่ผ่านข้อกำหนดและชิ้นงานขึ้นรูปมาผิดขนาดเนื่องจากเกณฑ์การทวนสอบความหนาของชิ้นงานในขั้นตอนรับเข้าไม่ครอบคลุมเพียงพอ และ 4) เครื่องจักร (Machine) เครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืนขาดความแม่นยำ เนื่องจากขาดการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และขาดการสอบเทียบเครื่องมือวัด ตามรอบระยะเวลาที่กำหนด

เมื่อนำสาเหตุของปัญหามาประเมินความล้มเหลวของผลกระทบ โดยประเมินสาเหตุของปัญหาด้านความรุนแรง (Severity: S) ความถี่โอกาสที่จะเกิด (Occurrence: O) และความสามารถในการตรวจสอบ (Detection: D) ด้วยผู้ประเมิน ได้แก่ หัวหน้าฝ่ายผลิต หัวหน้าฝ่ายควบคุมคุณภาพ หัวหน้าฝ่ายซ่อมบำรุง และวิศวกรควบคุมการผลิต เพื่อร่วมกันหาฉันทามติให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ และคำนวณคะแนนค่าความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN) โดยสาเหตุที่มีค่า RPN มากกว่า 80 คะแนนขึ้นไปจะถูกนำไปแก้ไข ผลการวิเคราะห์และการประเมินความเสี่ยงของสาเหตุ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์และการประเมินความเสี่ยงของสาเหตุ

ปัจจัย	สาเหตุ	S	O	D	RPN
พนักงาน	พนักงานขาดการฝึกอบรม	3	2	3	$3 \times 2 \times 3 = 18$
พนักงาน	พนักงานหมุนเวียน จากการลาและขาดงาน	3	2	3	$3 \times 2 \times 3 = 18$
วัตถุดิบ	ขนาดความหนาไม่สอดคล้องกับงานที่ผลิต	2	2	1	$2 \times 2 \times 1 = 4$
วัตถุดิบ	ชิ้นงานขึ้นรูปไม่สอดคล้องกับงานที่ผลิต	2	2	1	$2 \times 2 \times 1 = 4$
วิธีการ	ระยะการเจาะไม่เหมาะสม	5	5	5	$5 \times 5 \times 5 = 125$
วิธีการ	แรงดันลมไม่เหมาะสม	5	5	5	$5 \times 5 \times 5 = 125$
วิธีการ	ขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม	5	5	5	$5 \times 5 \times 5 = 125$
เครื่องจักร	ขาดการบำรุงรักษาและกำหนดแผน	2	2	2	$2 \times 2 \times 2 = 8$
เครื่องจักร	ขาดการสอบเทียบเครื่องมือ	2	2	2	$2 \times 2 \times 2 = 8$

จากการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงของสาเหตุในข้างต้น พบว่าปัจจัยที่มีค่า RPN อยู่ในระดับที่ต้องดำเนินการควบคุมและเร่งดำเนินการแก้ไข ได้แก่ ระยะการเจาะไม่เหมาะสม แรงดันลมไม่เหมาะสม และขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวมีความแปรผันสูงและยังไม่ได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน ดังนั้นจึงได้ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยหลักและอิทธิพลร่วมเพื่อกำหนดระดับพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

3. กำหนดระดับพารามิเตอร์ของการทดลอง เครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน มีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ระยะการเจาะ แรงดันลม และขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ แสดงดังตารางที่ 3 และมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ระยะการเจาะ หมายถึง ระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน โดยจากอดีตที่ผ่านมา ระยะการเจาะที่ใช้สูงสุดเท่ากับ 4.00 มิลลิเมตร เป็นการแนะนำตามคู่มือของผู้ผลิตเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน ระยะการเจาะที่ใช้เป็นประจำเท่ากับ 2.00 มิลลิเมตร และระยะการเจาะที่ใช้ต่ำสุดเท่ากับ 2.00 มิลลิเมตร

3.2 แรงดันลม หมายถึง แรงดันลมที่เครื่องใช้เจาะรูหยุดตลับลูกปืน โดยจากอดีตที่ผ่านมา แรงดันลมที่ใช้สูงสุดเท่ากับ 170.00 บาร์ เป็นการแนะนำตามคู่มือของผู้ผลิตเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน แรงดันลมที่ใช้เป็นประจำเท่ากับ 160.00 บาร์ และแรงดันลมที่ใช้ต่ำสุดเท่ากับ 150.00 บาร์

3.3 ขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ หมายถึง การปรับระยะของแม่พิมพ์เพื่อใช้เจาะรูหยุดตลับลูกปืน โดยจากอดีตที่ผ่านมา ขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ที่ใช้สูงสุดเท่ากับ 5.10 มิลลิเมตร เป็นการแนะนำตามคู่มือของผู้ผลิตเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน ขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ที่ใช้เป็นประจำเท่ากับ 5.10 มิลลิเมตร และขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ที่ใช้ต่ำสุดเท่ากับ 4.90 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์และค่าของแต่ละระดับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ระดับพารามิเตอร์		
		ต่ำ	กลาง	สูง
ระยะการเจาะ (มิลลิเมตร)	A	2.00	3.00	4.00
แรงดันลม (บาร์)	B	150.00	160.00	170.00
ขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ (มิลลิเมตร)	C	4.90	5.00	5.10

4. วิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทาง กำหนดให้มี 3 พารามิเตอร์ แต่ละพารามิเตอร์มี 3 ระดับ ทำการทดลองจำนวน 5 ซ้ำ มีจำนวนการทดลองเท่ากับ 135 ครั้ง โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม Minitab มาช่วยในการวิเคราะห์ ผลกระทบของพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืน เมื่อพิจารณาผลกระทบของอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วม โดยกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 หากค่า P-Value ของอิทธิพลใด ๆ มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญจะถือว่าอิทธิพลดังกล่าวส่งผลกระทบต่อค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พร้อมทั้งตรวจสอบค่า R-sq และ R-sq (adj) ต้องมีค่ามากกว่า 0.80 เพื่อเป็นการยืนยันว่า ผลลัพธ์สามารถอธิบายความแตกต่างของพารามิเตอร์ได้และความพอเพียงของจำนวนข้อมูลที่น่าวิเคราะห์ (Montgomery, 2017) หลังจากที่ได้ทราบว่ามีอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมใดที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองแล้ว ต่อมาจึงกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืนด้วยคำสั่ง Response optimizer (Uluskan & Karşı, 2023)

5. ยืนยันผลการทดลอง เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ โดยนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมาตั้งค่าเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน เพื่อทดลองใช้ในการผลิตรางเลื่อนเบาะรถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทางจำนวน 55 ชิ้น จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบสมมติฐานทางสถิติเพื่อตรวจสอบว่าค่าความลึก

ของรูหยุดตลับลูกปืนเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 1.40 มิลลิเมตร และไม่เกิน 1.90 มิลลิเมตร โดยใช้สถิติทดสอบ Z-test ทำการทดสอบ กำหนดสมมติฐานของการทดสอบ ได้แก่ 1) การทดสอบค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนสูงกว่าหรือเท่ากับ 1.40 มิลลิเมตร ที่ยอมรับได้ต่ำสุด กำหนดสมมติฐานหลัก (H_0) ค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนเฉลี่ยสูงกว่าหรือเท่ากับ 1.40 มิลลิเมตร ($H_0 : \mu \geq 1.40$) และสมมติฐานรอง (H_1) ค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนเฉลี่ยต่ำกว่า 1.40 มิลลิเมตร ($H_1 : \mu < 1.40$) หากค่าสถิติทดสอบต่ำกว่าค่าวิกฤติ หรือค่า P-Value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก และ 2) การทดสอบค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนต้องต่ำกว่า 1.90 มิลลิเมตร ที่ยอมรับได้สูงสุด กำหนดสมมติฐานหลัก (H_0) ค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนเฉลี่ยต่ำกว่าหรือเท่ากับ 1.90 มิลลิเมตร ($H_0 : \mu \leq 1.90$) และสมมติฐานรอง (H_1) ค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนเฉลี่ยสูงกว่า 1.90 มิลลิเมตร ($H_1 : \mu > 1.90$) หากค่าสถิติทดสอบสูงกว่าค่าวิกฤติ หรือค่า P-Value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Chutima, 2002)

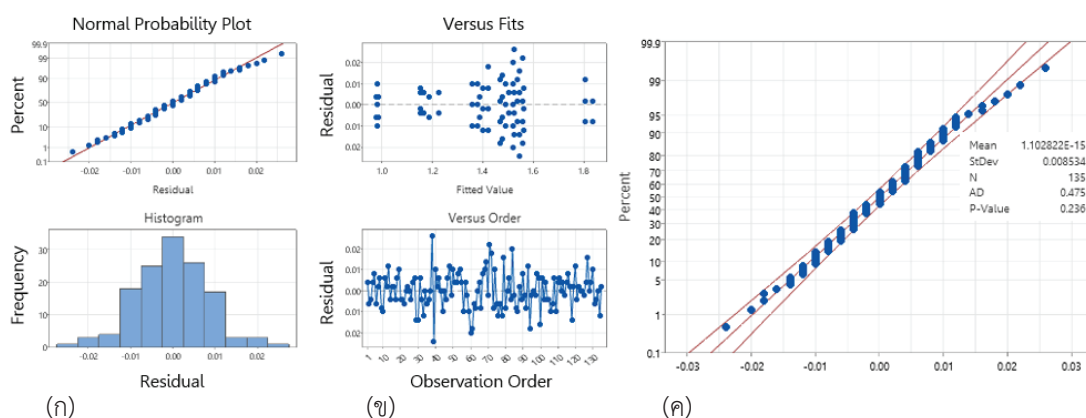
ผลการทดลองและวิจารณ์

เมื่อทำการทดลองและเก็บข้อมูลค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนรุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทางตามแผนการทดลองที่ได้ออกแบบไว้ ข้อมูลค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืน ถูกนำมาวิเคราะห์อิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมของพารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่าอิทธิพลหลัก คือ ระยะเวลาเจาะ แรงดันลม และขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ มีค่า P-Value เท่ากับ 0.00 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าทั้ง 3 พารามิเตอร์มีผลต่อค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืน อิทธิพลร่วมระหว่าง 2 พารามิเตอร์ ได้แก่ ระยะเวลาเจาะร่วมกับแรงดันลม ระยะเวลาเจาะร่วมกับขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ แรงดันลมร่วมกับระยะเวลาเจาะ แต่ละคู่มีค่า P-Value เท่ากับ 0.00 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 พารามิเตอร์ทั้งหมดมีผลต่อค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืน อิทธิพลร่วมระหว่าง 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ ระยะเวลาเจาะร่วมกับแรงดันลมร่วมกับขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ มีค่า P-Value เท่ากับ 0.00 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง 3 พารามิเตอร์มีผลต่อค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืน แสดงดังตารางที่ 4 นอกจากนี้ยังพบว่า R-sq และ R-sq (adj) มีค่าเท่ากับ 0.99 และ 0.98 ตามลำดับ แสดงว่าผลลัพธ์สามารถอธิบายความแตกต่างของพารามิเตอร์ได้และจำนวนข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มีความพอเพียง

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์อิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วม

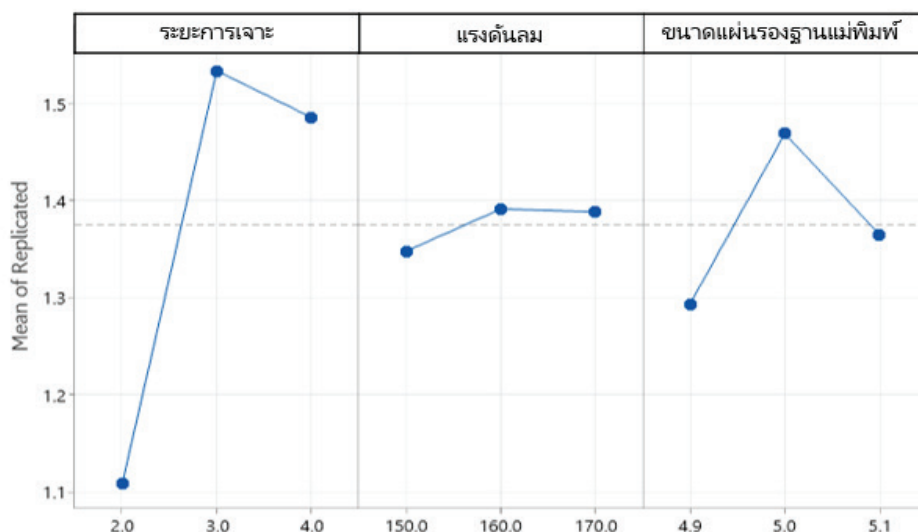
แหล่งความผันแปร	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
อิทธิพลหลัก A	2	4.86	2.43	26903.25	0.00
อิทธิพลหลัก B	2	0.05	0.03	290.91	0.00
อิทธิพลหลัก C	2	0.70	0.35	3850.68	0.00
อิทธิพลร่วม 2 พารามิเตอร์ A x B	4	0.05	0.01	139.70	0.00
อิทธิพลร่วม 2 พารามิเตอร์ A x C	4	0.76	0.19	2111.45	0.00
อิทธิพลร่วม 2 พารามิเตอร์ B x C	4	0.05	0.01	131.16	0.00
อิทธิพลร่วม 3 พารามิเตอร์ A x B x C	8	0.22	0.03	299.27	0.00
ความคลาดเคลื่อน (Error)	108	0.01	0.00		
ผลรวม (Total)	134	6.70			

เมื่อนำส่วนตกค้างไปตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ พบว่าการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล (Versus Fits) มีการกระจายตัวของส่วนตกค้างเป็นรูปแบบการกระจายตัวอิสระ ไม่สามารถทำนายรูปแบบได้ แสดงให้เห็นว่าส่วนตกค้างมีความเป็นอิสระต่อกัน การตรวจสอบค่าเฉลี่ยของค่าความผิดพลาดโดยพิจารณาจาก แผนภูมิการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Versus Order) พบว่าส่วนตกค้างในแต่ละระดับมีการกระจายตัวในด้านบวก และลบมีความสมดุลกัน จึงประมาณได้ว่าค่าเฉลี่ยของส่วนตกค้างมีค่าใกล้เคียงศูนย์ จึงสรุปว่าข้อมูลการทดลองนี้ มีความเหมาะสม สามารถนำผลการวิจัยไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้ (Weremfo et al., 2022) การตรวจสอบ ความการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Probability Plot) ของค่าส่วนตกค้าง พบว่ามีการกระจายตามแนวเส้น ตรง และยังพบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.24 ซึ่งมีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลักคือข้อมูล มีการแจกแจงแบบปกติ แสดงดังภาพที่ 5



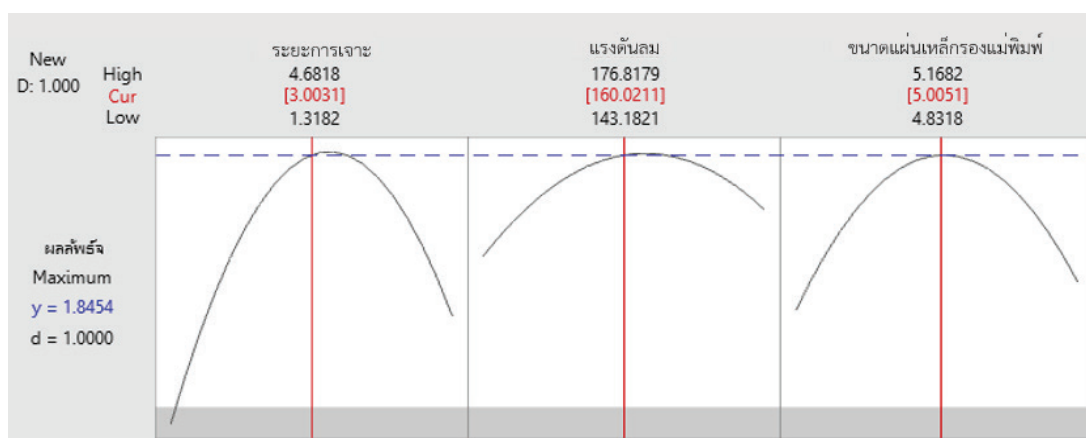
ภาพที่ 5 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบส่วนตกค้าง

เมื่อทำการวิเคราะห์หิทธิพลหลักพบว่าเมื่อปรับระยะการเจาะจาก 2.00 มิลลิเมตร เป็น 3.00 มิลลิเมตร ค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและสูงสุดที่ระดับ 3.00 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มระยะเป็น 4.00 มิลลิเมตร ค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนกลับมีแนวโน้มลดลง ดังนั้นระยะการเจาะที่ 3.00 มิลลิเมตร คือจุดที่เหมาะสมที่สุดในแง่ของอิทธิพลหลัก แรงดันลม พบว่าอิทธิพลของแรงดันลมให้ผลลัพธ์ ในทิศทางเดียวกัน โดยค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนจะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันลมอยู่ที่ 160.00 บาร์ และจะเริ่มคงตัว หรือลดลงเล็กน้อยหากใช้แรงดันสูงเกินกว่านั้น ขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ พบว่าขนาดแผ่นเหล็กรองฐาน แม่พิมพ์ที่ 5 มิลลิเมตร ส่งผลให้ได้ค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนสูงสุด แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 อิทธิพลหลักของพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืน

ต่อมาทำการวิเคราะห์ระดับพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืนโดยใช้คำสั่ง Response optimizer ในโปรแกรม Minitab กำหนดให้ค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนเป็นแบบมากที่สุด (Maximize) โดยพบว่าควรกำหนดค่าพารามิเตอร์เครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน ดังนี้ ระยะการเจาะเท่ากับ 3.00 มิลลิเมตร แรงดันลมเท่ากับ 160.00 บาร์ และขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์เท่ากับ 5.00 มิลลิเมตร ระดับพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ค่าการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืน

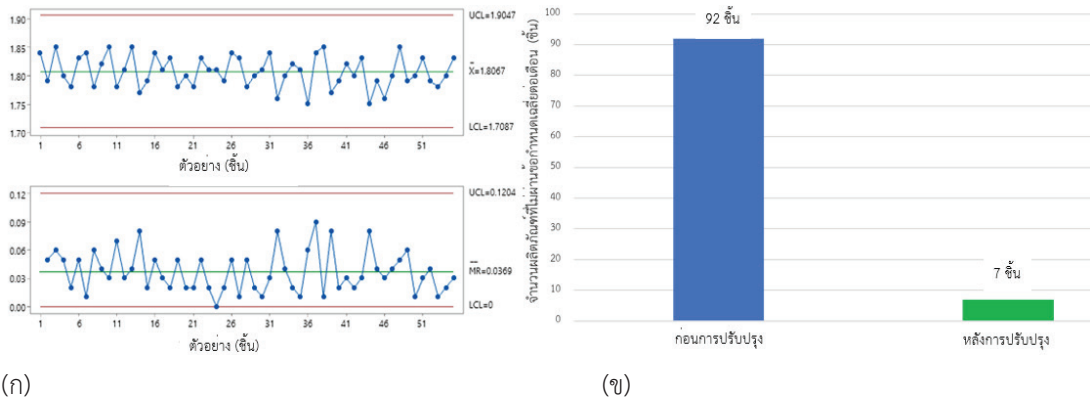
เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมไปใช้ในการผลิตรางเลื่อนเบาะรถยนต์จริงและทดสอบค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืน โดยเก็บข้อมูลค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนจากจำนวนรางเลื่อนเบาะรถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทาง จำนวน 55 ชิ้น พบว่ามีค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนเฉลี่ยเท่ากับ 1.81 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปทดสอบสมมติฐานทางสถิติตามที่ได้กำหนดไว้ในข้างต้น ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

สมมติฐาน	ค่าสถิติทดสอบ Z	ค่าวิกฤติ	P-Value	ระดับนัยสำคัญ	ผลลัพธ์
$H_0: \mu \geq 1.40, H_1: \mu < 1.40$	119.15	-1.65	1.00	0.05	ยอมรับ H_0
$H_0: \mu \leq 1.90, H_1: \mu > 1.90$	-27.32	1.65	1.00	0.05	ยอมรับ H_0

การทดสอบเพื่อยืนยันว่าค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนเฉลี่ยต้องสูงกว่า 1.40 มิลลิเมตร พบว่าค่าสถิติทดสอบ Z เท่ากับ 119.15 ซึ่งมากกว่าค่าวิกฤติ และค่า P-Value เท่ากับ 1.00 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก สรุปได้คือค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนเฉลี่ยสูงกว่า 1.40 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การทดสอบเพื่อยืนยันว่าค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนเฉลี่ยต้องไม่เกิน 1.90 มิลลิเมตร พบว่าค่าสถิติทดสอบ Z เท่ากับ -27.32 ซึ่งต่ำกว่าค่าวิกฤติ และค่า P-Value เท่ากับ 1.00 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก สรุปได้คือค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนเฉลี่ยไม่เกิน 1.90 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อนำข้อมูลค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนมาตรวจสอบความผันผวนของกระบวนการผลิตรางเลื่อนเบาะรถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทาง ด้วยการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่ (Individual and moving-range charts: X and MR charts) พบว่าการผันแปรของกระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม เนื่องจากไม่มีข้อมูลใดอยู่นอกเหนือขีดจำกัดควบคุมและไม่มีการกระจายตัวที่ผิดปกติของข้อมูล นอกจากนี้ยังใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อแสดงค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืน โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดก่อนการปรับปรุงมีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 92 ชิ้นต่อเดือน และผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดหลังการปรับปรุงลดลงจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 7 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นการลดลงร้อยละ 92 เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง ดังนั้นการตั้งค่าพารามิเตอร์เครื่องเจาะรูหยุดตลับลูกปืนเป็นไปตามสมมติฐานมีความเหมาะสมและสามารถควบคุมค่าความลึกของรูหยุดตลับลูกปืนให้อยู่ภายใต้ขอบเขตที่กำหนด ผลที่เกิดขึ้นจากการนำผลลัพธ์การวิจัยไปใช้กับกระบวนการผลิตจริง แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผลที่เกิดจากการนำผลลัพธ์การวิจัยไปใช้กับกระบวนการผลิตจริง

สรุป

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์ต้องการลดปริมาณแรงเลื้อนเบารถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทาง ที่มีค่าความลึกของรอยขีดข่วนต่ำกว่าข้อกำหนด ซึ่งกำหนดไว้สูงกว่าหรือเท่ากับ 1.40 มิลลิเมตร และไม่เกิน 1.90 มิลลิเมตร มีสาเหตุมาจากการตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องเจาะรอยขีดข่วนไม่เหมาะสม ได้แก่ ระยะการเจาะ แรงดันลม และขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์ การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับได้ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาการเจาะรอยขีดข่วนต่ำกว่าข้อกำหนด ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ทั้งหมดมีอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมต่อการเจาะรอยขีดข่วน โดยสภาวะการเจาะรอยขีดข่วนที่เหมาะสมและควรกำหนดค่าพารามิเตอร์ ดังนี้ ระยะการเจาะเท่ากับ 3 มิลลิเมตร แรงดันลมเท่ากับ 160 บาร์ และขนาดแผ่นเหล็กรองฐานแม่พิมพ์เท่ากับ 5 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมไปทดลองเพื่อยืนยันผลการวิเคราะห์สภาพการผลิตและตรวจสอบความถูกต้องของระดับพารามิเตอร์ที่ได้พบว่าแรงเลื้อนเบารถยนต์รุ่นปรับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสี่ทิศทางมีค่าความลึกของรอยขีดข่วนเฉลี่ยเท่ากับ 1.81 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ ผลลัพธ์จากการวิจัยในครั้งนี้ส่งผลให้บริษัทกรณีศึกษาสามารถลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความลึกของรอยขีดข่วนต่ำกว่าข้อกำหนดจากเฉลี่ย 92 ชิ้นต่อเดือน เหลือเพียงเฉลี่ย 7 ชิ้นต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 92 เทียบกับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต และสามารถลดมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตที่มีค่าความลึกของรอยขีดข่วนต่ำกว่าข้อกำหนดจากเฉลี่ย 82,800 บาทต่อเดือน เหลือเพียง 6,300 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 92 เทียบกับมูลค่าความสูญเสียก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต

การศึกษานี้ในอนาคตสามารถนำแนวทางการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้กับลักษณะความบกพร่องอื่นที่ยังไม่ได้รับการแก้ไข เช่น ค่าความถี่ของแรงเลื้อนเบารถยนต์สูงกว่าข้อกำหนด ค่าระยะเคลื่อนที่ของแรงเลื้อนเบารถยนต์ไม่ผ่านข้อกำหนด และค่าเสียงดังของแรงเลื้อนเบารถยนต์เกินข้อกำหนด นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาวิธีการที่นำเสนอร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยการติดตั้งระบบเซนเซอร์ตรวจจับข้อมูลแบบเรียลไทม์ เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องจักรและความผิดปกติของกระบวนการผลิตได้ในขณะปฏิบัติงานทันที

เอกสารอ้างอิง

- Chayarathi, C., Rakkran, S., & Plongmai, J. (2021). Design of experiment to reduce waste in plating process. **Journal of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University**, 1(1), 29-38. (In Thai)
- Chutima, P. (2002). **Engineering design of experiments**. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University Press. (In Thai)
- Koohathongsumrit, N., & Chankham, W. (2026). Electric vehicle purchase decision: A hybrid multi-criteria decision-making method. **EURO Journal on Decision Processes**, 14, 100070.
- Lin, C.-Y. (2024). Cause-and-effect diagram-based supersaturated designs. **Quality Engineering**, 36(4), 651-666.
- Montgomery, D. C. (2017). **Design and analysis of experiments**. (9). Hoboken NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Mahanil, N., Wangraiklang, B., Jongaramreung, S., Winitchai, W., & Jattukul, W. (2024). Application of DMAIC principles based on the concept of six sigma to reduce defects in the automotive assembly welding process. **Journal of science and Technology, Southeast Bangkok University**, 4(1), 68-81. (In Thai)
- Silaloy, S., & Na-Badalung, C. (2024). Determining the optimal parameters of oil checking processing using engineering experimental design techniques. **Journal of Engineering and Digital Technology**, 12(2), 48-54. (In Thai)
- Transport statistics sub-division planning division department of land transport. (2025). **New vehicle registration statistics**. Retrieved from <https://web.dlt.go.th/statistics/> [2025, 5 Jul.]
- Uluskan, M., & Karşı, M. G. (2023). predictive six sigma for Turkish manufacturers: utilization of machine learning tools in DMAIC. **International Journal of Lean Six Sigma**, 14(3), 630-652.
- Weremfo, A., Abassah-Oppong, S., Adulley, F., Dabie, K., & Seidu-Larry, S. (2022). Response surface methodology as a tool to optimize the extraction of bioactive compounds from plant sources. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 103(1), 26-36.
- Wadsungnoen, P., & Osothsilp, N. (2023). Defective Reduction from Cracking Paint and Thin Paint in Powder Coated Painting Process of Window Frame of Canopy. **Srinakharinwirot University Engineering Journal**, 18(1), 31-42. (In Thai)
- Yimyam, R., & Koohathongsumrit, N. (2025). Defect reduction of motorcycle battery using design and analysis of experiment. **Kasem Bundit Engineering Journal**, 15(2), 1-16. (In Thai)