

แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมในการลดของเสียในกระบวนการผลิตแผ่นวงจรในผลิตภัณฑ์ไฟเลี้ยวรถยนต์โดยใช้แผนภูมิพาเรโตและแผนภาพสาเหตุและผล

A Suitable Solution Approach to Reduce Waste in the Manufacturing Process of Automotive Turn Signal Products Using Pareto Chart and Cause-and-Effect Diagram

ปราณี หวานเงิน¹ สุภาวิดา ทิพย์ไชย¹ ประภาวรรณ แพงศรี¹ อานันท์ บุตรรัตน์^{1*} ภัทราภรณ์ เหนือศรี¹
ชุตিকাญจน์ สุพัตเวช¹ ริศภพ ตริสุวรรณ¹

Pranee Wanngoen¹ Supawida Thippachai¹ Prapawan Pangsi¹ Anan Butrat^{1*}

Pattaraporn Nueasri¹ Chutikarn Suppatvech¹ Rissaphop Treesuwan¹

¹หลักสูตรวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม,

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, ปทุมธานี, 13180, ประเทศไทย

¹Industrial Management Engineering Program, Faculty of Industrial Technology,

Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Phatumthani, 13180, Thailand

*Corresponding author E-mail: anan.but@vru.ac.th

รับบทความ (Received) : January 10, 2025 /ปรับปรุง (Revised) : May 30, 2025 /ตอบรับบทความ (Accepted) : June 16, 2025

บทคัดย่อ

ในอุตสาหกรรมการผลิต ความสูญเสียหรือข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ ต้นทุน และความพึงพอใจของลูกค้า การระบุปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้สามารถวางแผน แก้ไขและปรับปรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในสายการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยวรถยนต์ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมยานยนต์ ด้วยการวิเคราะห์การวิเคราะห์พาเรโต (Pareto Analysis) เพื่อระบุประเภทของ ข้อบกพร่องที่มีผลกระทบสูงสุด และผังก้างปลา (Fishbone Diagram) ในการวิเคราะห์หาสาเหตุหลักที่นำไปสู่ปัญหา ผลการศึกษา พบว่าการวิเคราะห์พาเรโตสามารถระบุข้อบกพร่องที่สำคัญที่สุดในกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจน เช่น ความผิดพลาดใน กระบวนการเชื่อมต่อวงจรหรือการเคลือบผิว การใช้ผังก้างปลาช่วยระบุสาเหตุที่เกี่ยวข้อง เช่น คุณภาพวัตถุดิบ เครื่องจักรที่ชำรุด และข้อจำกัดด้านทักษะของแรงงาน จากการวิเคราะห์นี้ งานวิจัยได้เสนอแนวทางแก้ไขที่เหมาะสม เช่น การปรับปรุง กระบวนการตรวจสอบวัตถุดิบ การบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับเครื่องจักร และการฝึกอบรมแรงงาน การวิจัยนี้มีความสำคัญต่อ การเพิ่มคุณภาพ ลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต และลดต้นทุน รวมถึงสร้างแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ใน อุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้ โดยการใช้เครื่องมือที่เป็นมาตรฐานสากล งานวิจัยนี้ไม่เพียงช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันใน อุตสาหกรรมยานยนต์ แต่ยังสร้างคุณค่าให้แก่ระบบการผลิตโดยรวม

คำสำคัญ : ของเสียในกระบวนการผลิต, การวิเคราะห์พาเรโต, ผังก้างปลา, แผ่นวงจรไฟเลี้ยวรถยนต์, การปรับปรุงคุณภาพ

Abstract

In the manufacturing industry, losses or defects in production processes directly affect product quality, costs, and customer satisfaction. Identifying problems and analyzing root causes are crucial steps that enable effective planning and improvement. This research focuses on analyzing and solving issues in the production line of automotive turn signal circuit boards, which are essential components in the automotive industry. Pareto Analysis was employed to identify the most impactful defects, and the Fishbone Diagram was used to analyze the root causes leading to these problems. The study revealed that Pareto Analysis effectively pinpointed the most critical defects in the production process, such as circuit connection errors or surface coating issues. The Fishbone Diagram further identified related causes, including raw material quality, faulty machinery, and limitations in workforce skills. Based on this analysis, the research proposed appropriate solutions, such as improving raw material inspection processes, implementing preventive maintenance for machinery, and providing worker training programs. This research is significant in enhancing quality, reducing production losses, and minimizing costs. It also establishes guidelines that can be applied to other industries. By using internationally recognized tools, this study not only contributes to improving competitiveness in the automotive industry but also adds value to the overall.

Keywords : Production Defects, Pareto Analysis, Fishbone Diagram, Automotive Turn Signal Circuit Board, Quality Improvement

บทนำ

ในกระบวนการผลิตสินค้าอุตสาหกรรม ความสูญเสียหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในสายการผลิตถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ต้นทุนการผลิต และความพึงพอใจของลูกค้า ดังนั้น การระบุปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงจึงเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้สามารถวางแผนทางในการปรับปรุงและลดปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเลือกปัญหาที่เหมาะสมเพื่อแก้ไขจึงควรพิจารณาจากลำดับความสำคัญและผลกระทบ ซึ่งสามารถประเมินได้โดยใช้ การวิเคราะห์พาเรโต (Pareto Analysis) เพื่อระบุปัญหาที่มีผลกระทบสูงสุด และ ผังก้างปลา (Fishbone Diagram) หรือแผนผังสาเหตุและผลลัพธ์ เพื่อวิเคราะห์และระบุสาเหตุหลักที่นำไปสู่การเกิดข้อบกพร่อง [1][2] ในงานวิจัยนี้ ได้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในสายการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยงสำหรับรถยนต์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยจากการตรวจสอบพบว่าข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตมีผลกระทบต่อคุณภาพและต้นทุนของผลิตภัณฑ์ การเลือกปัญหาโดยใช้หลักการวิเคราะห์พาเรโตช่วยให้สามารถระบุประเภทของข้อบกพร่องที่ควรให้ความสำคัญมากที่สุด และการใช้ผังก้างปลาช่วยให้สามารถวิเคราะห์เชิงลึกถึงปัจจัยที่เป็นต้นเหตุของปัญหา อันนำไปสู่การกำหนดแนวทางแก้ไขที่สอดคล้องและเหมาะสมกับลักษณะของปัญหา [2][3] งานวิจัยนี้มีความสำคัญในการนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาในสายการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยงรถยนต์อย่างเป็นระบบ โดยใช้เครื่องมือที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล เช่น การวิเคราะห์พาเรโตและผังก้างปลา ซึ่งช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ได้จริง นอกจากนี้ งานวิจัยยังช่วยลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพ และเสริมสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันให้กับผู้ผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อใช้การวิเคราะห์พาเรโตเพื่อระบุปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตสูงสุดในสายการผลิตแผงวงจรไฟเลี้ยงรถยนต์
- 1.2 เพื่อใช้ผังก้างปลาในการวิเคราะห์สาเหตุเชิงลึกของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น
- 1.3 เพื่อนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมและสามารถนำไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริง เพื่อลดข้อบกพร่องและเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตไฟเลี้ยงรถยนต์

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (7 QC Tools) เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการแก้ไขปัญหาทางด้านคุณภาพของกระบวนการผลิต โดยช่วยในการศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา คัดเลือกหรือจัดลำดับความสำคัญของปัญหา การสำรวจสภาพปัจจุบัน การค้นหาและวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง เพื่อให้สามารถแก้ไขได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งติดตามผลอย่างต่อเนื่องและช่วยในการจัดทำมาตรฐาน เครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพมี 7 ชนิด ได้แก่ ใบตรวจสอบที่ใช้สำหรับกรอกรายละเอียดข้อมูลเพื่อติดตามผลการดำเนินงาน, กราฟที่ช่วยนำเสนอข้อมูลให้เข้าใจง่าย, ฮิสโตแกรมที่ใช้เปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลกับข้อกำหนดเฉพาะ, แผนภูมิพาเรโตที่แสดงสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง, แผนภาพก้างปลาที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุ, แผนภาพการกระจายที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด, และแผนภูมิควบคุมที่ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตและติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิต [4] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เช่น งานวิจัยของธนภุช ชุ่นแข่ง (2557) ที่ใช้เครื่องมือ QC ในการลดของเสียจากกระบวนการฉีดพลาสติก โดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย และงานวิจัยของจักรินทร์ & วรากร (2564) ที่ใช้แผนภูมิพาเรโตในการปรับปรุงคุณภาพการผลิตของชิ้นส่วนยานยนต์ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลและระบุสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต [6]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพในการลดจำนวนของเสีย ได้แก่ ศุภวัชร และจิรวัดน์ (2559) ที่ศึกษาแนวทางการลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนโลหะสำหรับผลิตภัณฑ์ขีดยืดเหล็กได้ครอบ โดยการใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด ซึ่งทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตและวัสดุการผลิตเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตขีดยืดเหล็กได้จากร้อยละ 0.66 เหลือร้อยละ 0.2 [4] และธนภุช ชุ่นแข่ง (2557) ได้ใช้เครื่องมือในการลดของเสียประเภทจุดดำในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยใช้เครื่องมือ 7 QC Tools และหลักการต่าง ๆ ซึ่งพบว่าการใช้เครื่องมือเหล่านี้สามารถลดของเสียได้ถึง 45.49% โดยลดจำนวนของเสียจาก 2,844 ชิ้น เหลือ 1,294 ชิ้น ในช่วง 3 เดือน [5]

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำเสนอแนวคิดในการปรับปรุงคุณภาพ เช่น จักรินทร์ และวรากร (2564) ที่เสนอแนวคิดในการใช้แผนภูมิพาเรโตเพื่อช่วยในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาการผลิต โดยการวิเคราะห์สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องและเลือกสาเหตุที่ควรปรับปรุงก่อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต [6] และสุนทร และชาญชัย (2565) นำเสนอแนวคิดในการใช้แผนภาพการกระจายและกราฟเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและตัดสินใจในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ในการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยการปรับเปลี่ยนวิธีการและการควบคุมกระบวนการผลิตตามข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือควบคุมคุณภาพ [7]

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการที่มุ่งเน้นการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟเลี้ยงสำหรับรถยนต์ โดยเน้นการใช้เครื่องมือที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล เช่น การวิเคราะห์พาเรโต (Pareto Analysis) และผังก้างปลา

(Fishbone Diagram) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สามารถนำไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้:

1. การเก็บข้อมูล (Data Collection)

ในขั้นตอนแรกของการวิจัย จำเป็นต้องเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยง โดยการเก็บข้อมูลจะรวมถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในสายการผลิต ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถเก็บได้จากการบันทึกข้อมูลประจำวันของสายการผลิต หรือจากการสัมภาษณ์กับผู้ปฏิบัติงานที่มีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิตในส่วนต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและแม่นยำ

ในการศึกษาข้อมูลปริมาณการผลิตและจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยงของบริษัท กรณีศึกษา ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยทำการบันทึกปริมาณการผลิตรายวัน ข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพในแต่ละขั้นตอน และจำนวนชิ้นงานที่ถูกจัดว่าเป็นของเสีย พร้อมทั้งระบุลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภท ข้อมูลดังกล่าวถูกจัดทำเป็นสถิติและนำเสนอในรูปแบบของตารางที่ 1 ซึ่งแสดงปริมาณการผลิตและจำนวนของเสียในช่วงเวลาที่ศึกษา จากการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่าจากปริมาณการผลิตทั้งหมด 45,000 ชิ้น มีจำนวนของเสียเกิดขึ้น 10,793 ชิ้น คิดเป็นร้อยละของเสีย 23.98 ทั้งนี้ รายละเอียดลักษณะของเสียได้ถูกจำแนกเพิ่มเติมและแสดงในตารางที่ 2 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และหาแนวทางแก้ไขปัญหาต่อไป

2. การวิเคราะห์พาเรโต (Pareto Analysis)

การใช้การวิเคราะห์พาเรโตจะช่วยระบุปัญหาที่มีผลกระทบสูงสุดในกระบวนการผลิต โดยขั้นตอนในการใช้การวิเคราะห์พาเรโตเริ่มจากการจัดหมวดหมู่ข้อบกพร่องโดยการรวบรวมข้อมูลและจัดกลุ่มตามประเภทของปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการผลิต การตรวจสอบคุณภาพ หรือการใช้เครื่องมือ จากนั้นทำการคำนวณและเรียงลำดับข้อบกพร่องตามความถี่ โดยใช้หลักการ 80/20 เพื่อระบุสาเหตุที่สำคัญที่สุด สุดท้ายจะมีการแสดงผลในรูปกราฟเพื่อให้เห็นถึงข้อบกพร่องที่มีความสำคัญสูงสุดที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

3. การใช้ผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

ผังก้างปลาจะช่วยในการวิเคราะห์สาเหตุเชิงลึกของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น โดยเริ่มจากการระบุปัญหาหลักที่ต้องการแก้ไข ซึ่งจะอ้างอิงจากผลการวิเคราะห์พาเรโตเพื่อเลือกปัญหาที่มีผลกระทบสูงสุด จากนั้นจะทำการระบุสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย โดยแบ่งประเภทของสาเหตุออกเป็น 6 หมวดหมู่หลัก ได้แก่ คน (People), เครื่องมือ (Machines), วัสดุ (Materials), กระบวนการ (Process), การตรวจสอบ (Measurement), และสภาพแวดล้อม (Environment) ซึ่งช่วยในการระบุและวิเคราะห์ปัจจัยที่อาจทำให้เกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตและสามารถหาสาเหตุที่แท้จริงได้อย่างลึกซึ้ง

4. การพัฒนาแนวทางการแก้ไข (Solution Development)

หลังจากได้ข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุของข้อบกพร่องแล้ว ขั้นตอนถัดไปคือการพัฒนาแนวทางการแก้ไขที่เหมาะสม โดยการกำหนดแนวทางที่เหมาะสมจะพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์พาเรโตและผังก้างปลา ซึ่งอาจรวมถึงการปรับปรุงกระบวนการผลิต การฝึกอบรมพนักงาน หรือการลงทุนในเครื่องจักรใหม่ เพื่อให้สามารถลดข้อบกพร่องและเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตได้ จากนั้นจะทำการทดลองใช้งานแนวทางการแก้ไขในกระบวนการผลิตจริง เพื่อทดสอบความสามารถในการลดข้อบกพร่องและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 1 ข้อมูลปริมาณการผลิตและจำนวนของเสีย เดือนตุลาคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2566

เดือน	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	สัดส่วนของเสีย (ร้อยละ)
ตุลาคม	15,000	2,306	15.37
พฤศจิกายน	15,000	6,868	45.79
ธันวาคม	15,000	1,543	10.29
รวม	45,000	10,717	23.82

ตารางที่ 2 ลักษณะของเสียแต่ละประเภท

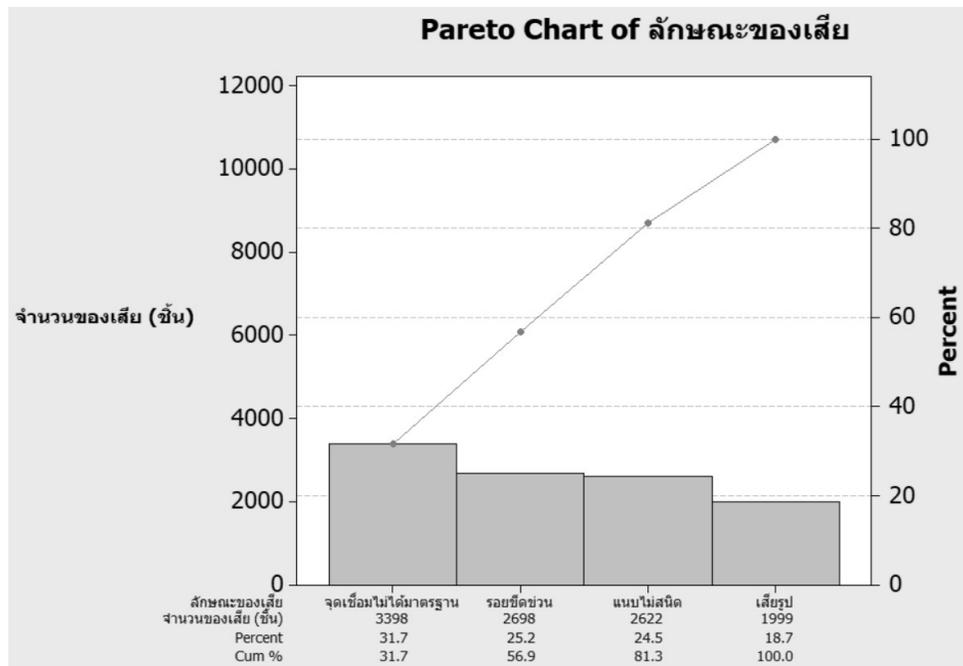
ลักษณะของเสีย	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	ร้อยละของเสีย (%)
จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน	3,398	31.71
รอยขีดข่วน	2,698	25.17
แนบไม่สนิท	2,622	24.47
เสียรูป	1,999	18.65
รวม	10,717	100.00

ผลการวิจัย

1. ผลการระบุปัญหาจากการใช้การวิเคราะห์พาเรโต

จากการใช้โปรแกรม Minitab 16 ในการวิเคราะห์ข้อมูลของเสียตามหลักการของพาเรโต (Pareto Analysis) พบว่า ร้อยละของปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อมากที่สุดสามารถช่วยระบุจุดที่ควรแก้ไขได้อย่างชัดเจน โดยในกรณีนี้จะเน้นการแก้ปัญหาที่สามารถครอบคลุมมากกว่า 50% ของปัญหาทั้งหมด เหตุผลในการกำหนดเกณฑ์นี้คือเพื่อให้การแก้ปัญหาเกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยลดของเสียในกระบวนการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ และสามารถใช้ทรัพยากรในการปรับปรุงได้อย่างคุ้มค่า

จากข้อมูลข้างต้น พบว่าปัญหาที่ควรให้ความสำคัญเป็นอันดับแรกคือ จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน และ รอยขีดข่วน ซึ่งรวมกันแล้วคิดเป็น 56.88% ของปัญหาทั้งหมดในกระบวนการผลิต ดังนั้น การแก้ไขปัญหาลักษณะนี้จะช่วยลดของเสียได้มากกว่าครึ่งหนึ่ง



รูปที่ 2 แผนภูมิพาเรโตลักษณะของเสีย

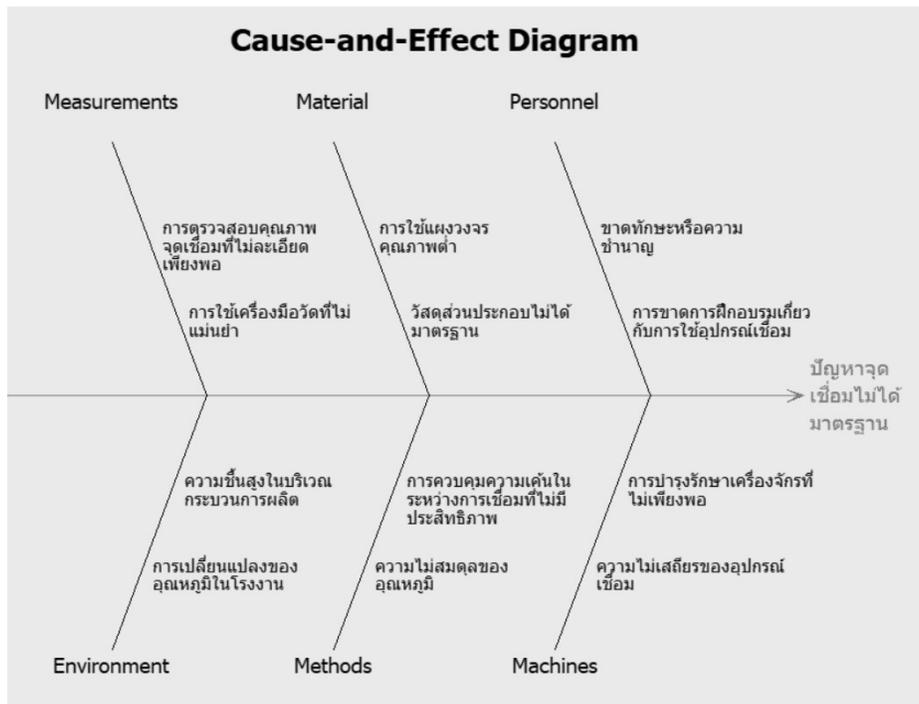
2. ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาจากการใช้แผนภาพสาเหตุและผล

ปัญหาจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐานเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดของเสียมากที่สุดตามกราฟพาเรโต ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 31.71% ของของเสียทั้งหมด จึงถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผลในโปรแกรม Minitab 16 เพื่อระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหานี้ จากการวิเคราะห์พบว่าปัญหาเกิดจากหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต โดยหนึ่งในปัจจัยสำคัญคือความไม่เสถียรของอุปกรณ์ ซึ่งทำให้แผงวงจรและส่วนประกอบต่างๆ เกิดการบิดงอระหว่างกระบวนการเชื่อม ส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องหลายประการ เช่น รอยประสานที่ไม่สมบูรณ์และไฟฟ้าลัดวงจร

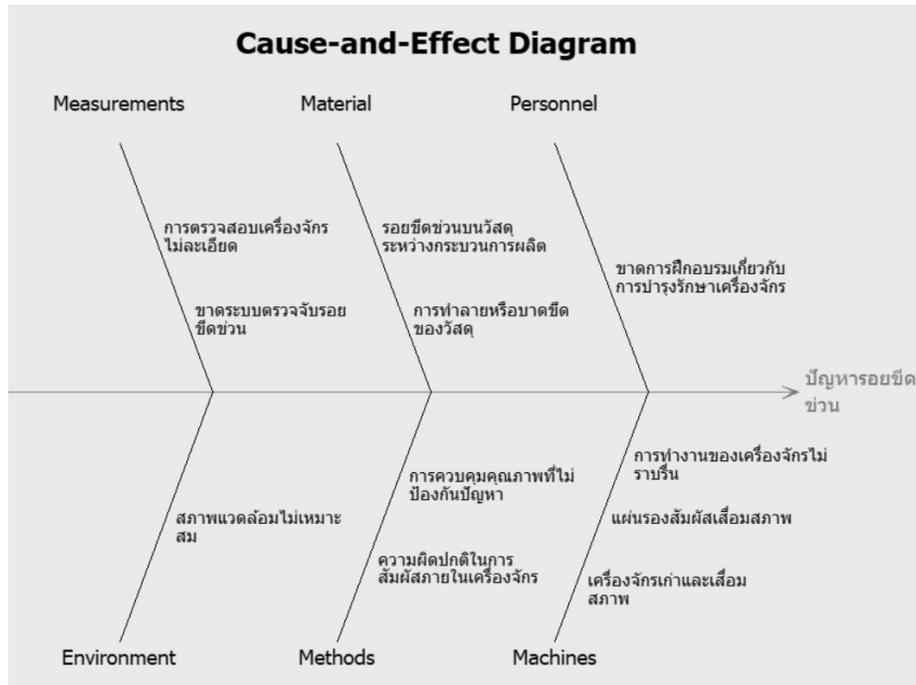
ตามรูปที่ 3 แสดงแผนภาพสาเหตุและผลของปัญหาจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบมาจากหลายด้าน ได้แก่ ด้าน People เช่น การขาดทักษะหรือความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานและการขาดการฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์เชื่อม; ด้าน Machines เช่น ความไม่เสถียรของอุปกรณ์เชื่อมและการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ไม่เพียงพอ; ด้าน Materials เช่น การใช้แผงวงจรคุณภาพต่ำและวัสดุส่วนประกอบที่ไม่ได้มาตรฐาน; ด้าน Process เช่น ความไม่สมดุลของอุณหภูมิและการควบคุมความเค้นในระหว่างการเชื่อมที่ไม่มีประสิทธิภาพ; ด้าน Measurement เช่น การตรวจสอบคุณภาพจุดเชื่อมที่ไม่ละเอียดเพียงพอและการใช้เครื่องมือวัดที่ไม่แม่นยำ; และด้าน Environment เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในโรงงานและความชื้นสูงในบริเวณกระบวนการผลิต ปัจจัยเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความซับซ้อนของปัญหาและความจำเป็นในการปรับปรุงในหลายด้านเพื่อแก้ไขปัญหาและลดของเสียในกระบวนการผลิต

นอกจากนี้ปัญหารอยขีดข่วนเป็นปัญหาที่เมื่อรวมกับการแก้ปัญหาคัดเชื่อมไม่ได้มาตรฐานแล้ว จะสามารถแก้ปัญหาของเสียได้มากกว่า 50% ตามกราฟพาเรโต ด้วยเหตุนี้ จึงถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผลใน Minitab 16 ซึ่งพบว่าปัญหานี้เกิดจากเครื่องจักรเก่าที่ทำให้มีปัญหาในส่วนของแผ่นรองสัมผัสภายในเครื่องจักรที่เสื่อมสภาพจากการใช้งานอย่างยาวนาน การเสื่อมสภาพดังกล่าวส่งผลให้การสัมผัสระหว่างชิ้นส่วนภายในเครื่องจักรเกิดความผิดปกติ และก่อให้เกิดรอยขีดข่วนบนวัสดุที่กำลังถูกผลิตหรือเชื่อม นอกจากนี้ การทำงานของเครื่องจักรที่ไม่ราบรื่นยังส่งผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้แผ่นวัสดุในกระบวนการผลิตเกิดการทำลายหรือบิดเบี้ยว ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้งานได้ตามมาตรฐานที่กำหนด

ตามรูปที่ 4 ปัญหารอยขีดข่วนถูกวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผลใน Minitab 16 ซึ่งพบว่าสาเหตุหลักของปัญหานี้เกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย ได้แก่ ด้าน People พบว่าการขาดการฝึกอบรมเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องจักรและแผ่นรองสัมผัสที่เสื่อมสภาพส่งผลต่อการเกิดปัญหา ด้าน Machines เครื่องจักรเก่าและเสื่อมสภาพ รวมถึงการทำงานที่ไม่ราบรื่น เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้วัสดุเกิดรอยขีดข่วนระหว่างกระบวนการผลิต ด้าน Materials การเกิดรอยขีดข่วนและการทำลายวัสดุในกระบวนการผลิตส่งผลต่อคุณภาพโดยตรง ด้าน Process ความผิดปกติในการสัมผัสภายในเครื่องจักรและการควบคุมคุณภาพที่ไม่ป้องกันปัญหาเป็นปัจจัยที่เสริมสร้างการเกิดรอยขีดข่วน ด้าน Measurement การตรวจสอบเครื่องจักรที่ไม่ละเอียดและการขาดระบบตรวจจ็บรอยขีดข่วนทำให้ปัญหาไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเหมาะสม และด้าน Environment สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมมีส่วนเพิ่มความเสียหายต่อการเกิดรอยขีดข่วนในกระบวนการผลิต



รูปที่ 3 แผนผังก้างปลาปัญหาจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน



รูปที่ 4 แผนผังก้างปลาปัญหา รอยขีดข่วน

3. การนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม

ปัญหาจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐานเกิดจากหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อทั้งด้าน People, Machines, Materials, Process, Measurement, และ Environment ซึ่งพบว่าในด้าน People ผู้ปฏิบัติงานขาดทักษะและความชำนาญ รวมทั้งขาดการฝึกอบรมเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์เชื่อม ในด้าน Machines อุปกรณ์เชื่อมมีความไม่เสถียรและการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ไม่เพียงพอ ด้าน Materials การใช้วัสดุที่ไม่ได้มาตรฐานและแผงวงจรที่มีคุณภาพต่ำส่งผลกระทบต่อความสามารถในการเชื่อม ในส่วนของ Process การควบคุมอุณหภูมิและความเค้นในระหว่างการเชื่อมยังไม่มีประสิทธิภาพ ด้าน Measurement เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพจุดเชื่อมไม่แม่นยำ และในด้าน Environment สภาพแวดล้อมในโรงงาน เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสูงก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว การวิเคราะห์สาเหตุในตารางที่ 3 แสดงถึงปัจจัยที่มีผลกระทบเหล่านี้ที่ต้องได้รับการปรับปรุงและแก้ไขเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและลดข้อเสียในกระบวนการเชื่อม

สำหรับปัญหา รอยขีดข่วนในกระบวนการผลิต การวิเคราะห์ในตารางที่ 4 พบว่าปัญหานี้มีสาเหตุจากหลายปัจจัยที่เชื่อมโยงกัน ในด้าน People การขาดการฝึกอบรมเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องจักรและแผ่นรองสัมผัสที่เสื่อมสภาพส่งผลให้เกิดปัญหา ในส่วนของ Machines เครื่องจักรที่เก่าและเสื่อมสภาพ และการทำงานที่ไม่ราบรื่นเป็นปัจจัยที่ทำให้วัสดุเกิดรอยขีดข่วน ด้าน Materials การใช้วัสดุที่มีความทนทานต่ำและการทำลายวัสดุระหว่างกระบวนการผลิตก็ส่งผลให้เกิดปัญหาดังกล่าว ด้าน Process ความผิดปกติในการสัมผัสภายในเครื่องจักรและการควบคุมคุณภาพที่ไม่ป้องกันปัญหาที่เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดรอยขีดข่วน ในด้าน Measurement การขาดระบบตรวจจับรอยขีดข่วนและการตรวจสอบเครื่องจักรที่ไม่ละเอียดก็เป็นส่วนหนึ่งของปัญหา และสุดท้ายในด้าน Environment สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดรอยขีดข่วน การแก้ไขปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการและการบำรุงรักษาเครื่องจักร รวมทั้งควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมตามมาตรการในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 แนวทางการแก้ไขปัญหาคัดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน

ปัจจัย	ปัญหาที่เกิดขึ้น	มาตรการแนวทางในการแก้ไขปัญหา	ผู้รับผิดชอบ
People	การขาดทักษะและความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน, การขาดการฝึกอบรม	การฝึกอบรมทักษะการใช้อุปกรณ์เชื่อมและการบำรุงรักษาเครื่องจักร	ผู้บริหารฝ่ายบุคคลและผู้จัดการฝึกอบรม
Machines	ความไม่เสถียรของอุปกรณ์เชื่อม, เครื่องจักรเก่าและเสื่อมสภาพ	การบำรุงรักษาเครื่องจักรให้เหมาะสม, การอัปเดตเครื่องจักร	ฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องจักร
Materials	การใช้แผงวงจรคุณภาพต่ำและวัสดุส่วนประกอบที่ไม่ได้มาตรฐาน	การตรวจสอบและคัดเลือกวัสดุที่มีคุณภาพสูง, การควบคุมคุณภาพวัสดุ	ฝ่ายจัดซื้อวัสดุและฝ่ายควบคุมคุณภาพ
Process	ความไม่สมดุลของอุณหภูมิและการควบคุมความเค้นที่ไม่เหมาะสม	การควบคุมอุณหภูมิและความเค้นในการเชื่อมอย่างเข้มงวด	ฝ่ายการผลิตและฝ่ายวิศวกรรม
Measurement	การตรวจสอบคุณภาพจุดเชื่อมไม่ละเอียด, เครื่องมือวัดไม่แม่นยำ	การใช้เครื่องมือที่มีความแม่นยำสูง, การตรวจสอบอย่างละเอียด	ฝ่ายควบคุมคุณภาพและวิศวกรเครื่องมือ
Environment	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นในโรงงาน	การควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงงานให้คงที่และเหมาะสม	ฝ่ายสิ่งแวดล้อมและการผลิต

ตารางที่ 4 แนวทางการแก้ไขปัญหารอยขีดข่วน

ปัจจัย	ปัญหาที่เกิดขึ้น	มาตรการแนวทางในการแก้ไขปัญหา	ผู้รับผิดชอบ
People	การขาดการฝึกอบรมเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องจักร, แผ่นรองสัมผัสเสื่อมสภาพ	การฝึกอบรมการบำรุงรักษาเครื่องจักรและการตรวจสอบแผ่นรองสัมผัส	ฝ่ายบุคคลและฝ่ายซ่อมบำรุง
Machines	เครื่องจักรเก่า, เสื่อมสภาพ, การทำงานที่ไม่ราบรื่น	การบำรุงรักษาเครื่องจักร, การอัปเดตเครื่องจักรที่เสื่อมสภาพ	ฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องจักร
Materials	การเกิดรอยขีดข่วน, การทำลายวัสดุในกระบวนการผลิต	การเลือกวัสดุที่มีความทนทานสูง, การควบคุมคุณภาพวัสดุ	ฝ่ายจัดซื้อวัสดุและฝ่ายควบคุมคุณภาพ
Process	ความผิดปกติในการสัมผัสภายในเครื่องจักร, การควบคุมคุณภาพไม่ป้องกันปัญหา	การปรับปรุงกระบวนการสัมผัสและการควบคุมคุณภาพให้มีประสิทธิภาพ	ฝ่ายการผลิตและวิศวกรกระบวนการ

Measurement	การตรวจสอบเครื่องจักรไม่ละเอียด, ขาดระบบตรวจจ็บบรอยขีดข่วน	การติดตั้งระบบตรวจจ็บบรอยขีดข่วน, การตรวจสอบเครื่องจักรอย่างละเอียด	ฝ่ายควบคุมคุณภาพและวิศวกรเครื่องมือ
Environment	สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม, เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดรอยขีดข่วน	การควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต	ฝ่ายสิ่งแวดล้อมและการผลิต

4. การเปรียบเทียบจำนวนของเสียก่อนและหลังการนำแนวทางการปรับปรุงไปใช้

การเปรียบเทียบจำนวนของเสียก่อนและหลังการนำแนวทางการปรับปรุงไปใช้แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ดีขึ้นในกระบวนการผลิต หลังจากดำเนินการตามแนวทางที่กำหนดไว้ ได้แก่ การตรวจสอบและบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงการอบรมพนักงานให้มีความรู้และความชำนาญในการใช้งานเครื่องจักร ผลการปรับปรุงดังกล่าวได้รับการวัดผลโดยการเดินเครื่องจักรผลิตและเก็บข้อมูลการผลิตในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม 2567

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2567 โดยแบ่งลักษณะของเสียออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่ จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน และ รอยขีดข่วน จากข้อมูลพบว่าจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐานมีจำนวนของเสียทั้งหมด 8 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 12.31 ของของเสียทั้งหมด ในขณะที่รอยขีดข่วนเป็นลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุด โดยมีจำนวน 57 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 87.69 ของของเสียทั้งหมด ข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าปัญหาการรอยขีดข่วนเป็นลักษณะของเสียที่ต้องให้ความสำคัญในการปรับปรุงกระบวนการผลิตมากที่สุด

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบจำนวนของเสียในกระบวนการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง โดยพิจารณาจากลักษณะของเสียสองประเภทหลัก ได้แก่ จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน และ รอยขีดข่วน พบว่าจำนวนของเสียทั้งสองประเภทลดลงอย่างชัดเจนหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต สำหรับจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน จำนวนของเสียลดลงจาก 3,398 ชิ้นก่อนปรับปรุง เหลือเพียง 8 ชิ้นหลังการปรับปรุง แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาในด้านนี้ที่มีประสิทธิภาพ ส่วนรอยขีดข่วน จำนวนของเสียลดลงจาก 2,698 ชิ้นก่อนปรับปรุง เหลือเพียง 57 ชิ้นหลังการปรับปรุง สะท้อนถึงการปรับปรุงที่ช่วยลดของเสียในกระบวนการผลิตได้อย่างชัดเจน รวมจำนวนของเสียทั้งหมดลดลงจาก 6,096 ชิ้นก่อนปรับปรุง เหลือเพียง 65 ชิ้นหลังการปรับปรุง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของมาตรการที่นำมาใช้ในการลดของเสียในกระบวนการผลิต

ตามที่แสดงในตารางที่ 5 ซึ่งพบว่าจำนวนของเสียทั้งจุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐานและรอยขีดข่วนลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงก่อนการปรับปรุง ตามข้อมูลในตารางที่ 6 ยืนยันถึงความสำเร็จของแนวทางการปรับปรุงที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต

ตารางที่ 5 ลักษณะของเสียแต่ละประเภท เดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2567

ลักษณะของเสีย	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	ร้อยละของเสีย
จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน	8	12.31
รอยขีดข่วน	57	87.69

ตารางที่ 6 ผลเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

ลักษณะของเสีย	จำนวนของเสียก่อนปรับปรุง (ชิ้น)	จำนวนของเสียหลังการปรับปรุง (ชิ้น)
จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน	3,398	8
รอยขีดข่วน	2,698	57
รวม	6,096	65

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในสายการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยวรถยนต์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง เช่น การวิเคราะห์พาเรโต (Pareto Analysis) และผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เพื่อระบุปัญหาหลักที่มีผลกระทบสูงสุดและค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต จากการวิจัย พบว่าปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบมากที่สุดคือ จุดเชื่อมไม่ได้มาตรฐาน และ รอยขีดข่วน ซึ่งรวมกันคิดเป็น 56.88% ของข้อบกพร่องทั้งหมด การวิเคราะห์เชิงลึกด้วยผังก้างปลาชี้ให้เห็นถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อข้อบกพร่องเหล่านี้ เช่น ทักษะของผู้ปฏิบัติงาน คุณภาพของวัสดุ และความเสถียรของเครื่องจักร แนวทางการแก้ไขที่เสนอ ได้แก่ การฝึกอบรมพนักงาน ปรับปรุงคุณภาพวัสดุ และการบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ ผลลัพธ์จากการทดลองใช้งานแนวทางดังกล่าวในกระบวนการผลิตจริง ชี้ให้เห็นว่าสามารถลดของเสียและเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในสายการผลิตแผ่นวงจรไฟเลี้ยวรถยนต์ โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง เช่น การวิเคราะห์พาเรโตและผังก้างปลา เพื่อระบุและจัดการปัญหาหลักในกระบวนการผลิต การประยุกต์ใช้แนวทางนี้มีความสอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐานจากงานของ Juran & Godfrey (1998) และ Ishikawa (1986) ที่เน้นความสำคัญของการระบุปัญหาหลัก (Vital Few) และการหาสาเหตุรากฐาน (Root Cause) อย่างเป็นระบบ ซึ่งแสดงถึงการบูรณาการแนวคิดคลาสสิกเข้าสู่การปฏิบัติจริงในอุตสาหกรรมยานยนต์ เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Montgomery (2019) ที่ใช้การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ (Statistical Quality Control) เป็นกรอบหลัก งานวิจัยนี้แตกต่างตรงที่เน้นการวิเคราะห์คุณภาพด้วยเครื่องมือแบบง่ายแต่มีประสิทธิภาพในบริบทของสายการผลิตเฉพาะทาง ซึ่งสามารถนำไปสู่การปรับปรุงได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่แนวทางของ Montgomery เน้นการวิเคราะห์เชิงลึกที่อาศัยข้อมูลเชิงปริมาณ สำหรับงานวิจัยในประเทศ เช่น ศุภวัชร ธีระวัฒน์ และ จีระวัฒน์ ศรีทอง (2559) และ ธนกฤษ ชุ่นเซ่ง (2557) ซึ่งศึกษาในอุตสาหกรรมโลหะและพลาสติกตามลำดับ พบว่ามีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้ในด้านการใช้เครื่องมือพาเรโตและผังก้างปลา แต่แตกต่างในลักษณะของปัญหา ตัวอย่างเช่น งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านทักษะของบุคลากรและความเสถียรของเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับรอยเชื่อมและรอยขีดข่วน ขณะที่งานของศุภวัชรเน้นไปที่ปัญหาคุณภาพวัสดุ และธนกฤษมุ่งเน้นการปรับตั้งค่าเครื่องฉีดพลาสติก ในทำนองเดียวกัน งานของ จักรินทร์ ปราบศัตร์ และ วรากร แสนสุข (2564) ที่เน้นการปรับปรุงคุณภาพด้วยแผนภูมิพาเรโตในกระบวนการผลิตสินค้าอุปโภค มีแนวทางที่คล้ายคลึงกับงานวิจัยนี้ แต่แตกต่างในความซับซ้อนของปัจจัยที่วิเคราะห์ ขณะที่งานวิจัยของ สุนทรี สมิตานนท์ และ ชาญชัย สุทธิธรรม (2565) แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของแผนภาพการกระจายที่ใช้ตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงสถิติของตัวแปรหลายตัวในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยรวมแล้ว งานวิจัยนี้สามารถเพิ่มคุณค่าต่อองค์ความรู้ในวงการด้วยการผสมผสานเครื่องมือวิเคราะห์แบบดั้งเดิมเข้ากับบริบทที่เฉพาะเจาะจงของสายการผลิต และได้แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรมในการลด

ข้อบกพร่องและเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม การขยายการศึกษาด้วยการใช้เครื่องมือเชิงสถิติขั้นสูงหรือเทคโนโลยีใหม่ เช่น การวิเคราะห์ด้วย AI หรือ IoT อาจช่วยยกระดับการแก้ไขปัญหาได้ในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในอนาคตสามารถมุ่งเน้นไปที่การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือวิเคราะห์ข้อบกพร่อง เช่น แผนภาพสาเหตุและผล กับเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อพัฒนาเครื่องมือที่สามารถทำนายข้อบกพร่องได้ล่วงหน้า พร้อมทั้งขยายขอบเขตการศึกษาไปยังสายการผลิตในอุตสาหกรรมอื่นเพื่อประเมินความยืดหยุ่นของวิธีการ นอกจากนี้ การพัฒนาระบบอัตโนมัติที่ใช้เทคโนโลยีประมวลผลภาพหรือ IoT รวมถึงการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินผลกระทบของการลดข้อบกพร่องต่อทั้งต้นทุนและความพึงพอใจของลูกค้าจะช่วยสร้างกรอบการวางแผนที่ครบถ้วน สุดท้าย การศึกษาเชิงพฤติกรรมของบุคลากรสามารถช่วยพัฒนาแนวทางส่งเสริมการยอมรับและการปรับตัวที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตใหม่ได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). *Juran's Quality Handbook*. McGraw-Hill.
- [2] Ishikawa, K. (1986). *Guide to Quality Control*. Asian Productivity Organization.
- [3] Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to Statistical Quality Control*. Wiley.
- [4] ศุภวัชร ธีระวัฒน์, & จีระวัฒน์ ศรีทอง. (2559). การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนโลหะสำหรับผลิตภัณฑ์ขีดยืดเหล็กได้ครอบ. *วารสารวิจัยและพัฒนา*, 15(2), 123-134.
- [5] ธนภุช ชุ่นเซ่ง. (2557). การลดของเสียจากการฉีดพลาสติกด้วยเครื่องมือ QC. *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*.
- [6] จักรินทร์ ปราบศัตรู, & วรากร แสนสุข. (2564). การใช้แผนภูมิพาเรโตในการปรับปรุงคุณภาพการผลิต. *วารสารวิจัยการจัดการ*, 22(3), 45-58.
- [7] สุนทรี่ สมิตานนท์, & ชาญชัย สุทธิวรรณ. (2565). การใช้แผนภาพการกระจายในการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. *วารสารการผลิตและวิศวกรรม*, 33(1), 76-89.