การปรับปรุงงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบด้วยเทคนิค TRIZ

Improving Maintenance Operations on Raw Material Conveying Equipment by Using TRIZ Technique

ปวริศร์ ศิริวัฒนเมธานนท์* และ ฤภูวัลย์ จันทรสา

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา แสนสุข เมืองชลบุรี ชลบุรี 20131

Pawarit Siriwattanamethanon* and Ruephuwan Chantrasa

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University, Saen Suk, Mueang Chon Buri, Chon Buri, 20131, Thailand

***Corresponding Author E-mail:** 64920706@go.buu.ac.th

Received: Dec 27, 2023; **Revised:** Mar 12, 2024; **Accepted:** Mar 19, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างและสร้างมาตรฐานระบบงานการซ่อมบำรุง ด้วยการประยุกต์หลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์ ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 1) ศึกษาระบบการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบของบริษัทกรณีศึกษา 2) เก็บรวบรวมข้อมูลและจัดลำดับความสำคัญของปัญหาด้วยแผนภูมิพาเรโต 3) ตั้งเป้าหมาย 4) วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยเทคนิคทำไม-ทำไม และหลักการ 3 จริง 5) สรุปผลการวิจัย ผลจากการศึกษาในปีพ.ศ. 2565 พบปัญหาที่ตะแกรงสำหรับกรองวัตถุดิบและฐานเครื่องสั่นตะแกรง โดยมีความถี่ในการซ่อมสูงถึง 28 ครั้ง สาเหตุของปัญหา ได้แก่ รูปแบบตะแกรงและตำแหน่งการติดตั้งเครื่องสั่นไม่เหมาะสม รวมทั้งความเลินเล่อของพนักงานในการปิดเครื่องสั่นหลังใช้งาน งานวิจัยนี้ได้แก้ไขปัญหาโดยประยุกต์การแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์เพื่อเป็นแนวทางออกแบบตะแกรงใหม่ และประยุกต์การบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมในการกำหนดมาตรฐานงานซ่อมบำรุง ผลการปรับปรุงพบว่าความถี่ในการซ่อมบำรุงตะแกรงในช่วงเดือนพฤษภาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 ลดลงเหลือ 3 ครั้ง คิดเป็น 6 ครั้งต่อปีโดยประมาณ สำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ต่ำกว่า 14 ครั้งต่อปี โดยค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดสูงขึ้นจากเดิม 171.67 ชั่วโมง เป็น 1,055.91 ชั่วโมง และค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุงลดลงจากเดิม 3.04 ชั่วโมง เป็น 2.55 ชั่วโมง จากงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าหลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบ โดยสามารถลดความถี่ในการซ่อมบำรุงได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: อุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบ, การแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์, การบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม, เทคนิคทำไม-ทำไม

Abstract

The objective of this research is to improve equipment used for conveying raw material in the construction material industry and establish standard procedures for maintenance by applying Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ). Research methodology consists of 1) studying the maintenance system of raw material conveying equipment of the case study company 2) collecting data and prioritizing problems using a Pareto chart, 3) setting goals, 4) analyzing the causes of the problems with Why-Why analysis and 3 GEN techniques, 5) concluding the results. Results from the study in 2022 showed that problem occurred at sieves and vibrator base used for filtering raw materials

resulting in a high maintenance frequency of 28 times. The causes of the problem are the improper shape of the sieves and the installation position of the sieve vibrator including the carelessness of the worker to turn off the vibrator. This research solved the problems by applying TRIZ as guidelines for designing new sieves and applying Total Productive Maintenance (TPM) in establishing standard procedures for maintenance. The results of the improvement during May-November 2023 showed that the frequency of sieves maintenance decreased to 3 times equivalent to 6 times per year approximately, achieving the goal of less than 14 times/year. The MTBF increased from the original 171.67 hours to 1,055.91 hours and the MTTR decreased from 3.04 hours to 2.55 hours. It can be concluded that TRIZ can be applied to improve the material conveying equipment by significantly reducing the maintenance frequency.

Keywords: Raw material conveying equipment, Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ), Total Productive Maintenance (TPM), Why-Why Analysis

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากสถานการณ์ความผันผวนทางเศรษฐกิจที่ทวีความรุนแรงอย่างสูงในปัจจุบัน อีกทั้งปัญหาความขัดแย้งในภูมิรัฐศาสตร์ ความไม่มั่นคงในห่วงโซ่อุปทาน ภาวะเศรษฐกิจถดถอยทั่วโลก ประกอบกับแรงกดดันจากภาวะต้นทุนของค่าไฟฟ้า ค่าแรงงาน และวัตถุดิบที่สูงขึ้น [1] ส่งผลให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมต่างต้องเตรียมความพร้อมในการปรับปรุงและพัฒนาระบบการผลิตให้สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดอรรถประโยชน์สูงสุดด้วยต้นทุนดำเนินการที่ต่ำที่สุด โดยการลดต้นทุนนั้นองค์กรสามารถดำเนินการได้ด้วยการปรับปรุงการกระบวนการผลิตมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพของแรงงานและเครื่องจักร ตลอดจนการปรับปรุงระบบงานซ่อมบำรุงให้มีประสิทธิภาพ สามารถบำรุงรักษาอุปกรณ์และเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม สนับสนุนให้การดำเนินการผลิตมีความต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ จึงนับได้ว่าการบำรุงรักษาเป็นกิจกรรมสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจของอุตสาหกรรมโดยภาพรวม

โรงงานกรณีศึกษาเป็นบริษัทในกลุ่มธุรกิจอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง ในแต่ละวันมีการลำเลียงวัตถุดิบผ่านสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 เพื่อป้อนวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตในปริมาณมากกว่า 90 ตันต่อวัน โรงงานมีการติดตั้งอุปกรณ์ตะแกรงที่สายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 โดยพื้นที่ของตะแกรงมีขนาด 7.5 ตารางเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูตะแกรงเท่ากับ 12 มิลลิเมตร เพื่อเป็นมาตรฐานในการป้องกันสิ่งปนเปื้อนหรือสิ่งแปลกปลอมที่ติดมากับวัตถุดิบหลุดลอดเข้าไปในกระบวนการผลิต ซึ่งตะแกรงที่ติดตั้งนี้ประสบปัญหาตะแกรงแตกชำรุด จำเป็นต้องทำการซ่อมแซม โดยในปี 2565 มีอัตราความถี่สูงถึง 28 ครั้ง ทำให้โรงงานมีต้นทุนการซ่อมบำรุงที่สูงขึ้นมากกว่า 100,000 บาท และในระหว่างดำเนินการซ่อมตะแกรงนี้ จำเป็นต้องหยุดการผลิต ทำให้เกิดความเสี่ยงที่ไม่สามารถลำเลียงวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการในการผลิตที่อัตรา 90 ตันต่อวัน นอกจากนี้ในช่วงฤดูฝน ซึ่งวัตถุดิบมีความชื้นสูง จับตัวเป็นก้อนและอุดตันบนตัวตะแกรง ไม่สามารถลำเลียงวัตถุดิบในอัตราที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังมีประเด็นปัญหาความเสี่ยงด้านอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานบนตะแกรงเพื่อแก้ไขให้วัตถุดิบไหลผ่านตัวตะแกรงได้ตามปกติ ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้มีผลกระทบทำให้โรงงานกรณีศึกษามีต้นทุนการซ่อมบำรุงที่สูงขึ้น ไม่สามารถผลิตสินค้าได้ทันตามกำหนดเนื่องจากปริมาณวัตถุดิบไม่เพียงพอในการผลิต โรงงานกรณีศึกษาจำเป็นต้องแก้ไขปัญหานี้ด้วยการปรับปรุงระบบการลำเลียงวัตถุดิบโดยเฉพาะตะแกรงให้สามารถลำเลียงวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรมนี้ เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์ (TRIZ) นับว่าเป็นวิธีที่นำมาประยุกต์อย่างแพร่หลายเพื่อ

ออกแบบสร้างสรรค์นวัตกรรมสนับสนุนกระบวนการทางความคิดของผู้ออกแบบเพื่อแก้ไขข้อขัดแย้งทางวิศวกรรมที่เกิดขึ้นได้ [2]

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงอุปกรณ์ที่ใช้ในการลำเลียงวัตถุดิบให้สามารถลำเลียงวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อปริมาณการใช้งาน 90 ตันต่อวัน มีอายุการใช้งานนานขึ้น สามารถลดความถี่ในการซ่อมบำรุงให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ต่ำกว่าร้อยละ 50 หรือคิดเป็น 14 ครั้งต่อปี โดยประยุกต์เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์ (TRIZ) เป็นแนวทางในการปรับปรุง รวมถึงการกำหนดมาตรฐานงานซ่อมบำรุงสำหรับอุปกรณ์การลำเลียงวัตถุดิบเพื่อดูแลรักษาอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แผนภูมิพาเรโตเป็นแผนภูมิที่ใช้จำแนกประเภทของข้อมูล (Data Stratification) รวมถึงการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูลที่มีการจำแนกประเภท และมีการสะสมตามเวลา แผนภูมิพาเรโตใช้กราฟแท่งในการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของข้อมูล โดยเรียงลำดับจากข้อมูลที่มีจำนวนมากไปยังน้อย แล้วเขียนเส้นโค้งสะสมของแต่ละแท่งข้อมูลจนครบเท่ากับ 100% จากนั้นสรุปประเด็นตามประเภทของข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป ซึ่งส่งผลทำให้ง่ายในการตัดสินใจ และเห็นภาพรวมได้ชัดเจน แผนภูมิพาเรโตสามารถใช้ในการกำหนดสาเหตุสำคัญ (Critical Factor) ของปัญหาเพื่อแยกออกจากสาเหตุอื่น ๆ ในการใช้งานแผนภูมิพาเรโตต้องมั่นใจว่าข้อมูลที่จัดเก็บและนำมาวิเคราะห์ต้องเป็นไปตามหลักการของพาเรโต เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลอยู่ในสภาวะเสถียรภาพ และสามารถใช้คาดการณ์ได้ [3]

เทคนิค Why-Why analysis เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนโดยการตั้งคำถามว่า “ทำไม” อย่างต่อเนื่องไปอีกหลายลำดับชั้น จนกว่าจะค้นพบต้นตอสาเหตุของปรากฏการณ์ ทำให้กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหา และใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้สูงขึ้น [4]

หลักการ 5G เป็นกิจกรรมที่จำเป็นในการสร้างและพัฒนาคุณภาพของงาน เป็นปรัชญาแห่งการปฏิบัติของงานการผลิตสิ่งของ ซึ่งเป็นแนวคิดและหลักปฏิบัติที่ถูกกำหนดขึ้นมาให้เป็นรูปแบบและใช้ปฏิบัติในธุรกิจอุตสาหกรรมผลิต เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงและสถานการณ์ในการผลิตปัจจุบัน โทโมโซ โกบาตะ ซึ่งเป็นผู้นำหลักการ 5G มาเป็นระบบที่ใช้ในการผลิตสิ่งของได้นำเอาหลักความคิด 2 ประการ หรือ 2G คือ หลักการทางทฤษฎี (GENRI) และระเบียบกฎเกณฑ์การปฏิบัติ (GENSOKU) ซึ่งเป็นระเบียบข้อบังคับพื้นฐานหรือหลักเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา มาใช้สนับสนุนและเป็นมาตรฐานในการตัดสินใจร่วมกับ 3G คือ การผลิตในสถานที่ หรือพื้นที่จริง (GENBA) ของจริง (GENBUTSU) และสถานการณ์จริง (GENJITSU) [5]

การบำรุงรักษาแบบทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วมหรือ TPM คือแนวทางการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยที่พนักงานทุกคนในองค์กรมีส่วนร่วมในการบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องจักรของตนเอง เพื่อช่วยลดการขัดข้องของเครื่องจักร [6]

การปฏิบัติพื้นฐานของ TPM มักถูกเรียกว่า "เสาหลัก" โดยเสา TPM ทั้งหมดถูกสร้างขึ้นและตั้งอยู่บนเสาแปดเสา [7] เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนการจัดระเบียบ การตรวจสอบและการควบคุมผ่านวิธีการ 8 เสาหลักดังนี้

1. การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง
2. การบำรุงรักษาด้วยตนเอง
3. การบำรุงรักษาตามแผน
4. การศึกษาและการฝึกอบรม
5. การบริหารจัดการตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ
6. การบำรุงรักษาเพื่อคุณภาพ

7. การบำรุงรักษาสำนักงาน
8. การจัดการด้านความปลอดภัย

MTBF เป็นการวัดสมรรถนะความเชื่อถือได้ (Reliability Performance) โดยเป็นเวลาเฉลี่ยที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามปกติ โดยเครื่องจักรที่มีสมรรถนะสูงเชื่อถือได้สูงหมายถึงมีค่า MTBF ที่ยาวนาน โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1)

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^{n} BF_i}{n} \quad (1)$$

โดยที่ $MTBF$ คือ ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด
BF_i คือ ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงาน
n คือ จำนวนครั้งที่เครื่องจักรชำรุด

MTTR เป็นการวัดค่าสมรรถนะการบำรุงรักษาได้ (Maintainability Performance) โดยเป็นค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมเครื่องจักร ซึ่งถ้าสมรรถนะการบำรุงรักษาได้มีค่าสูง หมายถึงมีค่า MTTR ที่สั้นโดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2)

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i}{n} \quad (2)$$

โดยที่ $MTTR$ คือ ระยะเวลาเฉลี่ยของการซ่อมเครื่องจักร
T_i คือ ระยะเวลาที่ซ่อมบำรุงเครื่องจักร
n คือ จำนวนครั้งที่เครื่องจักรชำรุด

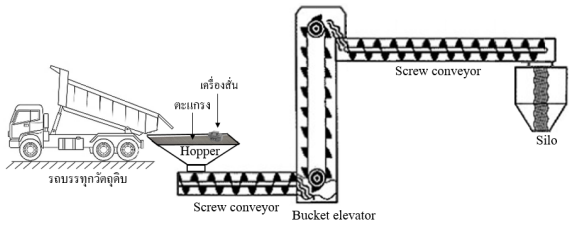
TRIZ เป็นคำจากภาษารัสเซีย แปลว่า ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์ (Theory of Inventive Problem Solving) ซึ่งถูกพัฒนาและคิดค้นโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซียชื่อ Genrich Altshuller ในปี ค.ศ. 1946 TRIZ เป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงกระบวนการแก้ไขปัญหา เครื่องมือต่าง ๆ และฐานความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเพื่อค้นหาคำตอบในการแก้ไขปัญหา ตลอดจนการปรับปรุงกระบวนการผลิตหรือการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ TRIZ ได้นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา เพื่อเพิ่มความเป็นอุดมคติหรือความสมบูรณ์แบบ โดยได้กำหนดพารามิเตอร์จำนวน 39 ข้อ และนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา จำนวน 40 แนวทาง เพื่อแก้ไขความขัดแย้ง (Contradiction) ทางเทคนิคที่เกิดขึ้นเมื่อพยายามที่ปรับปรุงคุณสมบัติของพารามิเตอร์หนึ่งให้ดีขึ้น แต่กลับส่งผลให้คุณสมบัติของพารามิเตอร์อีกตัวด้อยลง โดยนำเสนอเป็นตารางขนาด 39 × 39 ช่องเรียกว่า ตารางความขัดแย้งทางเทคนิค โดยตัวอย่างความขัดแย้งทางเทคนิค เช่น เมื่อต้องการเพิ่มความเร็วของเครื่องบิน จึงได้ทำการติดตั้งเครื่องยนต์ใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แต่เครื่องยนต์ใหม่นี้ทำให้น้ำหนักรวมของเครื่องบินเพิ่มขึ้น และตัวปีกเองก็ไม่สามารถรองรับน้ำหนักที่เพิ่มเข้ามาในเพื่อทำการขึ้นบินได้ [8],[9]

งานวิจัยหลายฉบับได้นำเสนอการบูรณาการ TRIZ ร่วมกับเทคนิคอื่น เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรม ลดข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นในการออกแบบผลิตภัณฑ์และปรับปรุงกระบวนการผลิต ได้แก่ การบูรณาการ QFDE และ TRIZ เพื่อออกแบบนวัตกรรมเครื่องจักรอุณหภูมิสูงโดยเน้นการออกแบบที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม [10] การประยุกต์ TRIZ ร่วมกับวิศวกรรมคุณค่าเพื่อปรับปรุงการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศ [2] และการประยุกต์ TRIZ ร่วมกับ Pugh method ในการแก้ปัญหารอยขีดข่วนบนพื้นผิวโลหะในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม [11]

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 การศึกษาสภาพปัจจุบันของระบบการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบของบริษัทกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นบริษัทในกลุ่มธุรกิจอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง งานวิจัยมุ่งศึกษากระบวนการแรกของการผลิต คือ การเตรียมวัตถุดิบ ซึ่งการดำเนินงานเริ่มจากการรับขนส่งวัตถุดิบจากต้นทาง การขนถ่ายวัตถุดิบลงบนตะแกรง และการลำเลียงวัตถุดิบไปเก็บในไซโล แสดงดัง**รูปที่ 1**



รูปที่ 1 การลำเลียงวัตถุดิบของโรงงานกรณีศึกษา

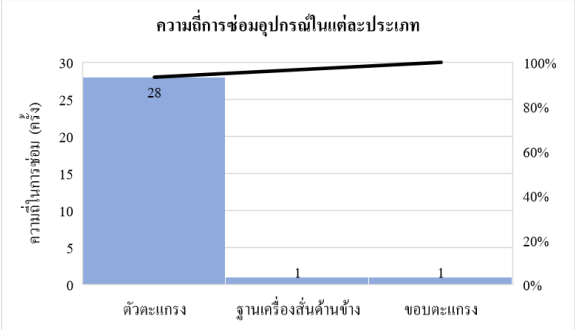
งานวิจัยมุ่งเน้นศึกษาเพื่อปรับปรุงระบบการซ่อมบำรุงและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการลำเลียงวัตถุดิบ ได้แก่ ตะแกรงและเครื่องสั่น โดยรายละเอียดอธิบายได้ดังนี้

1. ตะแกรงมีหน้าที่ป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่ติดมากับวัตถุดิบไม่ให้หลุดเล็ดลอดเข้าไปในกระบวนการผลิต โดยขนาดพื้นที่ของตัวตะแกรง 7.5 ตารางเมตร และรูตะแกรงเป็นทรงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร

2. ระบบการซ่อมบำรุงรักษาเป็นรูปแบบการซ่อมบำรุงรักษาเป็นประจำ โดยเป็นการตรวจสอบเครื่องจักรประจำวันก่อนเริ่มทำงาน ซึ่งเมื่อพบปัญหาตัวตะแกรงชำรุดก็จะต้องทำการแก้ไข โดยใช้เวลาอยู่ระหว่าง 2–4 ชั่วโมง เมื่อทำการซ่อมเสร็จจึงสามารถเดินเครื่องจักรได้

2.2 เก็บรวบรวมข้อมูลและจัดลำดับความสำคัญของปัญหา

โรงงานกรณีศึกษามีระบบการลำเลียงวัตถุดิบจำนวน 4 สายงาน โดยแต่ละสายงานมีอุปกรณ์และลักษณะการทำงานที่คล้ายกัน จากการเก็บรวบรวมข้อมูลความถี่ในการซ่อมบำรุงในแต่ละสายการลำเลียงวัตถุดิบ ในช่วงเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2565 พบว่าสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 มีความถี่ในการซ่อมสูงที่สุดจำนวน 30 ครั้ง จากนั้นทำการวิเคราะห์รายละเอียดปัญหาที่เกิดขึ้นในการซ่อมอุปกรณ์ในสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 พบว่าลักษณะของการซ่อมอุปกรณ์มีทั้งหมด 3 ประเภท โดยนำมาจัดเรียงลำดับตามความถี่ที่เกิดปัญหาในช่วงระยะเวลา 1 ปี พบว่าการซ่อมตัวตะแกรงมีความถี่ในการซ่อมมากเป็นอันดับหนึ่ง คือ 28 ครั้ง อันดับสองคือการซ่อมฐานเครื่องสั่นด้านข้างมีความถี่ในการซ่อม 1 ครั้ง และอันดับสุดท้ายคือการซ่อมขอบตะแกรงมีความถี่ในการซ่อม 1 ครั้ง ดังแผนภูมิพาเรโต**รูปที่ 2**



รูปที่ 2 แผนภูมิพาเรโตความถี่การซ่อมอุปกรณ์

2.3 การกำหนดเป้าหมายของกิจกรรม

งานวิจัยนี้ได้ตั้งเป้าหมายในการลดความถี่การซ่อมเครื่องจักร โดยเน้นปัญหาการซ่อมตัวตะแกรงซึ่งมีความถี่ในการเกิดปัญหาเป็นอันดับหนึ่งจำนวน 28 ครั้งในปี 2565 โดยการระดมสมองร่วมกันของทีมงานได้ข้อสรุปของเป้าหมายในการลดความถี่ในการซ่อมตัวตะแกรงของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 ให้ลดลงร้อยละ 50 จากเดิมมีความถี่ในการซ่อม 28 ครั้งลดลงเหลือ 14 ครั้ง เพื่อช่วยสนับสนุนตามนโยบายของโรงงานกรณีศึกษา

2.4 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

วิเคราะห์สภาพปัจจุบันของปัญหา โดยการคำนวณค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด (MTBF) และ ค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง (MTTR) ก่อนการปรับปรุง ได้ดังแสดงใน**ตารางที่ 1**

ตารางที่ 1 ค่า MTBF และค่า MTTR ก่อนการปรับปรุง

ก่อนการปรับปรุง

เครื่องจักร	MTBF (ชั่วโมง)	MTTR (ชั่วโมง)
ตัวตะแกรง	171.67	3.04

ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยใช้เครื่องมือ Why-Why analysis ร่วมกับหลักการ 3 GEN เพื่อหารากเหง้าที่แท้จริงของปัญหา ดังแสดงใน**ตารางที่ 2**

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วย Why-Why analysis

ปัญหา	ทำไม 1	ทำไม 2	ทำไม 3	ทำไม 4	ทำไม 5	มาตรการ
ตะแกรงชำรุด	ตัวตะแกรงไม่สามารถทนต่อแรงจากเครื่องสั่นและน้ำหนักของวัตถุดิบได้	ได้รับแรงจากเครื่องสั่นและรับน้ำหนักของวัตถุดิบเป็นเวลานานกว่าปกติ	วัตถุดิบไม่สามารถไหลผ่านรูตะแกรงได้	วัตถุดิบจับตัวเป็นก้อนมีขนาดใหญ่กว่ารูตะแกรง	มีความชื้นสูง	แจ้งซัพพลายเออร์ให้จัดทำมาตรการลดความชื้นในวัตถุดิบ
				ตัวตะแกรงมีพื้นที่ขวางเยอะ	รูปแบบของตัวตะแกรงไม่เหมาะสม	ปรับปรุงรูปแบบตัวตะแกรง
				แรงสั่นจากเครื่องสั่นไม่เพียงพอ	การกระจายแรงจากเครื่องสั่นไม่เหมาะสม	แก้ไขตำแหน่งของเครื่องสั่น
			เปิดใช้งานเครื่องสั่นแล้วไม่ปิด	พนักงานขนส่งวัตถุดิบลืมปิดเครื่องสั่น		ปรับปรุงระบบการทำงานของเครื่องสั่นให้เป็นอัตโนมัติ
			ตัวตะแกรงไม่สามารถกระจายแรงสั่นได้อย่างอิสระ	ตัวตะแกรงเชื่อมติดกับโครงสร้างหลุมรับวัตถุดิบ		ปรับปรุงตัวตะแกรงให้เป็นอิสระ
		ได้รับแรงกดเฉพาะจุดเพิ่มจากเครื่องสั่น	วัตถุดิบไหลออกมาปริมาณมากจนดันฝาท้ายเปิดออกกว้างไปกดเครื่องสั่น	รถบรรทุกวัตถุดิบยกดัมพ์สูงเกินกว่าปกติ	พนักงานขับรถขนส่งวัตถุดิบยกดัมพ์ความสูงไม่เหมาะสม	กำหนดความสูงในการยกดัมพ์เพื่อลงวัตถุดิบ

จากนั้นทำการค้นหาความจริงโดยใช้หลักการ 3 GEN เข้าไปศึกษาในหน้างานจริงเพื่อให้เห็นปัญหาด้วยตนเอง ดังนี้

1. GENBA (เก็มบะ) คือ สถานที่จริง พบว่ามีวัตถุดิบติดค้างอยู่บนตัวตะแกรงเป็นจำนวนมาก
2. GENBUTSU (เก็มบุสึ) คือ ชิ้นงานจริง พบว่าวัตถุดิบไหลผ่านตัวตะแกรงได้ช้า
3. GENJITSU (เก็นจิสึ) คือ ข้อเท็จจริง พบว่า ในการเดินเครื่องจักรของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 ใช้เวลาการลำเลียงวัตถุดิบจากรถบรรทุกมากกว่า 4.5 ชั่วโมงต่อเที่ยว ส่งผลทำให้เครื่องสั่นต้องทำงานเป็นเวลานาน ตะแกรงรับภาระโหลดจากแรงสั่นตลอดเวลา นอกจากนั้นในบางครั้ง พนักงานได้ลืมปิดเครื่องสั่นเมื่อลำเลียงวัตถุดิบเสร็จ

จากการใช้เครื่องมือ Why-Why analysis และ หลักการ 3 GEN สามารถสรุปลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้น และกำหนดแนวทางการแก้ไขตามที่โรงงานกรณีศึกษาสามารถดำเนินการได้ เป็น 5 หัวข้อ ดัง**ตารางที่ 3**

ตารางที่ 3 สรุปปัญหาการซ่อมตะแกรงและมาตรการแก้ไข

ลำดับที่	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1	รูปแบบของตัวตะแกรงไม่เหมาะสม	ปรับปรุงรูปแบบตัวตะแกรงให้วัตถุดิบไหลผ่านได้สะดวก
2	ตำแหน่งของเครื่องสั่นไม่เหมาะสม	ปรับตำแหน่งของเครื่องสั่นให้กระจายแรงได้ทั่วตะแกรง
3	พนักงานขนส่งวัตถุดิบลืมปิดเครื่องสั่น	ปรับปรุงระบบการทำงานของเครื่องสั่นให้เป็นอัตโนมัติ
4	ตัวตะแกรงเชื่อมติดกับเสาค้ำโครงสร้างหลุมรับวัตถุดิบ ทำให้ตะแกรงไม่สามารถกระจายแรงสั่นได้ดี	ปรับปรุงตัวตะแกรงให้เป็นอิสระกับหลุมรับวัตถุดิบ
5	พนักงานขับรถยกดัมพ์ความสูงไม่เหมาะสม ทำให้ฝาท้ายเปิดออกไปกดเครื่องสั่นทำให้ตะแกรงชำรุด	กำหนดมาตรฐานความสูงในการยกดัมพ์เพื่อลงวัตถุดิบ

3. ผลการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ TRIZ เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในอุปกรณ์ในการลำเลียงวัตถุดิบ ยืดระยะเวลาการซ่อมบำรุง และกำหนดมาตรฐานด้วยการบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การแก้ไขปัญหารูปแบบตะแกรงด้วย TRIZ

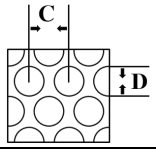
การประยุกต์ TRIZ เพื่อแก้ปัญหารูปแบบตะแกรงไม่เหมาะสม เริ่มจากการทบทวนหน้าที่หลักของตะแกรงคือ คัดแยกสิ่งแปลกปลอมและสนับสนุนให้วัตถุดิบผ่านตะแกรงได้อย่างสะดวกในอัตราการไหลที่รวดเร็ว ดังนั้นตะแกรงที่พึงประสงค์จะออกแบบโดยเพิ่มพื้นที่การระบายของตะแกรงและลดพื้นที่ตัดขวาง แต่การออกแบบเช่นนี้อาจส่งผลกระทบในการควบคุมไม่ให้สิ่งแปลกปลอมหลุดลอดเข้าไปได้ ดังนั้นในการประยุกต์ TRIZ จึงได้กำหนดพารามิเตอร์การปรับปรุงเป็นข้อ 6 พื้นที่ของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่ และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์คือ ข้อ 37 ความซับซ้อนของการควบคุม นอกจากนี้ได้เลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงข้อ 8 ปริมาตรของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์ข้อ 34 ความสามารถในการซ่อมบำรุงเพื่อออกแบบตะแกรงให้มีปริมาตรที่เหมาะสมต่อการซ่อมบำรุง การประยุกต์เมตริกแก้ไขความขัดแย้งของ TRIZ สำหรับปัญหารูปแบบตะแกรงไม่เหมาะสมแสดงดัง**ตารางที่ 4**

ตารางที่ 4 การแก้ปัญหารูปแบบตะแกรงด้วย TRIZ

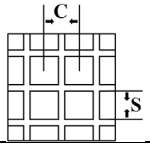
พารามิเตอร์การปรับปรุง	พารามิเตอร์ ไม่พึงประสงค์	หลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์
6 พื้นที่ของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	37 ความซับซ้อนของการควบคุม	2, **35**, 30, 18
8 ปริมาตรของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	34 ความสามารถในการซ่อมบำรุง	**1**

งานวิจัยได้เลือกหลักการที่ 35 การเปลี่ยนพารามิเตอร์และคุณสมบัติ และหลักการที่ 1 การแบ่งส่วน เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหารูปแบบตะแกรง โดยทำการคำนวณเปรียบเทียบพื้นที่การเปิดของตะแกรงดัง**ตารางที่ 5**

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบพื้นที่การเปิดของตะแกรง

รูปแบบตะแกรง	สูตรคำนวณพื้นที่เปิด	%พื้นที่การเปิด
Round–60° Staggered Center	$\%OPEN = \frac{D^2 \times 90.68}{C^2}$ 	58.04%

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบพื้นที่การเปิดของตะแกรง (ต่อ)

รูปแบบตะแกรง	สูตรคำนวณพื้นที่เปิด	%พื้นที่การเปิด
Square–Straight Center	$\%OPEN = \frac{S^2 \times 100}{C^2}$ 	73.47%

ผลการคำนวณพบว่าตะแกรงรูปแบบ Square–Straight Center มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่การเปิด 73.47% มากกว่ารูปแบบ Round–60° Staggered Center ดังนั้นจึงปรับเปลี่ยนรูปแบบของตัวตะแกรงจากทรงกลมเป็นทรงสี่เหลี่ยมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตรเท่าเดิม โดยเป็นการลดพื้นที่ขวาง ส่งผลให้วัตถุดิบไหลผ่านตัวตะแกรงได้เร็วขึ้น และได้ทำการแบ่งแยกตัวตะแกรงจากเดิมเป็นแผ่นใหญ่เพียงแผ่นเดียวออกเป็นแผ่นย่อย ๆ เพื่อให้สะดวกและเพิ่มความรวดเร็วในการซ่อมแซม ซึ่งจากเดิมต้องใช้เวลาในการตัดและเชื่อมตะแกรงอยู่เป็นเวลานาน หลังจากเปลี่ยนเป็นแผ่นย่อย ๆ สามารถทำการเปลี่ยนตะแกรงได้รวดเร็วขึ้น จึงสามารถช่วยลดเวลาในการซ่อมลงได้ดัง**ตารางที่ 6**

ตารางที่ 6 สภาพก่อนและหลังการเปลี่ยนรูปแบบของตัวตะแกรง

ก่อนการแก้ไข	หลังการแก้ไข
คำอธิบาย	คำอธิบาย
สภาพของตัวตะแกรงเดิมในหลุมรับวัตถุดิบเป็นรูปแบบ Round – 60° Staggered Center	เปลี่ยนตัวตะแกรงในหลุมรับวัตถุดิบเป็นรูปแบบ Square – Straight Center และแบ่งตัวตะแกรงออกเป็นแผ่นย่อย ๆ

3.2 การแก้ไขปัญหาตำแหน่งของเครื่องสั่นไม่เหมาะสมด้วย TRIZ

จากการวิเคราะห์ปัญหาวัตถุดิบมีการติดขัดไม่สามารถไหลผ่านรูตะแกรงได้อย่างสะดวก พบว่ามีสาเหตุมาจากตำแหน่งของเครื่องสั่นไม่เหมาะสม ซึ่งหน้าที่หลักของเครื่องสั่นคือ ออกแรงสั่นสะเทือนอย่างทั่วถึงเพื่อสนับสนุนให้วัตถุดิบผ่านตะแกรงโดยมีอัตราการไหลที่รวดเร็ว ดังนั้นเครื่องสั่นพึงประสงค์ควรอยู่ตำแหน่งตรงกลางของหลุมรับวัตถุดิบ แต่การออกแบบเช่นนี้อาจส่งผลกระทบคือมีความเสี่ยงที่ฝาท้ายของรถขนส่งวัตถุดิบจะเปิดออกมากระทบเครื่องสั่นชำรุดได้ การประยุกต์ TRIZ เพื่อแก้ไขตำแหน่งของเครื่องสั่นและลดข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้น จึงได้กำหนดพารามิเตอร์การปรับปรุงเป็นข้อ 35 ความสามารถในการปรับตัวได้ และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์คือ ข้อ 30 ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุ นอกจากนี้ได้กำหนดพารามิเตอร์ในการปรับปรุงข้อ 37 ความซับซ้อนของการควบคุม และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์ข้อ 33 ความสะดวกในการใช้ เพื่อออกแบบเครื่อง

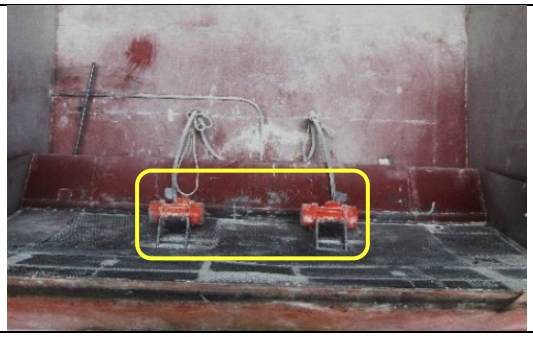
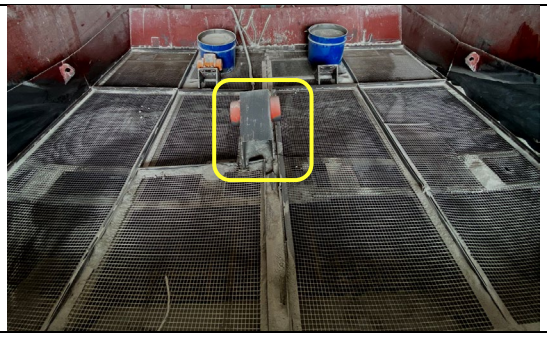
สั่นที่สามารถป้องกันฝาท้ายรถขนส่งวัตถุดิบและสะดวกต่อการซ่อมบำรุง การประยุกต์เมตริกแก้ไขความขัดแย้งของ TRIZ สำหรับปัญหาตำแหน่งของเครื่องสั่นไม่เหมาะสมแสดงดัง**ตารางที่ 7**

ตารางที่ 7 การแก้ไขปัญหาตำแหน่งของเครื่องสั่นไม่เหมาะสมด้วย TRIZ

พารามิเตอร์การปรับปรุง	พารามิเตอร์ ไม่พึงประสงค์	หลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์
35 ความสามารถในการปรับตัวได้	30 ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุ	35, **11**, 32, 31
37 ความซับซ้อนของการควบคุม	33 ความสะดวกในการใช้	2, **5**

งานวิจัยได้เลือกหลักการที่ 11 การป้องกันล่วงหน้า และหลักการที่ 5 การรวมเข้าด้วยกัน เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาตำแหน่งของเครื่องสั่น โดยย้ายตำแหน่งของเครื่องสั่นจากด้านหลังของหลุมรับวัตถุดิบมายังตำแหน่งตรงกลางของหลุมรับวัตถุดิบ เพื่อให้เครื่องสั่นอยู่ในตำแหน่งสมมาตรของตะแกรง ส่งผลให้สามารถกระจายแรงสั่นได้อย่างทั่วถึง อีกทั้งยังไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างเนื่องจากในบริเวณนี้ได้เสริมเสาค้ำอย่างหนาแน่น พร้อมทั้งติดตั้งแผ่นเหล็กที่ด้านหน้าเครื่องสั่น เพื่อป้องกันการกระแทกจากฝาท้ายของรถขนส่งวัตถุดิบและได้ยุบรวมเครื่องสั่นจาก 2 เครื่อง เหลือเพียง 1 เครื่อง ทำการเลือกขนาดแรงสั่นโดยอ้างอิงแรงสั่นจากเครื่องสั่นเดิม ซึ่งสามารถลำเลียงวัตถุดิบได้เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน และถ้าหากเพิ่มแรงสั่นให้สูงขึ้นก็อาจส่งผลทำให้ตะแกรงชำรุดได้ดัง**ตารางที่ 8**

ตารางที่ 8 สภาพก่อนและหลังการย้ายตำแหน่งของเครื่องสั่น

ก่อนการแก้ไข	หลังการแก้ไข
	
คำอธิบาย	คำอธิบาย
สภาพตำแหน่งเดิมของเครื่องสั่นอยู่ด้านหลังของหลุมรับวัตถุดิบ โดยมีเครื่องสั่นจำนวน 2 เครื่อง ซึ่งแต่ละเครื่องมีขนาดแรงสั่นเท่ากับ 194 Kg.	ย้ายตำแหน่งของเครื่องสั่นมาอยู่บริเวณตรงกลางของหลุมรับวัตถุดิบและติดแผ่นเหล็กที่ด้านหน้า และลดจำนวนเครื่องสั่นเหลือ 1 เครื่อง มีขนาดแรงสั่นเท่ากับ 420 Kg.

3.3 การแก้ไขปัญหาพนักงานลืมปิดเครื่องสั่น ด้วย TRIZ

จากการวิเคราะห์ปัญหาการเปิดใช้งานเครื่องสั่นแล้วไม่ปิด พบว่ามีสาเหตุมาจากพนักงานขนส่งวัตถุดิบไม่รอบคอบ ลืมปิดเครื่องสั่นส่งผลให้ตะแกรงชำรุด ดังนั้นการกระทำที่พึงประสงค์คือพนักงานขนส่งวัตถุดิบต้องปิดเครื่องสั่นหลังจากลงวัตถุดิบเสร็จทุกครั้ง เพื่อไม่ให้มีอัตราการใช้พลังงานสูงเกินไป แต่การกระทำเช่นนี้ส่งผลต่อพนักงานขับรถขนส่งวัตถุดิบเสียเวลาไปปิดเครื่องสั่น การประยุกต์ TRIZ เพื่อปรับปรุงการใช้พลังงานและลดข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้น จึงได้กำหนดพารามิเตอร์การปรับปรุงเป็นข้อ 21 กำลังและพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์คือ ข้อ 25 การสูญเสียไปของเวลา นอกจากนี้ได้กำหนดพารามิเตอร์ใน

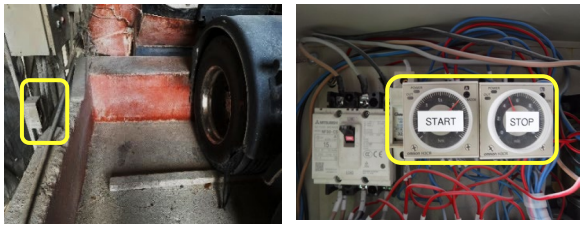
การปรับปรุงข้อ 10 แรงและพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์ข้อ 15 ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ เพื่อออกแบบระบบการใช้พลังงานของเครื่องสั่นให้เหมาะสม การประยุกต์เมตริกแก้ไขความขัดแย้งของ TRIZ สำหรับปัญหาพนักงานขนส่งวัตถุดิบลืมปิดเครื่องสั่น แสดงดัง**ตารางที่ 9**

ตารางที่ 9 การแก้ปัญหาพนักงานลืมปิดเครื่องสั่นด้วย TRIZ

พารามิเตอร์การปรับปรุง	พารามิเตอร์ ไม่พึงประสงค์	หลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์
21 กำลัง	25 การสูญเสียไปของเวลา	35, 20, 10, **6**
10 แรง	15 ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	**19**, 2

งานวิจัยได้เลือกหลักการที่ 6 การใช้งานหลากหลายวัตถุประสงค์ และหลักการที่ 19 การกระทำเป็นจังหวะ เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาพนักงานขนส่งวัตถุดิบลืมปิดเครื่องสั่น โดยติดตั้งโฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์เพื่อตรวจจับล้อรถขนส่งวัตถุดิบที่เคลื่อนเข้ามา เมื่อรถเคลื่อนตัวออกไปก็จะส่งสัญญาณให้เครื่องสั่นหยุดทำงาน และติดตั้งระบบ Timer เพื่อตั้งเวลาให้เครื่องสั่นหยุดพักเป็นจังหวะ เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของตะแกรงดัง**ตารางที่ 10**

ตารางที่ 10 สภาพก่อนและหลังการติดตั้งโฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์พร้อมกับระบบ Timer

ก่อนการแก้ไข	หลังการแก้ไข
	
คำอธิบาย	คำอธิบาย
สภาพการทำงานเดิมโดยพนักงานขนส่งวัตถุดิบต้องมาเปิดเครื่องสั่นก่อนลงวัตถุดิบ และปิดเครื่องสั่นเมื่อลงวัตถุดิบเสร็จสิ้น	ติดตั้งโฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ เพื่อตรวจจับล้อรถขนส่งที่เคลื่อนเข้ามาลงวัตถุดิบ และเมื่อรถเคลื่อนตัวออกไป ก็จะส่งสัญญาณออกไปให้เครื่องสั่นหยุดทำงาน และติดตั้ง Timer เพื่อตั้งเวลาให้เครื่องสั่นหยุดพักเป็นจังหวะ

3.4 การแก้ไขปัญหาตัวตะแกรงถูกเชื่อมติดกับเสาค้ำของโครงสร้างหลุมรับวัตถุดิบ ด้วย TRIZ

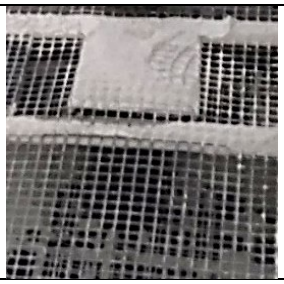
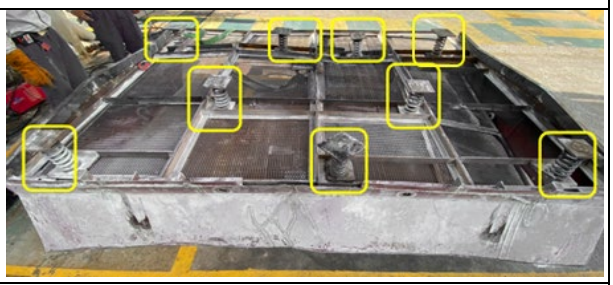
จากการวิเคราะห์ปัญหาตัวตะแกรงไม่สามารถกระจายแรงสั่นได้อย่างอิสระ พบว่ามีสาเหตุมาจากตัวตะแกรงเชื่อมติดกับเสาค้ำโครงสร้างหลุมรับวัตถุดิบ ซึ่งหน้าที่หลักของเสาค้ำคือรองรับน้ำหนักของโครงสร้างตะแกรงทั้งหมด ดังนั้นเสาค้ำที่พึงประสงค์จะมีลักษณะที่ไม่หน่วงพลังงานการสั่นสะเทือนจากเครื่องสั่น แต่การนำเสาค้ำออกก็จะส่งผลต่อความเสถียรของตะแกรง การประยุกต์ TRIZ เพื่อปรับปรุงตัวตะแกรงเชื่อมติดกับเสาค้ำและโครงสร้างของหลุมรับวัตถุดิบ และลดข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้น จึงได้กำหนดพารามิเตอร์การปรับปรุงเป็นข้อ 20 พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์คือ ข้อ 13 เสถียรภาพของวัตถุ เพื่อออกแบบเสาค้ำที่ช่วยสนับสนุนการสั่นสะเทือน การประยุกต์เมตริกแก้ไขความขัดแย้งของ TRIZ สำหรับปัญหาตัวตะแกรงเชื่อมติดกับเสาค้ำโครงสร้างหลุมรับวัตถุดิบแสดงดัง**ตารางที่ 11**

ตารางที่ 11 การแก้ปัญหาตัวตะแกรงถูกเชื่อมติดกับเสาค้ำโครงสร้างหลุมรับวัตถุดิบด้วย TRIZ

พารามิเตอร์การปรับปรุง	พารามิเตอร์ ไม่พึงประสงค์	หลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์
20 พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่	13 เสถียรภาพของวัตถุ	27, 4, 29, **18**

งานวิจัยได้เลือกหลักการที่ 18 การสั่นสะเทือนเชิงกล เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาตัวตะแกรงเชื่อมติดกับเสาค้ำของโครงสร้างหลุมรับวัตถุดิบ โดยเปลี่ยนเสาค้ำของโครงสร้างหลุมรับวัตถุดิบจากเสาเหล็กธรรมดาที่ไม่มีความยืดหยุ่นให้เป็นสปริง โดยทำการออกแบบและเลือกสปริงที่มีค่า K = 115.5 N/mm เนื่องจากสามารถรองรับน้ำหนักขณะลงวัตถุดิบได้ จากนั้นได้ใส่สปริงแทนที่เสาค้ำจำนวน 9 ตำแหน่ง ซึ่งการใช้สปริงสามารถช่วยสนับสนุนการสั่นสะเทือน และไม่หน่วงพลังงานการสั่นสะเทือนจากเครื่องสั่น ส่งผลให้วัตถุดิบมีไหลผ่านตะแกรงเร็วขึ้นดัง**ตารางที่ 12**

ตารางที่ 12 สภาพก่อนและหลังการติดตั้งแท่นค้ำสปริงใต้ตัวตะแกรง

ก่อนการแก้ไข	หลังการแก้ไข
	
คำอธิบาย	คำอธิบาย
สภาพเดิมเสาใต้ตัวตะแกรงเป็นเสาเหล็กธรรมดาที่ไม่มีความยืดหยุ่น	เปลี่ยนเสาค้ำใต้ตัวตะแกรงจากเสาเหล็กเป็นสปริงค่า K = 115.5 N/mm ทั้งหมด 9 ตำแหน่ง

3.5 การแก้ไขปัญหาพนักงานขับรถขนส่งวัตถุดิบมองไม่เห็นความสูงขณะยกดัมพ์ ด้วย TRIZ

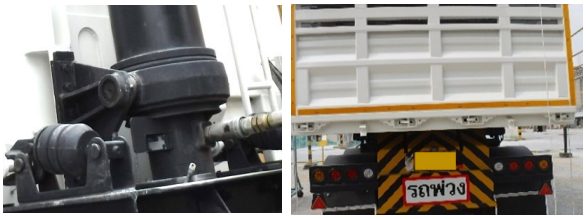
จากการวิเคราะห์ปัญหารถบรรทุกวัตถุดิบยกดัมพ์สูงเกินกว่าปกติ พบว่ามีสาเหตุมาจากพนักงานขับรถขนส่งวัตถุดิบยกดัมพ์ความสูงไม่เหมาะสม ซึ่งในขณะที่ลงวัตถุดิบนั้น เมื่อยกดัมพ์สูงจะส่งผลให้วัตถุดิบปริมาณมากไหลลงมาตามแรงโน้มถ่วง ทำให้ดันฝาท้ายของรถบรรทุกเปิดออกไปกดเครื่องสั่นทำให้ตะแกรงบริเวณฐานเครื่องสั่นชำรุด ดังนั้นลักษณะที่พึงประสงค์คือจำกัดปริมาณวัตถุดิบที่ไหลลงมาจากรถบรรทุกได้ โดยต้องค่อย ๆ ยกดัมพ์ขึ้นเพื่อให้อัตราการไหลของวัตถุดิบช้าลง แต่การทำเช่นนี้ส่งผลกระทบทำให้ใช้ระยะเวลานานในการลงวัตถุดิบ การประยุกต์ TRIZ เพื่อปรับปรุงปัญหาพนักงานขับรถขนส่งวัตถุดิบยกดัมพ์ความสูงไม่เหมาะสม และลดข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้น จึงได้กำหนดพารามิเตอร์การปรับปรุงเป็นข้อ 1 น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์คือ ข้อ 25 การสูญเสียไปของเวลา เพื่อให้สามารถลงวัตถุดิบด้วยอัตราการไหลที่เหมาะสม ประยุกต์เมตริกแก้ไขความขัดแย้งของ TRIZ สำหรับปัญหาพนักงานขับรถขนส่งวัตถุดิบมองไม่เห็นความสูงขณะยกดัมพ์แสดงดัง**ตารางที่ 13**

ตารางที่ 13 การแก้ไขปัญหาพนักงานขับรถขนส่งวัตถุดิบมองไม่เห็นความสูงขณะยกดัมพ์ด้วย TRIZ

พารามิเตอร์การปรับปรุง	พารามิเตอร์ ไม่พึงประสงค์	หลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์
1 น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	25 การสูญเสียไปของเวลา	**10**, 35, 20, 28

งานวิจัยได้เลือกหลักการที่ 10 การกระทำล่วงหน้า เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาพนักงานขับรถขนส่งวัตถุดิบยกดัมพ์ความสูงไม่เหมาะสม โดยติดตั้งลิมิตสวิตช์เพื่อใช้ในการควบคุมความสูงในการยกดัมพ์ของรถขนส่งวัตถุดิบ เพื่อป้องกันวัตถุดิบไหลลงมามากเกินส่งผลให้ฝาท้ายไปโดนเครื่องสั่น และติดตั้งโซ่คล้องฝาท้ายรถบรรทุก เพื่อป้องกันฝาท้ายเปิดออกกว้างไปกดเครื่องสั่น ส่งผลให้พนักงานขับรถขนส่งวัตถุดิบสามารถยกดัมพ์ได้ตามความสูงที่กำหนดไว้ วัตถุดิบจึงมีอัตราการไหลผ่านตะแกรงได้รวดเร็วยิ่งขึ้น และใช้เวลาในการลงวัตถุดิบลดลง ดัง **ตารางที่ 14**

ตารางที่ 14 สภาพก่อนและหลังการติดตั้งลิมิตสวิตช์พร้อมกับโซ่ยึดฝาท้ายรถบรรทุก

ก่อนการแก้ไข	หลังการแก้ไข
	
คำอธิบาย	คำอธิบาย
สภาพเดิมรถขนส่งวัตถุดิบไม่มีการติดตั้งลิมิตสวิตช์และโซ่ยึดฝาท้าย	ติดตั้งลิมิตสวิตช์เพื่อใช้ในการควบคุมความสูงในการยกดัมพ์ของรถขนส่งวัตถุดิบ และติดตั้งโซ่เพื่อป้องกันฝาท้ายเปิดออกกว้างไปกดเครื่องสั่น

3.6 TPM เสาที่ 1 การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง

เพื่อลดความสูญเสียในด้านต้นทุนของหน่วยงาน จึงทำการปรับปรุงปัญหาการซ่อมตัวตะแกรง และซ่อมฐานเครื่องสั่นบนตะแกรงที่มีความถี่ในการซ่อมสูงสุด โดยสรุปหัวข้อการแก้ไขปัญหาได้ทั้งหมด 5 หัวข้อดังนี้

1. เปลี่ยนรูปแบบตัวตะแกรงในหลุมวัตถุดิบจากทรงกลมเป็นสี่เหลี่ยมและแบ่งตะแกรงออกเป็นส่วนย่อย
2. ย้ายตำแหน่งเครื่องสั่นมาอยู่ตรงกลางและติดตั้งแผ่นเหล็กกันกระแทก โดยเปลี่ยนรูปแบบเครื่องสั่นจากจำนวน 2 เครื่องเป็น 1 เครื่อง
3. ติดตั้งโฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ และติดตั้ง Timer
4. เปลี่ยนเสาค้ำใต้ตัวตะแกรงเหล็กเป็นสปริง
5. ติดตั้งลิมิตสวิตช์เพื่อใช้ในการควบคุมความสูงในการยกดัมพ์และติดตั้งโซ่ที่ฝาท้ายของรถขนส่งวัตถุดิบ

3.7 TPM เสาที่ 2 การบำรุงรักษาด้วยตนเอง

เพื่อช่วยยืดอายุการทำงานของเครื่องจักร จึงกำหนดหัวข้อการบำรุงรักษาด้วยตัวเอง 2 ข้อดังนี้

1. กำหนดให้พนักงานผู้ปฏิบัติงานทำความสะอาดตัวตะแกรง รวมถึงการตรวจสอบชิ้นส่วนตะแกรง, ระบบเซ็นเซอร์ และโซ่คล้องฝาท้ายของรถบรรทุก ว่ามีการชำรุดเสียหายหรือไม่ โดยมีความถี่ทุกวันก่อนทำการลงวัตถุดิบ
2. บ่งชี้สิ่งที่ผิดปกติหลังจากทำความสะอาดตัวตะแกรงโดยตรวจสอบตัวตะแกรง หากพบสิ่งผิดปกติให้ประเมินว่าสามารถซ่อมแซมเองเบื้องต้นได้หรือไม่ หากไม่สามารถซ่อมแซมเองได้ให้ทำการแจ้งช่างซ่อมบำรุง เพื่อทำการซ่อมแซมในทันที และเมื่อซ่อมแซมเสร็จจึงสามารถลงวัตถุดิบได้

3.8 TPM เสาที่ 4 การให้การศึกษาและการฝึกอบรม

เพื่อให้เกิดมาตรฐาน ในการทำงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย จึงได้เพิ่มทักษะของผู้ปฏิบัติงาน 3 ข้อดังนี้

1. จัดทำคู่มือปฏิบัติงาน และจัดการฝึกอบรมทั้งพนักงานเกี่ยวข้องทั้งหมด ให้มีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการดูแลรักษาอุปกรณ์การลำเลียงวัตถุดิบอย่างถูกต้อง เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานเครื่องจักร
2. กำหนดหัวข้อความสามารถพื้นฐานในการปฏิบัติงานกับเครื่องจักรดังกล่าว ลงในแบบกำหนดความสามารถและประเมินผลของพนักงาน (Competency)
3. ทำการประเมินผลของพนักงานตามความถี่ปีละครั้ง เพื่อเป็นการติดตามทักษะและความสามารถของพนักงานว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่

4. อภิปรายผล ข้อเสนอแนะและสรุปผลการวิจัย

4.1 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

1. การใช้หลักการ Why-Why Analysis ร่วมกับ 3 GEN เพื่อสำรวจหน้างานจริง จะช่วยให้เกิดความเข้าใจในสภาพของปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างแท้จริงและสามารถกำหนดแนวทางป้องกันแก้ไขได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์เพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหาและผลกระทบในเชิงปริมาณนั้นสามารถประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) แทนแทคนิค Why-Why Analysis ได้
2. ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) สามารถนำมาประยุกต์เพื่อแก้ปัญหาระบบงานการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจาก TRIZ จะช่วยนำเสนอแนวทางที่เหมาะสมสำหรับประดิษฐกรรมและกระบวนการผลิต ในกรณีที่มีข้อจำกัดหรือความขัดแย้งเกิดขึ้นในพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ TRIZ นั้น ผู้วิจัยหรือผู้ใช้งานจะต้องมีความเข้าใจ มีประสบการณ์ในงานและปัญหาที่ประสบเป็นอย่างดี พร้อมกันนั้นต้องมีความเข้าใจในพารามิเตอร์ 39 ข้อ และ Interventive Solution 40 ข้อ อย่างถ่องแท้ ตลอดจนมีจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการขยายความและนำข้อกำหนดใน TRIZ ไปใช้ให้เหมาะสมกับปัญหาได้ดีที่สุด
3. การแก้ไขปัญหาอุปกรณ์การลำลียงวัตถุดิบในงานวิจัยนี้ เน้นการปรับใช้อุปกรณ์เก่าที่โรงงานมีอยู่ เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในอุปกรณ์ งานวิจัยจึงไม่ได้นำเสนอต้นทุนที่เกิดขึ้นในการปรับปรุง อย่างไรก็ตามถ้ามีการออกแบบระบบใหม่และไม่มีข้อจำกัดเรื่องการใช้อุปกรณ์ใหม่ คาดว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์การลำเลียงวัตถุดิบและระบบการซ่อมบำรุงได้มากยิ่งขึ้น

4.2 สรุปผลการวิจัย

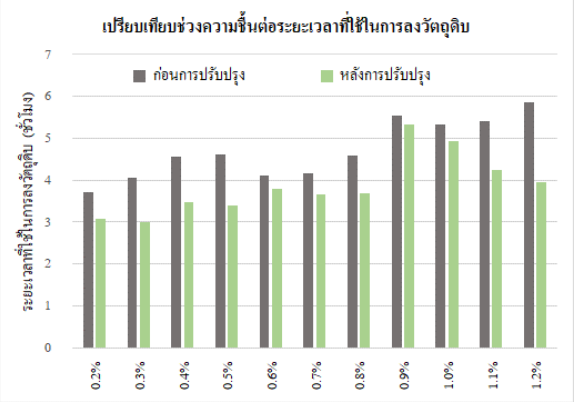
งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ TRIZ และหลักการบำรุงรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) สำหรับการแก้ไขปัญหาและกำหนดมาตฐานงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบ ผลการปรับปรุงในช่วงเดือนพฤษภาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 พบว่าความถี่ในการซ่อมบำรุงตะแกรงลดลงเหลือ 3 ครั้ง คิดเป็น 6 ครั้งต่อปีโดยประมาณ สำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ให้ลดลงต่ำกว่าร้อยละ 50 หรือคิดเป็น 14 ครั้ง สามารถช่วยลดต้นทุนการซ่อมแซมลงไปได้จำนวน 92,500 บาท โดยมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 2 ปี ส่วนค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด (MTBF) สูงขึ้นจากเดิม 171.67 ชั่วโมง เป็น 1,055.91 ชั่วโมง และค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง (MTTR) ลดลงจากเดิม 3.04 ชั่วโมง เป็น 2.55 ชั่วโมง แสดงการเปรียบเทียบผลการดำเนินงานก่อนและหลังปรับปรุงกิจกรรมดัง**ตารางที่ 15**

ตารางที่ 15 สรุปผลความถี่ในการซ่อมบำรุงก่อนและหลังปรับปรุงกิจกรรม

ปัญหาการซ่อมตะแกรง	MFBF	MTTR	ความถี่ในการซ่อม
ก่อนการปรับปรุง	171.67	3.04	28
หลักการปรับปรุง	1055.91	2.55	3

นอกจากนี้การปรับปรุงสามารถลดระยะเวลาการลงวัตถุดิบ ช่วยลดความเสี่ยงที่จะป้อนวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตได้ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน และยังช่วยลดการปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ โดยวัตถุดิบเมื่อมีความชื้นสูงขึ้นจะส่งผลทำให้ใช้ระยะเวลาในการลงวัตถุดิบนานขึ้น ซึ่งผลที่ได้หลังจากปรับปรุง

กิจกรรมนี้คือสามารถลดระยะเวลาในการลงวัตถุดิบได้ในทุกช่วงของความชื้น แสดงผลการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการลงวัตถุดิบสำหรับก่อน-หลังปรับปรุงกิจกรรมในแต่ละช่วงของความชื้นเป็นกราฟ ดัง**รูปที่ 3**



รูปที่ 3 เปรียบเทียบระยะเวลาการลงวัตถุดิบก่อนและหลังปรับปรุงกิจกรรมในแต่ละช่วงความชื้น

เอกสารอ้างอิง

[1] N. Tongna, "Outlook for the Thai and global economy in 2023," nectec.or.th. https://www.nectec.or.th/news/news-article/economy-industry.html. (accessed: Dec. 1, 2023)

[2] R. Chantrasa, C. Phontri and V. Louangsinsiri, "Integration of value engineering and theory of inventive problem solving (TRIZ) for increasing the value of industrial products: case study of air-conditioner," *Engineering and Applied Science Research*, vol. 43, no. S2, pp. 254–258, 2016.

[3] K. Ploypanichcharoen, "Methods for Solve Quality Problem," in *Principles of Quality Control*, Bangkok, Thailand: TPA, 2007, ch. 9, sec. 9.2, pp. 271–278.

[4] R. Kanjanapanyakom, "Methods Analysis," in *Industrial Work Study*, Bangkok, Thailand: Top Publishing Co., Ltd., 2007, ch. 7, sec. 2.3, pp. 78–84.

[5] S. Kanitha, "Applying 5G principles to human improvement," *TPA news*, vol. 192, pp. 49–50, 2012.

[6] S. Nakajima, "TPM – Challenging Limits," in *Introduction to Total Productive Maintenance*, , Portland, OR, USA: Productivity Press, 1988, ch. 2, sec. 3, pp. 10–12.

[7] P. Sangameshwran and R. Jagannathan, "HLL's manufacturing renaissance," *Indian Management*, vol. 14, no. 11, pp. 30–35, 2002.

[8] S. D. Savransky, "Resolution of Technical (Pair) Congradictions," in Engineering of creativity: introduction to Triz methodology of inventive problem solving, Baca Raton, USA: CRC, 2000, ch. 13, sec. 13.2, pp. 199–204.

[9] M. Sasananan, "TRIZ," in Product Design for Creative Innovation and Reverse Engineering, Bangkok, Thailand: TUP, 2007, ch. 6, sec. 6.3, pp. 147–167.

[10] S. Butdee and C. Trakunsaranakom, "QFDE Combined with TRIZ Framework to Formulate and Respond to Functional Design for a High Temperature Machine (HTM)," *Applied Science and Engineering Progress*, vol. 3, no. 4, pp. 77–84, 2013.

[11] S. Sae-jiw, "Defective reduction due to scratch in integrated circuit manufacturing process," M.S. thesis, Dept. Industrial. Eng., Chulalongkorn Univ., Bangkok, Thailand, 2011.