



การปรับปรุงงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบด้วยเทคนิค TRIZ



ปวีร์ศรี ศิริวัฒนเมฆานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การปรับปรุงงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบด้วยเทคนิค TRIZ



ปวีศรี ศิริวัฒนเมธานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

IMPROVING MAINTENANCE OPERATIONS ON RAW MATERIAL CONVEYING  
EQUIPMENT USING TRIZ



PAWARIT SIRIWATTANAMETHANON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF ENGINEERING  
IN INDUSTRIAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
BURAPHA UNIVERSITY

2024

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ ปวริศร์ ศิริวัฒน์เมธานนท์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพา  
ได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤกษ์วัลย์ จันทร์สา)

..... ประธาน

..... (รองศาสตราจารย์ ดร.อรอุไร แสงสว่าง)

..... กรรมการ

..... (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤกษ์วัลย์ จันทร์สา)

..... กรรมการ

..... (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรหาญ์ ลีลา)

..... กรรมการ

..... (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรวาล คุณะดิลก)

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

..... (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณยศ คุรุกิจ โกลศล)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ของ  
มหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

..... (รองศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ แจ่มเยี่ยม)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

64920706: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหกรรม; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

คำสำคัญ: การแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์/ การบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนส่วนร่วม/ อุปกรณ์  
ลำเลียงวัตถุดิบ/ เทคนิคทำไม่-ทำไม

ปวีร์ ศิริวัฒนเมธานนท์ : การปรับปรุงงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบด้วย  
เทคนิค TRIZ. (IMPROVING MAINTENANCE OPERATIONS ON RAW MATERIAL  
CONVEYING EQUIPMENT USING TRIZ) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ฤกษ์วิทย์ จันทรส  
ปี พ.ศ. 2567.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรม  
วัสดุก่อสร้างและสร้างมาตรฐานระบบงานการซ่อมบำรุง ด้วยการประยุกต์หลักการแก้ปัญหาเชิง  
ประดิษฐ์ ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 1) ศึกษากระบวนการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบของ  
บริษัทกรณีศึกษา 2) เก็บรวบรวมข้อมูลและจัดลำดับความสำคัญของปัญหาด้วยแผนภูมิพारे โค 3)  
ตั้งเป้าหมาย 4) วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยเทคนิคทำไม่-ทำไม และหลักการ 3 จริง 5) สรุป  
ผลการวิจัย ผลจากการศึกษาในปีพ.ศ. 2565 พบปัญหาที่ตะแกรงสำหรับกรองวัตถุดิบและฐาน  
เครื่องต้นตะแกรง โดยมีความถี่ในการซ่อมสูงถึง 28 ครั้ง สาเหตุของปัญหา ได้แก่ รูปแบบตะแกรง  
และตำแหน่งการติดตั้งเครื่องต้นไม่เหมาะสม รวมทั้งความพลั้งเผลอของพนักงานในการปิดเครื่อง  
ต้นหลังใช้งาน งานวิจัยนี้ได้แก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยประยุกต์การแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์เพื่อเป็นแนวทาง  
ออกแบบตะแกรงใหม่ และประยุกต์การบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมในการกำหนด  
มาตรฐานงานซ่อมบำรุง ผลการปรับปรุงพบว่าความถี่ในการซ่อมบำรุงตะแกรงในช่วงเดือน  
พฤษภาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 ลดลงเหลือ 3 ครั้ง คิดเป็น 6 ครั้งต่อปีโดยประมาณ สำเร็จตาม  
เป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ต่ำกว่า 14 ครั้งต่อปี โดยค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดสูงขึ้นจากเดิม 171.67  
ชั่วโมง เป็น 1,055.91 ชั่วโมง และค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุงลดลงจากเดิม 3.04 ชั่วโมง  
เป็น 2.55 ชั่วโมง จากงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าหลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์สามารถนำมา  
ประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบ โดยสามารถลดความถี่ในการซ่อมบำรุงได้อย่าง  
มีนัยสำคัญ

64920706: MAJOR: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng. (INDUSTRIAL ENGINEERING)

KEYWORDS: THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING (TRIZ)/ TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)./ WHY-WHY ANALYSIS/ RAW MATERIAL CONVEYING EQUIPMENT

PAWARIT SIRIWATTANAMETHANON : IMPROVING MAINTENANCE OPERATIONS ON RAW MATERIAL CONVEYING EQUIPMENT USING TRIZ.

ADVISORY COMMITTEE: RUEPHUWAN CHANTRASA, 2024.

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.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฤๅวัลย์ จันทร์สา ซึ่งท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำ และกระบวนการคิดซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งยังสละเวลาอันมีค่าตรวจสอบความถูกต้องของวิทยานิพนธ์และบ่งชี้จุดบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจและสำนึกในพระคุณของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์มา ณ ที่นี้

ขอบคุณคณะกรรมการสอบซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. อรุโรรส แสงสว่าง, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรพหาญ ลิลา และอาจารย์ ดร. จักรวาล คุณะดิลก ที่กรุณาให้แนวคิดและคำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้ทางด้านวิชาการแก่ผู้วิจัย รวมทั้งผู้แต่งตำรา และงานวิจัยต่าง ๆ ที่ทางผู้วิจัยได้นำมาใช้ค้นคว้า และอ้างอิงในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้ด้วย

ปวีร์ ศิริวัฒนเมฆานนท์

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฅ
สารบัญภาพ .....	ฉุ
บทที่ 1 .....	1
บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย .....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
วิธีการดำเนินงาน .....	3
บทที่ 2 .....	5
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	5
การวิเคราะห์สภาพปัญหาและหาสาเหตุ .....	5
การบำรุงรักษา .....	9
ทริซ (TRIZ : Theory of Inventive Problem Solving).....	13
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	19
บทที่ 3 .....	23
วิธีดำเนินงานวิจัย.....	23

ศึกษาข้อมูลกระบวนการลำเลียงวัตถุดิบและการซ่อมบำรุง.....	24
ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น .....	27
กำหนดประเด็นการแก้ไขปรับปรุงและตั้งเป้าหมาย .....	30
บทที่ 4 .....	35
ผลการดำเนินงานวิจัย .....	35
การแก้ไขปัญหาเชิงประจักษ์ .....	35
การกำหนดมาตรฐาน .....	48
บทที่ 5 .....	50
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	50
สรุปผลการวิจัย .....	50
อภิปรายผล.....	54
ข้อเสนอแนะ .....	55
บรรณานุกรม .....	56
ภาคผนวก .....	59
ประวัติย่อของผู้วิจัย .....	70

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ข้อมูลความถี่ในการซ่อมสายการลำเลียงวัตถุดิบจำนวน 4 สายการลำเลียงในเดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565.....	28
ตารางที่ 2 ข้อมูลความถี่ในการซ่อมอุปกรณ์แต่ละประเภทของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 ในเดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565.....	29
ตารางที่ 3 ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดและค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุงของของตัว ตะแกรงและฐานเครื่องสั่นบนตะแกรงของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 ใน เดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565.....	32
ตารางที่ 4 สรุปลักษณะปัญหาการซ่อมตะแกรงและแนวทางการแก้ไข .....	34
ตารางที่ 5 การแก้ไขปัญหารูปแบบตะแกรงด้วย TRIZ .....	36
ตารางที่ 6 สภาพก่อนและหลังการเปลี่ยนรูปแบบของตัวตะแกรง .....	38
ตารางที่ 7 การแก้ไขปัญหาตำแหน่งของเครื่องสั่นไม่เหมาะสมด้วย TRIZ.....	39
ตารางที่ 8 สภาพก่อนและหลังการย้ายตำแหน่งของเครื่องสั่น.....	41
ตารางที่ 9 การแก้ไขปัญหาพนักงานลืมปิดเครื่องสั่นด้วย TRIZ .....	42
ตารางที่ 10 สภาพก่อนและหลังการติดตั้งไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซ็นเซอร์พร้อมทั้งระบบ Timer.....	43
ตารางที่ 11 การแก้ไขปัญหาตัวตะแกรงถูกเชื่อมติดกับเสาข้างของโครงสร้างหลุมรับวัตถุดิบด้วย TRIZ .....	44
ตารางที่ 12 สภาพก่อนและหลังการติดตั้งแท่นค้ำสปริงใต้ตัวตะแกรง.....	45
ตารางที่ 13 การแก้ไขปัญหาพนักงานขับรถบรรทุกกดัมพ์ความสูงไม่เหมาะสมด้วย TRIZ.....	46
ตารางที่ 14 สภาพก่อนและหลังการติดตั้งลิมิตสวิทช์พร้อมทั้งโซ่ยึดฝาท้ายรถบรรทุก.....	47
ตารางที่ 15 สรุปผลและเปรียบเทียบความถี่ในการซ่อมก่อนและหลังปรับปรุงกิจกรรม.....	51
ตารางที่ 16 เปรียบเทียบค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดขัดข้อง (MTBF) และค่าระยะเวลาเฉลี่ย (MTTR) ก่อนและหลังการดำเนินกิจกรรม.....	53

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กราฟแสดงถี่ในการซ่อมอุปกรณ์แต่ละประเภทของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 ปี 2565.....	2
ภาพที่ 2 ตัวอย่างแผนภูมิพาเรโต.....	6
ภาพที่ 3 แผนภูมิอธิบายวิธีการคิดแบบ Why-Why analysis .....	7
ภาพที่ 4 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	23
ภาพที่ 5 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิต .....	25
ภาพที่ 6 สายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2.....	26
ภาพที่ 7 ตัวตะแกรงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 12 มิลลิเมตร.....	26
ภาพที่ 8 ลักษณะปัญหาการชำรุดของตัวตะแกรง .....	27
ภาพที่ 9 ความถี่ในการซ่อมสายการลำเลียงวัตถุดิบในเดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565.....	28
ภาพที่ 10 แผนภูมิพาเรโตจัดลำดับข้อมูลความถี่ในการซ่อมอุปกรณ์แต่ละประเภทของสายการ ลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 ในเดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565 .....	30
ภาพที่ 11 กราฟแสดงเป้าหมายในการดำเนินกิจกรรม.....	32
ภาพที่ 12 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วย Why-Why analysis .....	33
ภาพที่ 13 ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณหาร้อยพื้นที่การเปิดของรูตะแกรงรูปแบบ Round – 60° Staggered Center.....	37
ภาพที่ 14 ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณหาร้อยพื้นที่การเปิดของรูตะแกรงรูปแบบ Square – Straight Center.....	38
ภาพที่ 15 สปริงที่นำมาติดตั้งแทนเสาค้ำใต้ตัวตะแกรง .....	45
ภาพที่ 16 กราฟแสดงผลการในการดำเนินกิจกรรมเทียบกับเป้าหมาย .....	52
ภาพที่ 17 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการลงวัตถุดิบสำหรับก่อน-หลังปรับปรุง กิจกรรมในแต่ละช่วงของความถี่.....	54

# บทที่ 1

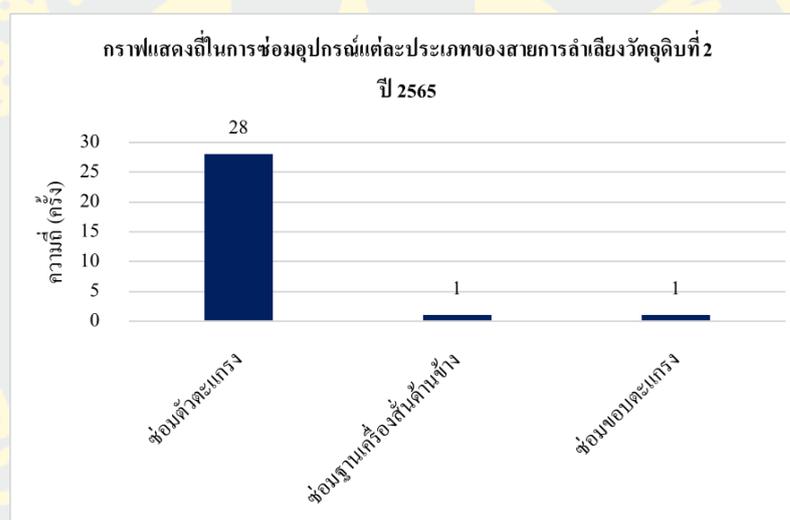
## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบันมีความไม่แน่นอนและมีความเสี่ยงต่อการดำเนินการทางธุรกิจสูง ทั้งความขัดแย้งในภูมิรัฐศาสตร์ที่ไม่อาจคาดคะเนในประเด็นความเสี่ยงต่อราคาพลังงาน ความไม่มั่นคงในห่วงโซ่อุปทาน และภาวะเศรษฐกิจถดถอยทั่วโลก ประกอบกับภาวะที่ธุรกิจมีแรงกดดันจากภาวะต้นทุนของค่าไฟฟ้า ค่าแรงงาน และวัตถุดิบ ดังนั้นผู้ประกอบการจึงต้องเตรียมความพร้อมเพื่อปรับตัวให้ทันกระแสโลกที่แปรเปลี่ยน ไปอยู่เสมอ ผู้ประกอบการจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดอรรถประโยชน์สูงสุดด้วยต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุด เพื่อให้องค์กรอยู่รอด และสามารถแข่งขันทางธุรกิจได้ โดยการลดต้นทุนในกระบวนการผลิต นอกจากจะลดต้นทุนได้ด้วยวิธีการตัดลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นต่าง ๆ แล้ว องค์กรยังสามารถลดต้นทุนโดยการปรับปรุงการทำงานหรือเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ซึ่งปัญหาการชำรุดเสียหายของเครื่องจักรนับว่าเป็นหนึ่งในปัจจัยด้านต้นทุนเช่นกัน โดยเป็นประเด็นสำคัญของทุกองค์กร เนื่องจากต้องสูญเสียทรัพยากรสำหรับการซ่อมแซมและบำรุงรักษา ส่งผลกระทบต่อภาระต้นทุนการผลิตสินค้า และสูญเสียโอกาสในการแข่งขัน ดังนั้นการบริหารค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษานับว่าเป็นประเด็นหลักที่ต้องให้ความสนใจเพื่อเพิ่มผลิตภาพโดยรวมให้กับองค์กร โดยทั่วไปแล้วค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาประกอบด้วย ต้นทุนทางตรงที่สามารถแสดงด้วยค่าแรงงาน ค่าอะไหล่และค่าผู้รับเหมา ส่วนต้นทุนทางอ้อมหรือเรียกว่าต้นทุนแฝง (Hidden cost) ก่อให้เกิดความสูญเสียมากกว่าต้นทุนทางตรงหลายเท่า ดังกรณีความสูญเสียเนื่องจากช่างบำรุงรักษาขาดทักษะ ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาเครื่องจักรขัดข้องบ่อยครั้ง ส่งผลกระทบต่อคุณภาพงานและความปลอดภัยการทำงานที่มีผลต่อขวัญกำลังใจบุคลากร รวมถึงความน่าเชื่อถือตามมุมมองลูกค้าและยอดขายในที่สุด ดังนั้นกลยุทธ์การบำรุงรักษาควรครอบคลุมประเด็นการปฏิบัติงานทุกระดับ ซึ่งผู้ประกอบการจะต้องให้ความสำคัญกับกิจกรรมบำรุงรักษาเพื่อลดผลกระทบดังกล่าว

โรงงานกรณีศึกษาเป็นบริษัทในกลุ่มธุรกิจอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง ในแต่ละวันมีการลำเลียงวัตถุดิบผ่านสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 เพื่อป้อนวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตในปริมาณมากกว่า 90 ตันต่อวัน โรงงานมีการติดตั้งอุปกรณ์ตะแกรงที่สายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 โดยพื้นที่ของตะแกรงมีขนาด 7.5 ตารางเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูตะแกรงเท่ากับ 12 มิลลิเมตร เพื่อเป็นมาตรฐานในการป้องกันสิ่งปนเปื้อนหรือสิ่งแปลกปลอมที่ติดมากับวัตถุดิบหลุดลอดเข้าไปในกระบวนการผลิต ซึ่งถ้าหากมีสิ่งแปลกปลอมหลุดเข้าไปในกระบวนการผลิตจะ

สามารถส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างร้ายแรง และกระทบต่อความน่าเชื่อถือจากลูกค้าได้ หลังจากติดตั้งตะแกรงเพิ่มเข้ามาที่ระบบลำเลียงการรับวัตถุดิบที่ 2 ได้ก่อให้เกิดปัญหาตะแกรงชำรุดอยู่บ่อยครั้งจึงต้องทำการซ่อมอุปกรณ์ตัวตะแกรงอยู่เสมอ โดยพบว่าชิ้นส่วนของตะแกรงแตกหัก เสียหาย มีความถี่ในการซ่อมสูงกว่าอุปกรณ์อื่น ๆ จึงส่งผลทำให้ต้องสูญเสียกำลังคนในการไปซ่อมบำรุงและส่งผลให้มีต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นมากกว่า 100,000 บาทต่อปี และในระหว่างดำเนินการซ่อมตะแกรงนี้ จำเป็นต้องหยุดการผลิต ทำให้เกิดความเสียหายที่ไม่สามารถลำเลียงวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการในการผลิตที่อัตรา 90 ตันต่อวัน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟแสดงถี่ในการซ่อมอุปกรณ์แต่ละประเภทของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 ปี 2565

นอกจากนี้ยังพบปัญหาความชื้นของวัตถุดิบสูงขึ้นในช่วงฤดูฝน ส่งผลทำให้วัตถุดิบจับตัวเป็นก้อนได้ง่าย และอุดตันบนตัวตะแกรง ทำให้ลำเลียงวัตถุดิบได้ช้าลงเป็นอย่างมาก ซึ่งสามารถส่งผลร้ายแรงถึงขั้นต้องลดกำลังการผลิตลง หากเป็นเช่นนี้จะทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงถึง 400,000 บาทต่อวัน อันเนื่องมาจากค่าใช้จ่ายสำหรับต้นทุนคงที่ ซึ่งประกอบไปด้วย ต้นทุนค่าพลังงาน ต้นทุนค่าไฟฟ้า ต้นทุนค่าแรงงาน ต้นทุนค่าจัดเก็บสินค้า ต้นทุนค่าจัดเก็บวัตถุดิบ ต้นทุนค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร นอกจากนี้ยังมีความเสี่ยงด้านอุบัติเหตุ เนื่องจากพนักงานขนส่งวัตถุดิบต้องขึ้นไปช่วยเกลี่ยวัตถุดิบให้ไหลผ่านตัวตะแกรง ซึ่งวัตถุดิบที่ยังคงค้างอยู่ในรถบรรทุกอาจไหลลงมาทำให้เกิดอุบัติเหตุ รวมถึงความเสี่ยงจากฝุ่นวัตถุดิบที่อาจเข้าไปในระบบทางเดินหายใจของพนักงานผู้ปฏิบัติงานได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาการลดกำลังการผลิตและเพื่อความปลอดภัยของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบตะแกรงใหม่ให้เหมาะสม เพื่อ

ลดปัญหาการซ่อมบำรุง และช่วยให้สามารถลำเลียงวัตถุดิบได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุให้กับพนักงานผู้ปฏิบัติงานได้อีกด้วย

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อให้สามารถป้อนวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตได้อย่างต่อเนื่องไม่ขาดช่วง และแก้ไขปัญหาการซ่อมบำรุงตะแกรงในการลำเลียงวัตถุดิบ ให้มีอายุการใช้งานนานขึ้น
2. เพื่อสร้างมาตรฐานระบบการซ่อมบำรุงตะแกรงในการลำเลียงวัตถุดิบ

### ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาปัญหาการซ่อมอุปกรณ์ของสายการลำเลียงวัตถุดิบ ในบริษัทกรณีศึกษาผลิตวัสดุในอุตสาหกรรมก่อสร้าง
2. มุ่งเน้นการลดความถี่ในการซ่อมบำรุงตะแกรงของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 โดยใช้ข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนมกราคม - ธันวาคม พ.ศ. 2565
3. เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) ในการแก้ไขข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นในการออกแบบตะแกรงในการลำเลียงวัตถุดิบ

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ตะแกรงลำเลียงวัตถุดิบที่มีอายุการใช้งานนานขึ้น สามารถลดความถี่ในการซ่อมบำรุงสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2
2. สามารถป้อนวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตได้อย่างต่อเนื่องไม่ขาดช่วง ไม่ก่อให้เกิดปัญหากระบวนการผลิตหยุดชะงักหรือลดปริมาณการผลิต
3. ช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงในส่วนงานการรับวัตถุดิบเข้า
4. ช่วยลดอุบัติเหตุของพนักงานที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน ช่วยให้พนักงานมีความปลอดภัยในการทำงานเพิ่มขึ้น

### วิธีการดำเนินงาน

1. กำหนดหัวข้อและศึกษาทฤษฎีและงานวิจัย
2. ศึกษาข้อมูลกระบวนการลำเลียงวัตถุดิบและการซ่อมบำรุง
3. ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น
4. กำหนดประเด็นการแก้ไขปรับปรุงและตั้งเป้าหมาย

5. เสนอแนวทางแก้ปัญหา
6. ดำเนินการแก้ปัญหา
7. เปรียบเทียบผลการดำเนินงาน
8. สรุปผลการดำเนินงาน



## บทที่ 2

### แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานวิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นพื้นฐานความรู้ นำมาประยุกต์แก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องและบรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อลดความถี่ในการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ของสายการลำเลียงวัตถุดิบ โดยใช้หลักการวิเคราะห์สภาพปัญหาและหาสาเหตุ ได้แก่ แผนภูมิพาเรโต แผนภูมิเหตุและผล Why-Why Analysis, 3GEN และประยุกต์ใช้เทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาค่าความขัดแย้ง

#### การวิเคราะห์สภาพปัญหาและหาสาเหตุ

##### 1. แผนภูมิพาเรโต (Pareto chart)

ปิยวรรณ ปราณี (2561) ได้กล่าวว่าแผนภูมิพาเรโต คือ เครื่องมือสำหรับการตรวจสอบปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในองค์กร โดยการนำเอาสาเหตุเหล่านั้นมาแบ่งแยกประเภท แล้วเรียงลำดับความสำคัญของข้อมูลจากมากไปหาน้อยซึ่งแผนภูมิพาเรโตสามารถใช้เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจแก้ไขปัญหาที่เร่งด่วนที่สุดก่อน ตามด้วยปัญหาที่รองลงมาตามลำดับ

การเขียนแผนภูมิพาเรโต

1. กำหนดหัวข้อที่จะทำการสำรวจ แล้วรวบรวมข้อมูล
2. จำแนกและรวบรวมข้อมูลตามสาเหตุ
3. แจกข้อมูลให้เหมาะสม แล้วคำนวณปริมาณสะสม โดยให้เรียงลำดับจากมากไปน้อย
4. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์สะสม โดยใช้สูตร (ปริมาณสะสม/จำนวนทั้งหมด) x 100%
5. เขียนแกนตั้ง และแกนนอนลงบนกระดาษกราฟ โดยแกนตั้งเป็นจำนวนของเสีย

มูลค่าความเสียหาย หรือความถี่ของการเกิดของเสียหาย และแกนนอนเป็นชนิดของความบกพร่องตำแหน่งที่พบความบกพร่อง หรือเครื่องจักรที่เกิดจุดบกพร่อง

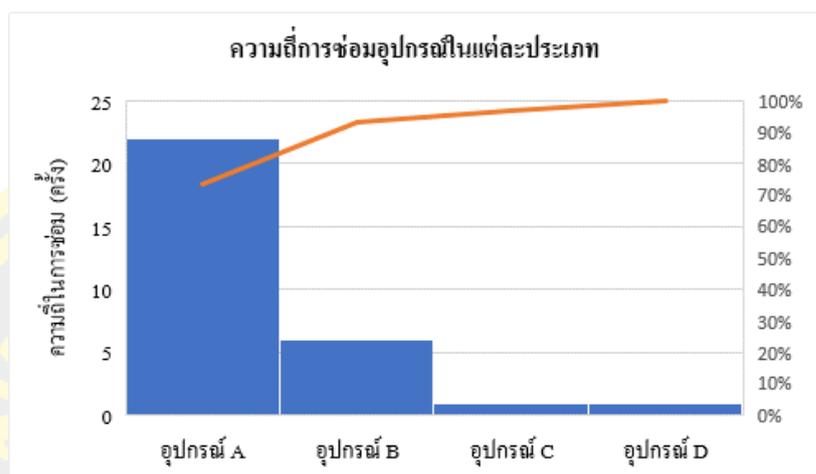
6. จัดทำกราฟแท่ง

7. ลากแกนตั้งขึ้นทางด้านขวาสุด และกำหนดสเกลจุดเริ่มต้นของกราฟเป็น 0 และ

จุดสูงสุดของกราฟเป็น 100%

8. เติมเส้นกราฟค่าสะสม

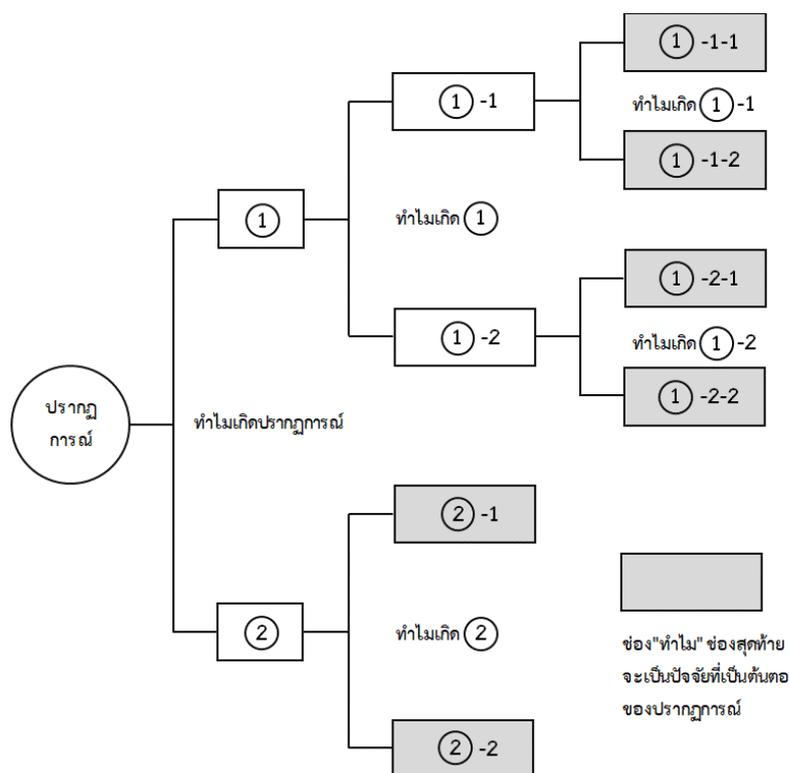
9. เติมข้อความที่จำเป็นลงไปบนแผนภูมิพารेटโต ซึ่งตัวอย่างแผนภูมิพารेटโตเป็นดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างแผนภูมิพารेटโต

## 2. การวิเคราะห์ปัญหาด้วย Why-Why analysis

จู่ไรร์ตัน ลารุติ (2559) ได้กล่าวว่า Why-Why analysis เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบและมีขั้นตอน โดยการถาม “ทำไม” จนกว่าจะค้นพบต้นตอสาเหตุของปรากฏการณ์ ทำให้กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาและใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้สูงขึ้น จากภาพเป็นการอธิบายวิธีวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุ เมื่อได้ปัจจัยที่เป็นต้นตอของปรากฏการณ์ จึงนำมาหามาตรการในการแก้ไข ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภูมิอธิบายวิธีการคิดแบบ Why-Why analysis

การพิจารณาปัญหาของ Why-Why analysis มี 2 แนวทาง คือ

1. การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น เป็นการกำหนดแนวทางในการค้นหาสาเหตุของปัญหา โดยการเปรียบเทียบปัญหาที่เกิดขึ้นกับ สภาพที่ควรจะเป็น หลังจากกำหนดแนวทางได้แล้ว จะตั้งคำถามว่า “ทำไม” ไปเรื่อย ๆ เพื่อค้นหาปัจจัยหรือสาเหตุออกมา การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็นควรใช้ในกรณีที่ปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นสามารถเข้าใจได้ไม่ยากนัก หรือต้นตอเหตุของปัญหาเพียงหนึ่งสาเหตุ

2. การมองปัญหาจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎีเป็นการมองปัญหาจากการทำความเข้าใจกับหลักเกณฑ์หรือจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องจักรนั้น ๆ ควรใช้ในกรณีที่ปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่สนใจเกี่ยวข้องกับกลไกที่ค่อนข้างเข้าใจยาก หรือมีต้นเหตุของปัญหาหลายสาเหตุ

ข้อควรระวังสำหรับการใช้ Why-Why analysis

1. ข้อความที่ใช้เขียนตรงช่อง “ปรากฏการณ์” และช่อง “ทำไม” ต้องสั้นและกระชับ
2. หลังจากที่ทำ Why-Why analysis จะต้องยืนยันความถูกต้องตามหลักตรรกวิทยา โดยอ่านย้อนจาก “ทำไม” ช่องสุดท้ายกลับมายังช่อง “ปัญหา”

3. ให้ถามว่า “ทำไม” ตามจนกว่าจะพบสาเหตุที่แท้จริง เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การวางมาตรการป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ

4. ควรเขียนเฉพาะส่วนที่คิดว่า มีความเคลื่อนไหวจากสภาพปกติ (ผิดปกติ) เท่านั้น

5. ควรหลีกเลี่ยงการค้นหาสาเหตุที่เนื่องมาจากสภาพจิตใจคน เช่น เหนื่อย หงุดหงิด

ใจลอย

6. ควรหลีกเลี่ยงการใช้คำว่า “ไม่ดี” ในประโยค

วิธีการใช้เทคนิค Why-Why analysis

1. จัดตั้งทีมในการแก้ปัญหา

2. กำหนดหัวข้อเรื่องที่จะนำมาปรับปรุงแก้ไข

3. ตรวจสอบความจริงของสภาพที่เป็นอยู่ของปัญหา ทั้งในด้านสถิติและการไปสำรวจพื้นที่จริงที่เกิดปัญหา

4. สมาชิกในทีมตั้งคำถามว่า “ทำไม” ถ้าหากคำตอบสามารถอธิบายสาเหตุของการเกิดปัญหาได้ให้เขียนคำตอบลงในช่อง “ทำไม”

5. ถ้าหากคำตอบในขั้นตอนที่ 4 ไม่สามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้จะต้องกลับไปทำขั้นตอนที่ 4 และขั้นตอนที่ 5 ซ้ำจนกว่าจะพบต้นตอสาเหตุหรือปัจจัยที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่มาตรการแก้ปัญหาหรือป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำอีก

6. ถ้าหากคำตอบในขั้นตอนที่ 4 สามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ให้สมาชิกในทีมลงความเห็นและยืนยันความถูกต้องของคำตอบ

7. สมาชิกในทีมเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาและดำเนินการแก้ไขตามแนวทางที่เสนอไว้

8. ตรวจสอบว่าวิธีการแก้ปัญหาได้ผลลัพธ์ถูกต้องหรือไม่

ประโยชน์ Why-Why analysis

1. เป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้ได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์หรือเทคนิคขั้นสูง

2. สามารถระบุสาเหตุที่เป็นรากเหง้า (Root causes) ของปัญหาได้อย่างรวดเร็ว

3. ช่วยในการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุปัญหาต่าง ๆ

4. สามารถใช้ร่วมกันกับเครื่องมือและเทคนิคการบริหารคุณภาพอื่น ๆ ได้ดี

5. ส่งเสริมการทำงานเป็นทีม

### 3. หลักการ 3 จริง (3 GEN)

ปิยวรรณ ปราณี (2561) ได้กล่าวว่าหลักการ 3 จริง หรือ หลักการ 3 GEN หรือ หลักการ 3G เป็นหลักการทำงานของคนญี่ปุ่นที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในทุกธุรกิจ เพื่อให้สามารถ

วิเคราะห์ปัญหาได้อย่างถูกต้องแม่นยำ นำไปสู่การแก้ไขปัญหาอย่างถูกต้อง ซึ่งหลักการ 3 จริ่ง ประกอบด้วย

1. GENBA คือ สถานที่จริง หรือหน่วยงานจริง หมายถึง การลงไปสำรวจที่หน่วยงานจริง ว่าเป็นอย่างไร เช่น ภายในโรงงานการผลิต พื้นที่จัดเก็บสินค้า พื้นที่ตรวจสอบสินค้า เป็นต้น
2. GENBUTSU คือ สิ่งของ หรือ ชิ้นงานที่เป็นตัวปัญหาจริง หมายถึง การดู การสังเกต และจับต้องชิ้นงานที่ผลิตได้จริง หรือตัวสินค้าที่จัดเก็บอยู่จริง หรือชิ้นงานที่กำลังถูกตรวจสอบอยู่
3. GENJITSU คือ สถานการณ์จริง หมายถึง เหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดปัญหาจริง เช่น สภาพแวดล้อม หรือกระบวนการขั้นตอนการทำงาน หรือช่วงเวลาที่เกิดของเสียบ่อย ๆ หรือที่เกิดปัญหาได้บ่อย ๆ เป็นต้น

หลักการ 3 จริ่ง จึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพที่ใช้แก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นในการดำเนินธุรกิจ นั่นคือเมื่อจะวางแผนหรือวิเคราะห์อย่างนั้งคิดจินตนาการไปเองต้องไปดูสถานที่เกิดเหตุจริง (GENBA) อย่าพึ่งแค่รายงานหรือข้อมูลต่าง ๆ จากผู้เกี่ยวข้องเพราะข้อมูลอาจคลาดเคลื่อนได้ เมื่อไปยังสถานที่จริงแล้วก็ต้องไปดูของจริง (GENBUTSU) ว่าเป็นหรือมีลักษณะอย่างไร และสุดท้ายเมื่อจะต้องวิเคราะห์หาสาเหตุระบุแนวทางการดำเนินการแก้ไขก็ต้องวิเคราะห์บนพื้นฐานของความจริง (GENJITSU) ซึ่งเครื่องมือนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในทุกปัญหา ทุกโอกาส ทุกเวลา และทุกสถานที่

## การบำรุงรักษา

ศิริพร วันพูน (2555) ได้กล่าวว่าการบำรุงรักษา (Maintenance) หมายถึง การพยายามที่จะดำเนินการต่าง ๆ เพื่อที่จะรักษาสภาพของเครื่องจักรให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ โดยครอบคลุมถึงการซ่อมบำรุง (Repair) ด้วย

### 1. ความสำคัญของการบำรุงรักษา

เนื่องจากหลักการบริหารงานผลิต คือ พยายามควบคุมให้ได้ผลผลิตทั้งปริมาณและคุณภาพภายใต้เวลาที่กำหนดด้วยต้นทุนที่ต่ำสุด สามารถส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้ทันตามกำหนดเวลา รวมถึงผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีขวัญกำลังใจ ดังนั้นความสำคัญของการบำรุงรักษา จึงอาจสรุปได้ดังนี้ คือ

1.1 เพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Effectiveness) ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ และใช้งานได้เต็มกำลังความสามารถ

1.2 เพื่อให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพการทำงานสูง (Performance) ซึ่งการบำรุงรักษาจะเป็นการช่วยยืดอายุการใช้งาน โดยอาศัยการปรับแต่งหรือซ่อมบำรุง

1.3 เพื่อให้เครื่องจักรมีความเที่ยงตรงน่าเชื่อถือ (Reliability) ในการผลิตสินค้า ซึ่งการบำรุงรักษาจะมีผลโดยตรงต่อการทำงานของเครื่องจักร ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความละเอียด ความเที่ยงตรง และมาตรฐานของสินค้า ซึ่งจะส่งผลต่อการยอมรับหรือความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อสินค้าในท้ายที่สุดด้วย

1.4 เพื่อให้มีความปลอดภัย (Safety) จัดว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญ เพราะถ้ามีการใช้งานเครื่องจักรที่ชำรุดหรือไม่พร้อมใช้งาน ก็สามารถก่อให้เกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บต่อผู้ใช้งานเครื่องจักรได้

## 2. ประเภทของการบำรุงรักษา

2.1 การบำรุงรักษาตามแผน (Planned maintenance) จะเป็นการซ่อมบำรุงตามกำหนดการ แผนงาน หรือระบบที่เตรียมการไว้ล่วงหน้า ซึ่งได้มีการกำหนดวันเวลา สถานที่และจำนวนผู้ปฏิบัติงานที่จะเข้าไปดำเนินการไว้แล้วอย่างชัดเจน โดยแนวทางการบำรุงรักษานั้น อาจเลือกใช้ชนิดใดชนิดหนึ่งได้ เช่น การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง ส่วนระยะเวลาที่จะเข้าไปดำเนินการอาจจะกำหนดหรือวางแผนเข้าซ่อมบำรุงขณะที่เครื่องจักรทำงานอยู่ หรือขณะเครื่องจักรชำรุด หรือขณะที่โรงงานหยุดทำการซ่อมบำรุง อาจกล่าวได้ว่า การซ่อมบำรุงประเภทนี้จะมีปัญหาน้อย เพราะมีเวลาเตรียมการไว้แล้วล่วงหน้าทุกขั้นตอน

2.2 การบำรุงรักษานอกแผน (Unplanned maintenance) เป็นการบำรุงรักษาออกระบบงานที่วางไว้ อันมีเหตุมาจากเครื่องจักรเกิดการขัดข้อง ชำรุดเสียหายอย่างกะทันหัน จึงต้องรีบทำการซ่อมแซมให้เสร็จเรียบร้อยทันการใช้งานครั้งต่อไป ซึ่งการซ่อมบำรุงประเภทนี้จะเกิดปัญหามากกว่า เพราะไม่ทราบล่วงหน้า จึงทำให้ยุ่งยากในการที่จะจัดเตรียมผู้ดำเนินการ อุปกรณ์ หรืออะไหล่ได้อย่างทันท่วงที

## 3. ชนิดของการบำรุงรักษา

3.1 การบำรุงรักษาหลังเกิดเหตุขัดข้อง (Breakdown maintenance) เป็นการบำรุงรักษาเมื่อเครื่องจักรเกิดการชำรุดและหยุดการทำงาน โดยฉุกเฉิน กล่าวได้ว่าเป็นวิธีดั้งเดิมในการบำรุงรักษา แต่ก็หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะใช้วิธีนี้ เพราะสามารถเกิดเหตุขัดข้องกับเครื่องจักรได้ตลอดเวลา แม้ว่าจะมีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ดีเยี่ยมสักเพียงใดก็ตาม

3.2 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance: PM) เป็นการบำรุงรักษาเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพการเกิดเหตุขัดข้อง หรือการหยุดทำงานของเครื่องจักร โดยฉุกเฉิน โดยอาศัยการตรวจสภาพเครื่องจักร การทำความสะอาด ชิ้นเนื้อตกรูให้แน่น และหล่อลื่นอย่างถูกวิธี มีการปรับแต่งเครื่องจักร รวมถึงการบำรุงและเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้

3.3 การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขปรับปรุง (Corrective maintenance) เป็นการดัดแปลงปรับปรุงแก้ไขเครื่องจักรหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักร เพื่อขจัดเหตุขัดข้องเรื้อรังของเครื่องจักรให้หมดไปโดยสิ้นเชิง และปรับปรุงสภาพของเครื่องจักรให้สามารถผลิตได้ด้วยคุณภาพและปริมาณที่สูงขึ้น โดยเป็นการพัฒนาความน่าเชื่อถือและง่ายต่อการบำรุงรักษา

3.4 การป้องกันเพื่อบำรุงรักษา (Maintenance prevention) เป็นการดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งเครื่องจักรที่ไม่ต้องมีการบำรุงรักษา หรือบำรุงรักษาให้น้อยที่สุด โดยอาศัยการออกแบบเครื่องจักรให้มีความแข็งแรง ทนทาน บำรุงรักษาได้ง่าย มีการใช้เทคนิคและวัสดุที่จะทำให้เครื่องจักรมีความน่าเชื่อถือ (Reliability) สูง รวมถึงเลือกซื้อเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพ ทนทาน ซ่อมง่ายและสมราคา

3.5 การบำรุงรักษาที่ผลิต (Productive maintenance) เป็นการบำรุงรักษาที่นำเอาการบำรุงรักษาที่กล่าวมาข้างต้นมาประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อส่งเสริมการผลิตให้เกิดผลสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้

3.6 การบำรุงรักษาที่ผลิตแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance: TPM) เป็นการบำรุงรักษาที่เน้นการมีส่วนร่วมของทุกคน ทั้งพนักงานปฏิบัติการในสายการผลิต (Operators) และพนักงานฝ่ายซ่อมบำรุง (Maintenance group) ซึ่งจะรับผิดชอบในการบำรุงรักษาอุปกรณ์และเครื่องจักรต่าง ๆ ร่วมกัน

#### 4. การบำรุงรักษาที่ผลิตแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance: TPM)

เกวลี วรรณันท์ (2564) ได้กล่าวว่า การบำรุงรักษาที่ผลิตที่ทุกคนมีส่วนร่วม หรือ TPM เป็นกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยริเริ่มชาวญี่ปุ่นชื่อ Seiichi Nakajima โดย TPM เป็นการรักษาเครื่องจักร โดยเริ่มพัฒนามาจากการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน หรือการทำ Preventive maintenance (PM) เป็นการบำรุงรักษาไม่ให้เครื่องจักรเสียเพื่อให้เครื่องจักรสามารถเดินเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และมีอายุการใช้งานนานขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการปรับปรุงพื้นฐานความคิดของคนให้เกิดความกระตือรือร้น และสร้างทักษะความสามารถในการทำงานของพนักงาน เนื่องจาก TPM เป็นกระบวนการที่ให้พนักงานทุกคนมีส่วนร่วมในการบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องจักรของตนเองเพื่อบรรลุเป้าหมายโดยรวมขององค์กร

เสาหลัก 8 ประการของทฤษฎีการบำรุงรักษาแบบที่ผลิตที่ทุกคนมีส่วนร่วมเป็นหลักการพื้นฐานของการหลักการ TPM มาใช้ในกระบวนการผลิตซึ่งประกอบไปด้วย 8 เสาได้แก่

4.1 การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous maintenance) หรือ JISHU HOZEN เป็นการบำรุงรักษาเครื่องจักรเบื้องต้น ซึ่งผู้ควบคุมเครื่องจักรจะทำการตรวจสอบอุปกรณ์ของตนเองอย่างต่อเนื่อง

4.2 การซ่อมบำรุงรักษาตามแผน (Planned maintenance) เป็นการทำให้เครื่องจักรปราศจากปัญหาขณะเดินเครื่อง หรือไม่ทำให้เครื่องจักรเสีย (Breakdown) โดยการจัดกิจกรรมบำรุงรักษาที่มีการวางแผนและกำหนดไว้ล่วงหน้า เป้าหมายของการซ่อมบำรุงตามแผน คือ การลดเวลาหยุดทำงานของเครื่องจักร (Downtime)

4.3 การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Focus improvement) หรือ KOBETSU KAIZEN ความหมายของ KAIZEN คือการเปลี่ยนแปลงเพื่อสิ่งที่ดีกว่า

4.4 การบริหารจัดการตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ (Early equipment management) คือ การปรับปรุงการออกแบบอุปกรณ์ใหม่ โดยเรียนรู้มาจากการบำรุงรักษาอุปกรณ์การผลิตที่มีประสิทธิภาพ

4.5 การบำรุงรักษาด้านคุณภาพ (Quality maintenance) เป็นการรักษาคุณภาพของสินค้าด้วยการตรวจหาความผิดพลาดที่จะผลิตของเสียออกมา ซึ่งนำไปสู่การเกิดความสูญเสียในการผลิตสินค้า

4.6 การศึกษาและการฝึกอบรม (Education and Training) เป็นการทำให้พนักงานมีความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้งาน และบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างถูกต้อง

4.7 การจัดการด้านความปลอดภัย (Safety, Health and Environment) เป็นการจัดการสิ่งแวดล้อมในการผลิต เพื่อกำจัดปัจจัยที่เสี่ยงกับพนักงานขณะทำการผลิต คือการทำ 5ส

4.8 การบำรุงรักษาสำนักงาน (Office TPM) เป็นการนำแนวคิด TPM มาบริหารจัดการในส่วนของสำนักงาน

## 5. การวัดประสิทธิภาพการซ่อมบำรุง

5.1 MTBF เป็นการวัดสมรรถนะความเชื่อถือได้ (Reliability Performance) โดยเป็นเวลาที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามปกติ โดยเครื่องจักรที่มีสมรรถนะสูงเชื่อถือได้สูง หมายถึงมีค่า MTBF ที่ยาวนาน ซึ่ง MTBF มักถูกวัดในหน่วยเวลา เช่น ชั่วโมง วัน หรือปี ค่า MTBF ที่สูงแสดงถึงอุปกรณ์หรือระบบที่มีความเสถียรสูงและมีความน่าเชื่อถือ

โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้ :

เวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด (Mean Time Between Failures: MTBF)

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n BF_i}{n} \quad (2-1)$$

โดยที่  $MTBF$  คือ ระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด

$BF_i$  คือ ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงาน

$n$  คือ จำนวนครั้งที่เครื่องจักรชำรุด

2. MTTR เป็นการวัดค่าสมรรถนะการบำรุงรักษาได้ (Maintainability Performance) โดยเป็นค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมเครื่องจักร ซึ่งถ้าสมรรถนะการบำรุงรักษาได้มีค่าสูง หมายถึงมีค่า MTTR ที่สั้น คือ ใช้เวลาน้อยในการซ่อมแซมเครื่องจักรและสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้หลังจากเริ่มทำการบำรุงรักษาด้วยขั้นตอน และทรัพยากรที่กำหนด

โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้ :

เวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง (Mean Time To Repair: MTTR)

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

โดยที่  $MTTR$  คือ ระยะเวลาเฉลี่ยของการซ่อมแซมเครื่องจักร

$T_i$  คือ ระยะเวลาที่ซ่อมบำรุงเครื่องจักร

$n$  คือ จำนวนครั้งที่เครื่องจักรชำรุด

### ทริซ (TRIZ : Theory of Inventive Problem Solving)

TRIZ เป็นคำย่อจากภาษารัสเซีย (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch) แปลว่า ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (Theory of Inventive Problem Solving) ซึ่งถูกพัฒนาและคิดค้นโดย เคนริค อัลทชูลเลอร์ (Genrikh Altshuller) เมื่อปี ค.ศ. 1946

ทริซเป็นทฤษฎีที่พูดถึงกระบวนการแก้ไขปัญหา เครื่องมือต่างๆ และฐานความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเพื่อค้นหาคำตอบในการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น ทั้งในการปรับปรุงกระบวนการผลิตหรือในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (พัชรา วงศ์ดา ผา, 2561) โดยความขัดแย้งทางเทคนิคที่เกิดขึ้นเมื่อเราพยายามที่จะปรับปรุงคุณสมบัติหนึ่งให้ดีขึ้น แต่กลับส่งผลให้อีกคุณสมบัติหนึ่งแย่ลง (ณัฐนันธิกรณ พันธ์มจินดา, 2551) ซึ่งในการนำทริซ มาใช้ในการแก้ปัญหานั้นจะต้องพิจารณาปัจจัย และตัวแปรที่สำคัญ คือ พารามิเตอร์ทางวิศวกรรม 39 อย่าง และหลักการ 40 ข้อ ในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น เพื่อแก้ไขความขัดแย้ง (contradiction) ทางเทคนิคที่เกิดขึ้นเมื่อพยายามที่ปรับปรุงคุณสมบัติของพารามิเตอร์หนึ่งให้ดีขึ้น แต่กลับส่งผลให้คุณสมบัติของพารามิเตอร์อีกตัวคือลดลง โดยนำเสนอเป็นตารางขนาด 39 x 39 ช่อง เรียกว่า ตารางความขัดแย้งทางเทคนิค โดยตัวอย่างความขัดแย้งทางเทคนิค เช่น เมื่อต้องการเพิ่มความเร็วของเครื่องบิน จึงได้ทำการติดตั้งเครื่องยนต์ใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แต่เครื่องยนต์

ใหม่นี้ทำให้น้ำหนักรวมของเครื่องบินเพิ่มขึ้น และตัวปีกเองก็ไม่สามารถรองรับน้ำหนักที่เพิ่มเข้ามาในเพื่อทำการขึ้นบินได้ (S.D. Savransky, 2000)

Ismail Ekmekcia and Mustafa Koksala (2015) ได้กล่าวว่าเป้าหมายหลักของวิธีทริซ คือ การค้นหาวิธีแก้ปัญหาในอุดมคติหรือความสมบูรณ์แบบ โดยวิธีการของทริซ ขึ้นอยู่กับกระบวนการพื้นฐาน 4 ประการคือ ความขัดแย้ง ความสมบูรณ์แบบ ฟังก์ชันการทำงาน และการใช้ทรัพยากร

### 1. วิธีแก้ปัญหาโดยใช้ TRIZ

นักผู้ริเริ่ม พันธุมจินดา (2551) ได้กล่าวว่าการแก้ไขปัญหาด้านเทคนิคของ TRIZ มีขั้นตอนในการแก้ปัญหาดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์ระบบทางเทคนิค เป็นการวิเคราะห์เพื่อกำหนดลักษณะสมบัติของระบบที่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงโดย

1. หางค์ประกอบของระบบ
2. ระบุสาเหตุให้ชัดเจน
3. กำหนดลักษณะสมบัติที่ต้องการปรับปรุง

ขั้นตอนที่ 2 ระบุข้อขัดแย้งทางเทคนิค ระบุลักษณะสมบัติของวัตถุบางอย่างที่จะเปลี่ยนแปลงในขณะทำการปรับปรุงสมบัติอีกอย่างให้ดียิ่งขึ้นจากพารามิเตอร์ทางวิศวกรรม 39 อย่าง

ขั้นตอนที่ 3 แก้ไขข้อขัดแย้งทางเทคนิค วิธีแก้ปัญหาคือ อาศัยหลักการ 40 ข้อ ในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (Inventive Principle) ที่ได้จากตารางเมทริกซ์ความขัดแย้งของคุณสมบัติ 39 อย่าง

### 2. ระดับขั้นของการแก้ปัญหาแบบทริซ (TRIZ)

ขั้นที่ 1 งานออกแบบทั่วไป (Routine Design) แก้ปัญหาเฉพาะหน้าโดยใช้วิธีการที่คุ้นเคย หรือจากประสบการณ์ ความชำนาญเฉพาะทางในสาขานั้น ๆ ซึ่งในระดับนี้ยังไม่เรียกว่าเป็นการสร้างประดิษฐ์กรรมใหม่

ขั้นที่ 2 ปรับปรุงส่วนปลีกย่อยของระบบเดิม (Minor improvements to an existing system) โดยใช้วิธีที่ใช้ทั่วไป ในอุตสาหกรรมชนิดนั้น ๆ และการ optimization ปัจจัยด้านต่าง ๆ

ขั้นที่ 3 ปรับปรุงโครงสร้างหลัก (Fundamental improvement to an existing system) เป็นการแก้ปัญหาคือจะต้องอาศัยความรู้จากภาคอุตสาหกรรมอื่น ๆ มาช่วยด้วย

ขั้นที่ 4 สร้างผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ (New generation product หรือ new concept) โดยที่ยังคงความสามารถในการทำฟังก์ชันหลักต่าง ๆ ได้เหมือนกับ generation เดิม หรือเป็นการสร้างเทคโนโลยีใหม่ เพื่อมาแทนที่เทคโนโลยีเดิม

ขั้นที่ 5 คิดค้นนวัตกรรมใหม่ (Scientific discovery new phenomena หรือ pioneer invention) สำหรับความต้องการของระบบใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน

หลักการของ TRIZ จะเน้นไปในการแก้ปัญหาในลำดับขั้นที่ 2, 3 และ 4 เป็นหลัก ซึ่ง Altshuller กล่าวว่า 90% ของปัญหาในทางเทคนิคทั้งหลายที่พบ ที่จริงแล้วก็คือปัญหาเดิม ๆ ที่เคยมีผู้แก้ไขสำเร็จแล้ว ณ ที่ใดที่หนึ่งมาก่อนแล้ว ถ้าหากเราสามารถที่จะดำเนินตามลำดับขั้นของการแก้ปัญหา จากการใช้ประสบการณ์ ความถนัดเฉพาะทางของตน ไปจนถึงความรู้จากแหล่งภายนอก ก็จะพบว่า การแก้ปัญหาส่วนใหญ่สามารถนำมาปรับใช้จากความรู้ที่มีอยู่ภายในองค์กร ภายในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกัน และแม้แต่จากกลุ่มอุตสาหกรรมชนิดอื่นได้เช่นกัน โดยสามารถจำแนกแนวทางการแก้ปัญหาทั้งหมดออกได้เป็น 40 หลักการพื้นฐาน (Fundamental inventive principles) กับ 39 ตัวแปร (Parameter) ที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้นักประดิษฐ์สามารถประหยัดเวลาในการหาแนวทางการแก้ปัญหาที่เคยมีผู้คิดค้นสำเร็จมาก่อนแล้ว (ณัฐวีร์ พงศ์อาจารย์, 2558)

### 3. พารามิเตอร์ทางวิศวกรรม 39 อย่าง

- 3.1 น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (Weight of moving object)
- 3.2 น้ำหนักของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ (Weight of nonmoving object)
- 3.3 ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (Length of moving object)
- 3.4 ความยาวของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ (Length of nonmoving object)
- 3.5 พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (Area of moving object)
- 3.6 พื้นที่ของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ (Area of nonmoving object)
- 3.7 ปริมาตรของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (Volume of moving object)
- 3.8 ปริมาตรของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ (Volume of nonmoving object)
- 3.9 ความเร็ว (Speed)
- 3.10 แรง (Force)
- 3.11 แรงดึง แรงดัน (Tension, pressure)
- 3.12 รูปร่าง (Shape)
- 3.13 เสถียรภาพของวัตถุ (Stability of object)
- 3.14 ความแข็งแรง (Strength)
- 3.15 ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (Durability of moving object)
- 3.16 ความทนทานของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ (Durability of nonmoving object)
- 3.17 อุณหภูมิ (Temperature)

- 3.18 ความสว่าง (Brightness)
- 3.19 พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (Energy spent by moving object)
- 3.20 พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ (Energy spent by nonmoving object)
- 3.21 กำลัง (Power)
- 3.22 การสูญเสียไปของพลังงาน (Waste of energy)
- 3.23 การสูญเสียไปของสสาร (Waste of substance)
- 3.24 การสูญเสียไปของข้อมูล (Loss of information)
- 3.25 การสูญเสียไปของเวลา (Waste of time)
- 3.26 จำนวนของสสาร (Amount of substance)
- 3.27 ความน่าเชื่อถือ (Reliability)
- 3.28 ความแม่นยำของการวัด (Accuracy of measurement)
- 3.29 ความแม่นยำของการผลิต (Accuracy of manufacturing)
- 3.30 ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุ (Harmful factors acting on object)
- 3.31 ปัจจัยอันตรายที่ตามมา (Harmful side effects)
- 3.32 ความสามารถในการผลิต (Manufacturability)
- 3.33 ความสะดวกในการใช้ (Convenience of use)
- 3.34 ความสะดวกในการซ่อมแซม (Repairability)
- 3.35 ความสามารถในการปรับตัวได้ (Adaptability)
- 3.36 ความซับซ้อนของอุปกรณ์ (Complexity of device)
- 3.37 ความซับซ้อนของการควบคุม (Complexity of control)
- 3.38 ระดับของความอัตโนมัติ (Level of automation)
- 3.39 ผลผลิตภาพ (Productivity)

#### 4. หลักการพื้นฐาน 40 ข้อ ในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น

- 4.1 การแบ่งออกเป็นส่วนๆ ทำเป็นส่วนย่อย (Segmentation) เช่น ประแจบล็อก เล่นสกี กล้องถ่ายรูป
- 4.2 การสกัดออก การแยกออก (Extraction) เช่น เครื่องปรับอากาศแยก คอมเพรสเซอร์ไปนอกอาคาร คอยล์เย็นอยู่ข้างในอาคาร
- 4.3 คุณสมบัติประจำตัว (Local quality) เช่น การเคลือบผิวเพื่อป้องกันการสึกกร่อน หรือไม่ทำให้ติดผิว

4.4 ความไม่สมมาตร (Asymmetry) เช่น ปรับเปลี่ยนพื้นผิวปีกเครื่องบินเพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติการยกตัว

4.5 การรวมเข้าด้วยกัน (Combination) เช่น รถเกี่ยวและนวดข้าว

4.6 การใช้งานหลากหลายวัตถุประสงค์ (Universality) เช่น สวิตช์ไฟห้องน้ำพร้อมเปิดพัดลมระบายอากาศ

4.7 การซ้อนกันเป็นชั้น ๆ (Nesting) เช่น ตลับเทปวีดีโอยุคแรก

4.8 การคานน้ำหนักกัน (Counterweight) เช่น เรือคายัคมีโพน้อค้ำข้างใน

4.9 การกระทำต่อต้านล่วงหน้า (Prior counteraction) เช่น ทาครีมกันแดด, การฉีดวัคซีน

4.10 การกระทำล่วงหน้า (Prior action) เช่น การฆ่าเชื้อในเครื่องมือแพทย์

4.11 การป้องกันล่วงหน้า (Cushion in advance) เช่น เลือชูชีพในเรือ

4.12 ใช้พลังงานศักย์เท่ากัน (Equipotentiality) เช่น หลุมเปลี่ยนน้ำมันเครื่อง

4.13 ทำกลับทิศทาง (กลับหัวกลับหาง) Inversion) เช่น ทดสอบรั้วด้วยการอัดความดันจุ่มลงในน้ำ

4.14 ความเป็นทรงกลม (Spheroidality) เช่น การปรับความนูนของเลนส์เปลี่ยน

คุณสมบัติรับแสง

4.15 ความเป็นพลวัต (Dynamicity) เช่น แก้อื้อพับเก็บได้

4.16 การทำกิจริยาเป็นบางส่วนหรือมากเกินไป (Partial or excessive action) เช่น การฟันสิริลโดยใช้ลม

4.17 เปลี่ยนไปสู่มิติใหม่ (Moving to a new dimension) เช่น การวางซ้อน

ตู้คอนเทนเนอร์

4.18 การสั่นสะเทือนเชิงกล (Mechanical vibration) เช่น การเขย่ากระป๋องสีก่อนใช้งาน

งาน

4.19 การกระทำเป็นจังหวะ (Periodic action) เช่น การใช้เสียงไซเรนของรถฉุกเฉิน

4.20 ความต่อเนื่องของการกระทำที่เป็นประโยชน์ (Continuity of useful action) เช่น การประกอบรถยนต์ในสายพานเคลื่อนที่

4.21 การกระทำอย่างว่องไว (Rushing through) เช่น การเจียรนัย, การตัดเล็อนโลหะ

4.22 เปลี่ยนอันตรายให้เป็นประโยชน์ (Convert harm into benefit) เช่น การผลิตไฟฟ้าจากคลื่น, ลม

4.23 การป้อนกลับ (Feedback) เช่น การตั้งค่าให้ปั๊มน้ำทำงานเมื่อระดับน้ำต่ำเกินกว่าระดับที่กำหนดไว้

4.24 ใช้ตัวกลาง (Mediator) เช่น น้ำมันเกียร์, น้ำหมอน้ำ และน้ำยาเครื่องปรับอากาศ

4.25 การช่วยตัวเอง (Self-service) เช่น ยางรถยนต์ที่มีคุณสมบัติสามารถซ่อมแซมตัวเองได้

4.26 การลอกแบบ (Copying) เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร

4.27 ใช้แล้วทิ้ง (Inexpensive short life) เช่น จานกระดาษ, ซ้อนพลาสติก

4.28 เปลี่ยนทดแทนระบบเชิงกล (Replacement of a mechanical system) เช่น กาวประสานรอยแผล

4.29 ใช้ระบบควบคุมด้วยลมอัดหรือน้ำมันอัด (Use pneumatic or hydraulic systems) เช่น การใช้ถุงลมกันกระแทกเพื่อป้องกันพัสดุเสียหายในระหว่างการขนส่ง

4.30 แผ่นฟิล์มยืดหยุ่นหรือแผ่นเยื่อบาง (Flexible film or thin membranes) เช่น ฟิล์มห่ออาหาร

4.31 ใช้วัสดุที่เป็นรูพรุน (Use of porous materials) เช่น ไส้กรอง

4.32 การเปลี่ยนสี (Changing the color) เช่น การวัดอุณหภูมิแบบแถบสี

4.33 ความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) เช่น Bolt และ Nut ต้องเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน

4.34 คัดชิ้นส่วนออกและฟื้นฟูสภาพชิ้นส่วน (Rejecting and regenerating parts) เช่น จรวดขนส่งที่ถูกปล่อยทิ้งหลังจากส่งยานอวกาศขึ้นสู่อวกาศ

4.35 การแปลงคุณสมบัติ (Transforming physical or chemical states) เช่น หม้อหุงข้าวแบบปรับแรงดัน

4.36 การเปลี่ยนสถานะ (Phase transition) เช่น แผ่นความร้อนสำหรับแก้ปวด

4.37 การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Thermal expansion) เช่น การขยายตัวของแอลกอฮอล์ในหลอดเทอร์โมมิเตอร์

4.38 เติมนอกซิเจนอย่างรวดเร็ว (Accelerated Oxidation) เช่น การเติม oxygen ให้กับหัวเผาเพื่อปรับปรุงการเผาไหม้

4.39 สภาพแวดล้อมที่เฉื่อย (Inert environment) เช่น บรรจุผักผลไม้ในช่องสุญญากาศ

4.40 วัสดุผสม (Composite materials) เช่น เสื่อเกราะกันกระสุนที่ทำจากพอลิเมอร์คอมโพสิตที่สามารถลดพลังงานปะทะจากกระสุนและช่วยดูดซับพลังงาน แต่มีน้ำหนักเบา

## 5. ประโยชน์ของ TRIZ

ประโยชน์ของการนำเทคนิค TRIZ มาใช้ในการแก้ปัญหาที่มีดังนี้  
(ณัฐนันรินทร์ พันธุมจินดา, 2551)

- 5.1 ลดปัญหาความขัดแย้งระหว่างต้นทุนและคุณภาพที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรม
- 5.2 เพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนในกระบวนการผลิต
- 5.3 สร้างผลกำไรโดยการแก้ไขปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ
- 5.4 ก่อให้เกิดนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์
- 5.5 ช่วยแก้ปัญหาทางด้านการผลิต
- 5.6 ช่วยแก้ปัญหาด้านการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

### ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปิยวรรณ ปราณี (2561) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการออกแบบระบบเก็บข้อมูลและประมวลผล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบเก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูลลูกค้า ซึ่งวิธีการทำงานในปัจจุบันพบปัญหาข้อมูลล่าช้าไม่ครบถ้วน และมีขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อน จึงได้นำแนวความคิดเรื่อง 8 Waste 3 GEN แผนผังก้างปลา FMEA และ Why-Why Analysis มาใช้ในการหาสาเหตุของปัญหา จากนั้นจึงได้ปรับปรุงแก้ไข และทำการออกแบบระบบใหม่ ซึ่งผลการออกแบบระบบเทียบกับวิธีการเดิมพบว่าได้รับข้อมูลเร็วขึ้นจากเดิมใช้เวลาเฉลี่ย 108 วันเหลือ 0 วัน และได้ข้อมูลครบถ้วนมากขึ้น โดยสามารถลดขั้นตอนการทำงานซ้ำซ้อนได้ และสามารถลดต้นทุนการดำเนินงานได้

จุไรรัตน์ ลาธูลี (2559) ได้ทำการศึกษาวิจัยปริมาณของเสียในกระบวนการประกอบชิ้นงานสวิทช์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการประกอบชิ้นงานสวิทช์ชุดควบคุมกระจกไฟฟ้ามองข้างรถยนต์ โดยใช้หลักการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนภูมิ ก้างปลา และ Why-Why analysis หลังจากทราบสาเหตุของปัญหาของเสีย จึงได้ออกแบบและปรับปรุงเครื่องจักรที่ใช้ในการประกอบ โดยใช้ระบบนิวเมติกช่วยในการควบคุมแรงกดและมีเกจวัดค่าแรงกดที่เหมาะสม และได้ปรับให้เครื่องจักรมีขนาด 4 ขา เพื่อช่วยให้เกิดความสมดุลของชิ้นงานมากยิ่งขึ้น และมีระบบสัญญาณเตือนเมื่อพนักงานทำงานผิดพลาด ผลการปรับปรุงทำให้ของเสีย ลดลงเป็นศูนย์ภายหลังการปรับปรุง

Ekmekeci and Koksala (2015) ได้เขียนบทความที่อธิบายแนวทางการใช้ TRIZ ในการแก้ไขปัญหาคความขัดแย้งที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินธุรกิจในปัจจุบันที่มีการแข่งขันสูงและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยได้แนะนำความคิดสร้างสรรค์เพื่อจัดการความขัดแย้ง, ระดับชั้นของ

การแก้ปัญหาโดยใช้ TRIZ, หลักการพื้นฐานของ TRIZ และตัวอย่างในการใช้ TRIZ ในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น

ณัฐ์นิรินธรณ์ พันธุมจินดา (2551) ได้ทำการศึกษาวิจัยการพัฒนาโปรแกรมสำหรับทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถช่วยในกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยในการพัฒนาโปรแกรมได้นำเทคนิค QFD มาใช้ในช่วงการระบุความต้องการของลูกค้าและระบุเป้าหมายที่เฉพาะเจาะจง จากนั้นนำเทคนิค TRIZ มาใช้ในช่วงการสร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์ และนำเทคนิค VE มาใช้ในช่วงการเลือกแนวคิดของผลิตภัณฑ์ เมื่อได้พัฒนาโปรแกรมเบื้องต้นแล้ว ได้นำโปรแกรมมาทดสอบโดยพบว่าโปรแกรมสำหรับทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้นช่วยให้ขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ครอบคลุมเป็นระบบ เพิ่มความสะดวก เพิ่มประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดมากกว่าการไม่ใช้โปรแกรมถึง 41.25 % จากนั้นเมื่อนำโปรแกรมไปทดลองใช้งานร่วมกับการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จริง พบว่าเป็นประโยชน์โดยตรงคือสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ โดยความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรมนี้ไปใช้โดยรวมคือ 85.33 %

ธีระพงษ์ สำราญ (2558) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการลดของเสียของเหล็กหล่อเหนียว ประเภทขนาดผิวดรูปและทรายตกในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียของผลิตภัณฑ์เหล็กหล่อเหนียว โดยใช้เครื่องมือการแก้ปัญหาในเชิงประดิษฐ์คิดค้น และการใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบไซนิน โดยผลการแก้ไขปัญหาคือปัญหาขนาดผิวดรูปมีปริมาณข้อบกพร่องหลังการปรับปรุงลดลง 7.53% และปัญหาทรายตกพบว่ามีปริมาณข้อบกพร่องหลังการปรับปรุงลดลง 4.35%

สุตันตรา แซ่จิว (2554) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการลดของเสียประเภทรอยขีดข่วนในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม ซึ่งพบปัญหาจากการปรับเกณฑ์ในการยอมรับสินค้าของลูกค้าที่มีความเข้มงวดมากขึ้น จึงส่งผลให้มีปริมาณของเสียและข้อร้องเรียนจากลูกค้าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งได้ดำเนินการวิจัย 5 ระยะ โดยในระยะที่ 1 ได้ใช้กราฟและแผนภูมิพาเรโตเพื่อใช้ในการเลือกปัญหาที่จะปรับปรุง ระยะที่ 2 ได้ทำการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุโดยใช้แผนผังก้างปลา ร่วมกับการพิจารณา FMEA ของโรงงานตัวอย่าง ในระยะที่ 3 ได้ทำการหาวิธีแก้ปัญหาโดยได้นำเทคนิค TRIZ มาใช้ในการแก้ปัญหา ในระยะที่ 4 ได้วางแผนเพื่อนำการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ โดยใช้การระดมสมอง และทำการประเมินผลในระยะที่ 5 โดยใช้กราฟและแผนภูมิพาเรโต ผลที่ได้จากการแก้ปัญหาพบว่าสามารถลดปัญหาหรือขีดข่วนรวมทุกประเภทลดลงได้ 88%

สิทธิโชค พัชรเดช และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาวิจัยการออกแบบชุดวางเอกสาร สำหรับใช้งานร่วมกับ Notebook โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบชุดอุปกรณ์ช่วยสำหรับ

วางแผนสื่อ ตำรา หรือเอกสาร ที่สามารถปรับเปลี่ยนระดับมุมมองของสายตา โดยประยุกต์ใช้เทคนิค TRIZ ในการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งเชิงเทคนิคที่เกิดขึ้นในระหว่างการออกแบบ จากนั้นได้ทำชิ้นงานต้นแบบ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งสรุปได้ว่าอุปกรณ์นี้มีส่วนช่วยลดความเมื่อยล้าและอาการบาดเจ็บของคอ ได้เป็นอย่างดี การเคลื่อนไหวของร่างกายลดลง 23% และ 27% จากการพิมพ์ต้นฉบับจากหนังสือและแผ่นเอกสาร ตามลำดับ ส่งผลให้ความสามารถในการพิมพ์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทำให้จำนวนคำที่พิมพ์ต่อนาทีมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น 10%

พัชรา วงศ์ตาผา (2561) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยการคิดเชิงออกแบบร่วมกับหลักการสอนแบบทริซ เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมของนิสิตนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ระดับปริญญาบัณฑิต โดยทำการศึกษาผลการเรียนรู้โดยใช้ค่าสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (X) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ทดสอบสมมติฐานด้วย t-test dependent โดยผลการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยการคิดเชิงออกแบบร่วมกับหลักการสอนแบบทริซเพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์ระดับปริญญาบัณฑิต พบว่าผู้เรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธนรัตน์ รัตนกุล (2560) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการบริหารรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมเหล็กอุตสาหกรรม โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้การบริหารรักษาทวีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) และเพิ่มค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) โดยเลือกเครื่อง ไลน์เมชเป็นเครื่องจักรตัวอย่าง ผลจากการดำเนินการปรับปรุงเฉพาะเรื่อง สามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่อง ไลน์เมช ที่หัวอาร์คต่างร้อยละ 61.58 และหัวอาร์คบนร้อยละ 46.67 การบำรุงรักษาด้วยตนเอง สามารถลดเวลาในการทำความสะดวกเครื่องจักรลงร้อยละ 17 การตรวจสอบสภาพเครื่องจักรร้อยละ 10.5 และการหล่อลื่นเครื่องจักรร้อยละ 9.8 การบำรุงรักษาตามแผน สามารถลดความถี่ในการเกิดใบเลื่อยแตกร้าวลงร้อยละ 61.32 การฝึกอบรมและพัฒนาทักษะ ทำการประเมินความจำเป็นในการพัฒนาทักษะของพนักงานฝ่ายผลิตและซ่อมบำรุง จากการดำเนินงานในเสาหลักต่าง ๆ ส่งผลให้ค่า OEE จากเดิมร้อยละ 34.98 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 49.09

เกวลี วรรณันท์ (2560) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการเพิ่มอัตราคุณภาพสินค้าดีของกระบวนการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ชนิดสั้น เพื่อปรับปรุงอัตราคุณภาพของเส้นใยสังเคราะห์ และลดปริมาณสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และแสดงปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยกราฟพาริโต แล้วใช้แผนผังเหตุ และผล เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราคุณภาพ จากนั้นทำการ

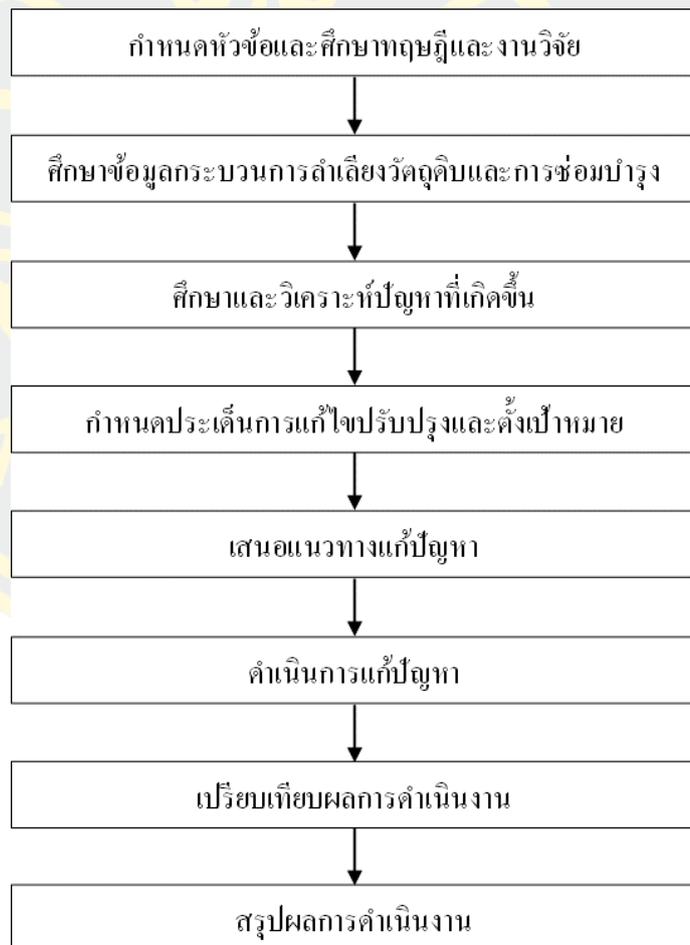
วิเคราะห์ผลกระทบปัญหาด้านคุณภาพเพื่อทำการประเมินความรุนแรงของการเกิด โดยจะทำการเลือกปัญหาที่มีค่าดัชนีความเสี่ยงมากที่สุดเพื่อแก้ไข หลังจากทำการปรับปรุงปัญหาที่ส่งผลต่ออัตราคุณภาพ พบว่าอัตราคุณภาพสินค้าดีมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 92.97 เป็นร้อยละ 95.79 และอัตราคุณภาพสินค้าไม่ได้คุณภาพ และของเสียมีปริมาณลดลงจากเดิมร้อยละ 7.03 เป็นร้อยละ 4.21

Chantrasa et al. (2016) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการประยุกต์ TRIZ ร่วมกับวิศวกรรมคุณค่าเพื่อปรับปรุงการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างเป็นระบบโดยประยุกต์ใช้ TRIZ ร่วมกับวิศวกรรมคุณค่าในโรงงานกรณีศึกษาอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องปรับอากาศ โดยในงานวิจัยได้ทำการปรับปรุงกล่องวงจรไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศเพื่อเพิ่มมูลค่าและลดต้นทุนการผลิต จากแนวทางการใช้ความคิดสร้างสรรค์ร่วมกับประยุกต์ใช้ TRIZ อย่างเป็นระบบสามารถออกแบบกล่องวงจรไฟฟ้าที่ลดปริมาณการใช้วัตถุดิบลงร้อยละ 30 และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ได้

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินงานวิจัย

หลังจากที่ศึกษารวบรวมข้อมูลทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย โดยมีเป้าหมายเพื่อลดความถี่ในการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ของสายการลำเลียงวัตถุดิบ โดยในบทนี้จะทำการศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานตัวอย่างในส่วนของสายการลำเลียงวัตถุดิบทั้งหมด และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุและจัดลำดับการปรับปรุงแก้ไขปัญหาสำหรับอุปกรณ์ในสายการลำเลียงการวัตถุดิบที่มีความถี่ในการซ่อมบำรุงสูงสุด โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 4 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

## กำหนดหัวข้อและศึกษาทฤษฎีและงานวิจัย

ในขั้นตอนการศึกษาทฤษฎี ผู้วิจัยจะทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สภาพปัญหาและหาสาเหตุ เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาคอมพิวเตอร์ของสายการลำเลียงวัตถุดิบมีความดีในการซ่อมบำรุงสูง ได้แก่ แผนภูมิพาเรโต, Why-Why Analysis และ 3 GEN เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ และนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขปัญหา

## ศึกษาข้อมูลกระบวนการลำเลียงวัตถุดิบและการซ่อมบำรุง

### 1. ศึกษาข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาเป็นบริษัทในกลุ่มธุรกิจอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง (Building) ซึ่งดำเนินกิจการมากกว่า 30 ปี โดยจะผลิตสินค้ารูปแบบ Make-to-Stock โดยเป็นการผลิตสินค้าขึ้นมาเก็บไว้ก่อน ด้วยการใช้วิธีพยากรณ์ (forecast) จากความต้องการของผู้บริโภคร่วมกับการสำรวจความต้องการของตลาดเพื่อนำข้อมูลไปอ้างอิงในการผลิตสินค้า หลังจากนั้นจึงหาวิธีการกระจายสินค้า เช่น ทำการตลาด และ โปรโมชันต่าง ๆ

### 2. กระบวนการผลิต

ผลิตภัณฑ์หลักของโรงงาน คือ วัสดุสำหรับการก่อสร้าง ซึ่งมีกระบวนการผลิตดังนี้

กระบวนการที่ 1 เตรียมวัตถุดิบ

กระบวนการที่ 2 ผสมวัตถุดิบ

กระบวนการที่ 3 แปรรูป

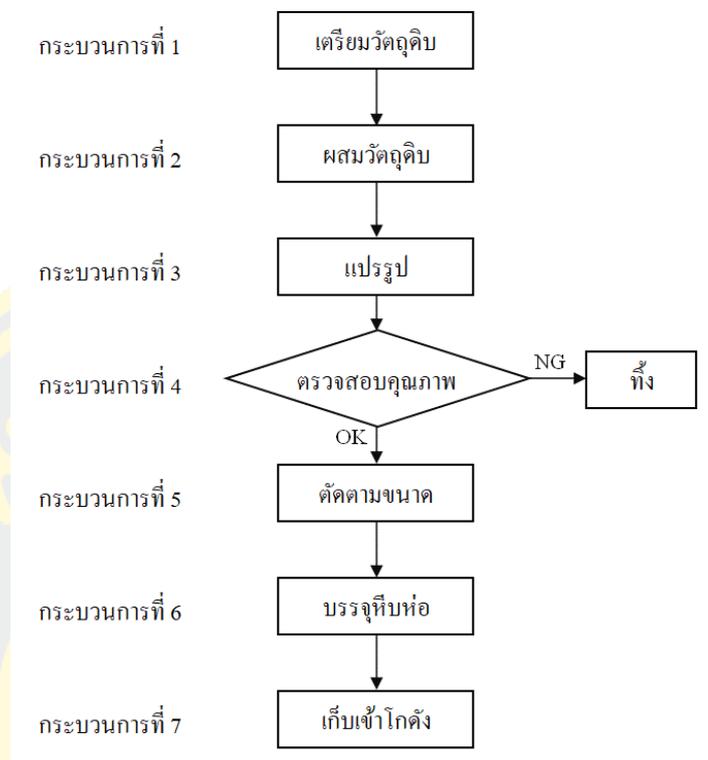
กระบวนการที่ 4 ตรวจสอบคุณภาพ

กระบวนการที่ 5 ตัดตามขนาด

กระบวนการที่ 6 บรรจุหีบห่อ

กระบวนการที่ 7 เก็บเข้าโกดัง

โดยมีรายละเอียดแสดงแผนผังการไหลกระบวนการผลิต ดังภาพที่ 5 ซึ่งกระบวนการที่นำมาศึกษาปัญหาอยู่ในกระบวนการที่ 1 เตรียมวัตถุดิบ



ภาพที่ 5 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิต

### 3. กระบวนการเตรียมวัสดุ

กระบวนการเตรียมวัสดุประกอบไปด้วยการขนส่งวัสดุจากคันทาง การลงวัสดุ และการลำเลียงวัสดุไปเก็บในไซโล ซึ่งพบปัญหาความถี่ในการซ่อมอุปกรณ์ในสายการลำเลียงวัสดุที่ 2 สูงกว่าสายการลำเลียงวัสดุอื่น ๆ และมีปริมาณการใช้วัสดุต่อวันผ่านสายการลำเลียงนี้ค่อนข้างสูง ในงานวิจัยได้ทำการศึกษายานการลำเลียงนี้ ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องได้รับการแก้ไข โดยในสายการลำเลียงวัสดุที่ 2 มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พนักงานขนส่งวัสดุเปิดเครื่องสั่นและเครื่องจักรในการลำเลียงวัสดุ

ขั้นตอนที่ 2 พนักงานขนส่งขับรถบรรทุกวัสดุถอยหลังเข้าที่บริเวณหลุมรับวัสดุ

ขั้นตอนที่ 3 พนักงานขนส่งยกคัมพ์เพื่อลงวัสดุ

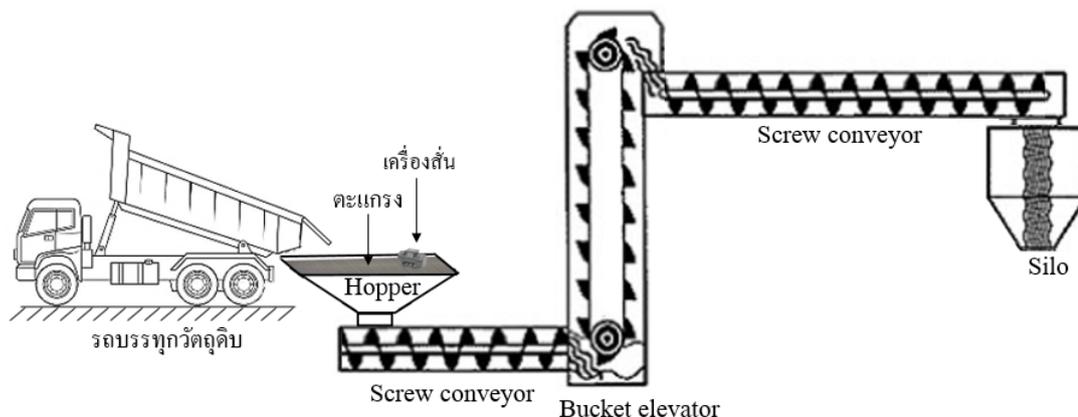
ขั้นตอนที่ 4 วัสดุถูกลำเลียงผ่านเครื่องจักรไปเก็บในไซโล เพื่อรอนำไปใช้ใน

กระบวนการต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 พนักงานขนส่งวัสดุปิดเครื่องสั่นและเครื่องจักรในการลำเลียงวัสดุ

ขั้นตอนที่ 6 พนักงานขนส่งขับรถบรรทุกวัสดุออกจากพื้นที่ โดยมี Lay out แสดง

รายละเอียดของสายการลำเลียงวัสดุที่ 2 ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 สายการลำเลียงวัสดุที่ 2

ในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้เลือกทำการปรับปรุงตัวตะแกรง เพื่อช่วยลดปัญหาในการซ่อมบำรุงตัวตะแกรงในการลำเลียงวัสดุ โดยอธิบายมีลักษณะ และรายละเอียดการของตัวตะแกรงได้ดังนี้

1. ตะแกรงมีหน้าที่ในการป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่ติดมากับวัสดุไม่ให้หลุดเล็ดลอดเข้าไปในกระบวนการผลิต โดยมีขนาดของตัวตะแกรงทั้งหมดเท่ากับ 7.5 ตารางเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวตะแกรงเท่ากับ 12 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ตัวตะแกรงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 12 มิลลิเมตร

2. ระบบการซ่อมบำรุงรักษาเป็นรูปแบบการซ่อมบำรุงรักษาเป็นประจำ (Routine maintenance) โดยเป็นการตรวจสอบเครื่องจักรประจำวันก่อนเริ่มทำงาน ซึ่งเมื่อพบปัญหาตัว

ตะแกรงชำรุดก็จะต้องทำการแก้ไข โดยใช้เวลาอยู่ที่ระหว่าง 2-4 ชั่วโมง เมื่อทำการซ่อมเสร็จจึงสามารถเดินเครื่องจักรได้ ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ลักษณะปัญหาการชำรุดของตัวตะแกรง

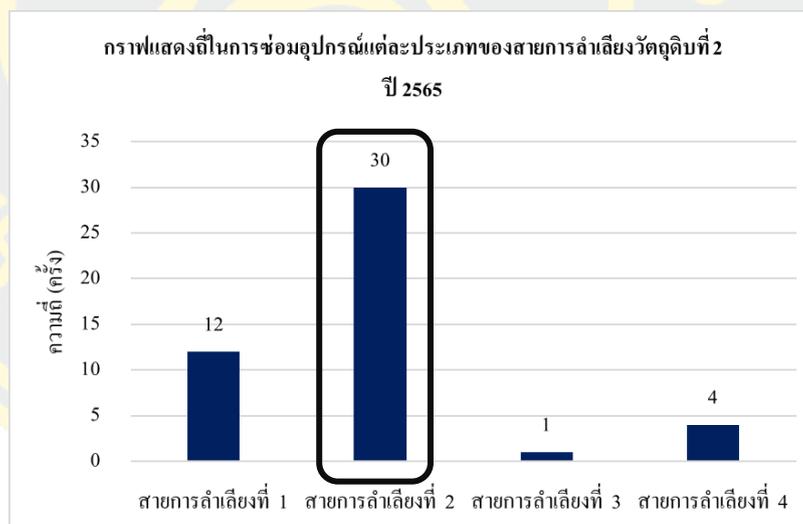
### ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น

#### 1. เก็บรวบรวมข้อมูลทางสถิติด้านคุณภาพ

จากการศึกษาสภาพปัญหาปัจจุบันและศึกษาข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา โดยรวบรวมข้อมูลความถี่ในการซ่อมสายการลำเลียงวัตถุดิบในแต่ละสายการลำเลียงวัตถุดิบ โดยนำมาสรุปเป็นตารางและแผนภูมิพาร์เรโต เพื่อใช้จัดลำดับความสำคัญและเลือกปัญหาที่มีความถี่สูงที่สุดในช่วงระหว่างเดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565 เพื่อนำมาวิเคราะห์และใช้ในการศึกษาทำการวิจัย ซึ่งทางผู้วิจัยและพบว่าสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 มีความถี่ในการซ่อมสูงที่สุดจำนวน 30 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 1 และแสดงการเปรียบเทียบความถี่ในการซ่อมสายการลำเลียงวัตถุดิบเป็นกราฟแท่ง ดังภาพที่ 9

ตารางที่ 1 ข้อมูลความถี่ในการซ่อมสายการลำเลียงวัตถุดิบจำนวน 4 สายการลำเลียงในเดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

สายการลำเลียง วัตถุดิบ	ความถี่ ในการ ซ่อมแซม	ความถี่สะสม ในการ ซ่อมแซม	ร้อยละของ ความถี่ ในการ ซ่อมแซม	ร้อยละของความถี่ สะสม ในการซ่อมแซม
สายการลำเลียงที่ 1	12	12	25.53%	25.53%
สายการลำเลียงที่ 2	30	42	63.83%	89.36%
สายการลำเลียงที่ 3	1	43	2.13%	91.49%
สายการลำเลียงที่ 4	4	47	8.51%	100.00%
รวม	47		100.00%	



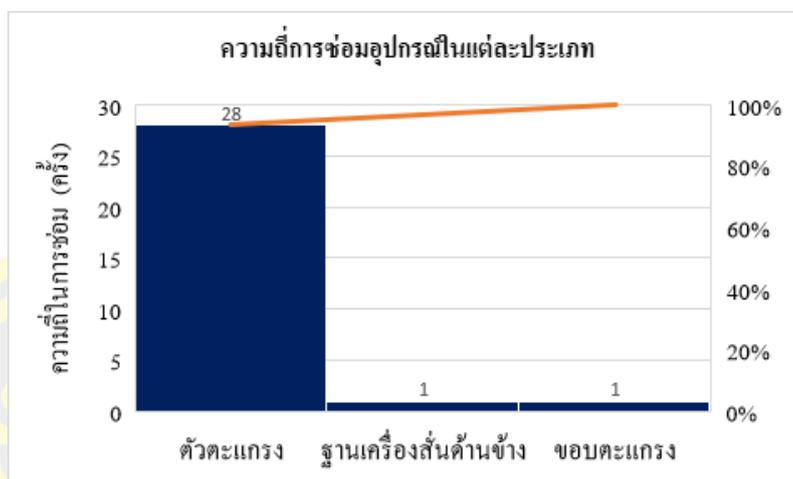
ภาพที่ 9 ความถี่ในการซ่อมสายการลำเลียงวัตถุดิบในเดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

จากข้อมูลสายการลำเลียงที่ 2 มีความถี่ในการซ่อมอุปกรณ์สูงเป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากในสายการลำเลียงนี้มีปริมาณการลำเลียงวัตถุดิบในแต่ละวันในปริมาณสูงเมื่อเทียบกับสายการลำเลียงอื่น ๆ อีกทั้งยังมีการติดตั้งเครื่องสั่นบนตัวตะแกรงที่อยู่ด้านบนของหลุมรับวัตถุดิบ ซึ่งต่างจากสายการลำเลียงอื่นที่ติดตั้งเครื่องสั่นที่ตำแหน่งด้านข้างของหลุมรับวัตถุดิบ จึงเป็นเหตุให้ตะแกรงรับแรงสั่นสะเทือนโดยตรงและมีการชำรุดเสียหายบ่อยครั้ง จากนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการ

วิเคราะห์เพื่อแยกกระจายละเอียดไปในหัวข้อความถี่ในการซ่อมในอุปกรณ์แต่ละประเภทที่เกิดขึ้นในสายการลำเลียงที่ 2 ซึ่งจากการตรวจสอบจากข้อมูลทางสถิติพบว่าลักษณะของการซ่อมอุปกรณ์มีทั้งหมด 3 ประเภท โดยนำมาจัดเรียงลำดับตามความถี่ที่เจอปัญหาในช่วงระยะเวลา 1 ปี ดังแสดงในตารางที่ 2 และนำมาจัดเรียงลำดับของลักษณะแต่ละปัญหาที่พบเป็นแผนภูมิพารโด ดังแสดงในภาพที่ 10

ตารางที่ 2 ข้อมูลความถี่ในการซ่อมอุปกรณ์แต่ละประเภทของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 ในเดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

ประเภทของการซ่อม	ความถี่ในการซ่อมแซม	ความถี่สะสมในการซ่อมแซม	ร้อยละของความถี่ในการซ่อมแซม	ร้อยละของความถี่สะสมในการซ่อมแซม
ซ่อมตัวตะแกรง	28	28	93.33%	93.33%
ซ่อมฐานเครื่องสั่นด้านข้าง	1	29	3.33%	96.67%
ซ่อมขอบตะแกรง	1	30	3.33%	100.00%
รวม	30		100.00%	



ภาพที่ 10 แผนภูมิพาร์ โดจัดลำดับข้อมูลความถี่ในการซ่อมอุปกรณ์แต่ละประเภทของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 ในเดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อจากแผนภูมิพาร์ โดภาพที่ 10 พบว่า ความถี่ในการซ่อมอุปกรณ์แต่ละประเภทของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 มีด้วยกันอยู่ทั้งสิ้น 3 ประเภท โดยพบว่า การซ่อมตัวตะแกรงมีความถี่ในการซ่อมมากเป็นอันดับหนึ่ง คือ 28 ครั้ง อันดับสองคือการซ่อมฐานเครื่องสั่นด้านข้างมีความถี่ในการซ่อม 1 ครั้ง และอันดับที่สามคือการซ่อมขอบตะแกรงมีความถี่ในการซ่อม 1 ครั้ง จากลักษณะการซ่อมและข้อมูลตามที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทางสถิติมาแล้วนั้น ทางผู้วิจัยจะต้องพิจารณาเพื่อคัดเลือกว่าจะนำปัญหามาแก้ไขบางปัญหาหรือจะทำการแก้ไขทุกปัญหาต่อไป

### กำหนดประเด็นการแก้ไขปรับปรุงและตั้งเป้าหมาย

#### 1. การตั้งเป้าหมายของกิจกรรม

การนำเอาปัญหามาดำเนินการพิจารณาตัดสินใจ โดยมีหัวข้อดังนี้

- 1.1 นำเอาปัญหาที่มีความเป็นไปได้ในการทำด้วยตัวเองให้บรรลุความสำเร็จ
- 1.2 ปัญหานั้นมีความรุนแรงในระดับใดในช่วงเวลาที่เกิดขึ้น
- 1.3 พิจารณาถึงโอกาสในการเกิดขึ้นบ่อยหรือไม่

1.4 คำนึงถึงนโยบายของบริษัท เช่น นโยบายด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม, นโยบายด้านการผลิต, นโยบายด้านลดต้นทุน และนโยบายด้านการประกันคุณภาพ เพื่อใช้พิจารณาในการคัดเลือกปัญหาที่จะนำมาทำกิจกรรมปรับปรุง

จากการจัดลำดับปัญหาเป็นแผนภูมิพาราโต พบว่าปัญหาการซ่อมตัวตะแกรงมีความถี่มากที่สุดร้อยละ 93.33 การซ่อมฐานเครื่องสั่นด้านข้างร้อยละ 3.33 และการซ่อมขอบตะแกรงร้อยละ 3.33 ตามลำดับ และจากการพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหาแต่ละปัญหา และคำนึงถึงหากเกิดปัญหาการดำเนินการแก้ไขสามารถทำได้โดยผู้วิจัย จึงได้เลือกการซ่อมตัวตะแกรงมาดำเนินการแก้ไขก่อนเนื่องจาก

1. มีความถี่ในการเกิดปัญหาสูงเป็นอันดับแรกจึงมีความเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการ
2. หากลดความถี่ในการซ่อมลงจะสามารถช่วยลดต้นทุนลงได้
3. มีความรุนแรงของปัญหา หากปัญหาไม่ได้รับการแก้ไขอาจส่งผลให้มีความเสี่ยงที่วัตถุดิบจะไม่เพียงพอต่อกระบวนการผลิต ซึ่งส่งผลกระทบต่อรายแรงถึงขั้นลดกำลังการผลิตทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก

4. มีความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุได้ในระหว่างการใช้งาน

5. มีความถี่ในการซ่อมทุกเดือน

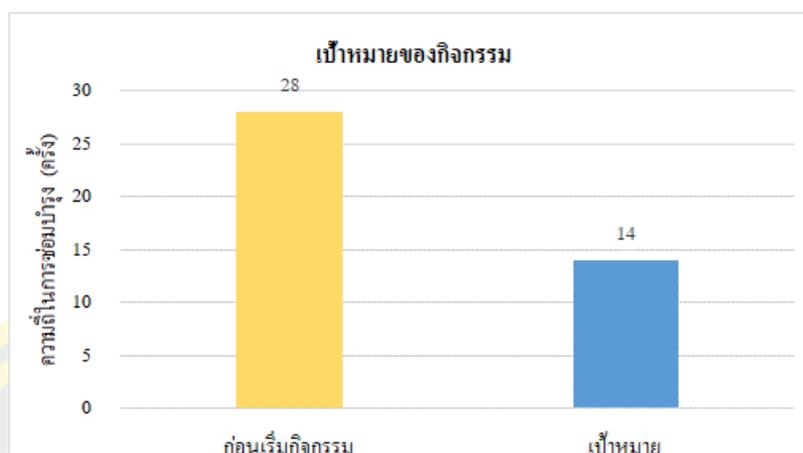
การตั้งเป้าหมายจะคำนึงถึงในหัวข้อต่อไปนี้

1. การตั้งเป้าหมายต้องคิดเป็นร้อยละ

2. แสดงที่มาของเป้าหมายที่กำหนดหรือเหตุผลในการตั้งเป้าหมายนี้ไม่ควรตั้งสูงมากเกินไป

เกินไป

การตั้งเป้าหมายในการลดความถี่ในการซ่อมอุปกรณ์นี้ทางผู้วิจัยเห็นว่าในการทำกิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมที่สามารถทำงานกันเองได้ภายในโรงงาน โดยใช้การสังเกตจากข้อของปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วทำการศึกษาว่ามีความผิดปกติตรงไหนบ้างจากนั้นจึงหาวิธีการแก้ไขในสิ่งต่างๆ ซึ่งในการดำเนินงานในครั้งนี้ได้ทำการปรึกษาลงถึงความถี่ไปพร้อมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จึงได้ข้อสรุปออกมาเพื่อตั้งเป้าหมายในการลดความถี่ในการซ่อมตัวตะแกรง และฐานเครื่องสั่นบนตัวตะแกรงของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 ต้องลดลงร้อยละ 50 จากเดิมมีความถี่ในการซ่อม 28 ครั้ง ลดลงเหลือ 14 ครั้ง เพื่อช่วยสนับสนุนตามนโยบายของโรงงานกรณีศึกษา โดยสามารถแสดงเป็นกราฟ ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 กราฟแสดงเป้าหมายในการดำเนินกิจกรรม

เมื่อทำการตั้งเป้าหมายแล้วทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์สภาพปัจจุบันของปัญหาการชำรุดเสียหายของตัวตะแกรงและฐานเครื่องสั่นบนตะแกรงของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 ในเดือนมกราคม – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 โดยสามารถหาค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด (MTBF) และค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง (MTTR) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดและค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุงของของตัวตะแกรงและฐานเครื่องสั่นบนตะแกรงของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 ใน เดือน มกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2565

เครื่องจักร	ก่อนปรับปรุง				
	เวลาทำงาน (ชั่วโมง)	เวลาซ่อม (ชั่วโมง)	ชำรุด (ครั้ง)	MTBF (ชั่วโมง)	MTTR (ชั่วโมง)
ตัวตะแกรง	4806.61	85.08	28	171.67	3.04

## 2. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและวางมาตรการแก้ไข

ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้ Why-Why analysis และ 3 GEN สำหรับค้นหารากเหง้าของปัญหา และสาเหตุที่เกิดขึ้น จึงทำการระดมสมองร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวด้วยเครื่องมือ Why-Why analysis ร่วมกับหลักการ 3 GEN เพื่อหารากเหง้าที่แท้จริงของปัญหา ดังภาพที่ 12

ปัญหา	ทำไม 1	ทำไม 2	ทำไม 3	ทำไม 4	ทำไม 5	มาตรการ
ตะแกรง ชำรุด	ตัวตะแกรงไม้ สามารถทนต่อแรง จากเครื่องสันและ น้ำหนักของวัตถุได้	ได้รับแรงจาก เครื่องสันและรับ น้ำหนักของวัตถุ เป็นเวลานานกว่า ปกติ	วัตถุไม่สามารถ ไหลผ่านรูตะแกรง ได้	วัตถุจับตัวเป็น ก้อนมีขนาดใหญ่ กว่ารูตะแกรง	มีความชื้นสูง	แจ้งซัพพลายเออร์ให้จัดทำ มาตรการลดความชื้นในวัตถุ
				ตัวตะแกรงมีพื้นที่ ขวางเยอะ	รูปแบบของตัว ตะแกรงไม่เหมาะสม	ปรับปรุงรูปแบบตัวตะแกรง
				แรงสั่นจากเครื่อง สันไม่เพียงพอ	การกระจายแรงจาก เครื่องสันไม่ เหมาะสม	แก้ไขตำแหน่งของเครื่องสัน
			เปิดใช้งานเครื่อง สันแล้วไม่ปิด	พนักงานขนส่ง วัตถุลืมปิด เครื่องสัน		ปรับปรุงระบบการทำงานของ เครื่องสันให้เป็นอัตโนมัติ
	ตัวตะแกรงไม้ สามารถกระจาย แรงสั่นได้อย่างอิสระ	วัตถุไหลออกมา ปริมาณมากจนค้น ฝ้ายเปิดออก กว้างไปกดเครื่องสัน	ตัวตะแกรงเชื่อมติด กับโครงสร้างหลุม รับวัตถุ	รถบรรทุกวัตถุ ยกคัมพ์สูงเกินกว่า ปกติ	พนักงานขับรถ ขนส่งวัตถุยก คัมพ์ความสูงไม่ เหมาะสม	ปรับปรุงตัวตะแกรงให้เป็นอิสระ กำหนดมาตรฐานสูงในการยกคัมพ์ เพื่อลงวัตถุ

## ภาพที่ 12 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วย Why-Why analysis

เมื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้ Why-Why Analysis ทำให้ได้ทราบถึงรากเหง้า  
ที่แท้จริงของปัญหาและได้มาตรการแก้ไขปัญหาดังนี้

1. แจ้งซัพพลายเออร์ให้จัดทำมาตรการลดความชื้นในวัตถุ
2. ปรับปรุงรูปแบบตัวตะแกรง
3. แก้ไขตำแหน่งของเครื่องสัน
4. ปรับปรุงระบบการทำงานของเครื่องสันให้เป็นอัตโนมัติ
5. ปรับปรุงตัวตะแกรงให้เป็นอิสระจากโครงสร้างของหลุมรับวัตถุ
6. กำหนดมาตรฐานความสูงในการยกคัมพ์เพื่อลงวัตถุ

จากนั้นทำการค้นหาความจริงโดยใช้หลักการ 3 GEN ในการไปดูหน้างานเพื่อให้เห็น  
ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือข้อมูลต่าง ๆ ได้มีความชัดเจนและ  
ถูกต้องแม่นยำมากขึ้นดังนี้

1. GENBA (เก็มบะ) คือ สถานที่จริง พบว่ามีวัตถุติดค้างอยู่บนตัวตะแกรงเป็นจำนวนมาก

2. GENBUTSU (เกินบุตตี) คือ ชิ้นงานจริง พบว่าวัตถุดิบไหลผ่านตัวตะแกรงได้ช้า ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าเกิดจากรูปแบบของตัวตะแกรงไม่เหมาะสม ตำแหน่งของเครื่องสั่นไม่เหมาะสม หรือโครงสร้างของตะแกรงไม่เหมาะสม

3. GENJITSU (เกินจิสตี) คือ ข้อเท็จจริง พบว่า ในการเดินเครื่องจักรของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 ใช้เวลาการลำเลียงวัตถุดิบในแต่ละเที่ยวจากรอบรรทุกมากกว่า 4.5 ชั่วโมงต่อเที่ยว ทำให้เครื่องสั่นเปิดทำงานเป็นเวลานาน และตะแกรงได้รับแรงสั่นตลอดเวลาทำให้ชำรุดได้ง่าย อีกทั้งยังพบว่าหลังจากลงวัตถุดิบเสร็จแล้ว พนักงานยังลืมนปิดเครื่องสั่นอีกด้วย

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการซ่อมตัวตะแกรง และฐานของเครื่องสั่นบนตะแกรงด้วยเครื่องมือ Why-Why analysis และ 3 GEN สามารถสรุปลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้น และกำหนดแนวทางการแก้ไขตามที่โรงงานในกรณีศึกษาสามารถดำเนินการเองจำนวน 5 หัวข้อ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปลักษณะปัญหาการซ่อมตะแกรงและแนวทางการแก้ไข

ลำดับที่	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1	รูปแบบของตัวตะแกรงไม่เหมาะสม	ปรับปรุงรูปแบบตัวตะแกรงให้วัตถุดิบไหลผ่านได้สะดวก
2	ตำแหน่งของเครื่องสั่นไม่เหมาะสม	ปรับตำแหน่งของเครื่องสั่นให้กระจายแรงได้ทั่วตะแกรง
3	พนักงานขนส่งวัตถุดิบลืมนปิดเครื่องสั่น	ปรับปรุงระบบการทำงานของเครื่องสั่นให้เป็นอัตโนมัติ
4	ตัวตะแกรงเชื่อมติดกับเสาค้ำ โครงสร้างหลุมรับวัตถุดิบ ทำให้ ตะแกรงไม่สามารถกระจายแรงสั่นได้ดี	ปรับปรุงตัวตะแกรงให้เป็นอิสระกับหลุมรับ วัตถุดิบ
5	พนักงานขับรถบรรทุกยกคัมภ์ความสูง ไม่เหมาะสม ทำให้ฝาท้ายเปิดออกไป กดเครื่องสั่นทำให้ตะแกรงชำรุด	กำหนดมาตรฐานความสูงในการยกคัมภ์เพื่อลง วัตถุดิบ

แนวทางการแก้ไขทั้ง 5 หัวข้อจะดำเนินการปรับปรุงโดยการประยุกต์เทคนิค TRIZ ซึ่งจะนำเสนอในบทที่ 4 ต่อไป

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงานวิจัย

หลังจากที่ได้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาการซ่อมตัวตะแกรงที่สามารถสรุปสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาออกมาดังได้สรุปไว้ในบทที่ผ่านมาแล้วนั้น ทางผู้วิจัยได้พิจารณา และพบว่าสามารถดำเนินการแก้ไขได้เองมีจำนวน 5 หัวข้อ โดยในงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) เพื่อปรับเปลี่ยนการออกแบบตัวตะแกรง รวมไปถึงพิจารณาการแก้ไขปัญหาดังกล่าว หากนำไปใช้จะมีผลกระทบหรือความขัดแย้งอื่นตามมาหรือไม่ โดยได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาในแต่ละสาเหตุ จากนั้นนำทฤษฎีการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

#### การแก้ไขปัญหาเชิงประดิษฐ์

##### 1. การแก้ไขปัญหารูปแบบตะแกรงด้วย TRIZ

การประยุกต์ TRIZ เพื่อแก้ปัญหารูปแบบตะแกรงไม่เหมาะสม เริ่มจากการทบทวนหน้าที่หลักของตะแกรงคือ คัดแยกสิ่งแปลกปลอมและสนับสนุนให้วัตถุไหลผ่านตะแกรงได้อย่างสะดวกในอัตราการไหลที่รวดเร็ว ดังนั้นตะแกรงที่พึงประสงค์จะออกแบบ โดยเพิ่มพื้นที่การระบายของตะแกรงและลดพื้นที่ที่ตัดขวาง แต่การออกแบบเช่นนี้อาจส่งผลกระทบในการควบคุมไม่ให้สิ่งแปลกปลอมหลุดลอดเข้าไปได้ ดังนั้นในการประยุกต์ TRIZ จึงได้กำหนด พารามิเตอร์การปรับปรุงเป็นข้อ 6 พื้นที่ของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่ คือต้องการเพิ่มพื้นที่ระบายของตะแกรง และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์ข้อ 37 ความซับซ้อนของการควบคุม คือสิ่งแปลกปลอมจะสามารถหลุดลอดผ่านตะแกรงได้มากขึ้น นอกจากนี้ได้เลือกพารามิเตอร์ในการปรับปรุงข้อ 8 ปริมาตรของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่ คือการลดขนาดของแผ่นตะแกรงที่จะนำมาใช้ซ่อมแซมเพื่อช่วยลดต้นทุน และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์ข้อ 34 ความสามารถในการซ่อมบำรุง คือจะทำให้มีความถี่ในการซ่อมแซมตะแกรงมากขึ้น เนื่องจากตะแกรงที่นำมาใช้ในการปะเชื่อนั้นไม่แข็งแรง เพื่อออกแบบตะแกรงที่สามารถคัดแยกสิ่งแปลกปลอมได้ดี สนับสนุนให้วัตถุไหลผ่านตะแกรงในอัตราการไหลที่รวดเร็ว และสะดวกต่อการซ่อมบำรุง การประยุกต์เมตริกแก้ไขความขัดแย้งของ TRIZ สำหรับปัญหารูปแบบตะแกรงไม่เหมาะสม ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การแก้ปัญหารูปแบบตะแกรงด้วย TRIZ

พารามิเตอร์ การปรับปรุง	พารามิเตอร์ไม่ พึงประสงค์	ลักษณะของความ ขัดแย้งเชิงเทคนิค	หลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์
6 พื้นที่ของ วัตถุที่ไม่ เคลื่อนที่	37 ความ ซับซ้อนของ การควบคุม	เพิ่มพื้นที่ระบายของ ตะแกรง จะทำให้สิ่ง แปลกปลอมหลุดลอด ผ่านตะแกรงได้มาก ขึ้น	2 การสกัดออก การแยกออก (Extraction) <b>35 การแปลงคุณสมบัติ (Transforming physical or chemical states)</b> 30 แผ่นฟิล์มยืดหยุ่นหรือแผ่นเยื่อ บาง (Flexible film or thin membranes) 18 การสั่นสะเทือนเชิงกล (Mechanical vibration)
8 ปริมาตรของ วัตถุที่ไม่ เคลื่อนที่	34 ความสามารถ ในการซ่อม บำรุง	ลดขนาดแผ่นตะแกรง ที่จะนำมาซ่อมเพื่อลด ต้นทุน จะทำให้มี ความถี่ในการ ซ่อมแซมมากขึ้น เนื่องจากตะแกรงไม่ แข็งแรง	<b>1 การแบ่งออกเป็นส่วนๆ ทำเป็น ส่วนย่อย (Segmentation)</b>

จากการพิจารณาหลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์ งานวิจัยได้เลือกหลักการที่ 35 การเปลี่ยนพารามิเตอร์และคุณสมบัติ เพื่อติดตั้งตะแกรงที่เปลี่ยนรูปแบบรูระบายใหม่ให้วัตถุคิบบมีอัตราการไหลที่รวดเร็ว โดยทำการเลือกรูปแบบของรูระบายที่จะสามารถป้องกันสิ่งแปลกปลอมได้ดีกว่าหรือเทียบเท่ากับของเดิม และหลักการที่ 1 การแบ่งส่วน เพื่อแบ่งตะแกรงออกเป็นส่วนๆ ทำให้สามารถยกเปลี่ยนตะแกรงได้ทันทีทั้งแผ่นแทนการปะเชื่อมแบบเดิม ซึ่งจะมีความแข็งแรงมากกว่า และมีความสะดวกรวดเร็วในการซ่อมแซม เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหารูปแบบตะแกรงโดยปรับเปลี่ยนรูปแบบของตัวตะแกรงจากทรงกลมเป็นทรงสี่เหลี่ยม ซึ่งยังคงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตรเท่าเดิม จึงได้ทำการเปรียบเทียบ %พื้นที่การเปิดของตัวตะแกรงรูปแบบเดิม

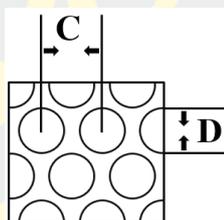
Round – 60° Staggered Center และ ตัวตะแกรงรูปแบบ Square – Straight Center ที่เป็นตัวเลือก เพื่อคำนวณหาว่าตะแกรงรูปแบบใดมีร้อยละพื้นที่การเปิดของรูตะแกรงมากที่สุด เพื่อให้วัตถุดิบไหลผ่านได้เร็วขึ้น โดยทำการคำนวณจากสูตรดังต่อไปนี้

1. คำนวณหาร้อยละพื้นที่การเปิดของรูตะแกรงรูปแบบ Round – 60° Staggered Center

$$\%OPEN = \frac{D^2 \times 90.68}{C^2} \quad (4-1)$$

โดยที่  $D$  คือ ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของรูตะแกรงรูปแบบวงกลม

$C$  คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของรูตะแกรง 2 จุดที่อยู่ติดกัน



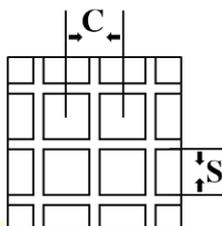
ภาพที่ 13 ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณหาร้อยละพื้นที่การเปิดของรูตะแกรงรูปแบบ Round – 60° Staggered Center

2. คำนวณหาร้อยละพื้นที่การเปิดของรูตะแกรงรูปแบบ Square – Straight Center

$$\%OPEN = \frac{S^2 \times 100}{C^2} \quad (4-2)$$

โดยที่  $S$  คือ ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของรูตะแกรงรูปแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

$C$  คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของรูตะแกรง 2 จุดที่อยู่ติดกัน



ภาพที่ 14 ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณหาร้อยละพื้นที่การเปิดของรูตะแกรงรูปแบบ Square – Straight Center

จากผลการคำนวณพบว่าตัวตะแกรงรูปแบบ Round – 60° Staggered Center ซึ่งเป็นของเดิม มีพื้นที่การเปิดเท่ากับร้อยละ 58.04 และตัวตะแกรงรูปแบบ Square – Straight Center ซึ่งเป็นตัวเลือกใหม่มีพื้นที่การเปิดเท่ากับร้อยละ 73.47 จึงได้ดำเนินการเลือกตัวตะแกรงรูปแบบ Square – Straight Center มาใช้แทนของเดิม เพื่อลดพื้นที่ขวางส่งผลให้วัตถุดิบไหลผ่านตัวตะแกรงได้เร็วขึ้น และแบ่งแยกตัวตะแกรงจากเดิมเป็นแผ่นใหญ่เพียงแผ่นเดียวออกเป็นแผ่นย่อย ๆ เพื่อให้สะดวกในการซ่อมแซม ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สภาพก่อนและหลังการเปลี่ยนรูปแบบของตัวตะแกรง

ก่อนการแก้ไข	หลังการแก้ไข
คำอธิบาย	คำอธิบาย
สภาพของตัวตะแกรงเดิมในหลุมรับวัตถุดิบเป็นรูปแบบ Round – 60° Staggered Center โดยจากการคำนวณมีพื้นที่การเปิด = 58.04%	เปลี่ยนตัวตะแกรงในหลุมรับวัตถุดิบเป็นรูปแบบ Square – Straight Center ทั้งหมด โดยจากการคำนวณมีพื้นที่การเปิด = 73.47% และแบ่งตัวตะแกรงออกเป็นแผ่นย่อย ๆ

## 2. การแก้ไขปัญหาตำแหน่งของเครื่องสันไม่เหมาะสมด้วย TRIZ

จากการวิเคราะห์ปัญหาวัตถุมีการติดขัดไม่สามารถไหลผ่านรูตะแกรงได้อย่างสะดวก พบว่า มีสาเหตุมาจากตำแหน่งของเครื่องสันไม่เหมาะสม ซึ่งหน้าที่หลักของเครื่องสันคือ ออกแรงสันตะเทือนอย่างทั่วถึงเพื่อสนับสนุนให้วัตถุคืบผ่านตะแกรง โดยมีอัตราการไหลที่รวดเร็ว ดังนั้นเครื่องสันจึงประสงค์ควรอยู่ตำแหน่งตรงกลางของหลุมรับวัตถุคืบ แต่การออกแบบเช่นนี้อาจส่งผลกระทบต่อมีความเสี่ยงที่ฝาท้ายของรถขนส่งวัตถุคืบจะเปิดออกมากกระทบเครื่องสันชำรุดได้ การประยุกต์ TRIZ เพื่อแก้ไขตำแหน่งของเครื่องสันและลดข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้น จึงได้กำหนดพารามิเตอร์การปรับปรุงเป็นข้อ 35 ความสามารถในการปรับตัวได้ คือต้องการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของเครื่องสันมาอยู่ตำแหน่งตรงกลางของหลุมรับวัตถุคืบ เพื่อสนับสนุนให้วัตถุคืบผ่านตะแกรง โดยมีอัตราการไหลที่รวดเร็ว และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์คือ ข้อ 30 ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุ คือหลังจากเปลี่ยนตำแหน่งเครื่องสันมาอยู่ตรงกลางของหลุมรับวัตถุคืบอาจทำให้ฝาท้ายของรถบรรทุกเปิดออกมาโดนเครื่องสันชำรุดได้ เนื่องจากอยู่ในระยะเปิดของฝาท้ายรถบรรทุก นอกจากนี้ได้กำหนดพารามิเตอร์ในการปรับปรุงข้อ 37 ความซับซ้อนของการควบคุม คือต้องการลดการดูแลรักษาเครื่องสัน โดยการลดจำนวนเครื่องสันลง และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์ข้อ 33 ความสะดวกในการใช้ คือเพิ่มภาระให้กับพนักงานในการแก้ไขเมื่อวัตถุคืบไม่สามารถไหลผ่านรูตะแกรงได้เนื่องจากแรงสันที่ไม่เพียงพอ เพื่อออกแบบเครื่องสันที่มีแรงสันเพียงพอ สามารถป้องกันการกระแทกจากฝาท้ายรถขนส่งวัตถุคืบ และสะดวกต่อการซ่อมบำรุง การประยุกต์เมตริกแก้ไขความขัดแย้งของ TRIZ สำหรับปัญหาตำแหน่งของเครื่องสันไม่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การแก้ไขปัญหาตำแหน่งของเครื่องสันไม่เหมาะสมด้วย TRIZ

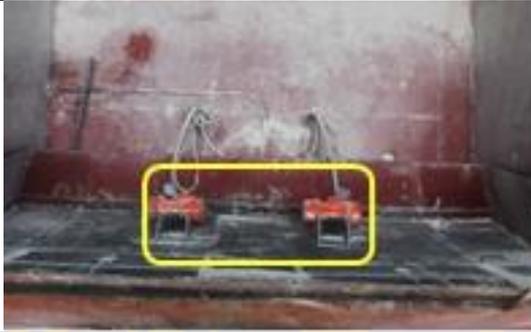
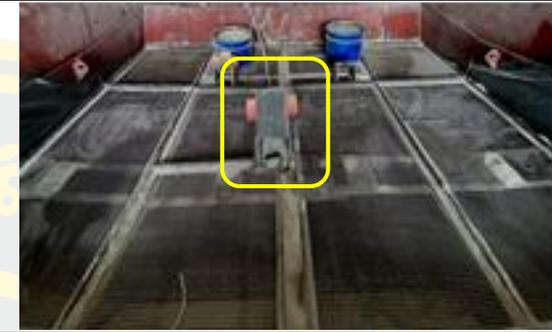
พารามิเตอร์การปรับปรุง	พารามิเตอร์ ไม่พึงประสงค์	ลักษณะของความขัดแย้งเชิงเทคนิค	หลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์
35 ความสามารถในการปรับตัวได้	30 ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุ	ปรับตำแหน่งของเครื่องสันมาอยู่ตำแหน่งตรงกลางของหลุมรับวัตถุคืบ จะทำให้ฝาท้ายของรถบรรทุกอาจเปิด	35 การแปลงคุณสมบัติ (Transforming physical or chemical states) 11 การป้องกันล่วงหน้า (Cushion in Advance)

## ตารางที่ 7 (ต่อ)

พารามิเตอร์ การปรับปรุง	พารามิเตอร์ 'ไม่ พึงประสงค์	ลักษณะของความ ขัดแย้งเชิงเทคนิค	หลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์
		ออกมาโดนเครื่อง สั้นชำรุดได้	32 การเปลี่ยนสี (Changing the color) 31 ใช้วัสดุที่เป็นรูพรุน (Use of porous materials)
37 ความ ซับซ้อนของ การควบคุม	33 ความ สะดวกในการ ใช้	ลดจำนวนเครื่องสั้น ลง จะทำให้เพิ่ม ภาระกับพนักงานใน การแก้ไขเมื่อ วัตถุดิบไม่สามารถ ไหลผ่านรูตะแกรง ได้	2 การสกัดออก การแยกออก (Extraction) 5 การรวมเข้าด้วยกัน (Combination)

จากการพิจารณาหลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์ งานวิจัยได้เลือกหลักการที่ 11 การป้องกันล่วงหน้า เพื่อติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันให้กับเครื่องสั้นหลังจากทำการย้ายตำแหน่งมาอยู่ตรงกลาง และหลักการที่ 5 การรวมเข้าด้วยกัน เพื่อลดจำนวนเครื่องสั้นลงในขณะที่แรงสั้นยังคงเดิม เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาตำแหน่งของเครื่องสั้น โดยเริ่มจากย้ายตำแหน่งของเครื่องสั้นจากด้านหลังของหลุมรับวัตถุดิบมายังตำแหน่งตรงกลางของหลุมรับวัตถุดิบ เพื่อให้เครื่องสั้นอยู่ในตำแหน่งสมมาตรของตะแกรง ส่งผลให้สามารถกระจายแรงสั้นได้อย่างทั่วถึง อีกทั้งยังไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างเนื่องจากในบริเวณนี้ได้เสริมเสาค้ำอย่างหนาแน่น พร้อมทั้งติดตั้งแผ่นเหล็กที่ด้านหน้าเครื่องสั้น เพื่อป้องกันการกระแทกจากฝ้ายของรถขนส่งวัตถุดิบและได้ยุบรวมเครื่องสั้นจาก 2 เครื่อง เหลือเพียง 1 เครื่อง ทำการเลือกขนาดแรงสั้นโดยอ้างอิงแรงสั้นจากเครื่องสั้นเดิมซึ่งสามารถลำเลียงวัตถุดิบได้เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน และถ้าหากเพิ่มแรงสั้นให้สูงขึ้นก็อาจส่งผลทำให้ตะแกรงชำรุดได้ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 สภาพก่อนและหลังการย้ายตำแหน่งของเครื่องสั้น

ก่อนการแก้ไข	หลังการแก้ไข
	
<p>คำอธิบาย</p> <p>สภาพตำแหน่งเดิมของเครื่องสั้นอยู่ด้านหลังของหลุมรับวัตถุดิบ โดยมีเครื่องสั้นจำนวน 2 เครื่อง ซึ่งแต่ละเครื่องมีขนาดแรงสั้นเท่ากับ 194 Kg.</p>	<p>คำอธิบาย</p> <p>ย้ายตำแหน่งของเครื่องสั้นมาอยู่บริเวณตรงกลางของหลุมรับวัตถุดิบและติดแผ่นเหล็กที่ด้านหน้า และลดจำนวนเครื่องสั้นเหลือ 1 เครื่อง มีขนาดแรงสั้นเท่ากับ 420 Kg.</p>

### 3. การแก้ไขปัญหาพนักงานลืมปิดเครื่องสั้น ด้วย TRIZ

จากการวิเคราะห์ปัญหาการเปิดใช้งานเครื่องสั้นแล้วไม่ปิด พบว่ามีสาเหตุมาจากพนักงานขนส่งวัตถุดิบไม่รอบคอบ ลืมปิดเครื่องสั้นส่งผลให้ตะแกรงชำรุด ดังนั้นการกระทำที่พึงประสงค์คือพนักงานขนส่งวัตถุดิบต้องปิดเครื่องสั้นหลังจากลงวัตถุดิบเสร็จทุกครั้ง เพื่อไม่ให้มีอัตราการไหลพลังงานสูงเกินไป แต่การกระทำเช่นนี้ส่งผลต่อพนักงานขับรถขนส่งวัตถุดิบเสียเวลาไปปิดเครื่องสั้น การประยุกต์ TRIZ เพื่อปรับปรุงการใช้พลังงานและลดข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้น จึงได้กำหนดพารามิเตอร์การปรับปรุงเป็นข้อ 21 กำลัง คือต้องการตัดพลังงานโดยปิดเครื่องสั้นหลังจากลงวัตถุดิบเสร็จทุกครั้ง และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์คือ ข้อ 25 การสูญเสียไปของเวลา คือพนักงานขับรถขนส่งวัตถุดิบเสียเวลาในการเดินลงจากรถเพื่อไปปิดเครื่องสั้นที่อยู่ด้านหลัง นอกจากนี้ได้กำหนดพารามิเตอร์ในการปรับปรุงข้อ 10 แรง คือเพิ่มแรงสั้นของเครื่องสั้นเพื่อช่วยให้วัตถุดิบมีอัตราการไหลผ่านตะแกรงได้เร็วขึ้น และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์ข้อ 15 ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ คือเครื่องสั้นรวมถึงตะแกรงที่เป็นฐานของเครื่องสั้นมีความเสี่ยงที่จะชำรุดจากการรับภาระงานที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อออกแบบระบบการตัดพลังงานของเครื่องสั้นให้เหมาะสม และช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องสั้นรวมถึงตะแกรงที่เป็นฐานของเครื่องสั้น

การประยุกต์เมตริกแก้ไขความขัดแย้งของ TRIZ สำหรับปัญหาพนักงานขนส่งวัตถุดิบลิมปิดเครื่อง  
สั้น ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การแก้ปัญหาลิมปิดเครื่องสั้นด้วย TRIZ

พารามิเตอร์ การปรับปรุง	พารามิเตอร์ไม่ พึงประสงค์	ลักษณะของความ ขัดแย้งเชิงเทคนิค	หลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์
21 กำลัง	25 การสูญเสีย ไปของเวลา	ตัดพลังงานโดยปิด เครื่องสั้นหลังจากลง วัตถุดิบเสร็จทุกครั้ง จะทำให้พนักงานขับ รถขนส่งวัตถุดิบต้อง เสียเวลาในการเดินไป ปิดเครื่องสั้นที่อยู่ ด้านหลัง	35 การแปลงคุณสมบัติ (Transforming physical or chemical states) 20 ความต่อเนื่องของการกระทำที่ เป็นประโยชน์ (Continuity of useful action) 10 การกระทำล่วงหน้า (Prior Action) 6 การใช้งานหลากหลาย วัตถุประสงค์ (Universality)
10 แรง	15 ความ ทนทานของ วัตถุซึ่ง เคลื่อนที่	เพิ่มแรงสั้นให้วัตถุดิบ ไหลผ่านตะแกรงได้ เร็วขึ้น จะทำให้เครื่อง สั้นรวมถึงตะแกรงที่ เป็นฐานของเครื่องสั้น มีความเสี่ยงที่จะชำรุด เพิ่มมากขึ้น	19 การกระทำเป็นจังหวะ (Periodic action) 2 การสกัดออก การแยกออก (Extraction)

จากการพิจารณาหลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์ งานวิจัยได้เลือกหลักการที่ 6 การใช้งาน  
หลากหลายวัตถุประสงค์ เพื่อติดตั้งอุปกรณ์มาช่วยในการตัดพลังงานของเครื่องสั้นเมื่อลงวัตถุดิบ  
เสร็จ และหลักการที่ 19 การกระทำเป็นจังหวะ เพื่อให้เครื่องสั้นสามารถหยุดทำงานเองเป็นจังหวะ  
เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาลิมปิดเครื่องสั้น โดยมึแนวคิดในการนำระบบ

เซ็นเซอร์มาประยุกต์ใช้สำหรับการปรับปรุงในหัวข้อนี้ โดยทำการศึกษาระบบการทำงานของ เซ็นเซอร์ประเภทต่าง ๆ ซึ่งพบว่า เซ็นเซอร์ที่เหมาะสม คือ โฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ ซึ่งมี ส่วนประกอบที่สำคัญคือตัวส่งแสงสำหรับทำหน้าที่ในการเปล่งแสง และตัวรับสำหรับการรับแสง เมื่อแสงที่ปล่อยออกมาถูกขัดจังหวะ หรือสะท้อน โดยวัตถุที่สัมผัส ปริมาณแสงที่มาถึงเครื่องรับจะ เปลี่ยนไป เมื่อตัวรับตรวจพบการเปลี่ยนแปลงนี้จะแปลงเป็นสัญญาณเอาต์พุตทางไฟฟ้า ซึ่งได้ทำ การเลือกใช้โฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ประเภทตรวจจับโดยตรง (Diffuse-Reflective Optical Sensor) โดยเซ็นเซอร์ประเภทนี้ตัวส่งแสงและตัวรับแสง ติดตั้งรวมอยู่ภายในตัวเดียวกัน สามารถตรวจจับ โดยการสะท้อนลำแสงโดยตรงกับตัววัตถุ และใช้วัตถุนี้เป็นตัวสะท้อนลำแสงกลับมายังตัวรับ แสงโดยไม่ต้องมีการปรับแต่งทิศทางลำแสง มีระยะการตรวจจับประมาณ 2.5 เมตร จึงได้นำมา ประยุกต์ใช้ด้วยการตรวจจับล้อของรถขนส่งวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาลงวัตถุคิบ แสงที่ปล่อยออกมา ก็จะถูกขัดจังหวะ จากนั้นตัวรับจึงส่งสัญญาณเอาต์พุตไปให้เครื่องสั่งสามารถทำงานได้ก็ต่อเมื่อมี รถจอดอยู่ และเมื่อรถขนส่งวัตถุคิบเคลื่อนตัวออกไปก็จะทำให้เครื่องสั่งหยุดทำงานได้ นอกจากนี้ ได้ทำการติดตั้งระบบ Timer เพิ่มเติม โดยตั้งเวลาให้เครื่องสั่งทำงานเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจะ หยุดทำงานเป็นระยะเวลา 5 นาที จากนั้นจะสามารถกลับมาทำงานได้เองโดยอัตโนมัติ เพื่อช่วยยืด อายุการใช้งานของเครื่องสั่งรวมถึงตะแกรงที่เป็นฐานของเครื่องสั่ง ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 สภาพก่อนและหลังการติดตั้งโฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์พร้อมทั้งระบบ Timer

ก่อนการแก้ไข	หลังการแก้ไข
	
<p>คำอธิบาย</p> <p>สภาพการทำงานเดิมโดยพนักงานขนส่ง วัตถุคิบต้องมาเปิดเครื่องสั่งก่อนลงวัตถุคิบ และปิดเครื่องสั่งเมื่อลงวัตถุคิบเสร็จสิ้น</p>	<p>คำอธิบาย</p> <p>ติดตั้งโฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ เพื่อตรวจจับล้อรถขนส่งที่เคลื่อนเข้ามาลงวัตถุคิบ และเมื่อรถเคลื่อนตัวออกไป ก็จะส่งสัญญาณออกไปให้เครื่องสั่งหยุดทำงาน และติดตั้ง Timer เพื่อตั้งเวลาให้เครื่องสั่งหยุดทำงานเป็นจังหวะ</p>

#### 4. การแก้ไขปัญหาตัวตะแกรงถูกเชื่อมติดกับเสาค้ำของโครงสร้างหลุมรับวัตถุคืบ ด้วย

##### TRIZ

จากการวิเคราะห์ปัญหาตัวตะแกรงไม่สามารถกระจายแรงสั่นได้อย่างอิสระ พบว่ามีสาเหตุมาจากตัวตะแกรงเชื่อมติดกับเสาค้ำโครงสร้างหลุมรับวัตถุคืบ ซึ่งหน้าที่หลักของเสาค้ำคือรองรับน้ำหนักของโครงสร้างตะแกรงทั้งหมด ดังนั้นเสาค้ำที่พึงประสงค์จะมีลักษณะที่ไม่หน่วงพลังงานการสั่นสะเทือนจากเครื่องสั่น แต่การนำเสาค้ำออกก็จะส่งผลกระทบต่อความเสถียรของตะแกรง การประยุกต์ TRIZ เพื่อปรับปรุงตัวตะแกรงเชื่อมติดกับเสาค้ำและโครงสร้างของหลุมรับวัตถุคืบ และลดข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้น จึงได้กำหนดพารามิเตอร์การปรับปรุงเป็นข้อ 20 พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ คือพลังงานการสั่นสะเทือนจากเครื่องสั่นถูกหน่วงให้ลดลงมาโดยเสาค้ำ โครงสร้างหลุมรับวัตถุคืบ และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์คือ ข้อ 13 เสถียรภาพของวัตถุ คือหากนำเสาค้ำโครงสร้างหลุมรับวัตถุคืบออกก็จะส่งผลทำให้ตะแกรงทรุดตัวลงมา เพื่อออกแบบเสาค้ำ โครงสร้างหลุมรับวัตถุคืบที่ช่วยสนับสนุนการสั่นสะเทือน การประยุกต์เมตริกแก้ไขความขัดแย้งของ TRIZ สำหรับปัญหาตัวตะแกรงเชื่อมติดกับเสาค้ำโครงสร้างหลุมรับวัตถุคืบ ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การแก้ไขปัญหาตัวตะแกรงถูกเชื่อมติดกับเสาค้ำของโครงสร้างหลุมรับวัตถุคืบด้วย TRIZ

พารามิเตอร์ การปรับปรุง	พารามิเตอร์ ไม่พึงประสงค์	ลักษณะของความขัดแย้งเชิงเทคนิค	หลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์
20 พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่	13 เสถียรภาพของวัตถุ	หากนำเสาค้ำ โครงสร้างหลุมรับ วัตถุคืบออก เพื่อลด การหน่วงพลังงาน สั่นสะเทือน ก็จะ ส่งผลทำให้ตะแกรง ทรุดตัวลงมา	27 ใช้แล้วทิ้ง (Inexpensive short life) 4 ความไม่สมมาตร (Asymmetry) 29 ใช้ระบบควบคุมด้วยลมอัดหรือน้ำมันอัด (Use pneumatic or hydraulic systems) 18 การสั่นสะเทือนเชิงกล (Mechanical vibration)

จากการพิจารณาหลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์ งานวิจัยได้เลือกหลักการที่ 18 การสั่นสะเทือนเชิงกล เพื่อติดตั้งเสาค้ำโครงสร้างหลุมรับวัตถุคืบที่จะช่วยสนับสนุนการสั่นสะเทือน เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาตัวตะแกรงเชื่อมติดกับเสาค้ำของโครงสร้างหลุมรับ

วัตถุคืบ โดยเปลี่ยนเสาค้ำของโครงสร้างหลุมรับวัตถุคืบจากเสาเหล็กธรรมดาที่ไม่มีความยืดหยุ่น ให้เป็นสปริง ที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่น โดยทำการออกแบบและเลือกสปริงที่มีค่า  $K = 115.5 \text{ N/mm}$  เนื่องจากสามารถรองรับน้ำหนักขณะลงวัตถุคืบได้ จากนั้นได้ใส่สปริงแทนที่เสาจำนวน 9 ตำแหน่ง ซึ่งการใช้สปริงนั้นมีความยืดหยุ่นสามารถช่วยสนับสนุนการสันตะเทือน และไม่หน่วงพลังงานการสันตะเทือนจากเครื่องสั่นดังภาพที่ 15 จากการเปลี่ยนอุปกรณ์ดังกล่าวจึงส่งผลให้วัตถุคืบมีอัตราการไหลผ่านตะแกรงเร็วขึ้น ดังตารางที่ 12



ภาพที่ 15 สปริงที่นำมาติดตั้งแทนเสาค้ำใต้ตัวตะแกรง

ตารางที่ 12 สภาพก่อนและหลังการติดตั้งแทนค้ำสปริงใต้ตัวตะแกรง

ก่อนการแก้ไข	หลังการแก้ไข
คำอธิบาย	คำอธิบาย
สภาพเดิมเสาใต้ตัวตะแกรงเป็นเสาเหล็กธรรมดา	เปลี่ยนเสาใต้ตัวตะแกรงจากเสาเหล็กเป็นสปริง

## 5. การแก้ไขปัญหาพนักงานขับรถบรรทุกยกดัมพ์ความสูงไม่เหมาะสม ด้วย TRIZ

จากการวิเคราะห์ปัญหาพนักงานขับรถบรรทุกยกดัมพ์สูงเกินกว่าปกติ พบว่ามีสาเหตุมาจากพนักงานขับรถบรรทุกนั้นยกดัมพ์ที่ระดับความสูงไม่เหมาะสม ซึ่งถ้าหากยกดัมพ์สูงจะส่งผลให้วัตถุบิดปริมาณมากไหลลงมาตามแรงโน้มถ่วงทำให้ไปดันฝาท้ายของรถบรรทุกให้มีระยะเปิดออกกว้างมากกว่าเดิมส่งผลให้ไปกดเครื่องสั่นทำให้ตะแกรงบริเวณฐานเครื่องสั่นชำรุด ดังนั้นลักษณะที่พึงประสงค์คือจำกัดปริมาณวัตถุบิดที่ไหลลงมาจากรถบรรทุกได้ โดยต้องทำการค่อย ๆ ยกดัมพ์ขึ้นเพื่อให้ปริมาณของวัตถุบิดไหลน้อยลง แต่การทำเช่นนี้ส่งผลกระทบต่อทำให้ใช้เวลานานขึ้นในการลงวัตถุบิด การประยุกต์ TRIZ เพื่อปรับปรุงปัญหาพนักงานขับรถบรรทุกยกดัมพ์ความสูงไม่เหมาะสม และลดข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้น จึงได้กำหนดพารามิเตอร์การปรับปรุงเป็นข้อ 1 น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ คือลดปริมาณน้ำหนักของวัตถุบิดที่ไหลลงมาจากรถบรรทุก เพื่อไม่ให้วัตถุบิดดันฝาท้ายของรถบรรทุกเปิดออกกว้างไปกดเครื่องสั่น และพารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์คือ ข้อ 25 การสูญเสียไปของเวลา คือ จะส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการลงวัตถุบิดนานมากยิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถลงวัตถุบิดด้วยปริมาณที่เหมาะสม ประยุกต์เมตริกแก้ไขความขัดแย้งของ TRIZ สำหรับปัญหาพนักงานขับรถบรรทุกยกดัมพ์ความสูงไม่เหมาะสม ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การแก้ไขปัญหาพนักงานขับรถบรรทุกยกดัมพ์ความสูงไม่เหมาะสมด้วย TRIZ

พารามิเตอร์การปรับปรุง	พารามิเตอร์ไม่พึงประสงค์	ลักษณะของความขัดแย้งเชิงเทคนิค	หลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์
1 น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	25 การสูญเสียไปของเวลา	ลดปริมาณของวัตถุบิดที่ไหลลงมาจากรถบรรทุก เพื่อไม่ให้ฝาท้ายของรถบรรทุกเปิดออกกว้างไปกดเครื่องสั่น จะทำให้ใช้ระยะเวลาในการลงวัตถุบิดนานมากยิ่งขึ้น	<b>10 การกระทำล่วงหน้า (Prior Action)</b> 35 การแปลงคุณสมบัติ (Transforming physical or chemical states) 20 ความต่อเนื่องของการกระทำที่เป็นประโยชน์ (Continuity of useful action) 28 เปลี่ยนทดแทนระบบเชิงกล (Replacement of a mechanical system)

จากการพิจารณาหลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์ งานวิจัยได้เลือกหลักการที่ 10 การกระทำล่วงหน้า เพื่อติดตั้งอุปกรณ์ช่วยในการป้องกันฝาท้ายของรถขนส่งวัตถุอันตรายไม่ให้ไปโดนเครื่องสัน เป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาพนักงานขับรถขนส่งวัตถุอันตรายยกคัมพ์ความสูงไม่เหมาะสม โดยติดตั้งลิมิตสวิตช์เพื่อใช้ในการควบคุมความสูงในการยกคัมพ์ของรถขนส่งวัตถุอันตรายเพื่อป้องกันวัตถุอันตรายไหลลงมากเกินส่งผลให้ฝาท้ายไปโดนเครื่องสัน ด้วยการนำรถบรรทุกแต่ละคันมาทำการจอดเทียบที่ด้านหน้าหลุมรับวัตถุอันตราย จากนั้นค่อย ๆ ยกคัมพ์ขึ้นโดยที่ระยะการเปิดของฝาท้ายยังไม่โดนเครื่องสัน แล้วจึงทำการล็อกระยะความสูงด้วยลิมิตสวิตช์เมื่อยกคัมพ์ได้ระยะสูงสุดโดยที่ฝาท้ายของรถบรรทุกยังไม่โดนเครื่องสัน และยังได้ติดตั้งโซ่คล้องฝาท้ายรถบรรทุก เพื่อป้องกันฝาท้ายไม่ให้เปิดออกกว้างไปกดเครื่องสันด้วย ส่งผลให้พนักงานขับรถขนส่งวัตถุอันตรายสามารถยกคัมพ์ได้ตามความสูงที่กำหนดไว้ ทำให้วัตถุอันตรายมีอัตราการไหลผ่านตะแกรงได้รวดเร็วยิ่งขึ้นมากกว่าเดิมที่ต้องค่อย ๆ ยกคัมพ์ขึ้นเพื่อลงวัตถุอันตราย ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการลงวัตถุอันตรายลดลง ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 สภาพก่อนและหลังการติดตั้งลิมิตสวิตช์พร้อมกับโซ่ยึดฝาท้ายรถบรรทุก

ก่อนการแก้ไข	หลังการแก้ไข
	
<p>คำอธิบาย</p> <p>สภาพเดิมรถขนส่งวัตถุอันตรายไม่มีการติดตั้งลิมิตสวิตช์ และโซ่ยึดฝาท้าย</p>	<p>คำอธิบาย</p> <p>ติดตั้งลิมิตสวิตช์เพื่อใช้ในการควบคุมความสูงในการยกคัมพ์ของรถขนส่งวัตถุอันตราย และติดตั้งโซ่เพื่อป้องกันฝาท้ายเปิดออกกว้างไปกดเครื่องสัน</p>

## การกำหนดมาตรฐาน

ทางผู้วิจัยจึงได้นำทฤษฎีการบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) มาประยุกต์ใช้ดำเนินการในกรณีศึกษา เพื่อใช้ในการกำหนดเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน เพื่อช่วยลดความถี่ในการเกิดปัญหาเครื่องจักรรวมถึงช่วยลดความเสี่ยงที่จะสามารถเกิดอุบัติเหตุ และยังสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ โดยนำเสาหลักของการบำรุงรักษาทีผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) จำนวน 3 เสาหลักมาใช้ในการดำเนินงานดังนี้

### 1. การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง (Focus improvement)

เพื่อลดความสูญเสียในด้านต้นทุนของหน่วยงาน จึงทำการปรับปรุงปัญหาการซ่อมตัว ตะแกรง และช่อมฐานเครื่องสั่นบนตะแกรงที่มีความถี่ในการซ่อมสูงสุด โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการ แก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) ตามที่ได้กล่าวไปข้างต้น สามารถสรุปหัวข้อการแก้ไข ปัญหา ได้ทั้งหมด 5 หัวข้อดังนี้

- 1.1 เปลี่ยนรูปแบบตัวตะแกรงในหลุมวัตถุดิบจากทรงกลมเป็นสี่เหลี่ยมและแบ่ง ตะแกรงออกเป็นส่วนย่อย
- 1.2 ย้ายตำแหน่งเครื่องสั่นมาอยู่ตรงกลางและติดตั้งแผ่นเหล็กกันกระแทก โดย เปลี่ยนรูปแบบเครื่องสั่นจาก จำนวน 2 เครื่องเป็น 1 เครื่อง
- 1.3 ติดตั้งไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซ็นเซอร์ และติดตั้ง Timer
- 1.4 เปลี่ยนเสาค้ำใต้ตัวตะแกรงเหล็กเป็นสปริง
- 1.5 ติดตั้งลิมิตสวิทช์เพื่อใช้ในการควบคุมความสูงในการยกคัมพ์และติดตั้งโซ่ที่ฝา ท้ายของรถขนส่งวัตถุดิบ

### 2. การบำรุงรักษาด้วยตนเอง (Autonomous maintenance)

เพื่อช่วยยืดอายุการทำงานของเครื่องจักร จึงกำหนดหัวข้อการบำรุงรักษาด้วยตัวเอง 2 ข้อ ดังนี้

- 2.1 กำหนดให้พนักงานผู้ปฏิบัติงานทำความสะอาดตัวตะแกรง รวมถึงการตรวจสอบ ชิ้นส่วนตะแกรง, ระบบเซ็นเซอร์ และโซ่คล้องฝาท้ายของรถบรรทุก ว่ามีการชำรุดเสียหายหรือไม่ โดยมีความถี่ทุกวันก่อนทำการลงวัตถุดิบ
- 2.2 บ่งชี้สิ่งที่ผิดปกติหลังจากทำความสะอาดตัวตะแกรงโดยตรวจสอบตัวตะแกรง หากพบสิ่งผิดปกติให้ประเมินว่าสามารถซ่อมแซมเองเบื้องต้นได้หรือไม่ หากไม่สามารถซ่อมแซม เองได้ให้ทำการแจ้งช่างซ่อมบำรุง เพื่อทำการซ่อมแซมในทันที และเมื่อซ่อมแซมเสร็จจึงสามารถ ลงวัตถุดิบได้

### 3. การให้การศึกษา และฝึกอบรม (Training and education)

เพื่อให้เกิดมาตรฐาน ในการทำงาน ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย จึงได้เพิ่มทักษะของ ผู้ปฏิบัติงาน 2 ข้อดังนี้

3.1 จัดทำคู่มือปฏิบัติงาน และจัดการฝึกอบรมทั้งพนักงานเกี่ยวข้องทั้งหมด ให้มีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการดูแลรักษาอุปกรณ์การลำเลียงวัตถุดิบอย่างถูกต้อง เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานเครื่องจักร

3.2 กำหนดหัวข้อความสามารถพื้นฐานในการปฏิบัติงานกับเครื่องจักรดังกล่าว ลงในแบบกำหนดความสามารถและประเมินผลของพนักงาน (Competency) โดยทำการประเมินผลของพนักงานตามความถี่ปีละครั้ง เพื่อเป็นการติดตามทักษะและความสามารถของพนักงานว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่องนี้มีจุดประสงค์หลักเพื่อแก้ไขปัญหาการซ่อมบำรุงตะแกรงในการลำเลียงวัตถุดิบ ให้มีอายุการใช้งานนานขึ้น และเพื่อสร้างมาตรฐานระบบการซ่อมบำรุงตะแกรงในการลำเลียงวัตถุดิบ ส่งผลทำให้สามารถป้องกันวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตได้อย่างต่อเนื่องไม่ขาดช่วง ไม่ก่อให้เกิดปัญหากระบวนการผลิตหยุดชะงักหรือลดปริมาณการผลิต ซึ่งสามารถตอบสนองตามนโยบายของบริษัททั้งในด้านลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง และช่วยลดอุบัติเหตุของพนักงานที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน โดยช่วยให้พนักงานมีความปลอดภัยในการทำงานเพิ่มขึ้น ทางผู้วิจัยได้ดำเนินกิจกรรมปรับปรุงการซ่อมบำรุงสายการลำเลียงวัตถุดิบร่วมกับบริษัทในกรณีศึกษา โดยเริ่มจากสำรวจสภาพปัจจุบัน การค้นหาปัญหา การกำหนดเป้าหมาย การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหา ตลอดจนการสร้างระบบมาตรฐานขึ้นมาเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำ

ในการค้นหาปัญหาได้ใช้แผนภูมิพาเรโตในการจัดลำดับข้อมูลความถี่ในการซ่อมสายการลำเลียงวัตถุดิบที่มีความถี่ในการซ่อมบำรุงสูงสุด จากนั้นใช้หลักการ Why-Why analysis และ 3GEN ในการวิเคราะห์ปัญหา และกำหนดแนวทางการแก้ไข โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) เพื่อดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาในแต่ละสาเหตุ จากนั้นนำทฤษฎีการบำรุงรักษาที่วิเศษแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานเพื่อให้กิจกรรมการปรับปรุงสามารถบรรลุเป้าหมายตามที่วางไว้

#### สรุปผลการวิจัย

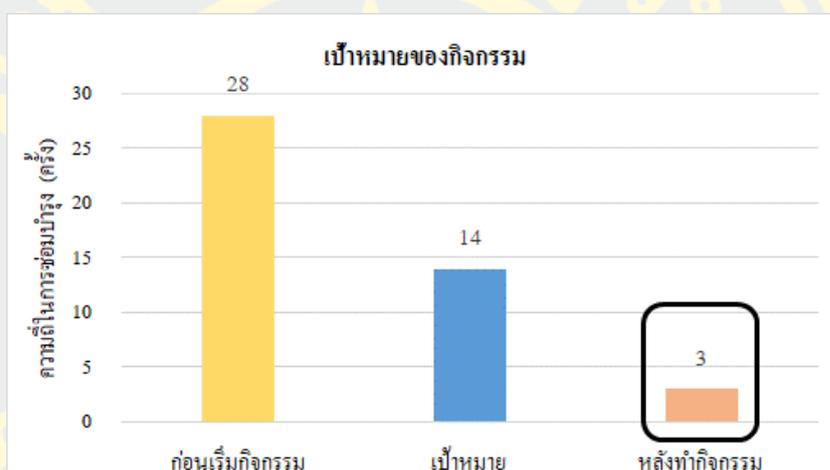
1. จากการสำรวจสภาพปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา โดยการใช้แผนภูมิพาเรโตในการจัดลำดับข้อมูลความถี่พบว่าสายการลำเลียงที่ 2 มีความถี่ในการซ่อมอุปกรณ์สูงเป็นอันดับหนึ่ง จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์เพื่อแยกलगรายละเอียดการซ่อมอุปกรณ์แต่ละประเภทที่เกิดขึ้น โดยพบว่าลักษณะของการซ่อมอุปกรณ์มีทั้งหมด 3 ประเภท โดยการซ่อมตัวตะแกรงมีความถี่ในการซ่อมมากเป็นอันดับหนึ่ง คือ 28 ครั้ง อันดับสองคือการซ่อมฐานเครื่องสั่นด้านข้างมีความถี่ในการซ่อม 1 ครั้ง และอันดับสามคือการซ่อมขอบตะแกรงมีความถี่ในการซ่อม 1 ครั้ง ซึ่งทางผู้วิจัยได้เลือกการซ่อมตัวตะแกรงมาดำเนินในกิจกรรมการแก้ไขปัญหา

2. การแก้ไขปัญหาการซ่อมตัวตะแกรงและสรุปผลการปรับปรุง โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้ Why-Why analysis และ 3 GEN สำหรับค้นหารากเหง้าของปัญหา และสาเหตุที่เกิดขึ้น จากนั้นได้กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาจำนวน 5 หัวข้อ โดยประยุกต์ใช้ TRIZ เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในอุปกรณ์ในการลำเลียงวัตถุดิบ เพื่อช่วยยืดระยะเวลาการซ่อมบำรุง และกำหนดมาตรฐานด้วยการบำรุงรักษาทีละคนทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) โดยประยุกต์ใช้ 3 เสาหลัก ได้แก่ เสาที่ 1 การปรับปรุงเฉพาะเรื่อง เสาที่ 2 การบำรุงรักษาด้วยตนเอง และเสาที่ 4 การให้การศึกษาและการฝึกอบรม โดยสามารถสรุปผลและเปรียบเทียบความถี่ในการซ่อมก่อนและหลังปรับปรุงกิจกรรม ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 สรุปผลและเปรียบเทียบความถี่ในการซ่อมก่อนและหลังปรับปรุงกิจกรรม

ปัญหา	สาเหตุ	การแก้ไขปัญหา	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
	รูปแบบของตัวตะแกรงไม่เหมาะสม	เปลี่ยนตัวตะแกรงในหลุมรับวัตถุดิบเป็นรูปแบบ Square – Straight Center และแบ่งตัวตะแกรงออกเป็นแผ่นย่อย ๆ		
	ตำแหน่งของเครื่องสั่นไม่เหมาะสม	ย้ายตำแหน่งของเครื่องสั่นมาอยู่บริเวณตรงกลางของหลุมรับวัตถุดิบและติดแผ่นเหล็กที่ด้านหน้า และลดจำนวนเครื่องสั่นเหลือ 1 เครื่อง		
การซ่อมตัวตะแกรง	พนักงานขนส่งวัตถุดิบลืมปิดเครื่องสั่น	ติดตั้งไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซ็นเซอร์โดยเมื่อรถเคลื่อนตัวออกไปเครื่องสั่นก็จะหยุดทำงาน และติดตั้ง Timer เพื่อตั้งเวลาให้เครื่องสั่นหยุดพัก	28 ครั้ง	3 ครั้ง
	ตัวตะแกรงเชื่อมติดกับเสาค้ำโครงสร้างหลุมรับวัตถุดิบ	เปลี่ยนเสาค้ำได้ตัวตะแกรงจากเสาเหล็กเป็นสปริงค่า $K = 115.5 \text{ N/mm}$ ทั้งหมด 9 ตำแหน่ง		
	พนักงานขับรถยกตั้มพ์ความสูงไม่เหมาะสม	ติดตั้งลิมิตสวิตช์เพื่อกำหนดความสูงในการยกตั้มพ์ และติดตั้งโซ่เพื่อป้องกันฝาท้ายเปิดออกกว้าง		

3. จากผลการวิจัยข้างต้นซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้หลักการทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) เพื่อปรับเปลี่ยนการออกแบบตัวตะแกรง และหลักการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (TPM) เพื่อใช้กำหนดเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน โดยทำการคำนวณหาค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุด (MTBF) ค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุง (MTTR) เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงพบว่าผลการปรับปรุงพบว่าความถี่ในการซ่อมบำรุงตะแกรงในช่วงเดือนพฤษภาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 ลดลงเหลือ 3 ครั้ง คิดเป็น 6 ครั้งต่อปีโดยประมาณ สำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ต่ำกว่า 14 ครั้งต่อปี โดยสามารถแสดงเป็นกราฟ ดังภาพที่ 16



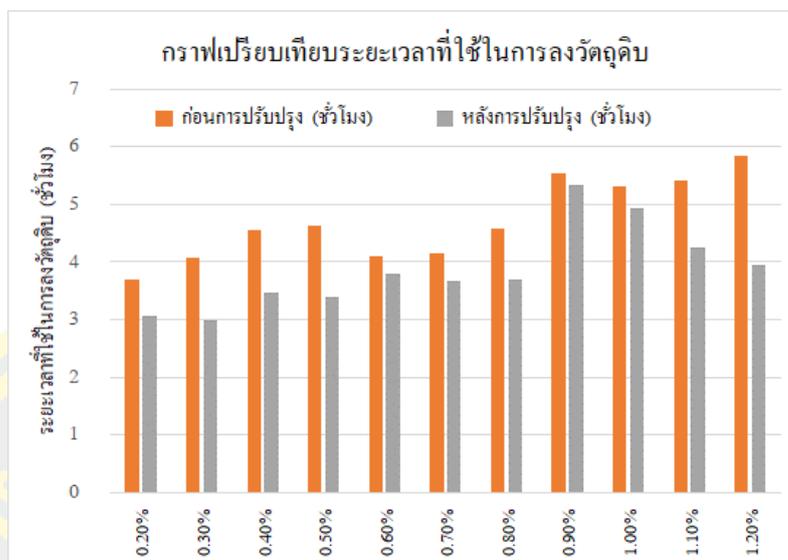
ภาพที่ 16 กราฟแสดงผลการในการดำเนินกิจกรรมเทียบกับเป้าหมาย

ค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดสูงขึ้นจากเดิม 171.67 ชั่วโมง เป็น 1,055.91 ชั่วโมง และค่าระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมบำรุงลดลงจากเดิม 3.04 ชั่วโมง เป็น 2.55 ชั่วโมง จากงานวิจัยนี้ จะเห็นได้ว่าหลักการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงอุปกรณ์ลำเลียงวัสดุดิบ โดยสามารถลดความถี่ในการซ่อมบำรุงได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบค่าระยะเวลาเฉลี่ยระหว่างการชำรุดขัดข้อง (MTBF) และค่าระยะเวลาเฉลี่ย (MTTR) ก่อนและหลังการดำเนินกิจกรรม

เครื่องจักร	เปรียบเทียบก่อน-หลังปรับปรุง				
	เวลาทำงาน (ชั่วโมง)	เวลาซ่อม (ชั่วโมง)	ชำรุด (ครั้ง)	MTBF (ชั่วโมง)	MTTR (ชั่วโมง)
ตัวตะแกรง (ก่อนปรับปรุง)	4806.61	85.08	28	171.67	3.04
ตัวตะแกรง (หลังปรับปรุง)	3167.73	7.65	3	1055.91	2.55

4. ประโยชน์ที่ได้หลังจากทำการปรับปรุงกิจกรรมนี้คือสามารถลดระยะเวลาการลงวัตถุดิบ ส่งผลทำให้ลำเลียงวัตถุดิบได้เพียงพอต่อการใช้งานไม่ขาดช่วง อีกทั้งยังช่วยลดการปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ โดยวัตถุดิบเมื่อมีความชื้นสูงขึ้นจะส่งผลทำให้ใช้ระยะเวลาในการลงวัตถุดิบนานขึ้น ซึ่งผลที่ได้หลังจากปรับปรุงกิจกรรมนี้คือสามารถลดระยะเวลาในการลงวัตถุดิบได้ในทุกช่วงของความชื้น โดยเฉพาะวัตถุดิบที่อยู่ในช่วงความชื้น 1.2% สามารถลดระยะเวลาการลงวัตถุดิบไปได้ถึง 32.69% แสดงผลการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการลงวัตถุดิบสำหรับก่อน-หลังปรับปรุงกิจกรรมในแต่ละช่วงของความชื้นเป็นกราฟ ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการลงวัตถุดิบสำหรับก่อน-หลังปรับปรุงกิจกรรมในแต่ละช่วงของความชื้น

### อภิปรายผล

จากผลการวิจัยมีหัวข้อที่น่าสนใจนำมาอภิปรายผล ดังนี้

1. การใช้หลักการ Why-Why Analysis ร่วมกับ 3 GEN เพื่อสำรวจหน้างานจริง จะช่วยให้เกิดความเข้าใจในสภาพของปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างแท้จริงและสามารถกำหนดแนวทางป้องกันแก้ไขได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์เพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหาและผลกระทบในเชิงปริมาณนั้นสามารถประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) แทนเทคนิค Why-Why Analysis ได้

2. ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) สามารถนำมาประยุกต์เพื่อแก้ปัญหากระบวนการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจาก TRIZ จะช่วยนำเสนอแนวทางที่เหมาะสมสำหรับประดิษฐ์กรรมและกระบวนการผลิต ในกรณีที่มีข้อจำกัดหรือความขัดแย้งเกิดขึ้นในพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ TRIZ นั้น ผู้วิจัยหรือผู้ใช้งานจะต้องมีความเข้าใจ มีประสบการณ์ในงานและปัญหาที่ประสบเป็นอย่างดี พร้อมกันนั้นต้องมีความเข้าใจในพารามิเตอร์ 39 ข้อ และ Interventive Solution 40 ข้อ อย่างถ่องแท้ ตลอดจนมีจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการขยายความและนำข้อกำหนดใน TRIZ ไปใช้ให้เหมาะสมกับปัญหาได้ดีที่สุด

### ข้อเสนอแนะ

1. ทางผู้วิจัยได้ทำกิจกรรมการลดความถี่ในการซ่อมอุปกรณ์ของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2 เท่านั้น ซึ่งยังสามารถนำไปขยายผลใช้ปรับปรุงสายการลำเลียงอื่นได้

2. การแก้ไขปัญหาอุปกรณ์การลำเลียงวัตถุดิบในงานวิจัยนี้ เน้นการปรับใช้อุปกรณ์เก่าที่โรงงานมีอยู่เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในอุปกรณ์ งานวิจัยจึงไม่ได้นำเสนอต้นทุนที่เกิดขึ้นในการปรับปรุง อย่างไรก็ตามถ้ามีการออกแบบระบบใหม่ และไม่มีข้อจำกัดเรื่องการใช้อุปกรณ์ใหม่ คาดว่าจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์การลำเลียงวัตถุดิบ และระบบการซ่อมบำรุงได้มากยิ่งขึ้น



บรรณานุกรม



## บรรณานุกรม

- เกวที วรรณัท. (2564). การเพิ่มอัตราคุณภาพสินค้าดีของกระบวนการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ชนิดสั้น [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD). <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/5524>
- จุไรรัตน์ ลาภุติ. (2559). การลดของเสียในกระบวนการผลิตสวิตช์ควบคุมกระแสไฟฟ้า ด้วยกิจกรรมกลุ่มทวิซซี [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. Burapha University Intellectual Repository (BUUIR). <https://buuir.buu.ac.th/handle/1234567890/11753>
- ณัฐ์นิรันธน์ พันธุมจินดา. (2551). การพัฒนาโปรแกรมสำหรับทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). <https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/36031>
- ณัฐวีร์ พงศ์อาจารย์. (2552). การคิดค้นและแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์กรรมด้วย TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving). [http://www.aetf.academy.online.fr/paper%20\\_submit/05-Nathawee.doc](http://www.aetf.academy.online.fr/paper%20_submit/05-Nathawee.doc)
- ชนะรัตน์ รัตนกุล. (2560). การบำรุงรักษาวิวัฒนาการแบบทุกคนมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมเหล็กรูปพรรณ. *Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal* 2560, 50 – 62.
- ธีระพงษ์ ส้าราญ. (2558). การลดของเสียของเหล็กหล่อเหนียวประเภทขนาดผิครูปและทรายตกในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). <https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/50333>
- ปิยวรรณ ปราณิ. (2561). การออกแบบระบบเก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูลลูกค้าที่ซื้อรถยนต์ใหม่ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD). <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/3451/>

- พัชรา วงศ์คำผา. (2561). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยการคิดเชิงออกแบบร่วมกับหลักการสอนแบบทริซ เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมของนิสิตนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ระดับปริญญาบัณฑิต [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD). <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/2955/>
- วิชัย คลังทอง. (2557, 24 ธันวาคม). การพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์และทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม (TRIZ). ENGINEERING KHONKAEN UNIVERSITY. <https://www.en.kku.ac.th/web/wp-content/uploads/204%20หัวข้อการคิดสร้างสรรค์และtriz.pdf>
- ศิริพร วันพันธ์. (2555, 2 กุมภาพันธ์). การบำรุงรักษาเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน (ตอนที่ 1). thailandindustry.com. [http://www.thailandindustry.com/indust\\_newweb/articles\\_preview.php?cid=16288](http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/articles_preview.php?cid=16288).
- สุต้นตรา แซ่จิว. (2554). การลดของเสียประเภทรอยขีดข่วนในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). <https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/31509>
- สิทธิโชค พัชรเดช, ทศพร อศวรัมย์ และณัฐวดี จันทร์ทอง (2558). การออกแบบชุดวางเอกสารสำหรับใช้งานร่วมกับ Notebook โดยใช้เทคนิค TRIZ และหลักการยศาสตร์. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 12. (น. 353-361)
- Chantrasa, R., Phontri, C., & Louangsinsiri, V. (2016). Integration of value engineering and theory of inventive problem solving (TRIZ) for increasing the value of industrial products: case study of air-conditioner. *KKU Engineering Journal*, 43(S2), 254 – 258.
- Savransky, S.D. (2000). *Engineering of creativity: introduction to Triz methodology of inventive problem solving*. Boca Raton, USA: CRC.
- Ekmekci, I., & Koksai, M. (2015). Triz Methodology and an Application Example for Product Development. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 195, 2689 – 2698.



ภาคผนวก



**ภาคผนวก ก**

คุณสมบัติ 39 อย่าง, หลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น และ  
ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้งเชิงเทคนิค

### คุณสมบัติ 39 อย่าง

1. น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (Weight of moving object)
2. น้ำหนักของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ (Weight of nonmoving object)
3. ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (Length of moving object)
4. ความยาวของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ (Length of nonmoving object)
5. พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (Area of moving object)
6. พื้นที่ของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ (Area of nonmoving object)
7. ปริมาตรของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (Volume of moving object)
8. ปริมาตรของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ (Volume of nonmoving object)
9. ความเร็ว (Speed)
10. แรง (Force)
11. แรงดึง แรงดัน (Tension, pressure)
12. รูปร่าง (Shape)
13. เสถียรภาพของวัตถุ (Stability of object)
14. ความแข็งแรง (Strength)
15. ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (Durability of moving object)
16. ความทนทานของวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ (Durability of nonmoving object)
17. อุณหภูมิ (Temperature)
18. ความสว่าง (Brightness)
19. พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (Energy spent by moving object)
20. พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งไม่เคลื่อนที่ (Energy spent by nonmoving object)
21. กำลัง (Power)
22. การสูญเสียไปของพลังงาน (Waste of energy)
23. การสูญเสียไปของสสาร (Waste of substance)
24. การสูญเสียไปของข้อมูล (Loss of information)
25. การสูญเสียไปของเวลา (Waste of time)

26. จำนวนของสสาร (Amount of substance)
27. ความน่าเชื่อถือ (Reliability)
28. ความแม่นยำของการวัด (Accuracy of measurement)
29. ความแม่นยำของการผลิต (Accuracy of manufacturing)
30. ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุ (Harmful factors acting on object)
31. ปัจจัยอันตรายที่ตามมา (Harmful side effects)
32. ความสามารถในการผลิต (Manufacturability)
33. ความสะดวกในการใช้ (Convenience of use)
34. ความสะดวกในการซ่อมแซม (Repairability)
35. ความสามารถในการปรับตัวได้ (Adaptability)
36. ความซับซ้อนของอุปกรณ์ (Complexity of device)
37. ความซับซ้อนของการควบคุม (Complexity of control)
38. ระดับของความอัตโนมัติ (Level of automation)
39. ผลผลิตภาพ (Productivity)

### หลักการ 40 ข้อในการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น

หลักการ (Principle)	ตัวอย่าง
1. การแบ่งออกเป็นส่วนๆ ทำเป็นส่วนย่อย (Segmentation)	ประแจบล็อก เลนส์กล้องถ่ายรูป
2. การสกัดออก การแยกออก (Extraction)	เครื่องปรับอากาศแยกคอมเพรสเซอร์ไปนอกอาคาร คอยล์เย็นอยู่ข้างในอาคาร
3. คุณสมบัติประจำตัว (Local Quality)	การเคลือบผิวเพื่อป้องกันการสึกกร่อนหรือไม่ทำให้ติดผิว
4. ความไม่สมมาตร (Asymmetry)	ปรับเปลี่ยนพื้นผิวปีกเครื่องบินเพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติการยกตัว
5. การรวมเข้าด้วยกัน (Combination)	รถเกี้ยวและนวดข้าว
6. การใช้งานหลากหลายวัตถุประสงค์ (Universality)	สวิทช์ไฟห้องน้ำพร้อมเปิดพัดลมระบายอากาศ
7. การซ้อนกันเป็นชั้นๆ (Nesting)	ตลับเทปวอร์ชะ
8. การคานน้ำหนักกัน (Counterweight)	เรือคายัคมีโพงอัดข้างใน
9. การกระทำต่อต้านล่วงหน้า (Prior Counteraction)	การทาสีกันแดด, การฉีดวัคซีน
10. การกระทำล่วงหน้า (Prior Action)	การฆ่าเชื้อในเครื่องมือแพทย์
11. การป้องกันล่วงหน้า (Cushion in Advance)	เสื้อชูชีพในเรือ
12. ใช้พลังงานสัปดาห์เท่ากัน (Equipotentiality)	หลุมเปลี่ยนน้ำมันเครื่อง
13. ทำกลับทิศทาง (กลับหัวกลับหาง) Inversion)	ทดสอบรั้วด้วยการอัดความดันจุ่มลงในน้ำ
14. ความเป็นทรงกลม (Spheroidality)	การปรับความนูนของเลนส์เปลี่ยนคุณสมบัติรับแสง
15. ความเป็นพลวัต (Dynamicity)	เก้าอี้พับเก็บได้

หลักการ (Principle)	ตัวอย่าง
16. การทำกริยาเป็นบางส่วนหรือมากเกินไป (Partial or excessive action)	การพนสิรดโดยใช้ลม
17. เปลี่ยนไปสู่มิติใหม่ (Moving to a new dimension)	การวางซ้อนตู้คอนเทนเนอร์
18. การสั่นสะเทือนเชิงกล (Mechanical vibration)	การเขย่ากระป๋องสีก่อนใช้งาน
19. การกระทำเป็นจังหวะ (Periodic action)	การใช้เสียงไซเรนของรถฉุกเฉิน
20. ความต่อเนื่องของการกระทำที่เป็นประโยชน์ (Continuity of useful action)	การประกอบรถยนต์ในสายพานเคลื่อนที่
21. การกระทำอย่างว่องไว (Rushing through)	การเจียรนัย, การตัดเฉือนโลหะ
22. เปลี่ยนอันตรายให้เป็นประโยชน์ (Convert harm into benefit)	การผลิตไฟฟ้าจากคลื่น, ลม
23. การป้อนกลับ (Feedback)	การตั้งค่าให้ปั้มน้ำทำงานเมื่อระดับน้ำต่ำเกินกว่าระดับที่กำหนดไว้
24. ใช้ตัวกลาง (Mediator)	น้ำมันเกียร์, น้ำมันอน้ำ, น้ำยาเครื่องปรับอากาศ
25. การช่วยตัวเอง (Self-service)	ยางรถยนต์ที่มีคุณสมบัติสามารถซ่อมแซมตัวเองได้
26. การลอกแบบ (Copying)	เครื่องถ่ายเอกสาร
27. ใช้แล้วทิ้ง (Inexpensive short life)	จานกระดาษ, ซ้อนพลาสติก
28. เปลี่ยนทดแทนระบบเชิงกล (Replacement of a mechanical system)	กาวประสานรอยแผล
29. ใช้ระบบควบคุมด้วยลมอัดหรือน้ำมันอัด (Use pneumatic or hydraulic systems)	การใช้ถุงลมกันกระแทกเพื่อป้องกันพัสดุเสียหายในระหว่างการขนส่ง
30. แผ่นฟิล์มยืดหยุ่นหรือแผ่นเยื่อบาง (Flexible film or thin membranes)	ฟิล์มห่ออาหาร
31. ใช้วัสดุที่เป็นรูพรุน (Use of porous materials)	ไส้กรอง

หลักการ (Principle)	ตัวอย่าง
32. การเปลี่ยนสี (Changing the color)	การวัดอุณหภูมิแบบแถบสี
33. ความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity)	Bolt และ Nut ต้องเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน
34. คัดชิ้นส่วนออกและฟื้นฟูสภาพชิ้นส่วน (Rejecting and regenerating parts)	จรวดขนส่งที่ถูกปล่อยทิ้งหลังจากส่งยานอวกาศขึ้นสู่อวกาศ
35. การแปลงคุณสมบัติ (Transforming physical or chemical states)	หม้อหุงข้าวแบบปรับแรงดัน
36. การเปลี่ยนสถานะ (Phase transition)	แผ่นความร้อนสำหรับแก้ปวด
37. การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Thermal expansion)	การขยายตัวของแอลกอฮอล์ในหลอดเทอร์โมมิเตอร์
38. เติมออกซิเจนอย่างรวดเร็ว (Accelerated Oxidation)	การเติม oxygen เพิ่มให้กับหัวเผาเพื่อปรับปรุงการเผาไหม้
39. สภาพแวดล้อมที่เฉื่อย (Inert environment)	บรรจุผักผลไม้ในช่องสุญญากาศ
40. วัสดุผสม (Composite materials)	เสื่อเกราะกันกระสุนที่ทำจากพอลิเมอร์คอมโพสิตที่สามารถลดพลังงานปะทะจากกระสุนและช่วยดูดซับพลังงาน แต่มีน้ำหนักเบา

## ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้งเชิงเทคนิค

Which properties of the system change for the worse ?	Which properties are to be improved?																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19												
	Weight of moving object	Weight of immobile object	Length of moving object	Length of immobile object	Area of moving object	Area of immobile object	Volume of moving object	Volume of immobile object	Speed	Force	Tension, Pressure	Shape	Stability of object	Strength	Durability of moving object	Durability of immobile object	Temperature	Illumination, Brightness	Energy spent by moving object												
1	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		29, 2, 40, 28		2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35		6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31												
2		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2		8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27		2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22	19, 32, 35	-												
3			+		15, 17, 4		7, 17, 4, 35		13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19		10, 15, 19	32	8, 35, 24												
4				+		17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14		28, 10	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26		1, 10, 35	3, 35, 38, 18	3, 25	-												
5					+		7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 29	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3		2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32												
6						+				1, 18, 35, 36, 37	10, 15, 36, 37	2, 38	40			2, 10, 19, 30	35, 39, 38		-												
7							+			29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4		34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35												
8								+		2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15		35, 34, 38	35, 6, 4		-												
9									+	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5		28, 30, 36, 2	10, 13, 8, 15, 35, 38	8, 15, 35, 38												
10										18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 21	35, 10, 21	19, 2		35, 10, 21	-	19, 17, 10												
11										36, 35, 21	+	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 40	19, 3, 27		35, 39, 19, 2	-	14, 24, 10, 37												
12										34, 18, 37, 40	35, 10, 14	34, 15, 10, 14	+	33, 1, 18, 4	30, 14, 14, 26, 9, 25		22, 14, 13, 32	13, 15, 2, 6, 34, 14													
13										10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	+	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	35, 1, 32	32, 3, 27, 16	13, 19												
14										9, 14, 17, 14	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 40	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	+	27, 3, 26	30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10												
15										3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10	+	19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18												
16										35, 34, 38				39, 3, 35, 23		+	19, 18, 36, 40		-												
17										2, 26, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	+	32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17												
18										10, 13, 19	26, 19, 6		32, 30	32, 3, 27	35, 19	2, 19, 6		32, 35, 19	+	32, 1, 19											
19										8, 35, 35	16, 26, 21, 2	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 16		19, 24, 3, 14	2, 15, 19	+												
20										36, 37			27, 4, 29, 18	35			19, 2, 35, 19	32, 35	-												
21										8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37					2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37												
22										15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13					1, 13, 32, 15		-												
23										35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24				19, 38, 7	1, 6, 13	35, 18, 24, 5												
24										10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16			10	19												
25										10, 20, 37, 35	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 10, 32, 18	2, 5, 34, 10, 32, 18			10, 37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 29, 3, 28, 18, 10, 16	20, 10, 28, 20, 10, 16	35, 29, 21, 18	1, 19, 26, 19, 18								
26										35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18	15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29		35, 29, 34, 28	35, 14, 3	10, 36, 14, 3	35, 14, 3	15, 2, 17, 40	14, 35, 40	14, 35, 40	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	3, 17, 39	34, 29, 16, 18				
27										3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 3, 10, 14, 24	2, 35, 24	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11	11, 28	2, 35, 3, 34, 27, 6, 40	3, 35, 10, 40	11, 32	21, 11, 27, 19						
28										32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6		28, 13, 32, 24	32, 2	6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 13	28, 6, 32	10, 26, 24	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 6, 32				
29										28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 23, 2	25, 10, 35	10, 28, 32	28, 19, 34, 36	3, 35	32, 30, 40	30, 18	3, 27	3, 27, 40		19, 26	3, 32	32, 2			
30										22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 34, 39, 19, 27	21, 22, 13, 35, 35, 28	13, 35, 39, 18	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 31	16, 22	24	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27		
31										19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22	17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 40	30, 18, 35, 4	35, 28, 1, 40	35, 12	2, 33, 27, 18	35, 1	35, 1	35, 1	35, 1	35, 1	35, 1	35, 1	35, 1	35, 1	35, 1		
32										28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 40	13, 29, 1, 40	35	35, 13, 8, 1	35, 12	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27	15, 34, 29, 29	1, 28, 13, 27	15, 34, 29, 29	1, 11, 13, 1	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1
33										25, 2, 13, 11	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12		1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 39, 31	18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12	15, 34, 29, 29	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	26, 27, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24	1, 13, 24		
34										2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 13, 32	16, 25	25, 2, 35, 11	1	34, 9	1, 11, 10	13	1, 13, 2, 4	2, 35	11, 1, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16			
35										1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29		35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 19	19, 35, 29, 13			
36										26, 30, 28, 13	2, 26, 35, 34, 36	24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16	34, 10, 28	26, 16	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19	2, 13, 28	10, 4, 28, 15		2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28			
37										27, 26, 18, 35	6, 13, 28, 35, 10	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31	3, 4, 16, 35	30, 28, 40, 19	37, 32	30, 28, 35, 36	27, 13, 1, 39	11, 22	27, 3, 15, 39, 29	19, 25	25, 34, 6, 35	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38		
38										28, 26, 18, 35	28, 26, 14, 13	17, 12, 23	23	17, 14, 13		35, 13, 16		28, 10	2, 35	13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1	25, 13	6, 9		26, 2, 19	8, 32, 19	2, 32, 13			
39										35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10, 2	35, 37, 10, 2		28, 15, 10, 36	10, 37, 14	14, 10	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10	35, 21	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19			

	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	Energy spent by immobile object	Power	Waste of energy	Waste of substance	Loss of Information	Waste of Time	Amount of substance	Reliability	Accuracy of measurement	Accuracy of manufacturing	Harmful factors acting on object	Harmful side effects	Manufacturability	Convenience of use	Repairability	Adaptability	Complexity of device	Complexity of control	Level of automation	Productivity
1	-	12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	1, 3, 11, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
2	18, 19, 28, 1	15, 19, 18, 15	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
3	-	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29	29, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
4		12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26	30, 29, 14		15, 29, 13	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18		15, 17, 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26		30, 14, 7, 26
5	-	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1	17, 2, 18, 28, 1	13, 1, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2
6		17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35	22, 1, 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7
7	-	35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	2, 6, 34, 10	29, 30, 7, 11	14, 1, 40, 1	26, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34
8		30, 6		10, 39, 35, 34		35, 16, 32, 18	35, 3	2, 35, 16	35, 10, 25	35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 4	35		1		1, 31	2, 17, 26		35, 37, 10, 2
9	-	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26		10, 19, 29, 38	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23	2, 24, 35, 21	35, 13, 8, 1	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	3, 28, 35, 37
10	1, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5		10, 37, 36	14, 29, 18, 36	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	10, 14, 35, 37
11		10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 3, 37	37, 36, 4		10, 14, 36	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37
12		4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5	14, 10, 34, 17		36, 22	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
13	27, 4, 29, 18	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40		35, 27	15, 32, 35		13	18	35, 24, 30, 18	35, 40, 27, 39	35, 19	32, 35, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3
14	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40		29, 3, 28, 10	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 25, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 25, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14
15		19, 10, 35, 38		28, 27, 3, 18	10	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 16, 22	21, 39, 33, 28	27, 1, 4	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19
16		16		27, 16, 18, 38	10	28, 20, 10, 16	3, 35, 31	34, 27, 6, 40	10, 26, 24		17, 1, 40, 33	22	35, 10	1	1	2		25, 34, 6, 35	1	20, 10, 16, 38
17		2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31		35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2	22, 35, 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	26, 2, 19, 16	15, 28, 35
18	32, 35, 1, 15	32	13, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1, 26, 17	1, 19		11, 15, 32	3, 32	15, 19	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 16, 10	2, 25, 16
19	-	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5		35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32		1, 35, 6, 27	2, 35, 6	28, 26, 30	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35
20	+			28, 27, 18, 31			3, 35, 31	10, 36, 23			10, 2, 22, 37	19, 22, 18	1, 4					19, 35, 16, 25		1, 6
21		+	10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19	35, 20, 10, 6	4, 34, 19	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2	2, 35, 18	26, 10, 34	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34
22		3, 38	+	35, 27, 2, 37	19, 10	10, 18, 32, 7	7, 18, 25	11, 10, 35	32		21, 22, 35, 2	21, 35, 2, 22		35, 32, 1	2, 19		7, 23	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35
23	28, 27, 12, 31	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31	+		15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 40	10, 1, 34, 29	15, 34, 33	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23
24		10, 19	19, 10		+	24, 26, 28, 32		10, 28, 23			22, 10, 1, 22		32	27, 22				35, 33	34	13, 23, 15
25	1	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 10, 39	35, 18, 24, 28	24, 26, 28, 32	+	35, 38, 18, 16	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30	
26	3, 35, 31	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35	35, 38, 18, 16	+	18, 3, 28, 40	13, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31	3, 35, 40, 39	29, 1, 35, 27	35, 29, 25, 10	15, 3, 29	3, 13, 27, 10	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27	
27	36, 23	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28	10, 30, 4	21, 28, 40, 3	+	32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40	35, 2, 40, 26		27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1	27, 40, 28	11, 13, 27	1, 95, 29, 38
28		3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28		24, 34, 28, 32	2, 6, 32	5, 11, 1, 27	+		28, 24, 22, 26	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32
29		32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24		32, 26, 28, 18	32, 30	11, 32, 1		+	26, 28, 10, 36	4, 17, 34, 26		1, 32, 35, 23	25, 10		26, 2, 18		26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39
30	10, 2, 22, 37	19, 22, 35, 2	21, 22, 19, 40	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	35, 18, 34	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	+		24, 35, 2	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 40	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24
31	19, 22, 18	2, 35, 18	21, 35, 2, 22	10, 1, 34	10, 21, 29	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26		+					19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39
32	1, 4	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24		1, 35, 12, 18		24, 2		+	2, 5, 13, 16	35, 1, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28
33		35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39		2, 5, 12	+	12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 26, 12, 17	1, 34, 12, 3	15, 1, 28	
34		15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27		32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 10, 2, 16		1, 35, 11, 10	1, 12, 26, 15	+	7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11	34, 35, 7, 13	1, 32, 10	
35		19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13		35, 28	3, 35, 15	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10		35, 11, 32, 31		1, 13, 31	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4	+	15, 29, 37, 28	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37
36		20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	6, 29	13, 3, 27, 10	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28	22, 19, 29, 40	19, 1	27, 26, 1, 13	27, 9, 26, 24	2, 5	1, 23, 15, 28, 37	+	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28
37	19, 35, 16	18, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28	22, 19, 29, 40	22, 19, 29, 40	2, 21	5, 28, 11, 29	2, 5	1, 23, 15, 28, 37	1, 15	15, 10, 37, 28	+	34, 21, 25	35, 18
38	28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33, 27, 22	35, 33	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 18, 23	28, 26, 18, 23	2, 33	2	1, 26, 13	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25	+	5, 12, 35, 26
39	1	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23		35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	1, 35, 10, 38	35, 22, 18, 39	35, 22, 18, 39	24	1, 28, 7, 10	1, 32, 10	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	5, 12, 35, 26	+	



ภาคผนวก ข  
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

## ขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2

บริษัทในกรณีศึกษา A		
แผนก :		
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เรื่อง : การปฏิบัติงานสำหรับสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2		
หมายเลขเอกสาร :		
ตำแหน่งงานที่รับผิดชอบ :		
อนุมัติโดย :		
ฉบับที่ :	วันที่ :	หน้า :
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รูปภาพประกอบ	อุปกรณ์
1. พนักงานขับรถส่งมอบเอกสารส่งของให้กับพนักงานกะ		
2. พนักงานกะตรวจสอบสภาพตะแกรง และอุปกรณ์ต่างๆบนหลุมรับวัตถุดิบ หากพบว่ามีอุปกรณ์ใดชำรุดให้พิจารณาว่าสามารถซ่อมเองชั่วคราวได้หรือไม่ ถ้าซ่อมเองไม่ได้ ให้แจ้งช่างเข้ามาซ่อมทันที โดยจะสามารถลงวัตถุดิบได้ หลังจากซ่อมเสร็จแล้วเท่านั้น หรือถ้าหากไม่พบปัญหาสามารถอนุญาตให้เข้ามาลงวัตถุดิบได้		
3. พนักงานขับรถถอยรถบรรทุกเข้าให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้อง ดึงเบรกมือก่อนลงจากรถบรรทุกแล้วใส่ที่รองล้อให้ครบ		ที่รองล้อ
4. พนักงานขับรถกดปุ่ม Start ที่ตู้ควบคุมบริเวณด้านท้ายรถ เพื่อเริ่มการทำงานของเครื่องสั้น		
5. พนักงานขับรถกดปุ่ม Conveyor Start ที่ตู้ควบคุมบริเวณด้านข้างของหลุมรับวัตถุดิบเพื่อเริ่มการทำงานของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2		
6. หลังลงวัตถุดิบหมดแล้วให้พนักงานขับรถกดปุ่ม Conveyor stop เพื่อหยุดการทำงานของสายการลำเลียงวัตถุดิบที่ 2		
7. พนักงานขับรถทำความสะอาดตะแกรง และรอบบริเวณหลุมรับวัตถุดิบ		ไม้กวาด
8. พนักงานขับรถปลดรองล้อและนำรถบรรทุกเปล่าออกจากลานโหลด		ที่รองล้อ

## ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	ปวีร์ ศรีวัฒนเมธานนท์
วัน เดือน ปี เกิด	1 มิถุนายน 2536
สถานที่เกิด	จันทบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	14 หมู่ 2 ต.ท่าหลวง อ.มะขาม จ.จันทบุรี รหัสไปรษณีย์ 22150
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

