การพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุในโรงงานผลิตสีแห่งหนึ่ง ตามหลักคาราคุริไคเซ็น

DEVELOPMENT OF MATERIAL HANDLING EQUIPMENT IN A PAINT FACTORY WITH KARAKURI KAIZEN PRINCIPLE

นางสาวพิชญา พวงพันธ์

MS. PICHAYA PUANGPHAN

นางสาวพิศมัย ชัยสิทธิ์

MS. PHISAMAI CHAIYASIT

นายวิษณ์ โอชิตพงศ์

MR. VIS OCHITPONG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF MATERIAL HANDLING EQUIPMENT IN A PAINT FACTORY WITH KARAKURI KAIZEN PRINCIPLE

MS. PICHAYA PUANGPHAN
MS. PHISAMAI CHAIYASIT
MR. VIS OCHITPONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุในโรงงานผลิตสีแห่งหนึ่งตามหลักคาราคุริไคเซ็น
DEVELOPMENT OF MATERIAL HANDLING EQUIPMENT IN A PAINT FACTORY WITH KARAKURI KAIZEN PRINCIPLE

นักศึกษา

นางสาวพิชญา	พวงพันธ์	รหัสนักศึกษา 61010736
นางสาวพิศมัย	ชัยสิทธิ์	รหัสนักศึกษา 61010757
นายวิษณ์	โอชิตพงศ์	รหัสนักศึกษา 61010984

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(ผศ.ดร.กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุในโรงงานผลิตสีแห่งหนึ่งตามหลักคาราคุริไคเซ็น
นักศึกษา	นางสาวพิชญา พวงพันธ์ นางสาวพิศมัย ชัยสิทธิ์ นายวิษณ์ โอชิตพงศ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข

บทคัดย่อ

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา พบว่า เกิดการเคลื่อนย้ายวัสดุจำนวนมากถึง 7 จุด ซึ่งการเคลื่อนย้ายวัสดุจัดเป็นกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่าแก่ผลิตภัณฑ์แต่จำเป็น หลักการคาราคุริ ไคเซ็น (Karakuri Kaizen) ได้ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ ในการออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุ หลักการคาราคุริไคเซ็นเป็นการใช้กลไกพื้นฐานมาสร้างกลไกการเคลื่อนที่กึ่งอัตโนมัติอย่างง่าย กรอบแนวคิดการออกแบบ คือ อุปกรณ์ต้องรับวัสดุจากชั้น 2 ลงมายังชั้น 1 และกลับขึ้นไปรอรับวัสดุที่ชั้น 2 อีกครั้ง มีการออกแบบอุปกรณ์ขึ้นมา 3 แบบ เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียและต้นทุน จากนั้นสร้างและทดสอบอุปกรณ์เคลื่อนย้าย สรุปว่ามีระยะทางในการเคลื่อนย้ายลดลง ร้อยละ 77.6 และใช้เวลาในการเคลื่อนย้ายลดลง ร้อยละ 89.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of Material Handling Equipment in a Paint Factory with Karakuri Kaizen Principle
Student	Ms. Pichaya Puangphan Ms. Phisamai Chaiyasit Mr. Vis Ochitpoing
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Acedemic Year	2021
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Kittiwat Sirikasemsuk

ABSTRACT

From the current condition of the case study factory, it was found that there were 7 materials handling points. Materials handling activity is generally a non-value-added (NVA) activity but necessary. The Karakuri Kaizen principal was used in this research to design the materials handling equipment. Karakuri Kaizen is a basic mechanism to create simple semi-automatic movements. The design concept is that a materials handling tool had to move materials from the second floor to the first floor and reverse to the second floor. The three models were designed. The advantages, weaknesses, and costs of the three models were compared to select only one suitable model. After that, we created and tested the materials handling tool. Finally, the distance was reduced by 77.60 percent and the time was reduced by 89.47 percent.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ผศ.ดร.กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์นี้เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และแนวทางในการดำเนินงานวิจัย อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับการทำงานวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนช่วยตรวจสอบและแก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ซึ่งประกอบด้วยเจ้าหน้าที่วิจัย นายกำธร สุขพิมาย และช่างเทคนิค นายสิทธิชัย บุญกิจ ที่คอยให้คำปรึกษาด้านการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ห้องปฏิบัติการ การแก้ไขปัญหาเชิงเทคนิคและเฝ้าดูแลความปลอดภัยอย่างใกล้ชิด ซึ่งทำให้การประดิษฐ์อุปกรณ์เคลื่อนย้ายเป็นไปอย่างราบรื่น

ขอขอบพระคุณ นายต่อพงษ์ โอชิตพงศ์ เจ้าของบริษัท โอซีพี จำกัด ที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับสร้างอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุ และพนักงานฝ่ายผลิตที่ให้ความร่วมมือให้ข้อมูลในการทำการศึกษา และขอขอบคุณทีมงานผู้วิจัยที่ร่วมมือดำเนินงานวิจัย แก้ปัญหาอย่างเต็มที่

ขอขอบพระคุณนายวิษณุ โอชิตพงศ์ นางสาวสาริศา ทรงกำพล และนายเวคิน เอี่ยมฤกษ์ชัย ที่ให้ความช่วยเหลือในกระบวนการการประดิษฐ์อุปกรณ์เคลื่อนย้าย ช่วยเหลือเรื่องการขนย้ายวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้การประดิษฐ์อุปกรณ์เคลื่อนย้าย ทำให้การประดิษฐ์สำเร็จลุล่วงได้ตามระยะเวลาที่กำหนด

ขอขอบคุณพระคุณคณาอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทวิชาจนมีทักษะ ความรู้ และสามารถทำปริญญานิพนธ์จนได้สำเร็จ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่น้อง เพื่อน และทุกคนในครอบครัวที่ช่วยเป็นกำลังใจ คอยสนับสนุนความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยเสมอมา

นางสาวพิชญา พวงพันธ์
นางสาวพิศมัย ชัยสิทธิ์
นายวิษณ์ โอชิตพงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตการศึกษาการวิจัย 3
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการขนถ่ายวัสดุ 5
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับคาราคุริ ไคเซ็น (Karakuri Kaizen) 6
2.3 ความรู้ทั่วไปด้านการจัดการวัสดุ 12
2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกลไกรอก 15
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

บทที่ 3 ศึกษาสภาพปัจจุบัน
3.1 ประวัติของบริษัทโอซีพี โพลีเทค จำกัด 23
3.2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ MEATA Bond Coat 24
3.3 กระบวนการผลิต 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

3.4 การศึกษาการเคลื่อนย้ายวัสดุและสภาพการทำงานปัจจุบันอย่างละเอียด..... 28
3.5 การกำหนดปัญหาที่เร่งด่วน 1 ปัญหา และดัชนีชี้วัด..... 37
3.6 การศึกษาการเคลื่อนย้ายสารปรับแต่งคุณสมบัติสี..... 39
3.7 การออกแบบชิ้นงานเบื้องต้นเพื่อชนะแรงเสียดทาน..... 41
3.7.1 แบบจำลอง 3 แบบ ที่ออกแบบและนำเสนอ..... 41
3.7.2 ออกแบบและการสร้างชิ้นงานแรก..... 44
บทที่ 4 การออกแบบและแก้ไขปัญหา
4.1 แนวคิดการออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้าย..... 52
4.2 การออกแบบและรายละเอียดเชิงโครงสร้าง..... 53
4.2.1 แผ่นลำเลียงวัสดุ..... 54
4.2.2 ล้อ..... 54
4.2.3 โครงเหล็ก..... 58
4.2.4 ระบบรอกและสปริง..... 58
4.2.5 การถ่วงน้ำหนัก..... 62
4.2.6 ระบบชะลอความเร็ว..... 65
4.3 วัสดุที่ใช้..... 67
4.4 ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน..... 68
4.5 การทดสอบชิ้นงานเพื่อชนะแรงเสียดทาน..... 80
4.5.1 วิธีทำการทดลอง..... 81
4.5.2 ผลการทดสอบ..... 83
4.6 การเปรียบเทียบสภาพก่อนและหลังการปรับปรุง..... 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย..... 86

5.2 คำเสนอแนะ..... 87

เอกสารอ้างอิง..... **88**

ภาคผนวก..... **91**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 14
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของสีเมต้าบอนด์โค๊ท (MEATA Bond Coat)..... 19
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดการเคลื่อนย้ายวัสดุ..... 31
ตารางที่ 3.3 รายละเอียดแบบสอบถามการเคลื่อนย้ายวัสดุ..... 33
ตารางที่ 3.4 ต้นทุนในการสร้างโดยประมาณชิ้นงานและข้อดี ข้อเสีย..... 39
ตารางที่ 4.1 รายละเอียดวัสดุ..... 62
ตารางที่ 4.2 ตารางความสัมพันธ์ของความสูงผู้ปฏิบัติงานกับความสูงของพื้นที่ปฏิบัติงานที่เหมาะสม..... 65
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองน้ำหนักถ่วงเพื่อนำแผ่นลำเลียงวัสดุขึ้น..... 78
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองน้ำหนักถ่วงเพื่อเคลื่อนย้ายวัสดุลง..... 78
ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายก่อน-หลังการปรับปรุง..... 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 ส่วนแบ่งการตลาดอุตสาหกรรมสีในประเทศไทย 3
รูปที่ 2.1 รอกเดี่ยวตายตัวหรือรอกเดี่ยวที่แขวนกับที่ 6
รูปที่ 2.2 รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ 6
รูปที่ 2.3 รอกพวงระบบที่ 1 รอกพวงระบบที่ 2 รอกพวงระบบที่ 3 7
รูปที่ 2.4 ตารางความสัมพันธ์ของความสูงผู้ปฏิบัติงานกับความสูงของพื้นที่ปฏิบัติงานที่เหมาะสม 8
รูปที่ 2.5 หลักการเคลื่อนที่ 8
รูปที่ 2.6 รอกเดี่ยวตายตัวหรือรอกเดี่ยวแขวนอยู่กับที่ 15
รูปที่ 2.7 รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ 15
รูปที่ 2.8 ชนิดของรอกพวง 16
รูปที่ 3.1 แผนภูมิแมโครของการผลิต (Macro Flowchart of Production) ของเมต้าบอนด์โค๊ท 27
รูปที่ 3.2 แผนภูมิกระบวนการอย่างสังเขป (Outline Process Chart) ของสีเมต้าบอนด์โค๊ท 30
รูปที่ 3.3 แผนผังการไหลและการเคลื่อนย้ายของวัตถุดิบ 31
รูปที่ 3.4 ลักษณะการเคลื่อนย้ายถังบรรจุในลูกศร A และ B 32
รูปที่ 3.5 ลักษณะการเคลื่อนย้ายถังบรรจุในลูกศร C 33
รูปที่ 3.6 ลักษณะการเคลื่อนย้ายถังบรรจุในลูกศร D 34
รูปที่ 3.7 ลักษณะการเคลื่อนย้ายถังบรรจุในลูกศร E 34
รูปที่ 3.8 ลักษณะการเคลื่อนย้ายถังบรรจุในลูกศร F 35
รูปที่ 3.9 ลักษณะการเคลื่อนย้ายถังบรรจุในลูกศร G 36
รูปที่ 3.10 ลักษณะการขนย้ายวัตถุดิบปรุงแต่คุณสมบัติสี 39
รูปที่ 3.11 บันไดที่ใช้ในการขนย้ายและสิ่งกีดขวาง 40
รูปที่ 3.12 แบบจำลองที่ 1 41
รูปที่ 3.13 แบบจำลองที่ 2 42
รูปที่ 3.14 แบบจำลองที่ 3 43
รูปที่ 3.15 แสดงแบบจำลอง 2.1 ที่ได้รับการออกแบบใหม่ 45
รูปที่ 3.16 แบบของชิ้นงาน Model 2.1 46
รูปที่ 3.17 การเชื่อมติดเสามั้ง 4 บริเวณจุดรับแผ่นลำเลียง 47
รูปที่ 3.18 การเชื่อมยึดส่วนบนของโครง 48
รูปที่ 3.19 ชิ้นงานหลังการเชื่อม 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.20 ลวดสลิงหุ้ม PVC ขนาด 2.5 มิลลิเมตร 49
รูปที่ 3.21 ลูกรอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร 49
รูปที่ 3.22 ชิ้นงานที่ 1 เสร็จสมบูรณ์ 50
รูปที่ 4.1 ภาพรวมการออกแบบชิ้นงาน 53
รูปที่ 4.2 แบบของโครงเหล็ก 55
รูปที่ 4.3 การติดตั้งแผ่นลำเลียงวัสดุเข้ากับโครงเหล็ก 56
รูปที่ 4.4 มุมมองด้านบนแผ่นลำเลียงวัสดุ 56
รูปที่ 4.5 การออกแบบแผ่นลำเลียงวัสดุ 57
รูปที่ 4.6 แบบ Drawing ของโครงเหล็ก 60
รูปที่ 4.7 ลูกรอก 61
รูปที่ 4.8 การออกแบบการถ่วงน้ำหนัก 64
รูปที่ 4.9 แบบของแผ่นเหล็กชะลอความเร็ว 66
รูปที่ 4.10 การติดตั้งระบบชะลอความเร็วเข้ากับโครงเหล็ก 66
รูปที่ 4.11 ขั้นตอนการตัดเหล็กตัวซี 68
รูปที่ 4.12 เหล็กตัวซีที่ตัดปลายส่วนเกินออก 68
รูปที่ 4.13 ขั้นตอนการวัดเหล็กตัวซี 69
รูปที่ 4.14 การเจาะรูเหล็กตัวซี 69
รูปที่ 4.15 ขั้นตอนการเจาะรูโครงเหล็ก 71
รูปที่ 4.16 เหล็กแผ่นบางพับฉาก 72
รูปที่ 4.17 แผ่นเหล็กบางยึดพื้นแผ่นลำเลียงวัสดุ 73
รูปที่ 4.18 การประกอบโครงไม้ด้านล่างเข้ากับแผ่นเหล็กบาง 74
รูปที่ 4.19 การประกอบโครงไม้กับแผ่นเหล็กบางพับฉาก 74
รูปที่ 4.20 การติดล้อเข้ากับเหล็กบางพับฉาก 75
รูปที่ 4.21 แผ่นลำเลียงวัสดุ 75
รูปที่ 4.22 การประกอบโครงเหล็กด้านล่าง 76
รูปที่ 4.23 การประกอบแผ่นลำเลียงเข้ากับโครงเหล็ก 76
รูปที่ 4.24 การประกอบโครงเหล็กด้านบน 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 4.25 การประกอบรางเก็บลูกตุ้ม 77
รูปที่ 4.26 การติดตั้งระบบชะลอความเร็ว..... 78
รูปที่ 4.27 ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์..... 79
รูปที่ 4.28 การชั่งน้ำหนักถังน้ำ..... 81
รูปที่ 4.29 เปลี่ยนน้ำหนักถ่วงเป็นถังน้ำ..... 81
รูปที่ 4.30 การชั่งน้ำหนักของที่ใช้ในการทดลอง..... 82
รูปที่ 4.31 การทดลองที่น้ำหนักถ่วงต่าง ๆ..... 82
รูปที่ 4.32 การเคลื่อนย้ายก่อนการปรับปรุง..... 84
รูปที่ 4.33 การเคลื่อนย้ายหลังการปรับปรุง..... 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

งานวิจัยเล่มนี้มีที่มาและความสำคัญในการดำเนินโครงการ วัตถุประสงค์ ขอบเขต วิธีการดำเนินงานวิจัยในการศึกษาโรงงานกรณีศึกษาในพื้นที่ปทุมธานี และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ แบ่งเป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

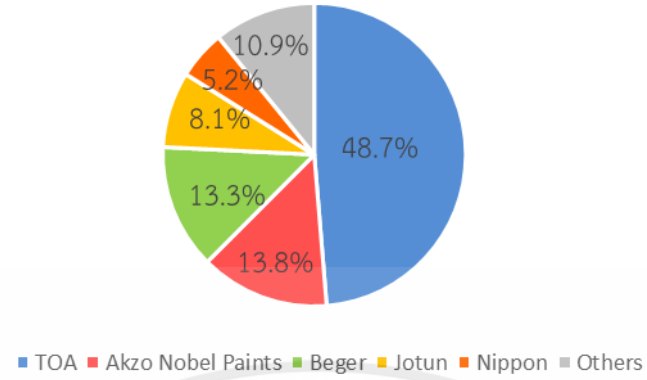
1. ที่มาและความสำคัญ
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย
3. ขอบเขตการศึกษาการวิจัย
4. วิธีการดำเนินการวิจัย
5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

สี (Paints) เป็นวัสดุที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันและเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและจำหน่ายในอุตสาหกรรมสี ได้แก่ สินค้าที่เกี่ยวข้องกับการทาสีบ้าน อาคาร โครงสร้าง ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้กับยานพาหนะ เป็นต้น ตลาดอุตสาหกรรมสีทาอาคารยังเติบโตได้สูง เนื่องจากการขยายตัวของพื้นที่เมือง ธุรกิจก่อสร้างและที่อยู่อาศัย ซึ่งสีในท้องตลาดมีมากมายหลายชนิดแบ่งแยกตามจุดประสงค์การใช้งาน การเลือกใช้สีต้องเลือกสีที่เหมาะสมกับจุดประสงค์การใช้งานเพื่อประโยชน์สูงสุดที่ได้รับ โดยประโยชน์หลักของสี คือ ปกป้องและป้องกันความเสียหายอันเกิดกับพื้นผิวของวัสดุต่าง ๆ ของอาคารจากการกัดกร่อนของธรรมชาติ การสัมผัสเช็ดถูขูดขีด และเรื่องของความสวยงาม

ภาวะการแข่งขันของตลาดสีในประเทศไทยเป็นธุรกิจที่ขยายตัวตามการเติบโตของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์และธุรกิจก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นบ้านจัดสรร คอนโดมิเนียม อาคารสำนักงาน โรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งงานก่อสร้าง และงานซ่อมแซม ปัจจัยหลักที่เป็นแรงผลักดันให้ธุรกิจสีทาอาคารเติบโตได้ในปัจจุบัน คือ พฤติกรรมของผู้บริโภคที่เริ่มเข้ามามีส่วนร่วมในการเลือกสีทาบ้านด้วยตนเองมากขึ้น นอกจากนี้ ผู้ประกอบการสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ รวมถึงเพิ่มศักยภาพในการผลิตให้ดียิ่งขึ้น รวมถึงการขยายฐานการผลิตและช่องทางการจัดจำหน่ายไปยังประเทศเพื่อนบ้านที่มีการเติบโตทางเศรษฐกิจสูง ข้อมูลจาก บจม.ที โอ เอ เพ้นท์ (ประเทศไทย) (2559) พบว่า ทีโอเอ (TOA) มีส่วนแบ่งการตลาดในอุตสาหกรรมสีทาอาคารมากที่สุดในประเทศไทยที่ 48.7% ส่วนแบ่งการตลาดอันดับสองอย่าง Akzo Nobel Paints ภายใต้แบรนด์ Delux ที่ 13.8% ส่วนคู่แข่งรายอื่น คือ Beger, Jotun, Nippon Paint มีส่วนแบ่งการตลาดที่ 13.3% 8.1% และ 5.2% ตามลำดับ ส่วนแบ่งการตลาดอุตสาหกรรมสีในประเทศไทยอธิบาย ดังรูปที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 ส่วนแบ่งการตลาดอุตสาหกรรมสีในประเทศไทย

(ที่มา : https://www.fnsyrus.com/uploads/research/210505TOA_Initial.pdf)

ส่วนในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ TOA มีส่วนแบ่งการตลาดที่ 13% ของอุตสาหกรรมสีและสารเคลือบผิว โดยมีคู่แข่งรายสำคัญคือ Akzo Nobel (ประเทศเนเธอร์แลนด์) Joton (ประเทศนอร์เวย์) และ Nippon Paint (ประเทศญี่ปุ่น)

ปัจจุบันมีการนำการเคลื่อนย้ายวัสดุ (Material Handling) มาใช้ในระบบการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อนำมาสนับสนุนกระบวนการผลิตตั้งแต่การนำวัตถุดิบมายังโรงงาน ผ่านกระบวนการผลิต จนออกมาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปไปยังคลังสินค้าหรือลูกค้า ซึ่งจำเป็นต้องมีการเคลื่อนย้ายทั้งสิ้น โดยจะต้องพิจารณาการเคลื่อนย้ายวัสดุให้เป็นระบบ และพยายามลดปัญหาการเคลื่อนย้ายให้หมดไป เพื่อทำให้การเคลื่อนย้ายมีประสิทธิภาพมากขึ้น การเคลื่อนย้ายวัสดุเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม จึงจำเป็นต้องเลือกชนิดและพิจารณาหาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุที่เหมาะสมกับวัสดุที่จะเคลื่อนย้าย ถึงแม้ว่าการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบและสินค้าคงคลังในระหว่างการผลิต รวมถึงการขนย้ายตัวสินค้าที่ผลิตเสร็จแล้วจะไม่ได้เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า แต่ควรให้ความสำคัญกับกิจกรรมการเคลื่อนย้าย เนื่องจากการดำเนินการเคลื่อนย้ายอย่างไร้ประสิทธิภาพอาจก่อให้เกิดปัญหาการเคลื่อนย้ายสินค้าโดยไม่จำเป็นทำให้มีความสูญเปล่าเกิดขึ้น ปัญหาความล่าช้าในการผลิต ดังนั้นการเคลื่อนย้ายวัสดุเป็นเรื่องของกระบวนการผลิตที่ต้องให้ความสำคัญ และควรดำเนินการเพื่อการปรับปรุงในการผลิตของโรงงานให้เกิดประสิทธิภาพ

บริษัท โอซีพี โพลีเทค จำกัด เป็นโรงงานกรณีตัวอย่างในงานวิจัยนี้ ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2552 เป็นผู้ผลิตสินค้าในกลุ่มสีอุตสาหกรรมและสารโพลีเมอร์สำเร็จรูปสำหรับงานวิศวกรรมด้านการแก้ปัญหา การป้องกันและการยืดอายุการใช้งานของอาคารสถานที่ โดยพื้นฐานประสบการอันยาวนอนกว่า 19 ปี ของ บริษัท โอซีพี โพลีเมอร์โปรดักส์ จำกัด ภายใต้การร่วมมือและร่วมทุนของกลุ่มเมต้า เคมีคอล ผู้มีประสบการด้านเคมีอุตสาหกรรมมานานกว่า 30 ปี มีการผลิตผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายชนิด เช่น สีทาอาคารและพื้นสูตรน้ำ (Acrylic Polyurethane and Hybrid Paint) สีย้อมไม้ (Wood Stain) ชุดสีงานพื้นอีพ๊อกซี่ (Epoxy Flooring System) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัทกรณีศึกษาเป็นธุรกิจผลิตสีขนาดเล็ก เมื่อพิจารณาจากรอบการผลิตของกรณีศึกษาในแต่ละวันมีรอบการผลิตเพียง 2-3 รอบต่อวัน การจัดซื้ออุปกรณ์เคลื่อนย้ายประสิทธิภาพสูงมาใช้ในกระบวนการผลิตจึงมีต้นทุนที่สูงมาก บริษัทกรณีศึกษาจึงจัดหาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ขนย้ายที่ต้นทุนไม่สูงมาก ทำให้ในกระบวนการผลิตมีการใช้อุปกรณ์เคลื่อนย้ายที่ไม่เหมาะสมหรือไม่มีการใช้อุปกรณ์เคลื่อนย้ายในกระบวนการนั้นเลย ด้วยพื้นที่การผลิตมีขนาดไม่ใหญ่มาก ทำให้พนักงานรู้สึกว่าการใช้อุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุที่มีอยู่ไม่ได้ช่วยเพิ่มความสะดวกและลดเวลาการผลิตเท่าที่ควร จึงเป็นผลให้พนักงานไม่ใช้อุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุที่มีอยู่ ปัญหาที่พบในกระบวนการเคลื่อนย้ายเกิดจากความสูญเปล่าในการขนย้ายวัตถุดิบพื้นฐาน สินค้าสำเร็จรูป และสารปรุงแต่งคุณสมบัติ ทั้งยังพบอุปกรณ์ที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายและวิธีการขนย้ายของพนักงานยังไม่เหมาะสม จึงจำเป็นต้องลดเวลาในการขนย้ายลงและช่วยผ่อนแรงยกวัสดุของพนักงานในกระบวนการขนย้าย และปรับปรุงกระบวนการขนถ่ายวัสดุในกระบวนการผลิตสีให้การเคลื่อนย้ายวัสดุมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อเพิ่มผลิตภาพ โดยออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุโดยใช้หลักการออกแบบตามมาหลักการของ คาราคุริ ไคเซ็น (Karakuri Kaizen) เพื่อนำมาใช้ในลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการเคลื่อนย้ายและช่วยผ่อนแรงของพนักงาน ในขณะเดียวกันยังสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายตามหลักการของคาราคุริ ไคเซ็น (Karakuri Kaizen) เพื่อให้การเคลื่อนย้ายวัสดุมีประสิทธิภาพ ลดความสูญเปล่าจากการเคลื่อนย้าย โดยวัดผลจากเวลาในการเคลื่อนย้ายหลังการปรับปรุง

1.3 ขอบเขตการศึกษาการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุในโรงงานผลิตสีตามหลักการของ คาราคุริ ไคเซ็น (Karakuri Kaizen) มีขอบเขตการศึกษางานวิจัย ดังนี้

1. ศึกษากระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการผลิต
2. ศึกษากระบวนการผลิตของสีเมต้าบอนด์โค๊ท (MEATA Bond Coat)
3. การเคลื่อนย้ายวัสดุแนวดิ่ง คือ การเคลื่อนย้ายวัสดุขึ้นและลงระหว่างชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 โดยวัสดุในการเคลื่อนย้ายมีน้ำหนักไม่เกิน 10 กิโลกรัม
4. หลักการคาราคุริไคเซ็นจะถูกประยุกต์ใช้ด้วย 2 กลไกพื้นฐาน ได้แก่ รอก และแรงโน้มถ่วง
5. เลือกทำการปรับปรุงการเคลื่อนย้าย 1 กระบวนการที่เป็นความเดือดร้อนมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

แผนการดำเนินงาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. สำรวจสภาพปัจจุบันเบื้องต้น ผล: ข้อมูล ขั้นตอนการผลิต																																				
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผล: ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																																				
3. ศึกษาสภาพการทำงานปัจจุบันอย่างละเอียด ผล: ความเข้าใจกระบวนการ และปัญหาเร่งด่วน																																				
4. วิเคราะห์สภาพปัจจุบันเพื่อหารากเหง้าของปัญหา ผล: รากเหง้าของปัญหา																																				
5. การออกแบบอุปกรณ์ ผล: แบบของอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุ																																				
6. ทดลองและประดิษฐ์อุปกรณ์ ผล: อุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุ																																				
7. เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง ผล: ผลการเปรียบเทียบเวลาก่อน-หลังเปลี่ยนแปล																																				
8.ทำรายงานสรุปผล และติดตามผลการดำเนินงาน ผล: การเคลื่อนย้ายมีประสิทธิภาพและปลอดภัย																																				

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุตามหลักการคาราคุริ ไคเซ็น (Karakuri Kaizen)

2. ได้ประสบการณ์ในการนำความรู้ด้านวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์

3. สถานประกอบการได้กระบวนการเคลื่อนย้ายที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากความสูญเปล่าจากการเคลื่อนย้ายที่ลดลง และมีความปลอดภัยมากขึ้น

4. เป็นแนวทางในการเคลื่อนย้ายสำหรับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเล่มนี้ผู้ดำเนินการได้กล่าวถึงองค์ความรู้ ทฤษฎี วิธีการดำเนินงานต่าง ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้ โดยมีหัวข้อที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการขนถ่ายวัสดุ
2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับคาราคุริ ไคเซ็น (Karakuri Kaizen)
3. หลักการเคลื่อนย้ายด้านการจัดการวัสดุ
4. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกลไกรอก
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการขนถ่ายวัสดุ

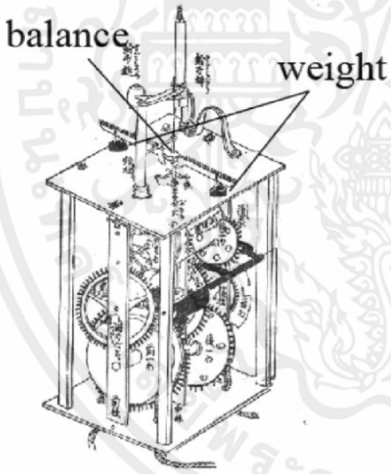
อภิชาติ ศรีชาติ (2559) ได้จำแนกองค์ประกอบของการเคลื่อนย้ายวัสดุออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ปัจจัยนำเข้า (Input) กระบวนการแปรสภาพ (Conversion Process) และผลผลิต (Output) การเคลื่อนย้ายวัสดุในกระบวนการผลิต เรียกว่า “การขนถ่ายวัสดุ (Material Handling)” ซึ่งคำนึงถึงปัจจัย 4 ประการ ได้แก่ การเคลื่อนที่ (Motion) เวลา (Time) ปริมาณ (Quantity) และเนื้อที่ (Space) และเมื่อต้องการแก้ปัญหาในการวางแผนที่ดี ทำให้ไม่สอดคล้องและไม่สัมพันธ์กัน ทำให้ล่าช้า เสียค่าใช้จ่ายสูง จึงมีการกำหนด 9 กฎของการขนถ่ายวัสดุ ได้แก่

1. กฎของการวางแผนการขนถ่ายวัสดุ (Planning Principle)
2. กฎของระบบการขนถ่ายวัสดุ (Systems Principle)
3. กฎของการไหลของวัสดุ (Material–Flow Principle)
4. กฎของการทำงานให้ง่าย (Simplification Principle)
5. กฎของแรงโน้มถ่วง (Gravity Principle)
6. กฎของการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์ (Space Utilization Principle)
7. กฎของขนาดหน่วยวัสดุ (Unit Size Principle)
8. กฎของความปลอดภัย (Safety Principle)
9. กฎของการเลือกอุปกรณ์

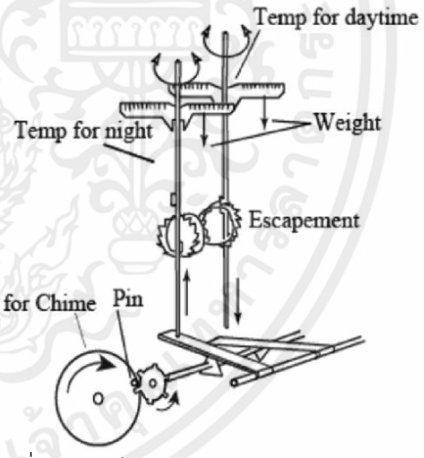
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับคาราคุริ ไคเซ็น (Karakuri Kaizen)

Ceccarelli (2004) ได้กล่าวถึงภาพรวมของประวัติศาสตร์ของนาฬิกาญี่ปุ่นและคาราคุริว่า จุดเปลี่ยนในการพัฒนาคาราคุริ ไคเซ็น เกิดขึ้นในปี 1662 เมื่อทาเอเดะ โอมิ ซึ่งเดิมทีเป็นช่างนาฬิกา เริ่มมีการแสดงคาราคุริ นิงโย (การแสดงหุ่นกระบอกที่ใช้กลไกคาราคุริ) ใช้กลไกคาราคุริในการเปลี่ยนฉากการแสดง และยังมีการแสดงโดยคณะละครสัตว์ ซึ่งได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย ดำเนินเรื่อยมาจนถึงยุคเมจิสำหรับการประดิษฐ์นาฬิกา Wadokei ภายในจะมีกลไกความถี่ในการบอกเวลาจะเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของน้ำหนัก ตามรูปที่ 2.1 ข้อเสียคือต้องเปลี่ยนน้ำหนักตามวัน/คืน และฤดูกาล แม้ว่า Wadokei จะสามารถบอกเวลาได้แต่จะบอกเวลาได้เพียงชั่วคราว ลำบากในการใช้งานและผลไม่น่าพอใจ ต่อมาในปี 1780 มีการพัฒนา Wadokei ให้ดีขึ้น ถูกเรียกว่า Nicho-Temp Tokei ตามรูปที่ 2.2 มีอุณหภูมิ 2 ส่วนที่ใช้ปรับสมดุลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนตำแหน่งของน้ำหนักสำหรับเวลากลางวันและกลางคืนโดยอัตโนมัติ เตรียมอุณหภูมิและเปลี่ยนเวลาอัตโนมัติ นาฬิกาประเภทนี้จะแก้ปัญหาการเปลี่ยนน้ำหนักในแต่ละวัน ในช่วงหลังยุคเอโดะมีการสร้างนาฬิกาหลากหลายประเภทออกมา เหตุการณ์สำคัญในการพัฒนานาฬิกาและคาราคุริ ถูกตีพิมพ์ในปี 1796 ของคาราคุริซุย ซึ่งเป็นงานวิศวกรรมเคลื่องกล 3 เล่ม โดย Hosokawa Hanzo เขียนเกี่ยวกับนาฬิกา 1 เล่ม และอีก 2 เล่มเขียนเกี่ยวกับโครงสร้างและวิธีการประดิษฐ์ของคาราคุริ นิงโย



รูปที่ 2.1 กลไกของ Wadokei
(ที่มา : Hattori (1797))



รูปที่ 2.2 กลไกของ Nicho Temp Tokei
(ที่มา : Tsukada (1960))

Markowitz (2015) ได้กล่าวถึงว่า เป็นกลไกที่ควบคุมเครื่องจักร ใช้ในตุ๊กตาและหุ่นกระบอก ภายในมีกลไกซับซ้อนที่ทำให้ตุ๊กตาเหล่านั้นแสดงท่าทางได้หลากหลาย กลไกดังกล่าวถูกประยุกต์ใช้ในโรงละคร พิธีการทางศาสนา และความบันเทิงภายในบ้าน ตั้งแต่สมัยเอโดะของญี่ปุ่น คาราคุริ เป็นที่รู้จักกันมาก ได้แก่ ดาชิคาราคุริ เป็นหุ่นเชิดที่ใช้กลไกสปริงและเกียร์ในการควบคุมชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในมือ และเปลี่ยนท่าทางตามเนื้อเรื่อง เช่น การหยิบหน้ากากจากหน้าอกขึ้นมาเปลี่ยน บุไตคาราคุริ เป็นหุ่นขนาดเท่าของจริง เป็นส่วนหนึ่งของละครบุระกุ และซาชิกิคาราคุริ เป็นตุ๊กตาจักรกล ต่อมามีการพัฒนาและประยุกต์ใช้งานในด้านอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hornyak (2006) ได้กล่าวว่า ในอดีตเทศกาล Kamezaki Shiohi ซึ่งเป็นเทศกาลประจำปีจัดขึ้นเพื่อการศักการะบูชาและชำระล้าง มีการประกวดงานฝีมือและหุ่นกระบอกแบบดั้งเดิมของนาโกย่า ในขบวนพิธีการมีการใช้หุ่นคาราคุริที่แสดงเรื่องราวและเต้นรำบอกเล่าเรื่องราวทางประวัติศาสตร์และนิทานพื้นบ้าน และในสมัยเอโดะมีการใช้นาฬิกาอัตโนมาตะ ซาชิกิ คาราคุริ และตุ๊กตาเสิร์ฟชา จัดแสดงสร้างความเพลิดเพลินสร้างความประหลาดใจแก่ชาวญี่ปุ่นและนักท่องเที่ยวอย่างมาก ในปี 1796 มีการตีพิมพ์บทความสามเล่ม โดย Karakuri Zui เรื่อง เครื่องจักรในภาพประกอบ เป็นพิมพ์เขียวพิเศษที่ให้รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการสร้าง Karakuri Automata และอุปกรณ์อื่น ๆ โชจิ ทัตสึคาว่า อดีตศาสตราจารย์มหาวิทยาลัยวาเซดะ ซึ่งเคยใช้ตุ๊กตานี้ในการสร้างตุ๊กตาเสิร์ฟชาในปี 1960 หลังจากที่ความรู้ได้สูญหายไป ได้กล่าวถึงความยากในการสร้างกลไกคาราคุริในตุ๊กตาว่า "ความท้าทายที่ยากที่สุดคือการผลิตล้อเฟืองหลักของตุ๊กตา กุญแจสำคัญคือการใช้หลายอย่าง ไม้คนละชิ้นจะได้ไม่แตก” ตุ๊กตาเสิร์ฟชามีลักษณะดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 ตุ๊กตาเสิร์ฟชา
(ที่มา: Hornyak (2006))

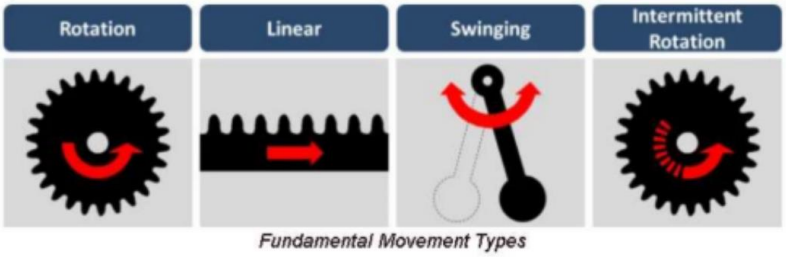
กิตติกรณ์ จันทรเสนา (2563) ได้กล่าวว่า คาราคุริ ไคเซ็น คือกลไกเรียบง่ายที่ไม่มีอุปกรณ์ขับเคลื่อนหรือควบคุม เช่น มอเตอร์ หรือเซ็นเซอร์ แต่จะใช้การเคลื่อนไหวโดยโครงสร้างแบบ Analog เช่น สปริงหรือเฟือง เป็นต้น เน้นการสร้างด้วยวัสดุราคาถูกและแรงขับเคลื่อนที่น้อย โดยนิยมใช้กันจะเป็นท่อ PVC หรือเศษเหล็กจากกองวัสดุเหลือใช้ภายในองค์กร ทำด้วยมือ เป็นงานที่กำจัด 3 ความสูญเปล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stiefkens (2021) ได้กล่าวว่า คาราคุริ หมายถึง ลูกเล่น กลไกเครื่องจักร สิ่งประดิษฐ์หรืออุปกรณ์ มีต้นกำเนิดจากตุ๊กตาจักรกลในประเทศญี่ปุ่น ที่เรียกว่า คาราคุริ นิงเงียว ดังรูปที่ 2.4 ถูกใช้ครั้งแรกเมื่อประมาณ 1,500 ปีก่อน เป็นที่นิยมและรู้จักกันอย่างแพร่หลายอย่างมากเมื่อ 200 ปีก่อน เช่นตุ๊กตาเสิร์ฟชา ที่เมื่อวางถ้วยชาที่มีน้ำหนักวางบนมือของตุ๊กตา จะทำให้เคลื่อนที่ไปในระยะทางที่กำหนดด้วยการขยับเท้าด้วยกลไกสปริงที่ติดไว้บริเวณเท้าของตุ๊กตา เมื่อถึงจุดหมายแก้วชาจะถูกเปลี่ยนเป็นแก้วเปล่าน้ำหนักที่เปลี่ยนไปทำให้ตุ๊กตาหันหลังกลับและเคลื่อนที่มายังจุดเริ่มต้น ตุ๊กตาดังกล่าวเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาเป็นหุ่นยนต์ในปัจจุบัน หากพูดถึงแนวคิดลีน คาราคุริ สามารถเรียกได้ในชื่อของ คาราคุริ ไคเซ็น มีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงกระบวนการและระบบลำเลียงวัสดุเชิงกลให้มีประสิทธิภาพ คาราคุริ ไคเซ็น จะใช้พลังงานในการทำงาน หรือเคลื่อนที่จะใช้พลังงานจากทุกที่ที่ทำได้ บ่อยครั้งแหล่งพลังงานคือกล้ามเนื้อของมนุษย์ แทนพลังงานจากมอเตอร์ มีอุปกรณ์คาราคุริ จำนวนมากใช้งานด้วยการเหยียบคันโยกหรือคันเหยียบ ซึ่งจะให้พลังมากขึ้นเพราะกล้ามเนื้อขามีความแข็งแรง

รูปที่ 2.4 คาราคุริ นิงเงียว (ที่มา : Stiefkens (2021))

มีหลักการเคลื่อนไหว มี 4 ประเภทดังรูปที่ 2.5 ที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่รูปแบบหนึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง หรือการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ เช่น การหมุนเป็นช่วง ๆ การเคลื่อนที่เชิงเส้น การกลิ้ง ได้แก่ เกียร์ เฟือก รอก แคม เฟือง บาร์ ลิงค์ องค์ประกอบเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการประดิษฐ์อุปกรณ์คาราคุริ



รูปที่ 2.5 หลักการเคลื่อนที่ (ที่มา : Stiefkens (2021))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Andrist et al. (2014) ได้กล่าวว่า คาราคุริ มีความหมายว่า กลอุบาย กลไก หรือ กลไกที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องจักร ซึ่งใช้อธิบายลักษณะของ คาราคุริ นิงเงียว ตุ๊กตาและหุ่นกระบอกที่มีกลไกภายในที่ซับซ้อนได้ชัดเจน คาราคุริทำให้สามารถแสดงรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน ถูกนำมาใช้ในโรงละคร พิธีทางศาสนาและความบันเทิงภายในบ้านตั้งแต่สมัยเอโดะของญี่ปุ่น ช่วงปี 1600 ถึงปี 1867 คาราคุริเป็นที่รู้จัก และนิยมมากที่สุดมี 3 ประเภท ได้แก่ ดาชิคาราคุริ บุไตคาราคุริ และซาชิกิคาราคุริ โดยหุ่นกระบอกดาชิคาราคุริ ถูกใช้ในเทศกาลลอยตัว เพื่อจำลองตำนานทางศาสนา ในเทศกาล Boyle ปี 2008 และ เทศกาล Hornyak ปี 2006 นักเชิดหุ่นใช้กลไกสปริงและเฟืองเพื่อควบคุมส่วนต่าง ๆ ของร่างกายและวัตถุ (เช่น การเปิดและปิดพัดลม) และดำเนินการเปลี่ยนแปลงหุ่นตามที่เรื่องราวต้องการ (เช่น การเปิดบริเวณหน้าอกเพื่อพลิกหน้ากากไปที่ใบหน้าของหุ่นกระบอก) บุไตคาราคุริ เป็นหุ่นเชิดขนาดเท่าของจริงที่เป็นส่วนหนึ่งของโรงละคร Bunraku ตั้งแต่กลางศตวรรษที่ 17

Bock et al. (2019) ได้กล่าวว่า แนวคิดของคาราคุริ ถูกนำมาสู่แนวคิดลีน แม้ว่า Karakuri และ Jidoka จะเกี่ยวข้องกับระบบอัตโนมัติ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมากเรื่องความซับซ้อน คาราคุริมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น แรงโน้มถ่วง หรือพลังงานที่เกิดขึ้นจากสปริง รอก ซึ่งสามารถนำมาสร้างระบบอัตโนมัติอย่างง่ายได้ แต่ต้องใช้ความคิดในการวางแผนกลไกระดับสูง ไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ราคาถูกต้นทุนในการบำรุงรักษาต่ำ แนวคิดคาราคุริถูกนำมาประยุกต์ใช้กับหุ่นยนต์ มีอายุการใช้งานประมาณ 50-100 ปี โครงสร้างแบบแยกส่วนทำให้สามารถซ่อมแซมง่าย ถอดประกอบได้ มีการนำปรัชญาไคเซ็น (การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง) เกิดเป็นแนวคิดคาราคุริ ไคเซ็น ซึ่งเป็นพื้นฐานกระบวนการผลิตที่ยั่งยืนและประสิทธิภาพสูงในอุตสาหกรรมสมัยใหม่ของประเทศญี่ปุ่น สามารถเห็นคาราคุริได้ชัดเจนในพื้นที่ก่อสร้าง ในพื้นที่สูงมีการใช้กลไกการหมุน การยก และการร้อยเชือกเป็นแบบอัตโนมัติบางส่วน แต่บางอุปกรณ์มีการควบคุมแบบดิจิทัล

Toyota Motor (2021) กล่าวถึงที่มาของคาราคุริ ไคเซ็นว่า ในศตวรรษที่ 17 ประเทศญี่ปุ่น คาราคุริ ไคเซ็น เป็นคำที่ใช้เรียกการเคลื่อนที่โดยปราศจากการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือลมได้มีการพัฒนาเพื่อนำมาใช้กับงานในด้านต่าง ๆ เช่น การประยุกต์ใช้กับละครเวทีตุ๊กตาเสิร์ฟน้ำชาการนำกลไกและพลังงานของวัตถุมาเป็นแรงขับเคลื่อน โดยปราศจากการใช้พลังงานของไฟฟ้าและลมในการขับเคลื่อน ในภาคอุตสาหกรรมการนำคาราคุริ ไคเซ็น เข้ามาใช้งานในสถานที่การผลิตจะสามารถช่วยลดการใช้พลังงานและลดต้นทุนในการผลิต ขณะเดียวกันยังสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ ดังนั้นแนวทางการนำคาราคุริ ไคเซ็น ซึ่งเป็นอุปกรณ์อัตโนมัติที่มีต้นทุนต่ำและมีกลไกการทำงานแบบง่าย ๆ ตามหลักกลศาสตร์ เช่น แรงโน้มถ่วงเพื่อมุ่งเน้นการกำจัด Muda Mura และ Muri นอกจากจะสามารถนำมาช่วยพนักงานในการทำงานแล้วยังช่วยลดความซับซ้อนในกระบวนการอีกด้วย ทั้งนี้คาราคุริ ไคเซ็น ยังใช้ต้นทุนในการสร้างและการดูแลรักษาการใช้งานต่ำช่วยประหยัดทรัพยากรและยังช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้แก่พนักงานปัจจุบันในภาคอุตสาหกรรมการผลิตได้มีการประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายและยังขยายผลการประยุกต์ใช้งานไปถึงภาคธุรกิจต่าง ๆ ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภัทภูมิ ทิพย์ประเสริฐสิน (2564) ได้กล่าวว่า คาราคุริ ไคเซ็น เป็นกิจกรรมในภาคอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้พนักงานทุกคนมีส่วนร่วมในการปรับปรุงสายการผลิตให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยเป็นการสอบถามความเห็นและขอความคิดสร้างสรรค์จากพนักงานที่ทำการผลิตหน้างานเป็นประจำ โดยพนักงานจะต้องสังเกตสภาพความผิดปกติที่เกิดขึ้นที่บริเวณหน้างาน ซึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งหมดจะไม่ใช้ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามาขับเคลื่อนกลไก แต่จะนำเอาแรงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมาใช้งาน เกิดเป็นอุปกรณ์อัตโนมัติต้นทุนต่ำ และมีกลไกแบบง่าย ๆ เพื่อมุ่งเน้นกำจัดความผิดปกติ 3 ประเภท ได้แก่ Muda Mura และ Muri

1. ความไม่สม่ำเสมอ (Mura) คือ งานที่มีความไม่สม่ำเสมอไม่ว่าจะเป็นในเรื่องปริมาณงาน วิธีการทำงานหรืออารมณ์ในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของผลงาน ซึ่งหมายความว่าผลงานที่ออกมาไม่เป็นไปตามมาตราฐาน หากผู้ปฏิบัติงานทุกคนสามารถรักษามาตราฐานของงานไว้ได้ ก็จะทำให้ประสิทธิภาพของงานสูงขึ้น

2. การฝืนทำ (Muri) โดยการฝืนทำหรือการทำงานเกินกำลัง อาจจะส่งผลในเชิงบวกต่อการทำงานในระยะสั้น เช่น การเพิ่มกำลังการผลิตด้วยการทำงานล่วงเวลา แต่ในระยะยาวจะเกิดผลในเชิงลบต่อกระบวนการทำงานในภาพรวม เนื่องจากผลของการล้า และเคร่งเครียดในการทำงาน การทำงานที่เกินความสามารถหรือเกินกำลังจึงเป็นการฝืนทั้งกระบวนการทำงาน และคนทำงานไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการทำงานโดยรวมและยังส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานลดน้อยลงอีกด้วย

Raaz et al. (2018) ได้กล่าวถึง ความสูญเปล่า (Muda) 7 ประการดังนี้

3. ความสูญเปล่า (Muda) โดยแบ่งเป็น 7 ประการ (Seven Waste) ดังนี้

(1) ความสูญเปล่าจากการขนส่ง (Transportation)

(2) ความสูญเปล่าจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory)

(3) ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหว (Motion)

(4) ความสูญเปล่าจากการรอคอย (Waiting)

(5) ความสูญเปล่าจากการผลิตมากเกินไป (Over Production)

(6) ความสูญเปล่าจากกระบวนการผลิตมากเกินไป (Overprocessing)

(7) ความสูญเปล่าจากการผลิตของเสีย (Defect)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยฉบับนี้สามารถสรุปใจความสำคัญของคาราคุริ ไคเซ็นได้ดังนี้ คาราคุริ ไคเซ็น เป็นกลไกเรียบง่ายที่ไม่มีอุปกรณ์ขับเคลื่อนหรือควบคุม ในอดีตมีการเริ่มใช้งานจากนาฬิกา ตุ๊กตาเสิร์ฟชา และตุ๊กตากระบอกที่ถูกใช้ในพิธีกรรมทางศาสนา เป็นการใช้กลไกพื้นฐานในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์อัตโนมัติ ต้นทุนต่ำ ใช้พลังงานในการเคลื่อนไหวจากพลังงานธรรมชาติ เช่น แรงโน้มถ่วง แม่เหล็ก สปริง ต่อมาถูกผนวกเข้ากับแนวคิดไคเซ็น ซึ่งถูกนำมาเป็นพื้นฐานกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสมัยใหม่ในประเทศญี่ปุ่น สามารถช่วยลดการใช้พลังงาน ลดต้นทุนในกระบวนการผลิต และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้

Mostori (2020) ได้กล่าวถึงกลไกพื้นฐานคาราคุริ ไคเซ็น ว่า

กลไกพื้นฐานในการสร้างกลไกคาราคุริ มีดังนี้

1. คาน กลไกผ่อนแรงที่มีการวางตำแหน่งจุดหมุนที่ต่างกัน
2. คว้าน หลักการเดียวกับคานแต่เป็นแบบหมุน รัศมีในการหมุนมากเท่าไร ก็จะยิ่งผ่อนแรงมากขึ้น
3. รอก/การถ่วงน้ำหนัก กลไกการยกของพื้นที่สูงหรือหย่อนลงต่ำ
4. สปริง ถ้าแรงไปดึงวัตถุที่ติดสปริงเท่าไรก็จะมีแรงจากสปริงดึงไปเท่านั้น
5. พื้นเอียง/แรงโน้มถ่วง กลไกการส่งของจากที่สูงไปที่ต่ำโดยใช้แรงโน้มถ่วงของโลก
6. การเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ เปลี่ยนทิศทางซ้าย-ขวา บน-ล่าง
7. การหมุนส่งถ่ายกำลัง ใช้การทดความเร็วรอบและเพิ่มความได้เปรียบเชิงกล
8. ของไหล/ก๊าซ ใช้หลักที่ว่าความดันที่สูงเท่ากันย่อมมีความดันเท่ากัน
9. แม่เหล็ก ใช้หลักคุณสมบัติ การผลักและการดูดกัน

งานวิจัยนี้จะใช้ทั้งหมด 2 กลไกพื้นฐานในการประดิษฐ์อุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุ ได้แก่

1. รอก
2. แรงโน้มถ่วง

ในส่วนของ 5 กลไกที่เหลือ ได้แก่

1. แม่เหล็ก
2. ของไหล
3. คว้าน
4. สปริง
5. การเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่
6. คาน
7. การหมุนส่งกำลัง

กลไกเหล่านี้ไม่ถูกใช้ เนื่องจากไม่เหมาะสมกับลักษณะการเคลื่อนย้ายภายในพื้นที่การผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการเคลื่อนย้ายด้านการจัดการวัสดุ

Shamsudin et al. (2019) ได้กล่าวว่า สภาอุตสาหกรรมวิทยาลัยด้านการศึกษาการจัดการวัสดุ (College Industry Council on Material Handling Education, CICMHE) เป็นองค์กรที่ส่งเสริมการเรียนรู้งานวิจัยเกี่ยวกับอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุเพื่อตอบสนองความต้องการและแนวโน้มของอุตสากรรม โดยมีการแลกเปลี่ยนความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี ความก้าวหน้าด้านการจัดการวัสดุ โดยมี 10 หลักการ ดังนี้

1. หลักการในการออกแบบ (Planning Principle)

ควรวางแผนพิจารณาจากความต้องการ ประสิทธิภาพ วัตถุประสงค์ และวิธีการในการทำงานควรกำหนดวิธีการในการดำเนินงานไว้ล่วงหน้า ควรได้รับการพัฒนาจากการปรึกษาระหว่างนักวางแผนกับบุคคลกรอื่น ๆ ที่ใช้และได้รับประโยชน์จากอุปกรณ์แผนการจัดการวัสดุควรสะท้อนถึงวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ของและความต้องการในปัจจุบัน โดยมีจุดที่ควรให้ความสำคัญ ดังนี้

- แผนควรมีข้อมูลของวิธีการ ปัญหา ลักษณะทางกายภาพ งบประมาณ เป้าหมาย ในอนาคต
- แผนควรส่งเสริมการบูรณาการร่วมระหว่าง วิศวกรรมการผลิต การออกแบบกระบวนการ ผังกระบวนการ และวิธีการเคลื่อนย้ายวัสดุ ซึ่งไม่เป็นเอกเทศกัน

2. หลักการด้านมาตราฐาน (Standardization Principle)

มาตราฐานควรมีครอบคลุมถึงกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุ การใช้อุปกรณ์ การควบคุม และซอฟแวร์เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ด้านประสิทธิภาพในภาพรวม โดยต้องไม่สูญเสียความยืดหยุ่นที่จำเป็นและต้องรองรับความต้องการในอนาคต จุดที่ควรให้ความสำคัญ มีดังนี้

- ผู้วางแผนควรเลือกวิธีการและอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการทำงานภายใต้สภาวะที่หลากหลายและภายใต้มาตราฐานการกำหนดขนาดของภาชนะหรือและองค์ประกอบอื่น ๆ ในการโหลดวัสดุ
- มาตราฐาน ความยืดหยุ่นและการออกแบบโปรแกรม จะต้องเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

3. หลักการในการทำงาน (Work Principle)

การเคลื่อนย้ายวัสดุควรถูกลดลงให้น้อยที่สุด โดยไม่ทำให้ผลิตภาพการผลิตหรือระดับการบริการที่จำเป็นในการดำเนินงานลดลง จุดที่ควรให้ความสำคัญ มีดังนี้

- วัดผลของงาน คือการไหลในการเคลื่อนย้ายวัสดุ (ปริมาตร น้ำหนัก หรือหน่วยต่อเวลา) x (ระยะทาง)
- ลดความซับซ้อนของกระบวนการโดยการรวม การย่อให้สั้นลง หรือกำจัดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น
- พิจารณาการหยิบและวาง การเก็บวัสดุและการนำออกจากที่จัดเก็บ การเคลื่อนที่และระยะทางที่ใช้
- กระบวนการ ลำดับการทำงาน ความถี่ ผังอุปกรณ์ และผังกระบวนการ ควรจะมีความเตรียมพร้อมที่จะสนับสนุนเป้าหมายในการลดการเคลื่อนย้ายให้น้อยที่สุด
- หากเป็นไปได้ควรใช้แรงโน้มถ่วงในการเคลื่อนย้ายวัสดุหรือช่วยในการเคลื่อนย้าย โดยคำนึงถึงความปลอดภัยและโอกาสเกิดความเสียหายต่อวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หลักการยศาสตร์ (Ergonomic Principle)

ในการออกแบบกระบวนและอุปกรณ์ในการขนย้ายวัสดุต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของมนุษย์โดยจะต้องมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพเหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน จุดที่ควรให้ความสำคัญ มีดังนี้

- ควรเลือกอุปกรณ์ที่กำจัดการทำงานซ้ำซากและช่วยทุ่นแรง ในการปฏิบัติงานของมนุษย์
- หลักการยศาสตร์ครอบคลุมทั้งร่างกายและจิตใจของผู้ปฏิบัติงาน
- พื้นที่และอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายวัสดุจะต้องถูกออกแบบโดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

5. หลักการในการบรรจุ (Unit Load Principle)

การบรรจุจะต้องมีขนาด ลักษณะการขนย้าย และวัตถุประสงค์ในการจัดเก็บที่เหมาะสม ในแต่ละขั้นตอนของห่วงโซ่อุปทาน จุดที่ควรให้ความสำคัญ มีดังนี้

- ต้องใช้ความพยายามในการทำงานน้อยในการจัดเก็บและเคลื่อนย้ายหลาย ๆ วัสดุในการขน 1 ครั้ง
- ขนาดในการบรรจุและองค์ประกอบต่าง ๆ อาจจะเปลี่ยนไปตามการเคลื่อนย้ายวัสดุ
- หน่วยในการบรรจุขนาดใหญ่เป็นเรื่องปกติทั้งก่อนและหลังการผลิต ในรูปของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์
- หน่วยบรรจุที่เล็กเกินไปส่งผลให้ได้ผลผลิตที่น้อยลงและเสียเวลาในการบรรจุแต่ละครั้ง
- การบรรจุต่อหน่วยในขนาดเล็กอาจจะสอดคล้องกับกลยุทธ์ในการผลิตตามวัตถุประสงค์ในการดำเนินงาน เช่น ความยืดหยุ่น การไหลอย่างต่อเนื่องและการส่งมอบที่ตรงเวลา
- หน่วยการบรรจุที่ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์หลาย ๆ ชนิดมีความสอดคล้องกับการส่งมอบที่ตรงเวลาหรือกลยุทธ์ในการจัดหา ตราบเท่าที่รายการสินค้าไม่มีเงื่อนไขหรือสัญญาอื่น ๆ

6. หลักการใช้พื้นที่ (Space Utilization Principle)

ประสิทธิภาพสูงสุดต้องเกิดจากการใช้งานพื้นที่ที่มีอยู่ทั้งหมด ต้องคำนวนในรูปแบบของพื้นที่สามมิติ จุดที่ควรให้ความสำคัญ มีดังนี้

- ในส่วนของพื้นที่ทำงาน พื้นที่ที่รก ไม่เป็นระเบียบ และทางเดินที่ถูกปิดกันควรถูกกำจัด
- ในส่วนของพื้นที่จัดเก็บ วัตถุประสงค์ของการใช้พื้นที่อย่างเต็มที่ต้องขึ้นอยู่กับความสมดุลในด้านการเข้าถึงและการเลือกวัสดุมาใช้งาน
- การบรรทุกสิ่งของภายในสิ่งก่อสร้างการใช้พื้นที่เหนือศีรษะควรถูกพิจารณาเป็นทางเลือกด้วย

7. หลักการของระบบ (System Principle)

กิจกรรมการเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บวัสดุควรจะมีระบบที่บูรณาการและประสานงานกันอย่างเต็มที่ โดยครอบคลุมถึงการรับ การตรวจสอบ การจัดเก็บ การผลิต การประกอบ การบรรจุ การเลือกคำสั่งซื้อ การขนส่ง จัดส่งและการจัดการกับรายได้ จุดที่ควรให้ความสำคัญ มีดังนี้

- ระบบควรครอบคลุมห่วงโซ่อุปทานทั้งหมด รวมถึง ผู้จัดหา ผู้ผลิต ผู้จัดจำหน่าย และลูกค้า
- ระดับของสินค้าคงคลังควรน้อยที่สุดในทุก ๆ กระบวนการผลิตและการจัดจำหน่าย โดยคำนึงถึงความแปรปรวนของกระบวนการและการบริการลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. หลักการของการวางระบบอัตโนมัติ (Automation Principle)

การดำเนินการจัดการวัสดุควรใช้เครื่องจักรหรือระบบอัตโนมัติ ที่สามารถนำมาปรับปรุงประสิทธิภาพในการดำเนินงาน เพิ่มการตอบสนอง ปรับปรุงและการคาดการณ์ได้ จุดที่ควรให้ความสำคัญ มีดังนี้

- กระบวนการที่มีอยู่ควรจะปรับปรุงให้ง่ายขึ้นหรือทำการปรับโครงสร้างใหม่ก่อนความพยายามในการติดตั้งเครื่องจักรหรือระบบอัตโนมัติ

- การใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการจัดการวัสดุควรได้รับการพิจารณาจากความเหมาะสมของประสิทธิภาพในการบูรณาการการไหลของวัตถุดิบและการบริหารข้อมูล

- ปัญหาโดยรวมทั้งหมดมีความสำคัญต่อความสำเร็จของระบบอัตโนมัติที่รวมถึงอุปกรณ์ในการทำงาน อุปกรณ์ในการบรรทุก อุปกรณ์ในการควบคุมและอุปกรณ์ในการสื่อสาร

- สิ่งของทั้งหมดต้องมีคุณสมบัติที่รองรับต่อเครื่องจักรและการจัดการแบบอัตโนมัติ

9. หลักการด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Principle)

คำนึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานเมื่อมีการออกแบบ มีการใช้อุปกรณ์ทดแทน หรือมีการวางระบบการจัดการวัสดุ จุดที่ควรให้ความสำคัญ มีดังนี้

- ตู้คอนเทนเนอร์ พาเลท และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ควรได้รับการออกแบบให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

- วัสดุอันตรายต้องป้องกันการรั่วไหล การติดไฟ หรือความเสี่ยงอื่น ๆ

10. หลักการด้านค่าใช้จ่ายระหว่างอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost Principle)

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ควรมีการจดบันทึกอายุรอบการในงานของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุทั้งหมด จุดที่ควรให้ความสำคัญ มีดังนี้

- ต้นทุนตลอดอายุการใช้งานรวมถึงการลงทุน การติดตั้ง การวางโปรแกรม การฝึกอบรม การทดสอบระบบ การซ่อมบำรุง มูลค่าในการใช้ซ้ำ ไปจนถึงการกำจัดในขั้นตอนสุดท้าย

- ในเชิงการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์แผนสำหรับการซ่อมบำรุงแบบป้องกันและคาดการณ์ ควรมีความเตรียมพร้อมค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ การซ่อมบำรุง อะไหล่

- ในการวางแผนระยะยาวควรมีความเตรียมพร้อมสำหรับอุปกรณ์ที่จะนำมาทดแทนอุปกรณ์ที่ล้าสมัย

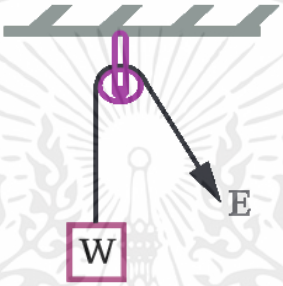
- แม้ว่าต้นทุนที่วัดได้จะเป็นปัจจัยหลักแต่ก็มิใช่ปัจจัยเดียวในการการนำมาตัดสินการเลือกใช้วิธีการจัดการวัสดุ ต้องพิจารณาจากคุณสมบัติเชิงกลยุทธ์ต่อองค์กรซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการแข่งขันในท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกลไกรอก

บริษัท คชา (ไทยแลนด์) (2563) ได้กล่าวว่า รอก เป็นอุปกรณ์ช่วยอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายสิ่งของ และช่วยผ่อนแรงเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน มีลักษณะเป็นล้อที่มีร่องตรงกลางสำหรับคล้องเชือก รอกแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

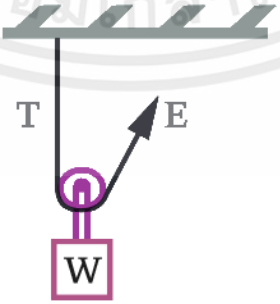
1. รอกเดี่ยวตายตัวหรือรอกเดี่ยวที่แขวนกับที่ (Single Fixed Pulley) ปลายเชือกด้านหนึ่งผูกกับของที่จะยกขึ้น หรือต้องการให้เคลื่อนที่ซึ่งมีแรงต้าน (W) อยู่อีกปลายหนึ่งใช้เป็นที่ดึง หรือออกแรงพยายาม (E) ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 รอกเดี่ยวตายตัวหรือรอกเดี่ยวแขวนอยู่กับที่
(ที่มา : https://www.kachathailand.com/articlesB0/)

รอกชนิดนี้ไม่ช่วยในการผ่อนแรง แต่ให้ความสะดวกในการทำงานและเปลี่ยนทิศทางของแรง กล่าวคือแทนที่จะต้องขึ้นไปยืนในที่สูงแล้วดึงวัตถุนั้นหรือน้ำหนักขึ้น เมื่อใช้รอกเดี่ยวตายตัวช่วยก็สามารถยืนอยู่ที่พื้นแล้วดึงปลายเชือกลง วัตถุก็สามารถถูกยกหรือเคลื่อนที่ขึ้นไปได้ และไม่ว่าเชือกที่ออกแรง E จะเบนไปอย่างไรก็จะออกแรงดึง E เท่ากับน้ำหนัก W เสมอ

2. รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ (Single Movable Pulley) ปลายเชือกด้านหนึ่งของรอกชนิดนี้จะผูกอยู่กับที่แล้วร้อยเชือกเข้ากับรอก ผูกวัตถุที่จะยกเข้ากับตัวรอกโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 รอกเดี่ยวเคลื่อนที่
(ที่มา : https://www.kachathailand.com/articlesB0/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อดึงปลายเชือกขึ้น ก็จะสามารถยกวัตถุขึ้นไปได้ จากรูป จะเห็นว่า เชือกมีแรงดึงขึ้น 2 เส้น ขณะที่น้ำหนักมีทิศลง ดังนั้น เมื่อแรงสมดุลและไม่คิดน้ำหนักของรอก จะได้ว่า แรงดึงขึ้น = แรงดึงลง

รอกเดี่ยวเคลื่อนที่จะช่วยผ่อนแรงครึ่งหนึ่ง คือแทนที่จะยกวัตถุด้วยแรง W ก็ออกแรง E เพียง $\frac{w}{2}$ ก็สามารถยกขึ้นได้

3. รอกพวง (Block Pulley) ระบบรอกพวงถูกแบ่งเป็น 3 ระบบ ดังนี้

รอกพวงระบบที่ 1 ประกอบด้วยรอกเดี่ยวเคลื่อนที่หลายตัว รอกแต่ละตัวมีเชือกคล้องหนึ่งเส้น โดยปลายข้างหนึ่งผูกติดกับเพดาน ปลายอีกข้างหนึ่งผูกกับรอกตัวถัดไป วัตถุผูกติดกับรอกตัวล่างสุด เชือกที่คล้องรอบรอกตัวบนสุดใช้สำหรับดึง ดังรูปที่ 2.8

รอกพวงระบบที่ 2 ประกอบด้วยรอก 2 ตับ ตับบนแขวนติดเพดาน วัตถุผูกติดกับรอกตัวล่างสุด ของตับล่าง ใช้เชือกเส้นเดียวคล้องรอบรอกทุกตัว โดยปลายข้างหนึ่งผูกติดกับรอกตัวล่างสุดของตัวบน หรือตัวบนสุดของตับล่างปลายอีกข้างหนึ่งใช้สำหรับดึง ดังรูปที่ 2.8

รอกพวงระบบที่ 3 ประกอบด้วยรอกเดียวตายตัว 1 ตัว ที่เหลือเป็นรอกเดี่ยวเคลื่อนที่ ปลายข้างหนึ่งของเชือกที่คล้องรอบรอกทุกตัวผูกติดกับคานตรงอันหนึ่งวัตถุผูกติดกับคานนี้ ปลายอีกข้างหนึ่งของเชือกผูกกับรอกตัวถัดไป เหลือปลายสุดท้ายใช้สำหรับดึง ดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 ชนิดของรอกพวง

(ที่มา : https://www.kachathailand.com/articlesB0/)

รอกสามารถแบ่งหน้าที่การทำงานได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

1. การผ่อนแรง

เราจะใช้รอกพวงช่วยผ่อนแรงในการเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก เช่น การเคลื่อนย้ายวัสดุก่อสร้าง การเคลื่อนย้ายสิ่งของในโรงงาน ซึ่งประสิทธิภาพในการผ่อนแรงของรอกพวงขึ้นอยู่กับจำนวนรอกและลักษณะการต่อที่นำมาใช้ ถ้าหากต้องการผ่อนแรงมากจะต้องใช้รอกมากขึ้นตามไปด้วย เช่น ภายในคลังสินค้าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงงานจะใช้รอกพวงติดบนคานเพื่อเคลื่อนย้ายสิ่งของ ส่วนการเคลื่อนย้ายวัสดุที่มีน้ำหนักมาก เช่น วัสดุก่อสร้าง จะใช้รถเครนซึ่งมีรอกพวงเป็นกลไกสำคัญในการเคลื่อนย้าย

2. การอำนวยความสะดวกและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ลักษณะต่าง ๆ

การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง รอกทำให้เกิดการเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรงตั้งฉากกับพื้นและช่วยยกสิ่งของขึ้นสู่ที่สูง เช่น การใช้รอกลำเลียงวัสดุก่อสร้างขึ้นสู่ที่สูง การชักธงชาติขึ้นสู่ยอดเสา

การเคลื่อนที่ในแนวราบ รอกทำให้เกิดการเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรงขนานกับพื้น เช่น การเคลื่อนที่ของกระเช้าไฟฟ้า สายพานลำเลียงกระเป๋า

การเคลื่อนที่เป็นวงกลม รอกทำให้เกิดการเคลื่อนที่ตามเส้นรอบวงกลม เช่น เครื่องซักผ้าใช้การทำงานของรอกควบคู่กับมอเตอร์เพื่อทำให้ถังซักผ้าหมุน

การเคลื่อนที่จากการหมุนเป็นแนวเส้นตรง เช่น การใช้รอกม้วนสายวัดเข้าไปเก็บในตลับเมตร การม้วนสายเบ็ดตกปลาโดยใช้รอกหมุน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐนันท์ ถาวรกิจการ (2561) ได้ศึกษาที่ บริษัท สยาม เด็นโซ่แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด ซึ่งเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต ในปี พ.ศ.2561 จะมียอดการผลิตที่เพิ่มขึ้นและมีการเพิ่มของไลน์อีกทำให้จะต้องมีการเพิ่มจำนวนคนเพื่อรองรับสายการผลิต จึงหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาโดยการนำพาหนะขนส่งวัสดุอัตโนมัติ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนแมลงน้ำ (พนักงานขนส่งน้ำ) ปัจจุบันมีเครื่องมือการขนย้าย ได้แก่ รถยก รถลากจูงประกอบรถพ่วง ปั้นจั่น รางเลื่อน รถขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล นำมาสู่การวิเคราะห์ปัญหาทั้งหมดและหาวิธีแก้ปัญหาได้โดยการทำ Kaizen และปรับปรุงแก้ไขปัญหาดังนี้ จัดลำดับการทำงานของแมลงน้ำใหม่ เพื่อลดเวลาให้น้อยกว่า Target AGV ได้ทำการออกแบบ Standardized Work Chart ลำดับการเดินของแมลงน้ำใหม่โดยกำหนด 1 รอบเวลาการทำงานให้ Fix Quantity ของไลน์ Pipe 2 เป็นหลัก ทำการจับเวลาการทำงานของ TA ที่จะ Support AGV Kaizen ที่ทำความสะอาด PP Tray โดยใช้เวลาทำความสะอาดน้อยลงและใช้ Signal Kanban ทำ Chute ให้เป็นคาราคุริ โดยไม่ต้องยกงานใส่ Chute F/G จากการแก้ไข Chute ทำงานได้นุ่มนวลมากขึ้น แมลงน้ำจะได้ไม่ต้องเดินไปสไลด์งานเอง ซึ่งสามารถลดเวลาลงไปได้ 25 วินาที ได้ออกแบบรถพ่วงที่ใช้กับ AGV ให้มีขนาดเหมาะสมกับการนำไปใช้ มีช่องใส่ PP Tray ในขนาดที่พอเหมาะ ความกว้างอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้เพื่อช่วยให้มีการทำงานที่ง่ายมากขึ้นกว่าเดิม ผลที่ได้จากการออกแบบตัวรถพ่วงทำให้ใช้งานให้สะดวกมากขึ้น

จิรโรจน์ วิเชียนเพริศ และ ชัยพร คล้ายกมล (2562) ได้ทำการศึกษาบริษัท มิตซูเจริญชัยเซ็นเตอร์ จำกัด เปิดบริการซ่อมและบำรุงรักษารถยนต์ในทุกส่วน ซึ่งบางกระบวนการจะต้องทำการยกเกียร์ลงมาทำการซ่อมบำรุง จำเป็นต้องใช้รอกยกเครื่องยนต์ขึ้นไว้ ให้อยู่ในตำแหน่งเดิม เพื่อป้องกันการฉีกขาดของลูกยางแท่นเครื่อง รอกยกเครื่องยนต์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นระบบโซ่ดึงซึ่งต้องใช้ความระมัดระวังมากไม่ให้โซ่ไปโดนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์และตัวถัง ส่งผลให้การทำงานของช่างในศูนย์บริการล่าช้าไม่สะดวก สิ้นเปลืองเวลาเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากขึ้น และอาจทำให้รถของลูกค้าเกิดความเสียหายได้ การวิจัยนี้มีวัตุประสงค์ เพื่อพัฒนารอกยกเครื่องยนต์สำหรับการซ่อมเครื่องยนต์ส่วนหน้ารถ หาประสิทธิภาพของรอกยกเครื่องยนต์สำหรับการซ่อมเครื่องยนต์ส่วนหน้ารถ ผลการวิจัยนี้พบว่า คุณภาพของรอกยกเครื่องยนต์ในด้านการออกแบบในหัวข้อ ขนาดและน้ำหนักของชิ้นงาน มีความเหมาะสมระดับ ดีมาก ประสิทธิภาพของรอกยกเครื่องยนต์สำหรับการซ่อมเครื่องยนต์ส่วนหน้ารถโดยภาพรวม พบว่า ใช้รอกยกเครื่องยนต์แบบเดิมใช้เวลาเฉลี่ย 17.33 นาที ใช้รอกยกเครื่องยนต์ของผู้วิจัยใช้เวลาเฉลี่ย 12 นาที ความแตกต่างระหว่างการทดสอบโดยใช้รอกยกเครื่องยนต์แบบเดิมกับของผู้วิจัย ใช้เวลาเฉลี่ย 5.33 นาที คิดเป็นร้อยละ 30.75 อาจเป็นเพราะรอกยกเครื่องยนต์แบบเดิมใช้ระบบโซ่ดึงผู้ใช้จะต้องใช้ความระมัดระวังมากไม่ให้โซ่ ไปโดนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์และตัวถังให้เกิดความเสียหาย จึงต้องค่อย ๆ ดึงโซ่ทำให้ใช้เวลาในการทำงานมาก แต่รอกยกเครื่องยนต์ของผู้วิจัยใช้ระบบเพลาขับหมุนให้รอกทำงาน ไม่มีชิ้นส่วนของรอกไปสัมผัสกับเครื่องยนต์และตัวถัง ทำให้ใช้เวลาน้อยกว่ารอกยกเครื่องยนต์แบบเดิม

ชนิกาพร ใหม่ตัน และ นิวิท เจริญใจ (2558) ศึกษาและประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในงานยกย้ายและหาแนวทางการปรับปรุงงานเพื่อลดความเสี่ยง โดยการใช้แบบสอบถามอาการบาดเจ็บจากการทำงานที่ปรับปรุงจากแบบสอบถาม Standardized Nordic และการประเมินท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค REBA, การหาแรงกดที่หมอนรองกระดูก และสมการการยกของ NIOSH รวมทั้งวัดอัตราการเต้นหัวใจ (Heart Rate Monitor) ผลจากการประเมินทางการยศาสตร์จากพนักงาน 11 คน พบว่าท่าทางการทำงานของพนักงานส่วนใหญ่เป็นงานที่มีการทำงานแบบก้มยก โดยให้ผลการประเมินที่เกินค่าที่กำหนด และผลการประเมินสอดคล้องกับแบบสอบถามอาการบาดเจ็บจากการทำงาน โดยบริเวณหลังให้ค่าความเสี่ยงสูงมากกว่าร่างกายบริเวณอื่น ๆ ผลการวัดอัตราการเต้นของหัวใจพบว่า พนักงานส่วนใหญ่มีอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานในแต่ละงานย่อยมากกว่า 110 ครั้ง/นาที ซึ่งมีความเสี่ยงสูงและอาจทำให้เกิดความล้มเหลวของระบบหมุนเวียนโลหิต งานวิจัยได้เสนอแนวทางเพื่อปรับปรุงงานและเพื่อลดความเสี่ยงทางการยศาสตร์ โดยการปรับปรุงสถานีงานและปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานใหม่ รวมทั้งออกแบบอุปกรณ์ช่วยเคลื่อนย้ายถังน้ำดิน ซึ่งใช้หลักเกณฑ์ในการออกแบบให้เหมาะกับสรีระวิทยาของแรงงานไทย

Anggrahini et al. (2020) ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องอบอัตโนมัติที่มีความจุมากขึ้นและเป็นไปได้ เพื่อนำไปปรับใช้กับ SME แปรรูปอาหาร โดยใช้ระบบคาราคุริจัดการวัสดุซึ่งอยู่ในรูปของลูกกลิ้งลำเลียงที่สามารถช่วยผู้ประกอบการย้ายถาดอบไปที่เครื่องอบทันที ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจึงสามารถโฟกัสไปที่กระบวนการอื่นได้ เมื่ออบแล้วจะถูกส่งไปยังผู้ปฏิบัติงานในแผนกผสมอีกครั้ง โดยใช้ลูกกลิ้งลำเลียง ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจึงไม่ต้องเสียเวลาหยิบถาดจากเครื่องอบ วัตถุประสงค์หลักของระบบนี้คือการเพิ่มอัตราการผลิตในกระบวนการอบของอาหาร นอกจากนี้ยังช่วยลดพลังงานที่ใช้โดยคนงานเนื่องจากใช้ระบบคาราคุริ เครื่องนี้ลดรอบเวลาประมาณ 39% โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผสมและขั้นตอนการอบ เวลานำการผลิตลดลงประมาณ 55 นาทีในขณะที่กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 7 หน่วยต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณัฐวัตร แก้วบุญปัน และคณะ (2555) จากการศึกษาสภาพปัจจุบัน พบว่ากราฟวิเคราะห์ความสูญเปล่าภายในโรงงานปัญหาที่เกิดมากที่สุด คือ ปัญหาด้านการขนส่ง 30% และการเคลื่อนไหว 25% ปัญหาด้านการขนส่งวัสดุในกระบวนการผลิตพบพื้นที่ที่มีปัญหาด้านการขนส่งมากที่สุดคือ สายการผลิตผลิตภัณฑ์หลัก ประมาณ 33 % และการขนส่งวัสดุที่บ่อยที่สุด คือ การขนส่ง Coupler ประมาณ 50% ซึ่งพนักงาน 1 คน จะต้องขนส่งวัสดุใน 1 กะ เท่ากับ 5.38 กิโลเมตร วัสดุมีน้ำหนัก 20 กิโลกรัม จากแนวคิดการออกแบบอุปกรณ์ครั้งที่ 1 คือแนวคิดการส่งลำเลียงชิ้นงานในแนวแกนนอน ใช้หลักการเครื่องไส พบปัญหาคือสูญเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง Cylinder มีปัญหาเรื่องลมตก Cylinder ทำงานไม่สม่ำเสมอ ส่ง Coupler ไม่ทันตามความต้องการใช้งาน ยังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการปั๊มลม จึงปรับปรุงเป็นแนวคิดที่ 2 คือแนวคิดในการนำพลังงานที่สูญเปล่านำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยใช้หลักการของจุดต้นกำลังเพียงจุดเดียวสามารถส่งกำลังขับเคลื่อนทั้งระบบ พบปัญหา คือ การกระทบกันของ Coupler ในขณะเคลื่อนที่ลงมาสู่กระบวนการที่พนักงานทำงานแล้วเกิดความเสียหาย จากปัญหาที่พบทั้ง 2 ครั้งแรก นำมาสู่การแก้ปัญหาในแนวคิดที่ 3 คือ แนวคิดในการ “สร้างเสาลำเลียงในแนวดิ่ง” และการได้เปรียบเชิงกล ผลการดำเนินงานคือ สามารถนำพลังงานที่สูญเปล่ากลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ สามารถลดต้นทุนการผลิตต่อปีลงได้ ค่าใช้จ่ายพนักงานลดลง 500,000 บาท ด้านอุปกรณ์ลดต้นทุนลง 31,200 บาท ค่าใช้จ่ายด้านการซ่อมบำรุง 5,500 บาท สรุปแล้วสามารถลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตลง 536,700 บาทต่อปี

วารุณี ปืนฮวน และคณะ (2555) การปรับปรุงการทำงานของพนักงานสายการผลิตคอยล์เย็น กรณีศึกษา บริษัท เด็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด คอยล์เย็น รุ่น RS (RS Evaporator) เป็นอุปกรณ์ทำความเย็นภายในระบบรถยนต์ เนื่องจากยอดการจำหน่ายรถยนต์ที่สูงขึ้นในปัจจุบันทำให้ความต้องการคอยล์เย็นเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ส่งผลให้กำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า จึงมีความจำเป็นต้องทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเพื่อรองรับความต้องการดังกล่าว งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยใช้แนวคิดของระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System) การศึกษาการทำงาน (Work Study) และการลดเวลาสูญเปล่าจากการทำงานที่ไม่มีมูลค่า (Non-Value Added) ในสายการผลิตด้วยระบบอัตโนมัติต้นทุนต่ำ (Low Cost Automation) หรือระบบกลไกคาราคุริ (Karakuri) จากการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานสายการผลิตคอยล์เย็น โดยใช้แนวคิดคาราคุริ ไคเซ็น มาใช้การปรับปรุงกลไกของเครื่องจักร พบว่าพนักงานสามารถทำงานได้รวดเร็วและสะดวกมากยิ่งขึ้นส่งผลให้ลดเวลาทำงานรวมสุทธิได้ร้อยละ 14.1 วินาที พื้นที่การทำงานลดลงร้อยละ 2.3 และประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.6 นอกจากนี้หลังจากทำการจัดสมดุลใหม่ พบว่าสามารถลดจำนวนพนักงานจาก 5 คน เหลือ 4 คนได้ ทำให้ต้นทุนค่าแรงงานลดลง 12,500 บาทต่อเดือนหรือคิดเป็น 150,000 บาทต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dewi and Pramono (2019) ได้ศึกษาการออกแบบและการผลิตคาราคุริแบบผสมและการจัดการวัสดุนี้มีเป้าหมายเพื่อสร้างเครื่องมือการผลิตในรูปแบบของคาราคุริผสมและการจัดการวัสดุในกระบวนการทำแกนแจ็คเก็ตน้ำ เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีบางกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่า (Muda) ในกระบวนการนั้น คือ การผสมด้วยมือซึ่งใช้เวลา 5 วินาที จัดการวัสดุ Muda ในปริมาณ 5 กิโลกรัม และ Muda เดิน 3 เมตร ซึ่งใช้เวลา 6 วินาที) ความสูญเปล่าเหล่านี้เป็นอุปสรรคทำให้ผลผลิตลดลง ดังนั้นการออกแบบการผลิตคาราคุริผสมและวัสดุการจัดการกับกระบวนการผลิตแกนเสื้อน้ำจึงจำเป็นในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ใช้วิธี (Quality Function Deployment, QFD) สำหรับกำหนดความต้องการของลูกค้าและแปลงเป็นผลิตภัณฑ์ออกแบบเครื่องมือให้มีขนาด 1860 x 1870 x 600 มิลลิเมตร เครื่องมือนี้สามารถผสมน้ำยาเคลือบรีโอเทคด้วยความหนาแน่น 30 โบเม สามารถรองรับและถ่ายโอนถาด 5 ถาดที่มีแกนน้ำซึ่งมีน้ำหนัก 30 กิโลกรัม

Mašín and Riegr (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายสิ่งของจากพื้นไปวางบนสายพานลำเลียงหรือเคลื่อนย้ายสิ่งของด้วยมือจากจุด ก ไปยังจุด ข การดำเนินการเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นเรื่องเล็กน้อย ซ้ำซาก และใช้พลังงานค่อนข้างมากจากคนงาน เป้าหมายของการวิจัยคือการกำหนดเวลาที่ขึ้นอยู่กับระยะทางที่ผ่านและความเร็วของการเคลื่อนที่ของรถเข็นด้วยน้ำหนักการขนส่งที่กำหนดไว้ 10 กิโลกรัม และ 20 กิโลกรัม โดยได้ผลลัพธ์คือรถเข็นสำหรับขนย้ายแบบคาราคุริใช้สำหรับการเคลื่อนที่ของวัตถุตามแนววิถีเชิงเส้น มีการเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม และ 20 กิโลกรัม ที่ระยะ 2 เมตร และ 3 เมตร แล้วกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นโดยไม่มีการจ่ายพลังงานเพิ่มเติม โดยทั้งระยะทางและความเร็วของคาราคุริรถเข็นขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัตถุที่ขนส่ง

Andrist et al. (2014) ได้ศึกษาการวิเคราะห์และการจำแนกประเภทของคาราคุริเพื่อเสริมการ การปรับปรุง การแก้ปัญหาด้วยคาราคุริที่ใช้แหล่งกำเนิดพลังงานจากธรรมชาติ และกลไกพื้นฐานอย่างง่าย ทำการศึกษาขั้นตอนการวิเคราะห์และปรับปรุงกลไกคาราคุริให้มีประสิทธิภาพ พัฒนาสู่ความสำเร็จจากผู้เชี่ยวชาญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาคาราคุริ ผลการศึกษาสามารถสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์และปรับปรุงคาราคุริได้ 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1. รวบรวมข้อมูลของคาราคุริ 2. ศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของคาราคุริ 3. แยกองค์ประกอบและจำแนกประเภท 4. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบตามสถิติแบบจำลองเชิงปริมาณ 5. สรุปผลการศึกษา 6. ปรับปรุงกลไกของคาราคุริ

Shamsudin (2019) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้อุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุโดยใช้แนวคิดคาราคุริในสายการผลิตเครื่องซีลของผู้ประกอบอุปกรณ์เสริมสำหรับรถยนต์โตโยต้า (Toyota Assembly Services Sdn, ASSB) ในสายการผลิตเครื่องซีลที่สถานีที่สอง เป็นขั้นตอนของการซีลที่ประตูตัวรถ มีการใช้อุปกรณ์ติดตั้งตัวกั้นประตูรถเพื่อให้แน่ใจว่าประตูจะไม่ปิดระหว่างการใช้เครื่องซีล และใช้อุปกรณ์ติดตั้งตัวกั้นประตูจนถึงสถานีที่สี่ โดยทำตามการเคลื่อนไหวของสายพานลำเลียงในสายการผลิตเครื่องซีล ปัญหาที่พบในสายการผลิต คือ ตัวกั้นประตูถูกใช้ไปแล้ว จะต้องถูกเอาออกในสถานีที่สี่ในสายการผลิตเครื่องซีล ผู้ปฏิบัติงานที่สถานีที่สี่จะต้องส่งอุปกรณ์ติดตั้งตัวกั้นประตูทั้งหมด โดยเดินไปยังสถานีที่สองในสายการผลิตเครื่องซีล โดยการเดินซ้ำ ๆ เป็นระยะทาง 24 เมตร ซึ่งจะรบกวนรอบเวลาของกระบวนการ และยังรบกวนความเร็วในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิต (Takt Time) ของกระบวนการทั้งหมดด้วย ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีความจำเป็นโดยการออกแบบการจัดการวัสดุเพื่อลดการไหลของกระบวนการและลดการสูญเสียของการเคลื่อนไหว เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานไม่จำเป็นต้องส่งอุปกรณ์ติดตั้งตัวกั้นประตูโดยการเดินเป็นระยะทาง 24 เมตร ผลการวิจัยนี้พบว่า หลังการนำแนวคิดคาราคุริมาใช้ทำให้การเปลี่ยนแปลงในรอบเวลาของผู้ปฏิบัติงานที่ลดลงจาก 327 เป็น 256 วินาที ความเร็วในการผลิตของสายการผลิตเครื่องซีลจะเท่ากันเสมอ ซึ่งก็คือ 270 วินาที ด้วยการนำแนวคิดคาราคุริมาใช้ ผู้ปฏิบัติงานในสถานีที่สี่สามารถทำงานของตนให้เสร็จได้ก่อนที่จะหมดเวลา และจะไม่รบกวนกระบวนการอื่น ๆ จากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบก่อนและหลังการนำแนวคิดคาราคุริไปใช้โดยการวิเคราะห์ SCWT สามารถลดการสูญเสียของการเคลื่อนไหวในแง่ของการเคลื่อนที่ของผู้ปฏิบัติงานในสถานีที่สี่ นอกจากนี้ ผู้ปฏิบัติงานจะไม่ต้องส่งอุปกรณ์ติดตั้งตัวกั้นประตูไปยังสถานีที่สองอีกต่อไป ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้เวลาเพียง 9 วินาทีในการส่งมอบอุปกรณ์ติดตั้งตัวกั้นประตู ซึ่งก่อนปรับปรุงใช้เวลานานกว่า 40 วินาที

Porteiro and Mateos (2019) ได้ศึกษาการจัดการวัสดุด้วยกลไกคาราคุริ ไคเซ็น เนื่องจากปัจจุบันเป็นยุคอุตสาหกรรม 4.0 ล้วนมีเป้าหมายในการผลิตให้เร็วขึ้น เพิ่มคุณภาพอย่างต่อเนื่อง จำเป็นต้องปรับปรุงประสิทธิภาพ มักใช้ระบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์ ซึ่งมีต้นทุนสูง แต่ยังมีอีกหนึ่งทางเลือกคือ ปรัชญาระบบอัตโนมัติราคาถูกของญี่ปุ่นที่เรียกว่า "คาราคุริ" กำลังถูกนำมาใช้โดย Volvo GTO ใช้วิธี Scrum ในการออกแบบ แบ่งการพัฒนาออกเป็นขั้นตอน หาวิธีการที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอน และเพิ่มระดับคำจำกัดความซ้ำ ๆ ตลอดกระบวนการ ผลการศึกษาพบว่า Scrum ซึ่งเป็นวิธีการดั้งเดิมที่ใช้สำหรับซอฟต์แวร์สามารถนำมาพัฒนาปรับปรุงการออกแบบอุปกรณ์การผลิตได้ โดยเฉพาะในขั้นตอนที่มีความซับซ้อน รัดกุม เมื่อสร้างและปรับปรุงอุปกรณ์สำเร็จมีการเตรียมเอกสารประกอบสำหรับการแนะนำอุปกรณ์ ได้แก่ แผนการผลิต รายการวัสดุบำรุงรักษา และใบแจ้งยอดของขั้นตอนการบำรุงรักษา การลงทะเบียนรถเข็นในราคาประหยัดของวอลโว่ และระบบติดตามค่าใช้จ่ายต่อไป

Rani et al. (2015) ได้ศึกษาการจัดการวัสดุโรงงานอุตสาหกรรมที่มีส่วนประกอบที่ละเอียดอ่อนและมีขนาดใหญ่ มีการใช้ระบบนิวเมติกส์เข้ามาช่วยในการจัดการวัสดุดังกล่าว ระบบนิวเมติกส์ต้องใช้แรงอัดของอากาศในการทำงาน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าอัดอากาศโดยใช้ปั๊มลม ในบางครั้งเกิดปัญหาไฟฟ้าตกทำให้ไม่สามารถใช้ปั๊มลมได้ ซึ่งมีอีกทางเลือกหนึ่งคือใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงที่มีต้นทุนการผลิตสูงและมีค่าใช้จ่ายเรื่องเชื้อพลิงทุกวัน เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว ต้องหลีกเลี่ยงการใช้แหล่งพลังงาน โดยใช้หลักการทางธรรมชาติ เช่น แรงโน้มถ่วง แรงเหวี่ยง ฯลฯ มีเพียงต้นทุนเริ่มต้น เริ่มกระบวนการแก้ปัญหาด้วยการออกแบบ 2 มิติ และทดสอบด้วย Offline 3D เพื่อสร้างแบบจำลอง หลีกเลี่ยงการแก้ไขในกระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุนและเวลา ในกระบวนการผลิตอุปกรณ์แรกประสบปัญหา ต้องใช้เวลาหลายสัปดาห์ในการแก้ปัญหาจากการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงจึงสามารถติดตั้งในอุตสาหกรรมและทำงานได้สำเร็จโดยไม่หยุดชะงัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Prasetyawan et al. (2020) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบการสร้างเครื่องกวนอัตโนมัติที่อำนวยความสะดวกในการกวนในกระบวนการให้ความร้อนด้วยเครื่องผสม แล้วหลังจากนั้นรองรับด้วยเครื่องมือที่อำนวยความสะดวกในการถ่ายโอนแป้งจากกระบวนการให้ความร้อนไปยังกระบวนการทำความเย็นโดยใช้ระบบคาราคุริ ต้นแบบที่ได้รับการทดสอบในงานวิจัยนี้ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่ากระบวนการแบบครั้งก่อน ระบบที่ออกแบบมีความแม่นยำของกระบวนการถึง 95% และไม่พบผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องในกระบวนการ การใช้คาราคุริสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึง 45% การใช้สายพานลำเลียงในการจัดการวัสดุสามารถทำได้โดยอัตโนมัติ โดยไม่ต้องใช้แรงงานคนในการยกได้มากถึง 25 กิโลกรัม และด้วยการใช้เครื่องมือนี้แป้งจึงสามารถเคลื่อนย้ายได้ทันที

Tangl and Vajna (2014) ได้ศึกษาการใช้เทคโนโลยีและทรัพยากรบุคคลในอุตสาหกรรม ศึกษาระบบการผลิตแบบลีนขจัดของเสียออกจากกระบวนการ ทำการศึกษาเพื่อแสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตแบบผสมผสานสามารถปรับปรุงได้โดยใช้วิธีคาราคุริ ไคเซ็น ศึกษาผลของการนำลีนมาประยุกต์ใช้กับคาราคุริ ไคเซ็น ผลลัพธ์การศึกษาจากการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน การเคลื่อนไหว นำมาวิเคราะห์ทางสถิติ นำมาซึ่งการออกแบบระบบการผลิตใหม่เพื่อลดของเสียและเพิ่มแรงงานผลผลิต ผลการปรับปรุงอัตราส่วน VA (Value Added) และ NVA (Non Value Added) 5/60 คือลดลงอย่างมากถึง 5/10 ข้อดีของการประยุกต์ใช้ลีนกับคาราคุริ ไคเซ็น คือปริมาณคุณภาพสูงที่เพิ่มขึ้นสินค้า ต้นทุนที่ลดลงและผลประโยชน์ที่สูงขึ้น

Kit et al. (2018) ได้ศึกษาการเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิตหลอดไฟ ประสิทธิภาพของสายการประกอบส่งผลโดยตรงต่อผลผลิต เพื่อพัฒนารุ่นปรับปรุงของสายการประกอบด้วยประสิทธิภาพที่มากขึ้น เริ่มจากการรวบรวมข้อมูล ดำเนินการวิเคราะห์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหาในสายการประกอบ มีการใช้ Flexsim ในการจำลองสายการประกอบปัจจุบันและประสิทธิภาพผลลัพธ์ ผลลัพธ์ของการดำเนินการถูกวิเคราะห์โดยใช้การตรวจสอบการผลิตแบบลีน ใช้ระบบคาราคุริเป็นแนวทางในการออกแบบอุปกรณ์ และดำเนินการเพื่อขจัดการดำเนินงานที่ไม่เพิ่มมูลค่า มีการปรับสมดุลสายการประกอบคือประยุกต์โดยใช้วิธีฮิวริสติก 4 วิธี พัฒนาสายการประกอบทั้งหมด 4 รุ่น ดำเนินการจำลองแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว 4 รูปแบบสายการประกอบและเพื่อให้เห็นถึงวิธีที่ดีที่สุดในการเพิ่มประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การศึกษาสภาพปัจจุบัน

การจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ มีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงสาเหตุของปัญหา โดยการศึกษาสภาพปัจจุบันในกระบวนการผลิตเริ่มจากการลงพื้นที่บริเวณการผลิตและทำการขอข้อมูลที่จำเป็นจากทางบริษัท โดยการศึกษาสภาพปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. ประวัติของบริษัทโอซีพี โพลีเทค จำกัด
2. ข้อมูลผลิตภัณฑ์ MEATA Bond Coat
3. กระบวนการผลิต
4. การศึกษาการเคลื่อนย้ายวัสดุและสภาพการทำงานปัจจุบันอย่างละเอียด
5. การกำหนดปัญหาที่เร่งด่วน 1 ปัญหา และดัชนีชี้วัด
6. การศึกษาการเคลื่อนย้ายสารปรับแต่งคุณสมบัติสี
7. การออกแบบชิ้นงานเบื้องต้น

3.1 ประวัติของบริษัทโอซีพี โพลีเทค จำกัด

OCP PAINT CO.,LTD (2552) บริษัท โอซีพี โพลีเทค จำกัด ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2552 เป็นผู้ผลิตสินค้าในกลุ่มสีอุตสาหกรรม และสารโพลีเมอร์ สำเร็จรูป สำหรับงานวิศวกรรมด้านการแก้ปัญหา การป้องกันและการยืดอายุการใช้งานของ อาคารสถานที่ โดยพื้นฐานประสบการอันยาวนานกว่า 19 ปี ของ บริษัท โอซีพี โพลีเมอร์โปรดักส์ จำกัด ภายใต้การร่วมมือและร่วมทุนของกลุ่มเมต้า (MEATA) เคมีคอล ผู้มีประสบการด้านเคมีอุตสาหกรรมมานานกว่า 30 ปี บริษัทร่วมคิดค้นและผลิตสินค้าจาก ความเชี่ยวชาญและประสบการณ์งานโครงการกว่า 280 โครงการรวมพื้นที่กว่า 800,000 ตารางเมตร บนเทคโนโลยีและความรู้ด้านสารปรับแต่งคุณสมบัติสีในระดับโมเลกุล เกิดเป็นนวัตกรรมใหม่ที่จดสิทธิบัตรการประดิษฐ์ เป็นสินค้าที่เป็นที่ยอมรับจากผู้ใช้ในหลายโครงการ ภายใต้ชื่อแบรนด์เมต้า (MEATA)

สถานที่ตั้งของบริษัทกรณีศึกษา มีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่ 69/3 หมู่ 6 ลำลูกกาคลอง 8 ถนนลำลูกกา ต.ลำลูกกา อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12150 ซึ่งโรงงานฝ่ายผลิตตั้งอยู่ที่ 9/209 หมู่ 6 ถนนนิมิตรใหม่ ต.ลำลูกกา อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยผลิตภัณฑ์ของบริษัท มีดังนี้

1. ชุดสีงานพื้นอีพ๊อกซี่ (Epoxy Flooring System)
2. ชุดสีงานพ่นกันสนิม (Anti-corrosive Epoxy Paint System)
3. มอร์ท่าสำเร็จงานซ่อมและสร้างพื้นรับน้ำหนัก (Heavy Load Mortar Set)
4. เคมีภัณฑ์ทำความสะอาดอาคารโรงงาน (Clean & Care Product)
5. สีย้อมไม้ (Wood Stain)
6. สีทาอาคารและพื้นสูตรน้ำ (Acrylic, Polyurethane & Hybrid Paint)
7. ผลิตภัณฑ์งานกันซึม (Acrylic, Polyurethane & Hybrid Waterproof)
8. สีพ่นเฟอร์นิเจอร์ไม้และเหล็ก (Acrylic Enamel)

3.2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ เมต้าบอนด์โค๊ท (MEATA Bond Coat)

สีเมต้าบอนด์โค๊ท (MEATA Bond Coat) เป็นสีโพลีเมอร์ ชนิดพันธะร่วม (Co-polymer) ซึ่งให้คุณสมบัติเหนือกว่าสีอะคริลิค ในด้านความคงทนต่อการขัดล้างทำความสะอาด มีแรงยึดเกาะสูง ป้องกันการรั่วซึม ทนต่อรังสี UV ทนต่อฝุ่น คราบสกปรกไม่ยึดเกาะผิว ปราศจากเชื้อรา เนื่องจากสีเมต้าบอนด์โค๊ทมีลักษณะเป็นฟิล์มแน่น ทนต่อฤทธิ์ด่างจากปูน ปราศจากสารตะกั่วและปรอท เหมาะสำหรับปกป้องผิวปูน ไม้ และฝาเทียมแบบต่าง ๆ สีเมต้าบอนด์โค๊ท มีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของสีเมต้าบอนด์โค๊ท (MEATA Bond Coat)

เทคโนโลยีการผลิต	ระบบสีบอนด์โค๊ท (สีโครงสร้างแรงยึดเกาะสูง)
เปอร์เซ็นต์อะครีลิค	100%
กลิ่นของสีขณะใช้งาน	กลิ่นไม่ฉุน ไม่เหม็นขณะใช้งาน
จำนวนรอบในการทาให้สีเต็ม	2 รอบ บนสีรองพื้น
เวลาแห้งตัวสำหรับชั้นต่อไป	60 นาที
เวลาแห้งสมบูรณ์	6 ชั่วโมง
ลักษณะผิวเมื่อแห้งสมบูรณ์	เนื้อสีแน่นหนา ผิวนวล
การผสมแม่สี	ผสมได้กับแม่สีน้ำทั่วไป
การทนต่อการขัดล้าง	ทนการขัดล้างได้ดีเยี่ยม
ปริมาณการใช้งานต่อ 1 แกลลอน (9 ลิตร)	40-45 ตารางเมตร/รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการใช้งานของสีเมต้าบอนด์โค๊ท (MEATA Bond Coat) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เตรียมพื้นผิว

สำหรับพื้นผิวปูนใหม่ที่ไม่เคยทาสี ต้องรอให้ปูนแห้งสนิทอย่างน้อย 28 วัน จากนั้นทำการปัดฝุ่น ล้างคราบเกลือหรือเศษปูนออกให้หมด และ อุดโป๊ว รอยแตกให้เรียบร้อยก่อนทาสีรองพื้น

สำหรับพื้นผิวเก่าที่สีเดิมยังมีสภาพดีอยู่ ให้ล้างทำความสะอาดให้ปราศจากฝุ่น ผงปูน แล้วทาทับหน้าโดยไม่ต้องทาสีรองพื้น

สำหรับพื้นผิวเก่าที่สีเดิมอยู่ในสภาพที่เสื่อมสภาพแล้ว ให้ขัดถูสีเดิมออกให้หมด ล้างทำความสะอาดให้ปราศจากฝุ่น ผงปูน ก่อนทาสีรองพื้น

2. ทาสีรองพื้น

สำหรับพื้นผิวใหม่ควรทารองพื้นด้วย MEATA Prime Coat 1 รอบ

สำหรับพื้นผิวเก่าที่ปูนเสื่อมสภาพมีลักษณะที่ร่วนเป็นผง ควรทารองพื้นด้วย MEATA Prime Coat 1000 ก่อน 1 รอบ เพื่อช่วยผนึกผิวปูน

3. ทาสีทับหน้า/ผิวชั้นนอก

ผสมสีเมต้าบอนด์โค๊ทกับน้ำสะอาดโดยไม่เกิน 10% สามารถใช้แปรงหรือลูกกลิ้งทา และควรทา 2 รอบ โดยปล่อยเที่ยวแรกแห้งประมาณ 60 นาที ก่อนทาสีชั้นต่อไป

3.3 กระบวนการผลิต

กำหนดให้การเตรียมวัตถุดิบในการผลิตสีเมต้าบอนด์โค๊ท (MEATA Bond Coat) ปริมาตร 450 ลิตร โดยมีกระบวนการผลิตสี 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้และแสดงดังรูปที่ 3.1

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมวัตถุดิบ

เป็นการเตรียมและขนย้ายวัตถุดิบบริเวณการผลิต โดยวัตถุดิบจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1. วัตถุดิบปรุงแต่งคุณสมบัติและแม่สีเข้มข้น ที่ถูกจัดเตรียมจากห้องจัดเก็บในชั้นที่ 2 โดยทำการขนย้ายลงมายังบริเวณการผลิตในชั้นที่ 1

2. วัตถุดิบพื้นฐาน เช่น กาว และน้ำ ที่ถูกจัดเก็บไว้ไกลบริเวณการผลิตในชั้นที่ 1

ขั้นตอนที่ 2 ตั้งค่าเครื่องจักร

เป็นการเตรียมเครื่องปั่นสี ที่ใช้ในการผสมและปั่นวัตถุดิบให้เข้ากัน โดยทำการกำหนดปริมาณในการผลิตในแต่ละรอบ ขนาดและความเร็วในการหมุนของใบพัดที่ใช้ในการปั่น

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบวัตถุดิบก่อนดำเนินการผลิต

เป็นขั้นตอนการตรวจสอบวัตถุดิบก่อนเริ่มการผลิตว่าวัตถุดิบตรงตามใบผลิตของแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์หรือไม่ เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการผลิต

1. เติมน้ำและกาวลงในถังโลหะของเครื่องปั่นสี

2. เปิดเครื่องปั่นสี

3. ใส่วัตถุดิบปรุงแต่งคุณสมบัติและแม่สีเข้มข้นตามลำดับที่ระบุไว้ในใบผลิตจนถึงสารลำดับที่ 7

4. ปั่นทิ้งไว้ 15 นาที โดยระหว่างการปั่นมีการเคลียร์สารผสมบริเวณหัวก็อก โดยการบรรจุแล้วเทไปที่ปากถัง เนื่องจากสารบริเวณหัวก๊อกจะไม่ได้รับการผสมเข้ากับเนื้อสารผสมให้เข้ากัน

5. ใส่วัตถุดิบปรุงแต่คุณสมบัติต่อไปตามลำดับ

6. ปั่นทิ้งไว้ 15 นาที

7. แยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของล๊อตนั้น ๆ 1 แกลลอนขนาด 500 มิลลิลิตร

ขั้นตอนที่ 5 ทำความสะอาดใบพัด

โดยต้องทำความสะอาดด้วยน้ำทันที เพื่อป้องกันสีไม่ให้แห้งติดใบพัดของเครื่องปั่นสี เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติแห้งไว

ขั้นตอนที่ 6 บรรจุสินค้าและจัดเก็บ

บรรจุผลิตภันฑ์ลงในถังขนาด 9 ลิตร จำนวน 50 ถัง และขนย้ายเข้าห้องจัดเก็บเพื่อรอส่งมอบให้ลูกค้าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 แผนภูมิแมโครของการผลิต (Macro Flowchart of Production) ของเมต้าบอนด์โค๊ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การศึกษาการเคลื่อนย้ายวัสดุและสภาพการทำงานปัจจุบันอย่างละเอียด

จากรูปที่ 3.1 สามารถนำมาเขียนแผนภูมิกระบวนการผลิตโดยสังเขปได้ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งอธิบายขั้นตอนการผลิต และการเคลื่อนย้ายวัสดุไว้อย่างชัดเจน โดยมีสัญลักษณ์ต่าง ๆ ดังนี้

สัญลักษณ์วงกลม แสดงการดำเนินงาน

สัญลักษณ์สี่เหลี่ยม แสดงการตรวจสอบ

สัญลักษณ์สามเหลี่ยม แสดงจุดสิ้นสุด

สัญลักษณ์ลูกศร แสดงกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุ

ในแผนภูมิดังกล่าว แสดงให้เห็นการทำงานของกระบวนการ ดังนี้

การตรวจสอบ ได้แก่ หมายเลข 8 เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของสารปรับแต่งคุณสมบัติสี หากมีข้อผิดพลาดจะถูกนำไปจัดเตรียมใหม่อีกครั้ง

การดำเนินงาน มีทั้งหมด 15 วงกลม ซึ่งแต่ละหมายเลขจะมีการดำเนินงานที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

หมายเลข 1 คือ การจัดเตรียมเครื่องปั่น เช่น ปรับระดับความสูง วางถังสำหรับผสมสีในเครื่องปั่น

หมายเลข 2 คือ การตวงปริมาณน้ำเปล่า ปริมาณ 15 ลิตร จำนวน 2 ถัง

หมายเลข 3 คือ เทน้ำเปล่าลงในถังสำหรับผสมสี

หมายเลข 4 คือ การตวงปริมาณกาว ปริมาณ 15 ลิตร จำนวน 3 ถัง

หมายเลข 5 คือ เทกาวลงในถังสำหรับผสมสี

หมายเลข 6 คือ เปิดเครื่องปั่น เพื่อผสมน้ำเปล่ากับกาวให้เข้ากัน

หมายเลข 7 คือ เตรียมวัสดุปรับแต่งคุณสมบัติสี

หมายเลข 9 คือ ปั่นวัตถุดิบในถังสำหรับผสมสีเป็นเวลาประมาณ 10–15 นาที

หมายเลข 10 คือ ทำความสะอาดหัวก๊อกที่ใช้ในการเทเพื่อบรรจุของเครื่องปั่น

หมายเลข 11 คือ เตรียมกระป๋องเปล่า เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างสี

หมายเลข 12 คือ เก็บตัวอย่างสี

หมายเลข 13 คือ ทำการปั่นวัตถุดิบในถังต่ออีก 15 นาที

หมายเลข 14 คือ จัดเตรียมถังปริมาตร 10 ลิตร จำนวนที่ต้องการ เพื่อใช้ในการบรรจุสี

หมายเลข 15 คือ ปิดเครื่องปั่นสี และทำความสะอาดใบพัดของเครื่องปั่น

หมายเลข 16 คือ บรรจุสีลงถังที่จัดเตรียมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนย้ายวัสดุ ในกระบวนการผลิตสีเมต้าบอนด์โค๊ท ประกอบด้วย 7 การเคลื่อนย้าย ดังต่อไปนี้

การเคลื่อนย้ายที่ 1 การเคลื่อนย้ายน้ำเปล่า (ลูกศร A) จากพื้นที่ทำความสะอาดไปยังเครื่องปั่นสี

การเคลื่อนย้ายที่ 2 การเคลื่อนย้ายกาว (ลูกศร B) จากพื้นที่เก็บวัตถุดิบพื้นฐานไปยังเครื่องปั่นสี

การเคลื่อนย้ายที่ 3 การเคลื่อนย้ายสารปรับแต่งคุณสมบัติสี (ลูกศร C) จากห้องทดลองที่ 1 บน ชั้น 2 ไปยังเครื่องปั่นสี ชั้น 1

การเคลื่อนย้ายที่ 4 การเคลื่อนย้ายกระป๋องเปล่า สำหรับเก็บผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง (ลูกศร D) จากชั้นวางผลิตภัณฑ์ตัวอย่างไปยังเครื่องปั่นสี

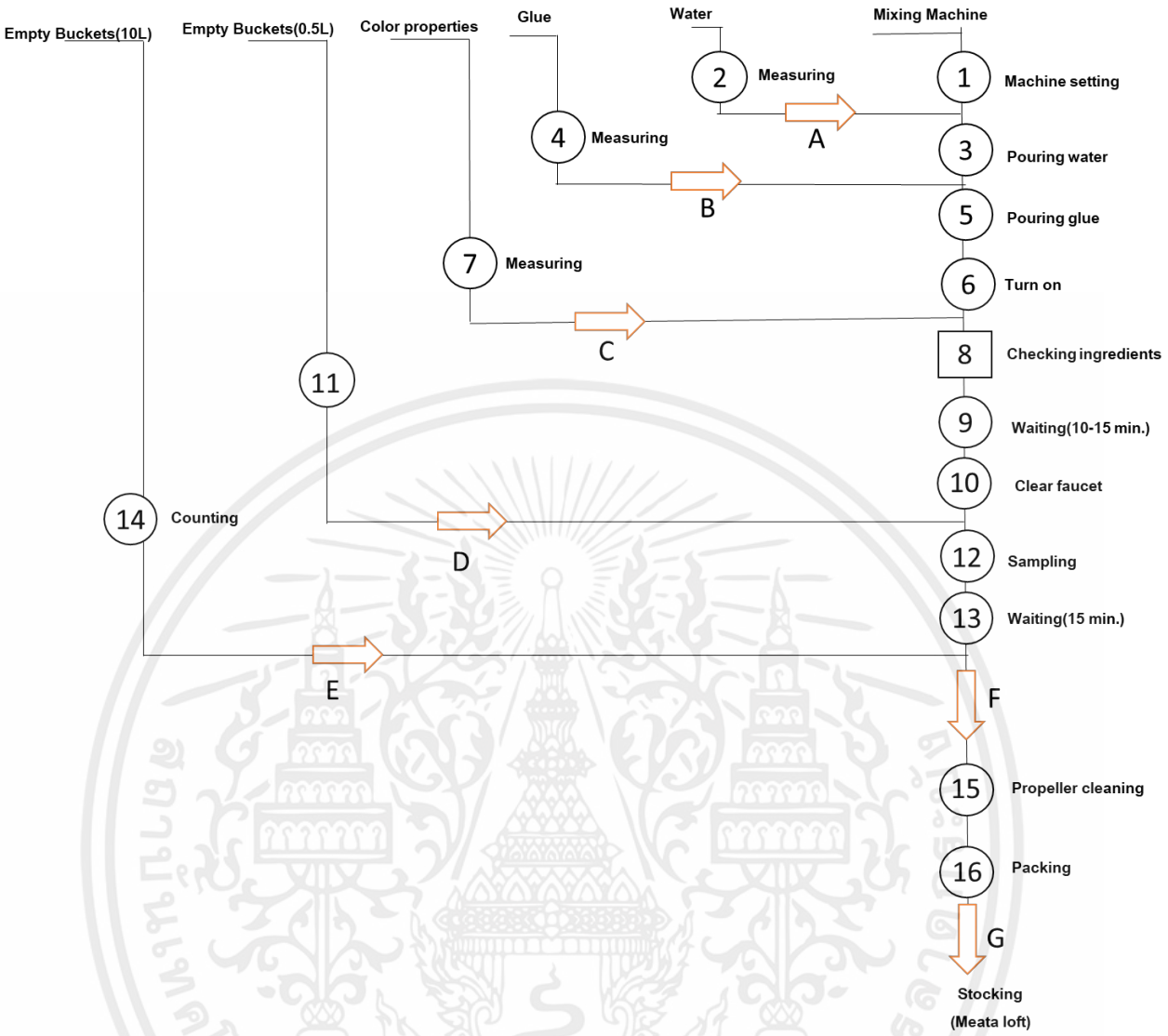
การเคลื่อนย้ายที่ 5 การเคลื่อนย้ายถังเปล่าสำหรับบรรจุสีเมต้าบอนด์โค๊ท (ลูกศร E) จากห้องเก็บวัสดุ ชั้น 1 ไปยังเครื่องปั่นสี

การเคลื่อนย้ายที่ 6 การเคลื่อนย้ายถังผสมสีออกจากเครื่องปั่น (ลูกศร F) จากเครื่องปั่นสีไปยังพื้นที่การบรรจุผลิตภัณฑ์

การเคลื่อนย้ายที่ 7 การเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์เมต้าบอนด์โค๊ท (ลูกศร G) จากพื้นที่บรรจุไปยังห้องเก็บผลิตภัณฑ์

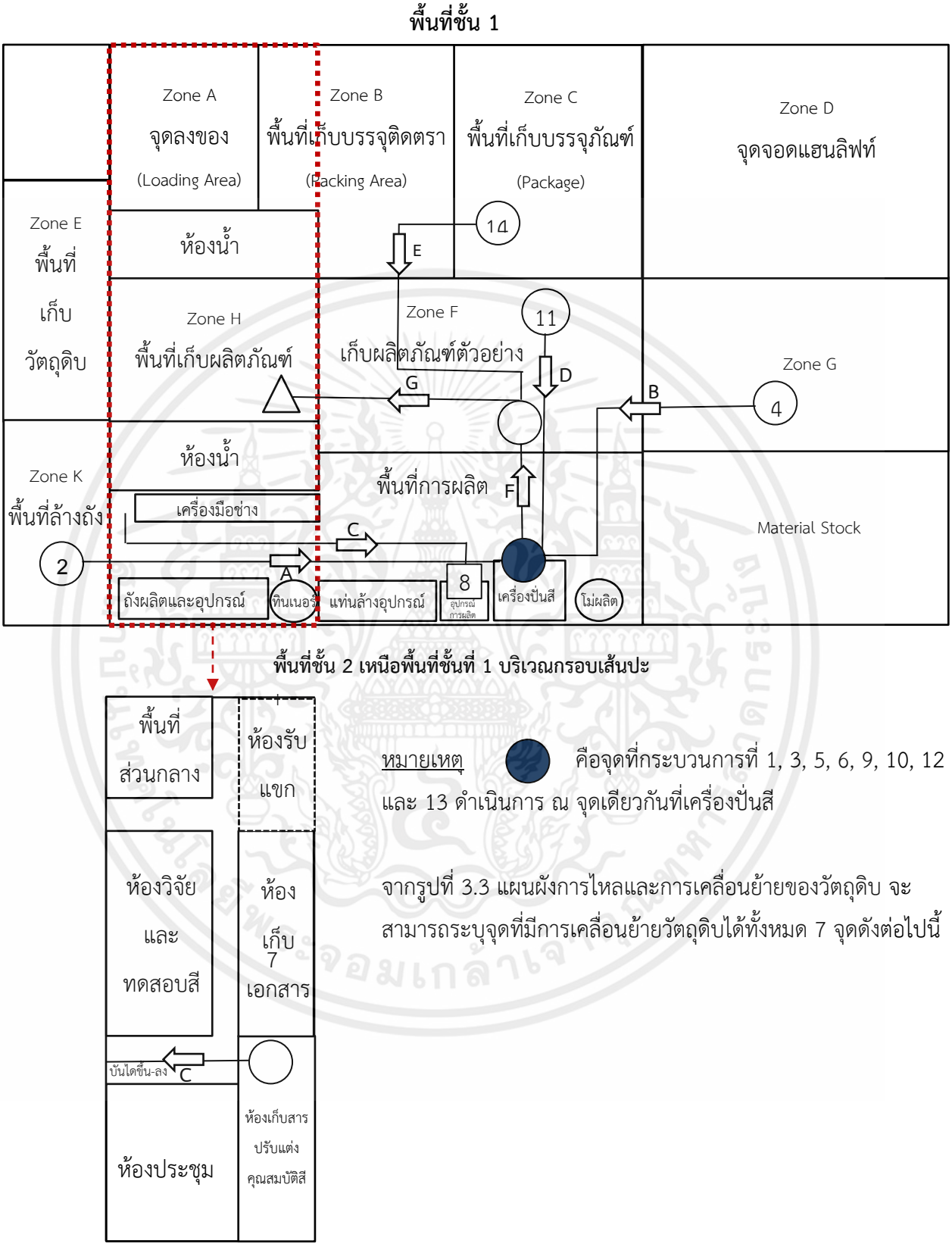
จุดสิ้นสุดของกระบวนการ จะสิ้นสุดที่พื้นที่จัดเก็บผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์จะถูกขนย้ายตามลูกศร G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนภูมิกระบวนการอย่างสังเขป (Outline Process Chart) ของสีเมต้าบอนด์โค๊ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ คือจุดที่กระบวนการที่ 1, 3, 5, 6, 9, 10, 12 และ 13 ดำเนินการ ณ จุดเดียวกันที่เครื่องปั่นสี

จากรูปที่ 3.3 แผนผังการไหลและการเคลื่อนย้ายของวัตถุดิบ จะสามารถระบุจุดที่มีการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบได้ทั้งหมด 7 จุดดังต่อไปนี้

รูปที่ 3.3 แผนผังการไหลและการเคลื่อนย้ายของวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การเคลื่อนย้ายที่ 1 การเคลื่อนย้ายน้ำเปล่า (ลูกศร A)</u>

ลูกศร A คือ การเคลื่อนย้ายถังที่บรรจุน้ำเปล่าขนาด 15 ลิตร จำนวน 2 ถัง จากพื้นที่ทำความสะอาด ซึ่งอยู่นอกพื้นที่การผลิตมายังเครื่องปั่นสีที่พื้นที่การผลิต โดยพนักงานจะใช้มือทั้ง 2 ข้างยกถังแต่ละถังที่บรรจุน้ำเปล่าขึ้น และเคลื่อนย้ายไปยังพื้นที่การผลิต ดังรูปที่ 3.4 โดยมีระยะทาง 10 เมตรต่อรอบการขน จำนวน 1 ครั้งต่อรอบการผลิต และใช้เวลารวมทั้งหมด 14 วินาที ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3.2

<u>การเคลื่อนย้ายที่ 2 การเคลื่อนย้ายกาว (ลูกศร B)</u>

ลูกศร B คือ การเคลื่อนย้ายถังบรรจุกาวขนาด 15 ลิตร จำนวน 3 ถัง จากพื้นที่เก็บวัสดุพื้นฐานมาพื้นที่ผลิต มีการขนย้ายในลักษณะเดียวกันกับการเคลื่อนย้ายที่ 1 โดยพนักงานจะใช้มือทั้ง 2 ข้างยกถังแต่ละถังบรรจุกาวขึ้น และเคลื่อนย้ายไปยังถังปั่นสีในพื้นที่การผลิต ดังรูปที่ 3.4 การขนย้ายนี้มีระยะทาง 11 เมตรต่อรอบการขน จำนวน 2 ครั้งต่อรอบการผลิต โดยรอบแรกขน 2 ถังและรอบที่สอง 1 ถัง ใช้เวลารวมทั้งหมด 22 วินาที ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3.2

รูปที่ 3.4 ลักษณะการเคลื่อนย้ายถังบรรจุในลูกศร A และ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การเคลื่อนย้ายที่ 3 การเคลื่อนย้ายสารปรับแต่งคุณสมบัติสี (ลูกศร C)</u>

ลูกศร C คือ การเคลื่อนย้ายสารปรับแต่งคุณสมบัติสีที่บรรจุในตะกร้ามีน้ำหนักรวม 4.1 กิโลกรัม จากห้องทดลองชั้นสองมายังพื้นที่การผลิตสินค้าชั้นหนึ่ง ซึ่งเส้นทางการขนย้ายจะผ่านบันไดที่มีความชันมาก และมีความกว้างของบันไดเพียง 1 เมตร มีสิ่งของวางขีดขวางทางเดินขณะทำการเคลื่อนย้าย พนักงานจะใช้มือทั้ง 2 ข้างยกตะกร้าขึ้นสูงระดับอก เพื่อให้มีความสูงพ้นราวบันได ทำให้บดบังทัศนวิสัยในการมองเห็นขณะลงบันได ลักษณะการเคลื่อนย้ายดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 3.5 การเคลื่อนย้ายนี้มีระยะทาง 15.63 เมตรต่อรอบการขนย้าย มีการขนย้าย 1 ครั้งต่อรอบการผลิตและใช้เวลาทั้งสิ้น 38 วินาที ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.2

รูปที่ 3.5 ลักษณะการเคลื่อนย้ายถังบรรจุในลูกศร C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การเคลื่อนย้ายที่ 4 การเคลื่อนย้ายกระป๋องตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (ลูกศร D)</u>

ลูกศร D คือ การเก็บตัวอย่างสี ขณะที่เครื่องปั่นกำลังผสมวัตถุดิบ โดยพนักงานจะบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในถังขนาด 0.5 ลิตร เมื่อบรรจุเต็มมีน้ำหนัก 0.45 กิโลกรัม เพื่อเก็บเป็นตัวอย่างในรอบการผลิตนั้น ๆ จากนั้นจะนำถังผลิตภัณฑ์ตัวอย่างไปเก็บยังชั้นวางเก็บตัวอย่าง มีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 3.6 มีระยะทาง 4.85 เมตรต่อรอบการขนย้าย มีการขนย้าย 1 ครั้งต่อรอบการผลิตและใช้เวลาทั้งสิ้น 14 วินาที ซึ่งมีรายละเอียดการเคลื่อนย้ายดังตารางที่ 3.2

รูปที่ 3.6 ลักษณะการเคลื่อนย้ายถังบรรจุในลูกศร D

<u>การเคลื่อนย้ายที่ 5 การเคลื่อนย้ายถังเปล่าสำหรับบรรจุสีเมต้าบอนด์โค๊ท (ลูกศร E)</u>

ลูกศร E การเคลื่อนย้ายถังเปล่าขนาด 10 ลิตร หนัก 0.4 กิโลกรัม สำหรับบรรจุสี จากห้องเก็บวัสดุมายังพื้นที่การบรรจุ ซึ่งกระบวนการนี้เกิดขึ้นขณะที่เครื่องปั่นสีกำลังผสมสีให้เข้ากัน พนักงานจะนับจำนวนถังตามที่ระบุไว้ในใบการผลิต และขนย้ายมายังพื้นที่การบรรจุ มีลักษณะการเคลื่อนย้ายดังรูปที่ 3.7 มีระยะทาง 4.85 เมตรต่อรอบการขนย้าย มีการขนย้าย 1 ครั้งต่อรอบการผลิตและใช้เวลาทั้งสิ้น 20 วินาที ซึ่งมีรายละเอียดการเคลื่อนย้ายดังตารางที่ 3.2

รูปที่ 3.7 ลักษณะการเคลื่อนย้ายถังบรรจุในลูกศร E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การเคลื่อนย้ายที่ 6 การเคลื่อนย้ายถังผสมสีออกจากเครื่องปั่น (ลูกศร F)</u>

ลูกศร F หลังทำการผสมวัตถุดิบต่าง ๆ เสร็จสิ้น จะทำการเคลื่อนย้ายถังปั่นสี หนัก 1000 กิโลกรัม โดยใช้แม่แรงในการเคลื่อนย้าย พนักงานจะใช้เท้าปรับระดับแรงลง เพื่อให้ความสูงของปากถังผสมสีต่ำลงให้พ้นระดับของใบพัดของเครื่องผสมสี จากนั้นออกแรงดึงและเคลื่อนย้ายไปยังพื้นที่ทำการบรรจุในลักษณะดังรูปที่ 3.8 มีระยะทาง 2 เมตรต่อรอบการขนย้าย มีการขนย้าย 1 ครั้งต่อรอบการผลิตและใช้เวลาทั้งสิ้น 14 วินาที ซึ่งมีรายละเอียดการเคลื่อนย้ายดังแสดงในตารางที่ 3.2

รูปที่ 3.8 ลักษณะการเคลื่อนย้ายถังบรรจุในลูกศร F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การเคลื่อนย้ายที่ 7 การเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์เมต้าบอนด์โค๊ท (ลูกศร G)</u>

ลูกศร G เคลื่อนย้ายสินค้าไปเก็บยังห้องเก็บสินค้า หลักจากพนักงานทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงถังเสร็จสิ้น พนักงานจะใช้มือทั้ง 2 ข้างยกถังบรรจุสีขนาด 10 ลิตร หนัก 9 กิโลกรัม จากพื้นที่บรรจุสินค้าไปเก็บยังห้องเก็บผลิตภัณฑ์ มีท่าทางการเคลื่อนย้าย ดังรูปที่ 3.9 มีระยะทางทั้งหมด 28.5 เมตร มีการขนย้าย 5 ครั้งต่อรอบการผลิตและใช้เวลาทั้งสิ้น 34 วินาที ซึ่งรายละเอียดการเคลื่อนย้ายแสดงดังตารางที่ 3.2

รูปที่ 3.9 ลักษณะการเคลื่อนย้ายถังบรรจุในลูกศร G

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดการเคลื่อนย้ายวัสดุ

การเคลื่อนย้าย	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	จำนวนการเคลื่อนย้าย (ครั้ง/รอบการผลิต)	ระยะทาง (เมตร/รอบการผลิต)	เวลา (วินาที/รอบการผลิต)
1 (A)	15	1	10	14
2 (B)	15	2	11	22
3 (C)	4.1	1	15.63	38
4 (D)	0.45	1	3.2	14
5 (E)	0.4	1	4.85	20
6 (F)	1,000	1	2	14
7 (G)	9	5	28.5	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสภาพปัจจุบันที่แสดงในตารางที่ 3.2 จะเห็นว่าการเคลื่อนย้ายที่ 6 มีน้ำหนักมากที่สุดถึง 1000 กิโลกรัม ซึ่งสมควรได้รับการแก้ไขปรับปรุงอย่างเร่งด่วน แต่เนื่องจากการเคลื่อนย้ายที่ 6 มีการใช้แม่แรงเป็นอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้าย จึงทำให้ออกแรงพยายามในขณะปฏิบัติการจริงน้อยมาก มีความสะดวกในการใช้งานอยู่แล้ว รวมถึงระยะทางในการเคลื่อนย้ายที่น้อยที่สุดเพียง 2 เมตรและมีความถี่ในการเคลื่อนย้าย 1 ครั้งต่อรอบการผลิต จึงสรุปได้ว่าจุดการเคลื่อนย้ายที่ 6 ยังไม่เป็นปัญหาที่ต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างเร่งด่วน

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสภาพปัจจุบันที่แสดงในตารางที่ 3.2 จะเห็นว่าการเคลื่อนย้ายที่ 7 มีจำนวนการเคลื่อนย้ายต่อรอบการผลิตที่มากที่สุดถึง 5 ครั้งต่อรอบการผลิตและระยะทางทั้งหมดมากที่สุดถึง 28.5 เมตรต่อรอบการผลิต ซึ่งสมควรได้รับการแก้ไขปรับปรุงเร่งด่วนเช่นกัน แต่เนื่องจากการ เคลื่อนย้ายที่ 7 คือ การเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ที่รอการจำหน่ายที่แปรผันตามจำนวนการสั่งผลิตจากลูกค้า ซึ่งมีความไม่คงที่ของจำนวนถังผลิตภัณฑ์ในแต่ละรอบการผลิต เพราะหากมีคำสั่งซื้อที่น้อยจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตก็จะมีจำนวนที่น้อยตามส่งผลให้รอบการขนมีจำนวนครั้งที่ลดลงซึ่งมีผลกระทบให้เวลาและระยะทางลดลงด้วย รวมถึงหากมีการผลิตผลิตภัณฑ์มากขึ้นทางโรงงานก็มีรถเข็นที่เป็นอุปกรณ์ในการขนย้ายอยู่แล้ว จึงสรุปได้ว่าจุดการเคลื่อนย้ายที่ 7 ยังไม่เป็นปัญหาที่ต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างเร่งด่วน

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันในด้านลักษณะการขนย้ายของการเคลื่อนย้ายทั้งหมดได้ข้อมูลว่า การเคลื่อนย้ายที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 เป็นจุดที่ในปัจจุบันยังไม่มีอุปกรณ์การเคลื่อนย้ายในการดำเนินงาน โดยเฉพาะในจุดการเคลื่อนย้ายที่ 3 ที่ต้องขนตระกร้าที่บรรจุสารเคมีจากชั้นที่ 2 ลงมายังชั้นที่ 1 ซึ่งมีระยะทางในการขนย้ายเป็นอันดับที่ 2 และเส้นทางในการขนย้ายที่มีความอันตรายเนื่องจากความชันของบันไดและสิ่งขีดขวาง อีกทั้งยังใช้เวลาในการขนย้ายมากที่สุดถึง 38 วินาที จึงสรุปได้ว่าจุดการเคลื่อนย้ายที่ 3 เป็นหนึ่งในจุดการเคลื่อนย้ายที่เป็นปัญหาที่สมควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขอย่างเร่งด่วน

3.5 การกำหนดปัญหาที่เร่งด่วนและดัชนีชี้วัด

จากการศึกษาสภาพปัจจุบันโดยละเอียด พบว่าการเคลื่อนย้ายวัสดุทั้งหมด 7 การเคลื่อนย้าย ที่มีรายละเอียด ดังตารางที่ 3.2 ลำดับต่อไปคือการกำหนดปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนจึงได้จัดทำแบบสอบถามที่ประกอบไปด้วยปัจจัยที่เป็นตัวชีวัด 3 ปัจจัยได้แก่

1. ปัจจัยด้านเวลา
2. ปัจจัยด้านความถี่ในการเคลื่อนย้าย
3. ปัจจัยด้านการน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสอบถามความคิดเห็นของพนักงานฝ่ายผลิตนวน 2 คน ซึ่งการลงคะแนนในแบบสอบถามได้แบ่งระดับคะแนนความรุนแรงเป็น 5 ระดับ ดังนี้

5 คะแนน มากที่สุด

4 คะแนน มาก

3 คะแนน ปานกลาง

2 คะแนน น้อย

1 คะแนน น้อยมาก

หลังจากพนักงานฝ่ายผลิตทำแบบสอบถาม ได้สรุปได้ดังตาราง 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดแบบสอบถามการเคลื่อนย้ายวัสดุ

จุดการเคลื่อนย้าย	**ปัจจัยด้านเวลา**		**ปัจจัยด้านความถี่ในการขนย้าย**		**ปัจจัยด้านน้ำหนัก**		**คะแนนรวม**
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 1	คนที่ 2	
1 (A)	3	3	2	2	4	4	18
2 (B)	4	5	4	4	5	4	26
3 (C)	5	5	4	5	4	5	28
4 (D)	2	2	1	1	1	1	8
5 (E)	4	3	2	1	2	2	14
6 (F)	2	2	1	1	4	3	13
7 (G)	4	4	5	4	5	4	22

จากตารางที่ 3.3 พบว่าจุดการเคลื่อนย้ายที่มีคะแนนรวมมากที่สุด ได้แก่ จุด C จึงสามารถสรุปได้ว่าจุด C เป็นจุดที่ สมควรได้รับการปรับปรุงสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่ศึกษาลักษณะของการเคลื่อนย้ายในหัวข้อที่ 3.5 ว่าจุด C เป็นจุดการเคลื่อนย้ายที่เป็นปัญหาที่สมควรได้รับการปรับปรุงอย่างเร่งด่วน

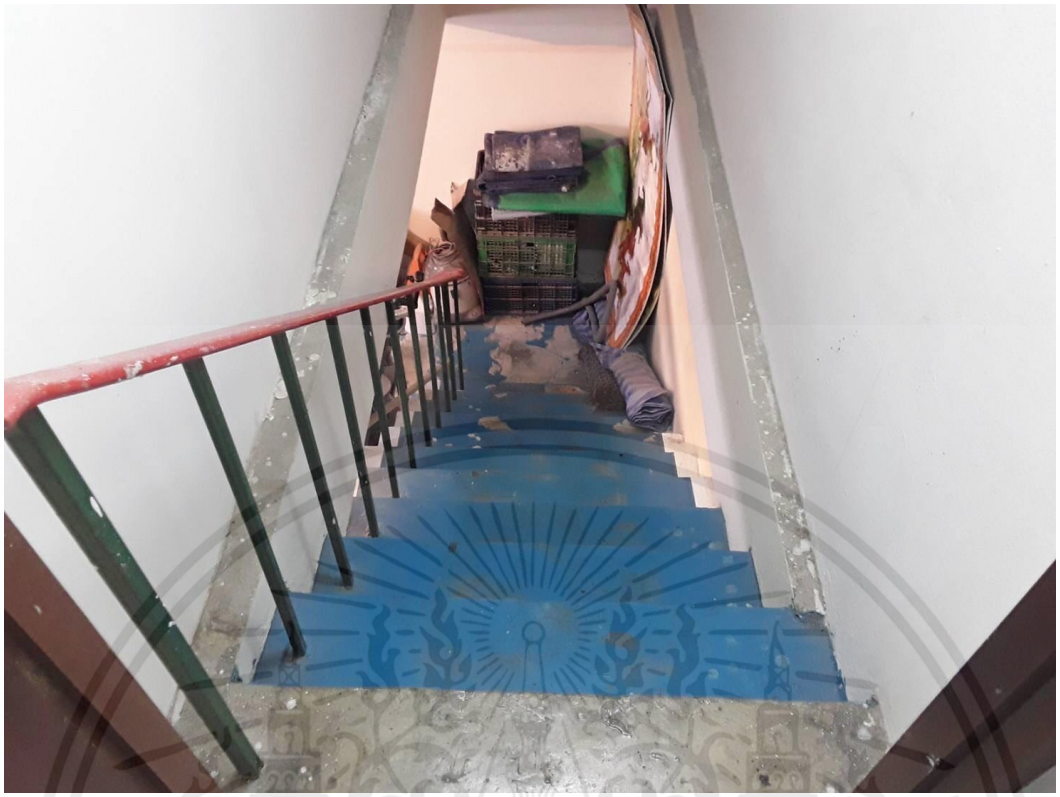
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การศึกษาการเคลื่อนย้ายสารปรับแต่งคุณสมบัติสี

การเคลื่อนย้ายที่ 3 หรือจุด C มีลักษณะการเคลื่อนย้ายที่ต้องยกตะกร้าที่บรรจุสารเคมีจากชั้นที่ 2 ลงมายังชั้นที่ 1 ซึ่งมีระยะทางในการขนย้าย 15.63 เมตร เส้นทางในการขนย้ายผ่านทางบันไดปูนที่มีความชัน 45 องศา กว้าง 1 เมตร ลูกนอนหรือพื้นแต่ละขั้นกว้างเพียง 20 เซนติเมตร ตามมาตราฐานความปลอดภัยลูกนอนควรมีความกว้างไม่น้อยกว่า 22 เซนติเมตร ลูกตั้งหรือความสูงแต่ละขั้นของบันไดมีความสูง 19 เซนติเมตร ซึ่งเป็นไปตามมาตราฐานความปลอดภัยที่ไม่ควรสูงเกิน 20 เซนติเมตร ตัวบันไดผ่านการใช้งานมานานเกิดความสึก ซึ่งอาจจะเกิดอุบัติเหตุได้ ลักษณะการขนย้ายแสดงดังรูปที่ 3.10 และบันไดแสดงดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.10 ลักษณะการขนย้ายวัตถุดิบปรุงแต่คุณสมบัติสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 บันไดที่ใช้ในการขนย้ายและสิ่งกีดขวาง

การขนย้ายที่จุด C ใช้เวลาทั้งสิ้น 38 วินาทีต่อรอบการผลิต จำนวนการขนย้าย 1 ครั้งต่อรอบการผลิต โดยใช้เวลาส่วนใหญ่ในการขนย้าย 28 วินาที ในการเดินผ่านบันไดอย่างระมัดระวัง ซึ่งถือว่าเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลให้การเคลื่อนย้ายที่จุด C เป็นการเคลื่อนย้ายที่เสียใช้เวลามากที่สุด

หลังจากได้ข้อสรุปว่าจุด C เป็นจุดที่จะทำการปรับปรุง ก็ได้มีการศึกษาถึงความเป็นได้ในการย้ายห้องเก็บสารปรุงแต่งคุณสมบัติสีที่อยู่ในชั้นสอง ซึ่งเป็นต้นทางสำหรับการเคลื่อนย้ายที่จุด C ลงมาที่ชั้นหนึ่งใกล้บริเวณการผลิต แต่เนื่องจากห้องเก็บสารปรุงแต่งคุณสมบัติสีมีความจำเป็นต้องอยู่ใกล้ห้องวิจัยและทดสอบสี เพราะเมื่อมีการวิจัยผลิตภัณฑ์ใหม่จนได้สูตรการผลิตแล้วต้องนำมาจัดเก็บที่ห้องเก็บสารปรุงแต่งคุณสมบัติสี และข้อจำกัดด้านพื้นที่ของโรงงานที่จำกัด ส่งผลให้ไม่สามารถย้ายห้องเก็บสารปรุงแต่งคุณสมบัติสีมาชั้นหนึ่งได้

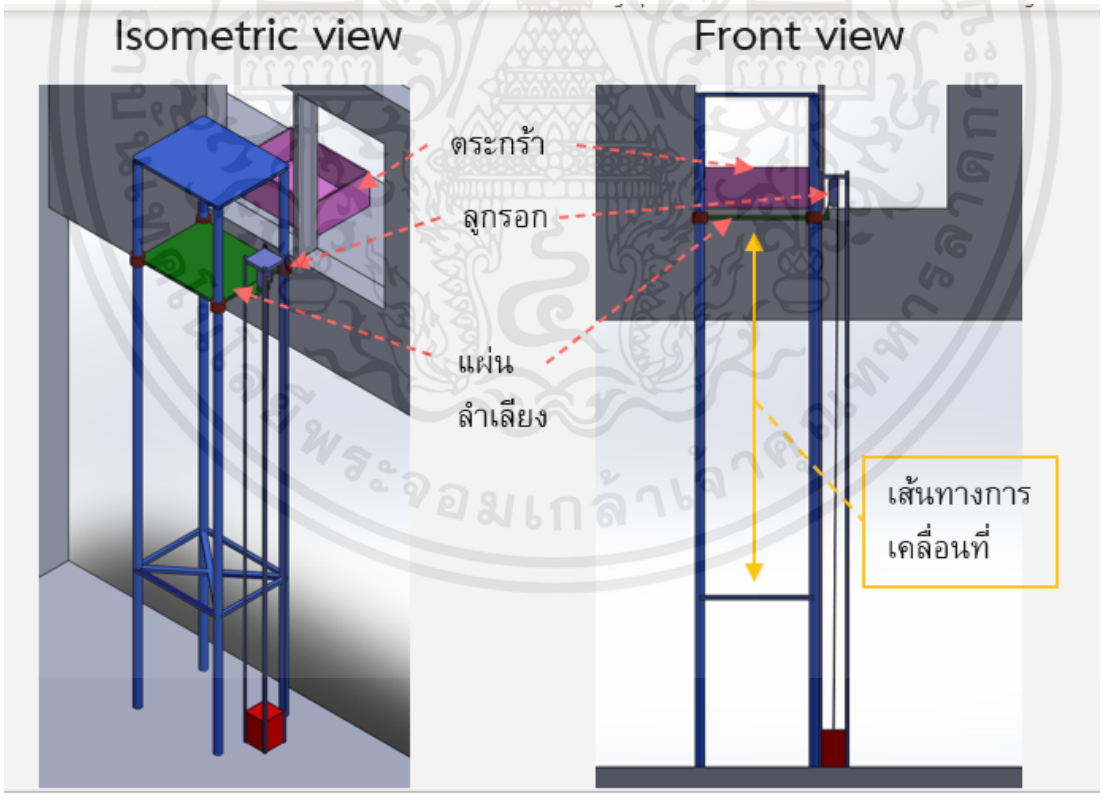
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การออกแบบชิ้นงานเบื้องต้น

จากข้อสรุปว่าจุด C เป็นจุดที่ต้องได้รับการแก้ไขมากที่สุดและข้อจำกัดที่ไม่สามารถย้ายจากชั้นสองมายังชั้นหนึ่งได้ นำไปสู่การวิเคราะห์วิธีการปรับปรุงและแก้ไขการเคลื่อนย้ายวัสดุ โดยคำนึงถึงปัจจัยในหลาย ๆ ด้านไม่ว่าจะเป็น ประสิทธิภาพ ระยะเวลา ความสะดวก ความปลอดภัย และอื่น ๆ ในกระบวนการเคลื่อนย้ายที่จุด C จึงเกิดเป็นการออกแบบอุปกรณ์ชิ้นงานที่ใช้สำหรับการเคลื่อนย้ายในกระบวนการนั้น ในเบื้องต้นมีการออกแบบชิ้นงานออกมาด้วยโปรแกรม Solid Works ในรูปแบบ 3 มิติ โดยมีแบบจำลอง 3 แบบที่นำไปเสนอแก่ทางโรงงาน

3.7.1 แบบจำลอง 3 แบบ ที่ออกแบบและนำเสนอ

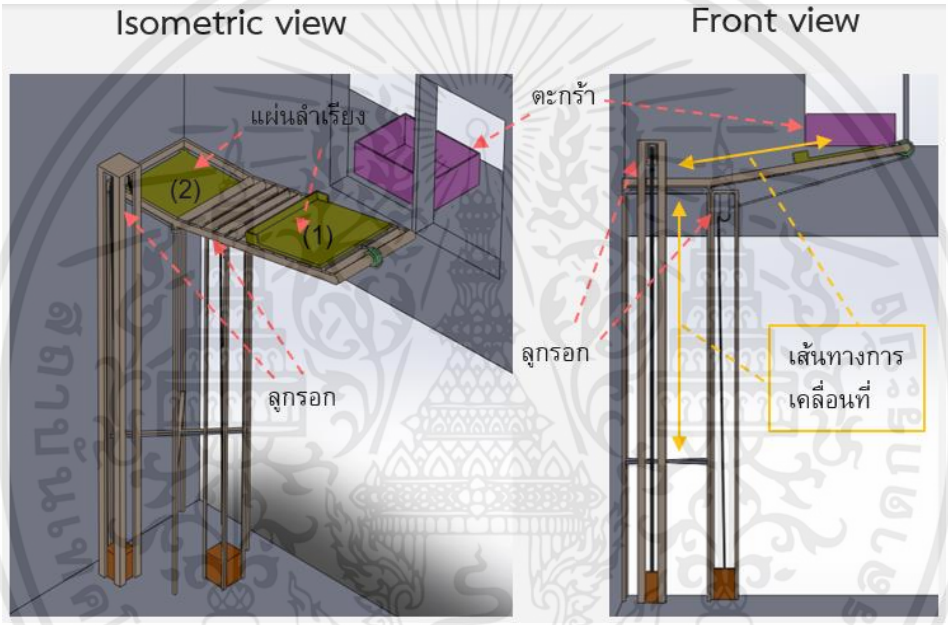
<u>แบบจำลองที่ 1</u> อุปกรณ์เคลื่อนย้ายขึ้น-ลงแบบตรง ชิ้นงานถูกออกแบบให้เป็นโครงสร้างเสาทรงกระบอก 4 เสา สูง 370 เซนติเมตร ติดตั้งตรงกับบริเวณหน้าต่างที่เป็นจุดส่งวัตถุดิบ มีจุดรับวัตถุดิบที่ชั้นล่างสูงจากพื้น 90 เซนติเมตร และมีจุดส่งสินค้าสูงจากพื้นดิน 330 เซนติเมตร โดยเคลื่อนที่ขึ้น-ลง ไปตามเสาทั้ง 4 ของโครงสร้างด้วยแผ่นลำเลียงวัสดุที่ยึดติดกับเสา และติดระบบรอกที่แผ่นลำเลียงวัสดุกับที่ถ่วงน้ำหนักเพื่อนำเอาแรงโน้มถ่วงมาใช้ในการเคลื่อนที่ตามหลักการ คาราคุริ ไคเซ็น และสามารถเคลื่อนที่ไป-กลับ โดยไม่ต้องอาศัยไฟฟ้าหรือแรงจากภายนอกระบบ แสดงแบบจำลองและการเคลื่อนที่ไว้ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แบบจำลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

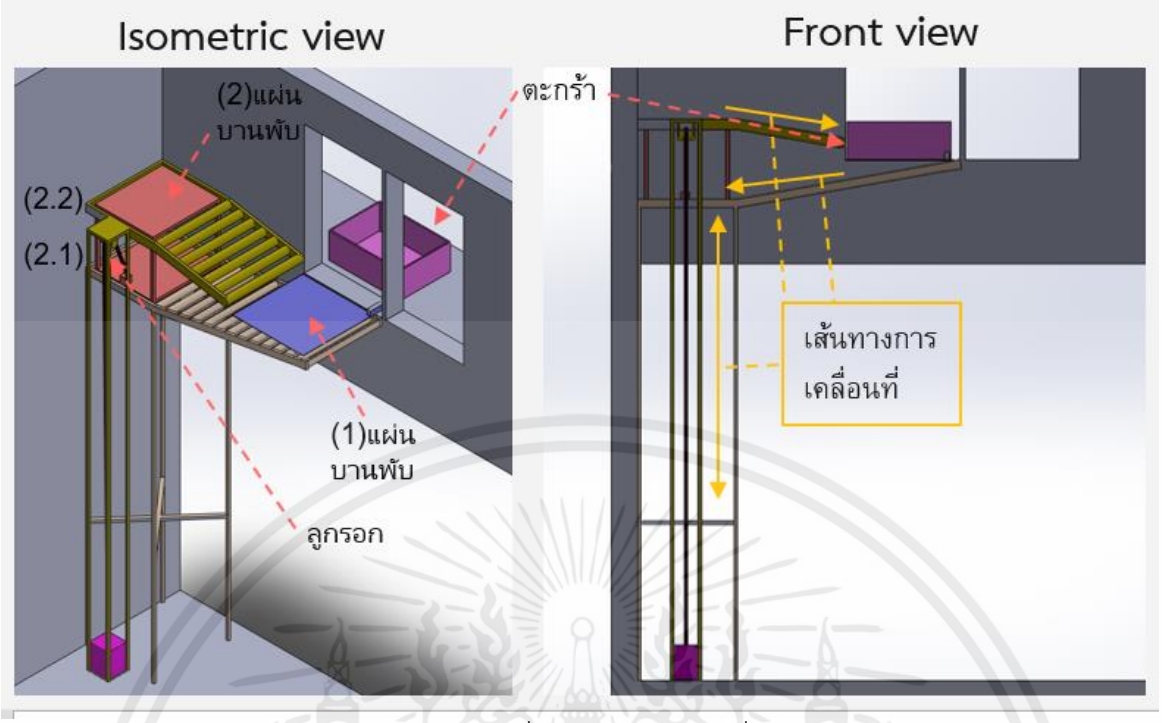
<u>แบบจำลองที่ 2</u> อุปกรณ์เคลื่อนย้ายขึ้น-ลงเสริมด้วยล้อเลื่อน ชิ้นงานออกแบบให้เป็นโครงสร้างเสาทรงกระบอก 4 เสา สูง 300 เซนติเมตรจากพื้น ติดตั้งชิดไปทางซ้ายติดกับผนังของโรงงานเนื่องจากต้องการไม่ให้ชิ้นงานไปขีดขวางในพื้นที่การผลิตและสามารถใช้ผนังในการยึดชิ้นงานให้มั่นคงได้ มีกลไลการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง ด้วยรอก 1 ตัวที่ผูกติดเข้ากับแผนลำเลียงวัสดุ โดยส่วนบนประกอบเข้ากับ ล้อเลื่อนที่เฉียงขึ้นไปจนถึงหน้าต่างซึ่งเป็นจุดส่งวัตถุดิบ ที่จุดสูงสุดติดรอกอีก 1 ตัวเพื่อดึงแผ่นลำเลียงวัสดุกลับหลังจากการส่งสินค้าและปล่อยให้เคลื่อนที่ลงในแนวเฉียงไปตามแรงโน้มถ่วง ระบบการเคลื่อนที่ทั้งหมดจึงสามารถส่งวัตถุดิบ และดึงกลับด้วยรอกที่ถ่วงน้ำหนักไว้หลังเสร็จสิ้นกระบวนการเป็นไปตามหลักการ คาราคุริ ไคเซ็น แสดงแบบจำลองและการเคลื่อนที่ไว้ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แบบจำลองที่ 2

<u>แบบจำลองที่ 3</u> อุปกรณ์เคลื่อนย้ายขึ้น-ลงเสริมด้วยล้อเลื่อน 2 ชั้น ชิ้นงานออกแบบให้เป็นโครงสร้างเสาทรงกระบอก 4 เสา สูง 360 เซนติเมตรจากพื้นถูกติดตั้งให้ชิดพนังด้วยเหตุผลเดียวกับแบบจำลองที่ 2 ตัวโครงสร้างมีจุดรับแผ่นลำเลียงวัสดุ 2 จุดที่จุดบนสุดติดต่อกับล้อเลื่อนที่เฉียงลงยาวไปจนถึงขอบหน้าต่างด้านไกล้ และจุดที่สูง 300 เซนติเมตรจากพื้นติดต่อกับล้อเลื่อนที่เฉียงขึ้นไปจนถึงขอบหน้าต่างด้านไกล มีแผ่นรับวัสดุที่สามารถพับขึ้น-ลงได้ถูกติดตั้งไว้ที่หน้าต่าง ตัวแผ่นรองวัสดุจะถูกสร้างให้เป็น 2 ชั้นสำหรับรับและส่งวัสดุ โดยชั้นล่างจะรับวัสดุในขณะที่ต้องการส่งวัตถุดิบลงไปชั้นล่างและชั้นบนจะถูกใช้งานเพื่อส่งกลับขึ้นชั้นบน กลไกทั้งหมดนี้ถูกควบคุมโดยรอกที่ถ่วงน้ำหนักไว้ยึดติดกับแผ่นรองวัสดุเป็นผลให้ระบบของชิ้นงานสามารถเคลื่อนขึ้น-ลงโดยอัตโนมัติตามหลักการ คาราคุริ ไคเซ็น แสดงแบบจำลองและการเคลื่อนที่ไว้ดังรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แบบจำลองที่ 3

หลังจากการสร้างแบบจำลองทั้งสามเสร็จสิ้น จำเป็นต้องมีคำนวนน้ำหนักที่แบบจำลองแต่ละแบบสามารถรับได้ โดยพิจารณาให้เสาของตัวโครงสร้างทำจากเหล็กกัลวาไนซ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร หนา 1.2 มิลลิเมตร สูตรในการคำนวนน้ำหนักที่สามารถรับได้โดยไม่คำนึงถึงความสูงของเสาเป็นไปดังสมการ (3.1)

$$P = S \times A \qquad (3.1)$$

เมื่อ P คือ แรงกดที่สามารถรับได้ (กิโลกรัม)

S คือ หน่วยแรงที่ยอมให้ใช้ (Allowance Stress) โดยมีค่าคงที่ของเหล็กกัลวาไนซ์เท่ากับ 24 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

A คือ พื้นที่หน้าตัด (ตารางเซนติเมตร)

นำมาแทนค่า P = 24 x 3.14 x ((1.5 x 1.5) – (1.38 x 1.38))

= 26.044416 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่คำนวนตามสมการ (3.1) เป็นน้ำหนักที่รับได้ต่อเสา 1 ต้น และเนื่องจากโครงสร้างออกแบบมาในรูปแบบโครงเสา 4 ต้น ดังนั้นน้ำหนักที่สามารถรับได้จะเป็น 4 เท่าของที่คำนวนมาได้ เท่ากับ 104 กิโลกรัม ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการสำหรับการเคลื่อนย้ายในจุด C ที่มีน้ำหนักวัตถุดิบที่ต้องทำการขนย้ายรวมกับตะกร้าเท่ากับ 4.1 กิโลกรัม และเมื่อพิจารณาด้านต้นทุนและข้อดี ข้อเสีย ของแบบจำลองแต่ละแบบ ได้ผลลัพท์ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ต้นทุนในการสร้างโดยประมาณชิ้นงานและข้อดี ข้อเสีย

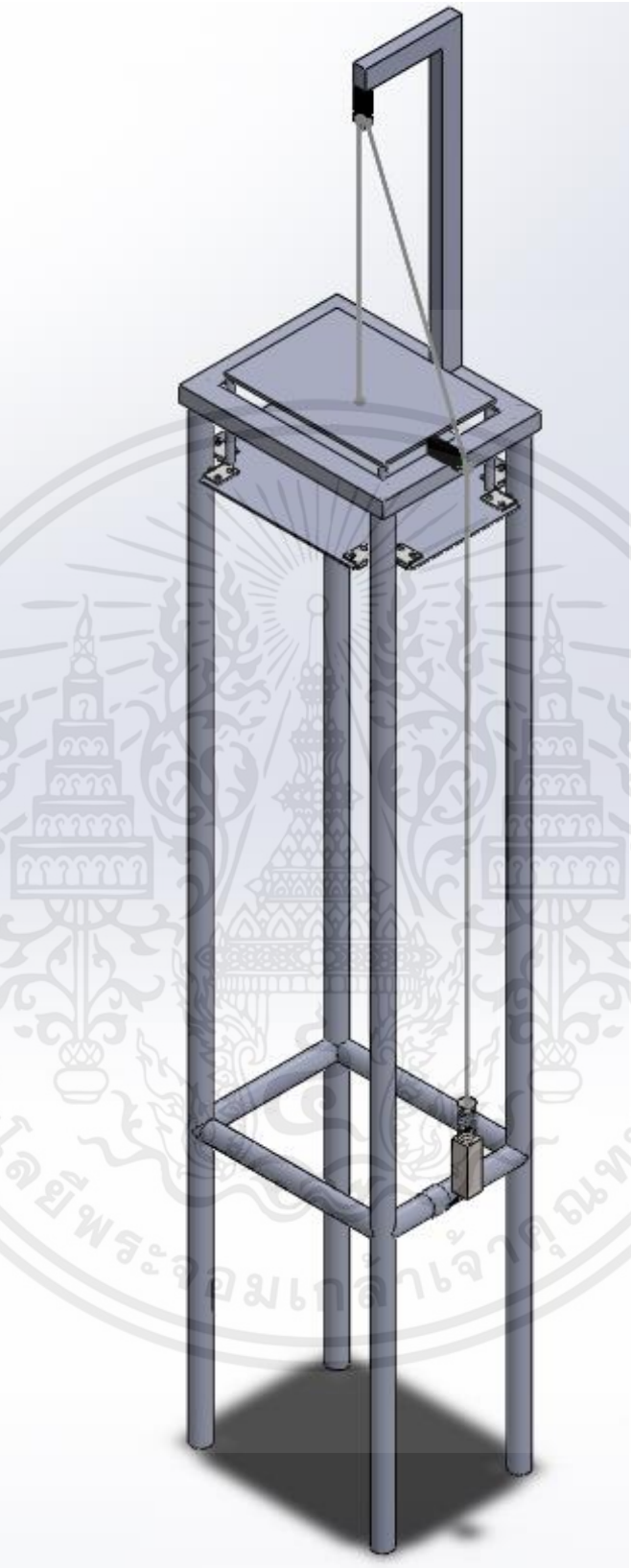
แบบจำลอง	ราคาต้นทุน (บาท)	ข้อดี	ข้อเสีย
1	2,500	สร้างและติดตั้งได้ง่าย	ขีดขวางบริเวณการผลิต
2	5,000	ยึดกับเสาได้และไม่ขีดขวางบริเวณการผลิต	สร้างและติดตั้งได้ยาก
3	6,500	ยึดกับเสาได้และไม่ขีดขวางบริเวณการผลิต	สร้างและติดตั้งได้ยาก

จากตารางที่ 3.4 จะเห็นว่าแบบจำลองที่ 1 มีต้นทุนในการสร้างที่ต่ำที่สุดและติดตั้งได้ง่ายที่สุด แต่มีปัญหาที่เมื่อติดตั้งจะไปขีดขวางการผลิต ต่างจากแบบจำลองที่ 2 และ 3 แต่ก็จะมีต้นทุนที่สูงมากขึ้นเช่นกัน เมื่อนำแบบและข้อมูลไปเสนอและปรึกษากับทางโรงงานได้หาทางแก้ไขปัญหาของแบบจำลองที่ 1 โดยย้ายบริเวณที่ติดตั้งไปชิดกับเสาเช่นเดียวกับทางแบบจำลองที่ 2 และ 3 แล้วทำการเจาะกำแพงเพื่อทำเป็นหน้าต่างสำหรับรับส่งวัตถุดิบแทน จึงสรุปว่า ให้ใช้แบบจำลองที่ 1 ในการออกแบบโดยละเอียดต่อไป

3.7.2 ออกแบบและการสร้างชิ้นงานแรก

จากข้อสรุปที่จะใช้ แบบจำลองที่ 1 ในหัวข้อ 3.6.1 เป็นแนวทาง จึงได้มีการออกแบบใหม่ให้ละเอียดอีกครั้งโดยคำนึงถึงวัสดุจริงที่จะนำมาใช้และหลักการทางกลศาสตร์ เพื่อให้แบบจำลอง 2.1 ที่ถูกออกแบบมาใหม่สามารถนำมาใช้ในการสร้างชิ้นงานจริงได้ ดังรูปที่ 3.15

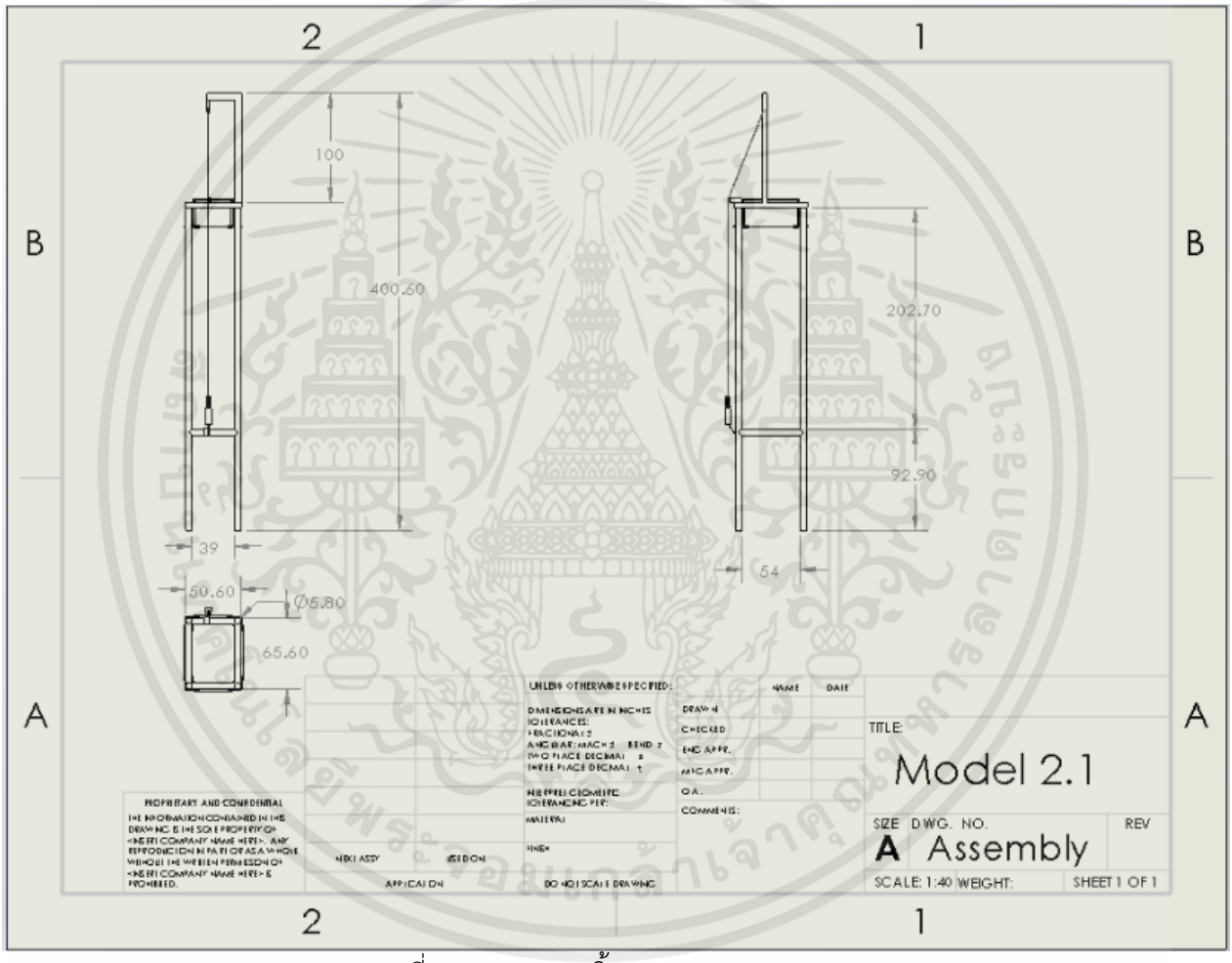
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แบบจำลอง 2.1 ที่ได้รับการออกแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

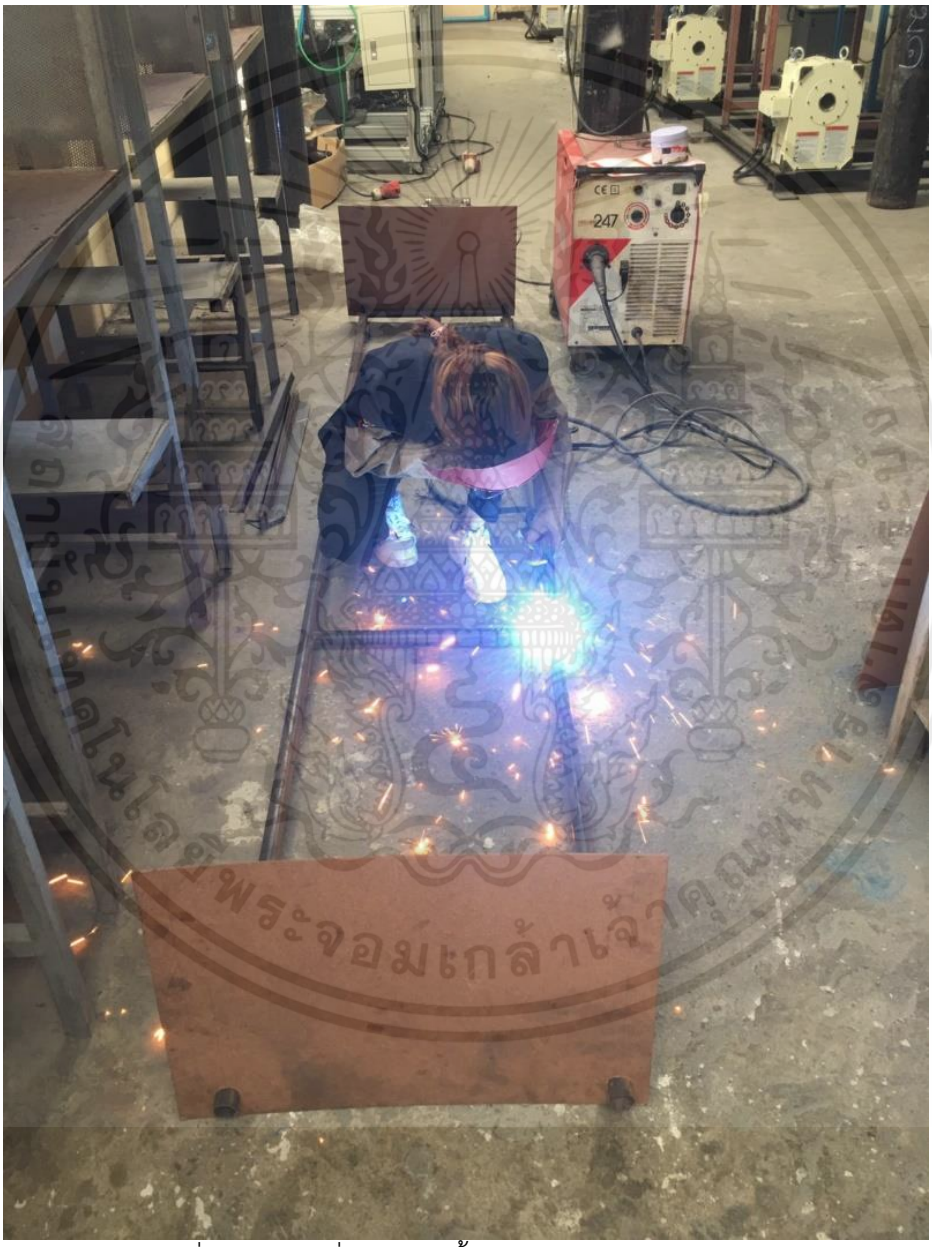
แบบจำลองที่ 2.1 มีความสูงทั้งหมด 400 เซนติเมตร ความกว้าง 50 เซนติเมตร ความยาว 65 เซนติเมตร ส่วนรับของที่ด้านล่างสูงขึ้นมาจากพื้นประมาณ 100 เซนติเมตร ซึ่งเป็นความสูงที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ในการยกสิ่งของ มีระยะการเคลื่อนที่ขึ้นลงของแผ่นลำเลียงวัสดุประมาณ 200 เซนติเมตร มีพื้นที่ภายในโครงเหล็กสำหรับใส่กล่องวัตถุดิบขนาดยาว 54 เซนติเมตร กว้าง 39 เซนติเมตร สามารถรับน้ำหนักได้ถึง 20 กิโลกรัม ซึ่งน้ำหนักที่ใช้ในขนย้ายจริงของวัตถุดิบรวมกับแผ่นลำเลียงอยู่ 7 กิโลกรัมเท่านั้น ดังนั้นในด้านการรับน้ำหนักถือว่ามีความปลอดภัย ชิ้นงานจะถูกติดตั้งชิดกับเสาของอาคารเพื่อยึดเข้าด้วยกัน ส่งผลให้ชิ้นงานมีความมั่นคงที่มากขึ้นขณะใช้งาน แสดงตามแบบดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แบบของชิ้นงาน Model 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

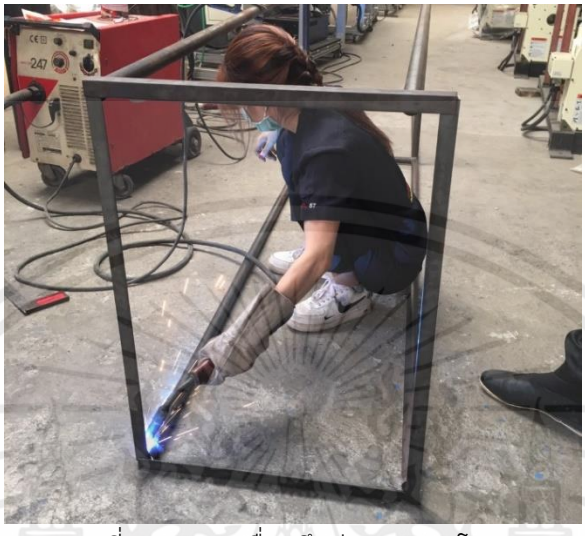
ชิ้นงานทั้งหมดจะถูกสร้างด้วยเหล็ก ตัวเสาทั้ง 4 ด้านใช้เหล็กท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร หนา 1.2 มิลลิเมตร บริเวณจุดรับวัตถุดิบด้านล่างซึ่งเป็นจุดยึดเสาทั้ง 4 ต้นถูกเชื่อมติดกันด้วยเหล็กท่อชนิดเดียวกันยาว 55 เซนติเมตรในด้านยาวและ 40 เซนติเมตรในด้านกว้าง ทั้งหมดถูกเผื่อการหดตัวจากกระบวนการเชื่อมไว้ที่ 1 เซนติเมตร เป็นผลให้ในแบบถูกลดความยาวเหลือ 54 เซนติเมตร และความกว้าง 39 เซนติเมตร ด้านบนถูกเชื่อมยึดกันไว้ด้วยเหล็กฉากขนาด 3x3 เซนติเมตร ยาวเท่ากับขนาดของจุดรับวัตถุดิบที่ชั้นล่าง บริเวณที่ติดตั้งตัวรอกถูกออกแบบให้ยืดยาวขึ้นไปอีก 100 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.17



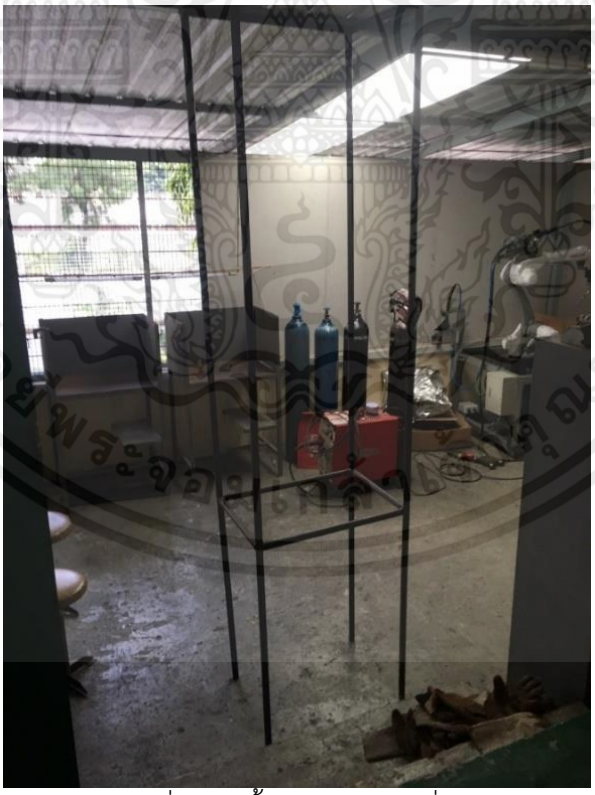
รูปที่ 3.17 การเชื่อมติดเสาทั้ง 4 บริเวณจุดรับแผ่นลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อประกอบเสาทั้ง 4 เข้าด้วยกันด้วยกระบวนการเชื่อม ที่ความสูง 400 เซนติเมตร ได้เตรียมเหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว ขนาดความยาว 55 เซนติเมตร 2 ชิ้น และที่ความยาว 40 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น และเชื่อมติดที่ส่วนบนของโครงเพื่อยึดเสาทั้ง 4 เสาให้แข็งแรงดังรูปที่ 3.18 และชิ้นงานหลังการเชื่อมแสดงดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.18 การเชื่อมยึดส่วนบนของโครง



รูปที่ 3.19 ชิ้นงานหลังการเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชือกที่ใช้ชักรอกเป็นลวดสลิงแบบหุ้ม PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถคำนวณน้ำหนักสูงสุดที่สามารถรับได้จากสมการ (3.2)

$$\text{น้ำหนักสูงสุดที่สามารถรับได้ (ตัน)} = \frac{(\text{เส้นผ่านศูนย์กลางลวดสลิง มม.})^2}{20} \quad (3.2)$$

นำมาแทนค่า น้ำหนักสูงสุดที่สามารถรับได้ = (2.5 x 2.5)/20

= 312.5 กิโลกรัม

น้ำหนักที่ลวดสลิงรับได้เท่ากับ 312.5 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าชิ้นงานจริงที่มีน้ำหนัก 4.1 กิโลกรัม ประมาณ 44 เท่าจึงถือว่ามีความปลอดภัยและในการใช้งาน โดยลวดสลิงที่นำมาใช้ แสดงดังรูปที่ 3.20

รูปที่ 3.20 ลวดสลิงหุ้ม PVC ขนาด 2.5 มิลลิเมตร

ลูกรอกที่ใช้ทั้ง 2 ตัวมีขนาด 2.5 เซนติเมตร โดยตัวแรกจะถูกติดตั้งไว้เหนือสุดของชิ้นงานตรงกับจุดศูนย์กลางมวลของแผ่นลำเลียงวัสดุและตัวที่ 2 จะติดตั้งที่ด้านกว้างของชิ้นงานเพื่อลำเลียงลวดสลิงที่ติดกับที่ถ่วงน้ำหนักให้ออกไปนอกชิ้นงานเพื่อไม่ให้ลวดสลิงไปขัดขวางเส้นทางการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของแผ่นลำเลียง ตัวรอกสามารถรับน้ำหนักได้ 20 กิโลกรัม คิดเป็นประมาณ 3 เท่าของน้ำหนักที่ต้องใช้จริง แสดงดังรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 ลูกรอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของแผ่นลำเลียง สร้างจากโครงไม้ขนาดหน้า 3 นิ้ว ในส่วนของฐานรองชั้นล่าง และวางแผ่นเหล็กบางเพื่อเสริมความแข็งแรงของส่วนที่รองรับวัสดุ จากนั้นใช้เหล็กบางขนาดความกว้าง 5 เซนติเมตร ความยาว 40 เซนติเมตร มาพับฉากจำนวน 4 ชิ้น ติดล้อเข้ากับโครงไม้ด้านล่าง 8 ล้อ โครงด้านบนอีก 8 ล้อ และยึดโครงด้านบนของแผ่นลำเลียงด้วยไม้หน้า 3 นิ้ว ขนาดเท่ากับโครงฐานด้านล่าง และยึดโครงด้านบนเข้ากับลวดสลิง ชิ้นงานที่ 1 เสร็จสมบูรณ์แสดงดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 ชิ้นงานที่ 1 เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการทดสอบการขนย้ายวัสดุขนาด 4.1 กิโลกรัม ทั้งขาขึ้นและขาลง พบว่าในช่วงขาขึ้น ล้อของโครงแผ่นลำเลียงสัมผัสกับโครงเหล็กในช่วง 50 เซนติเมตรแรก หลังจากนั้น ล้อหลุดออกจากโครงเหล็กทั้ง 4 เสา เมื่อเคลื่อนที่ขึ้นไปเรื่อย ๆ ถึงช่วงบนของโครงเสา ล้อของโครงแผ่นลำเลียง ไม่สามารถกลับเข้ามาสัมผัสกับโครงเหล็กได้ และล้อของแผ่นลำเลียงก็ไม่สามารถสัมผัสกับเสาในขาลง จนแผ่นลำเลียงติดกับเสาในช่วงความสูง 200 เซนติเมตร และไม่สามารถเคลื่อนที่ลงมาได้ จนถึงจุดที่กำหนด

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานแบบที่ 1

ล้อของแผ่นลำเลียงไม่สัมผัสกับโครงเหล็ก ทั้ง 4 เสา ทำให้ติดขัดในช่วงขาลง เนื่องจากในช่วงกลางของโครงเหล็กมีลักษณะโก่งตัวออกจากกัน เหตุจากกระบวนการเชื่อมที่ไม่สามารถเชื่อมให้เหล็กตั้งฉากได้

แนวทางการแก้ไข

- ให้โครงเหล็กมีร่องให้ล้อวิ่ง เพื่อแก้ปัญหาล้อไม่สัมผัสโครงเหล็กทั้ง 4 เสา จนเกิดการติดขัดในขาลง
- เนื่องจากคณะผู้จัดทำไม่มีความเชี่ยวชาญในกระบวนการเชื่อม ในการแก้ไขปัญหาโครงเหล็กโก่งเนื่องจากกระบวนการเชื่อม จึงไม่ควรมีกระบวนการเชื่อมโครงเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบและแก้ไขปัญหา

การดำเนินการออกแบบชิ้นงานจำเป็นต้องศึกษาหลักการ กลไกพื้นฐานคาราคุริ ไคเซ็น เพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาของจุดการเคลื่อนย้ายสารปรับแต่งคุณสมบัติสี และแนวทางการแก้ปัญหาที่ประสบจากการสร้างชิ้นงานที่ 1 โดยมีข้อหัวต่าง ๆ ดังนี้

1. แนวคิดการออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้าย
2. การออกแบบและรายละเอียดเชิงโครงสร้าง
3. วัสดุที่ใช้และการสร้างชิ้นงาน
4. การทดสอบชิ้นงาน

4.1 แนวคิดการออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้าย

หลักการคาราคุริไคเซ็น มีกลไกพื้นฐานทั้งหมด 9 กลไกพื้นฐานในการนำมาใช้สร้างกลไกอัตโนมัติ จากสภาพของการลำเลียงวัสดุในจุด C หรือ การเคลื่อนย้ายสารปรับปรุงคุณสมบัติสี มีจุดเริ่มต้นการเคลื่อนย้ายอยู่ที่ห้องแลป 1 ชั้น 2 เคลื่อนย้ายผ่านบันได ที่มีความกว้าง 90-100 เซนติเมตร บันไดมีความชันมาก มีระยะทาง 15.63 เมตร นอกจากนี้ยังมีของวางขัดขวางการเคลื่อนย้ายและมีแสงสว่างไม่เพียงพอ ท่าทางการเคลื่อนย้ายของพนักงานจะยกกล่องขึ้นให้อยู่ในระดับที่เหนือกว่าราวบันได ทำให้บดบังการมองเห็นขั้นบันได การเคลื่อนย้ายนี้จึงมีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุมาก

จากการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวนำมาสู่แนวคิดในการออกแบบการเคลื่อนย้ายในแนวดิ่ง ซึ่งอุปกรณ์เคลื่อนย้ายจะรับวัสดุจากชั้น 2 ลงมายังพื้นที่การผลิตชั้น 1 และมีการย้อนกลับไปรับวัสดุจากชั้นที่ 2 อีกครั้ง กลไกพื้นฐานที่สามารถตอบสนองพฤติกรรมดังกล่าวได้คือ รอก โดยการเคลื่อนย้ายขาลงวัสดุจะเคลื่อนที่ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก และในการวนกลับไปรับวัสดุที่ชั้น 2 อีกครั้ง จะใช้น้ำหนักเข้ามาถ่วง ซึ่งกลไกดังกล่าวต้องมีการติดตั้งรอก การกำหนดเส้นทางเพื่อให้แผ่นลำเลียงวัสดุและการกำหนดเส้นทางให้น้ำหนักถ่วงวิ่งขึ้นลงได้อย่างปลอดภัยคือการสร้างโครงเหล็กขึ้นมา เพื่อความแข็งแรงมั่นคงจึงกำหนดให้มีโครงเหล็กทั้งหมด 4 เสา นอกจากนี้ยังต้องมีระบบชะลอความเร็วขาลงด้วย เนื่องจากน้ำหนักที่ขนย้ายขาลงมีน้ำหนักค่อนข้างมาก ซึ่งเมื่อลงจอดจะทำให้เกิดแรงกระแทกอย่างแรงจนวัสดุที่ขนกระเด็นตก หรือได้รับความเสียหายได้ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายกับตัวโครงที่ถูกสร้างขึ้นมารองรับด้วย และเพื่อให้ง่ายต่อการรับวัสดุในพื้นที่การผลิตชั้น 1 จึงมีการกำหนดความสูงเพื่อให้แผ่นลำเลียงวัสดุลงจอดให้สูงขึ้นมาจากพื้น 1 เมตร เมื่อติดตั้งโครงเหล็กต้องมีการยึดให้ติดกับผนังเพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์เคลื่อนย้ายดังกล่าวล้มลงขณะเคลื่อนย้าย และเพื่อเพิ่มความปลอดภัยแก่พนักงานในพื้นที่การผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การออกแบบและรายละเอียดเชิงโครงสร้าง

จากแนวทางในการออกแบบข้างต้น แสดงดังรูปที่ 3.20 ชิ้นงานที่ 1 เสร็จสมบูรณ์ เป็นชิ้นงานต้นแบบ (Pilot Study) ซึ่งมีลักษณะการออกแบบเป็นโครงที่มีเสา 4 ด้าน โดยใช้วัสดุเป็นเหล็กแป๊บกลม ติดล้อที่โครงไม้ด้านล่างของแผ่นลำเลียงวัสดุ 8 ล้อ และติดล้อที่โครงไม้ด้านบนของแผ่นลำเลียงวัสดุ 8 ล้อ ซึ่งล้อที่ติดกับแผ่นลำเลียงวัสดุจะสัมผัสกับด้านข้างของเหล็กแป๊บกลมและเคลื่อนที่ขึ้นลงตามความยาวของเสา แต่เนื่องจากเกิดปัญหาจากการโก่งตัวของเสาทำให้บางล้อสัมผัสกับเสาน้อยมาหรือบางล้อไม่สัมผัสกับเสาเลย จึงทำให้แผ่นลำเลียงวัสดุหลุดออกจากเสาจนไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงต่อไปได้

จากปัญหาข้างต้นจึงมีแนวคิดที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการให้ล้อของแผ่นลำเลียงวัสดุเคลื่อนที่อยู่ในรางตัวซีเพื่อป้องกันปัญหาการหลุดออกจากรางของล้อ นำมาสู่การออกแบบ 3 มิติในโปรแกรม Solid Works ภาพรวมการออกแบบชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ภาพรวมการออกแบบชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นงานอุปกรณ์เคลื่อนย้ายสามารถแบ่งพิจารณาเป็นส่วนต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. แผ่นลำเลียงวัสดุ
2. ล้อ
3. โครงเหล็ก
4. ระบบรอกและสลิง
5. การถ่วงน้ำหนัก
6. ระบบชะลอความเร็ว

4.2.1 แผ่นลำเลียงวัสดุ

ขนาดของตะกร้าที่ใช้ใส่สารแต่งคุณสมบัติสีจะเป็นตัวกำหนดขนาดของแผ่นลำเลียงวัสดุ จากการวัดขนาดตะกร้าที่ใช้ในโรงงานพบว่าตะกร้ามีขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 55 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร จากนั้นจึงนำขนาดของตะกร้ามาออกแบบขนาดของแผ่นลำเลียงวัสดุได้

แผ่นลำเลียงวัสดุถูกออกแบบให้ถูกดึงจากโครงด้านบนด้วยลวดสลิงที่ติดกับรอก แผ่นลำเลียงจึงต้องออกแบบให้มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 34.5 เซนติเมตร ยาว 64.5 เซนติเมตร และสูง 40 เซนติเมตร เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถใส่ตะกร้าในแผ่นลำเลียงวัสดุได้ จึงได้กำหนดความเผื่อด้านกว้าง 4.5 เซนติเมตร ความเผื่อด้านยาว 9.5 เซนติเมตร และความเผื่อด้านสูง 20 เซนติเมตร

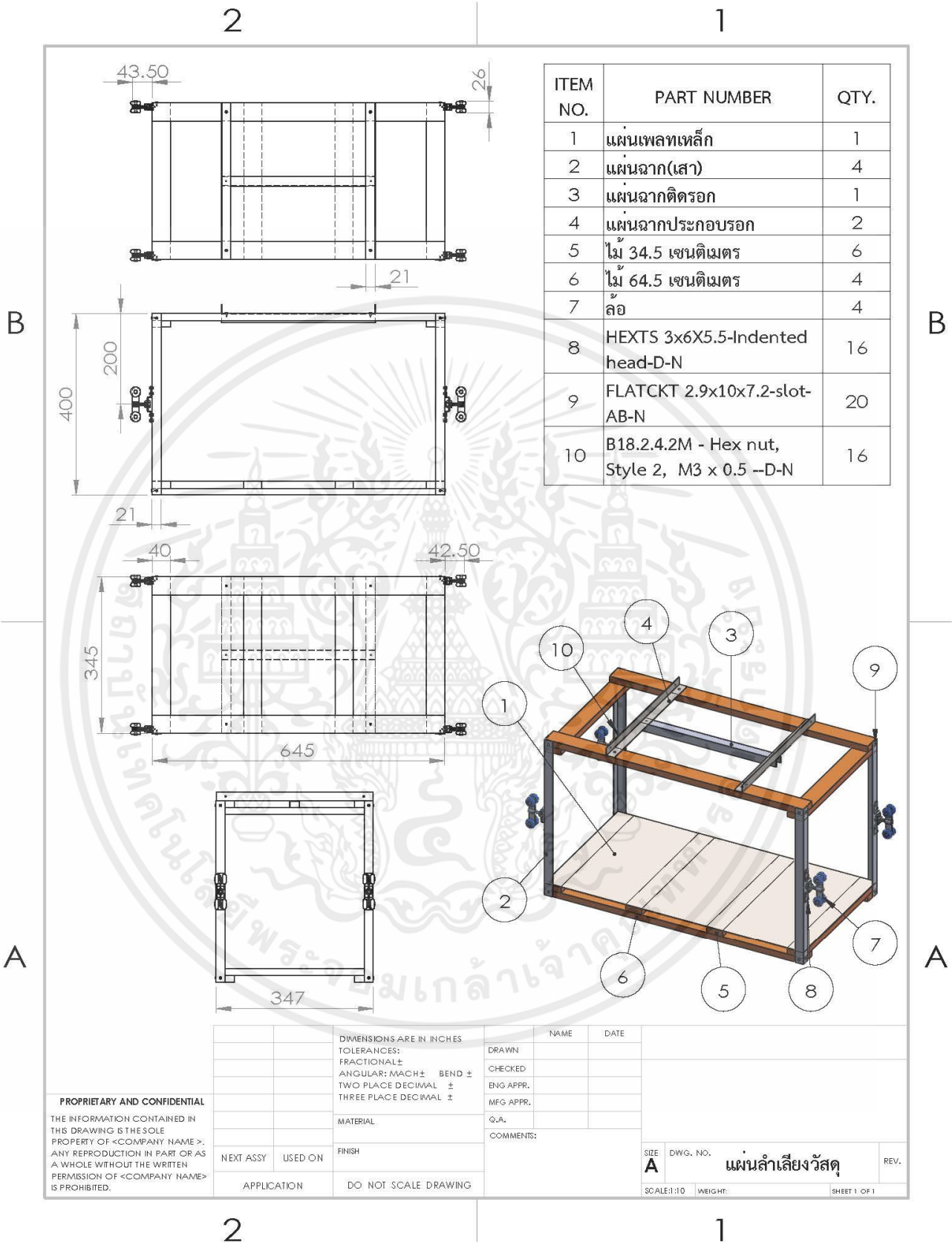
แผ่นไม้ถูกกำหนดจากความกว้างและความยาวของตะกร้าที่ใส่สารแต่งคุณสมบัติสี ใช้ไม้ยาว 64.5 เซนติเมตร และ 34.5 เซนติเมตร ใช้ประกอบเป็นโครงบนและล่างของแผ่นลำเลียง โดยที่ฐานด้านล่างของแผ่นลำเลียงจะใช้ไม้ยาว 64.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น ก่อนจะใช้ไม้ยาว 34.5 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น วางพาดด้านบนเพื่อกระจายน้ำหนักจากวัสดุที่ต้องการเคลื่อนย้าย โดยแผ่นลำเลียงวัสดุจะมีเสา 4 ด้าน เป็นแผ่นเหล็กฉากที่ความยาว 40 เซนติเมตร เจาะรูด้านบนและด้านล่างเพื่อทำการยึดเข้ากับโครงไม้ด้วยสกรูหัวปล่อย แล้วเจาะรูตรงกลางแผ่นเพื่อให้สามารถยึดกับล้อเลื่อนได้ ส่วนโครงด้านบนจะถูกประกอบด้วยไม้ 4 ด้าน พาดด้วยแผ่นเหล็กฉากที่ประกอบกันเป็นรูปตัวเอช (H) ที่ตำแหน่งตรงกลางของโครงไม้เพื่อกระจายน้ำหนักและใช้สำหรับเป็นจุดให้ลวดสลิงดึงขึ้นและลง การออกแบบแผ่นลำเลียงวัสดุ แสดงดังรูปที่ 4.2 4.3 และ 4.4

4.2.2 ล้อ

เนื่องจากชิ้นงานต้นแบบมีปัญหาล้อหลุดออกจากโครงเสาเหล็กแป๊บกลมจึงได้แก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนมาให้ล้อเคลื่อนที่อยู่ในรางรูปตัวซี ขนาดของล้อจะถูกออกแบบมาให้สามารถเคลื่อนที่อยู่ในรางได้อย่างพอดีโดยไม่มีปัญหาการเลื่อนหลุดออกจากราง แสดงดังรูปที่ 4.5

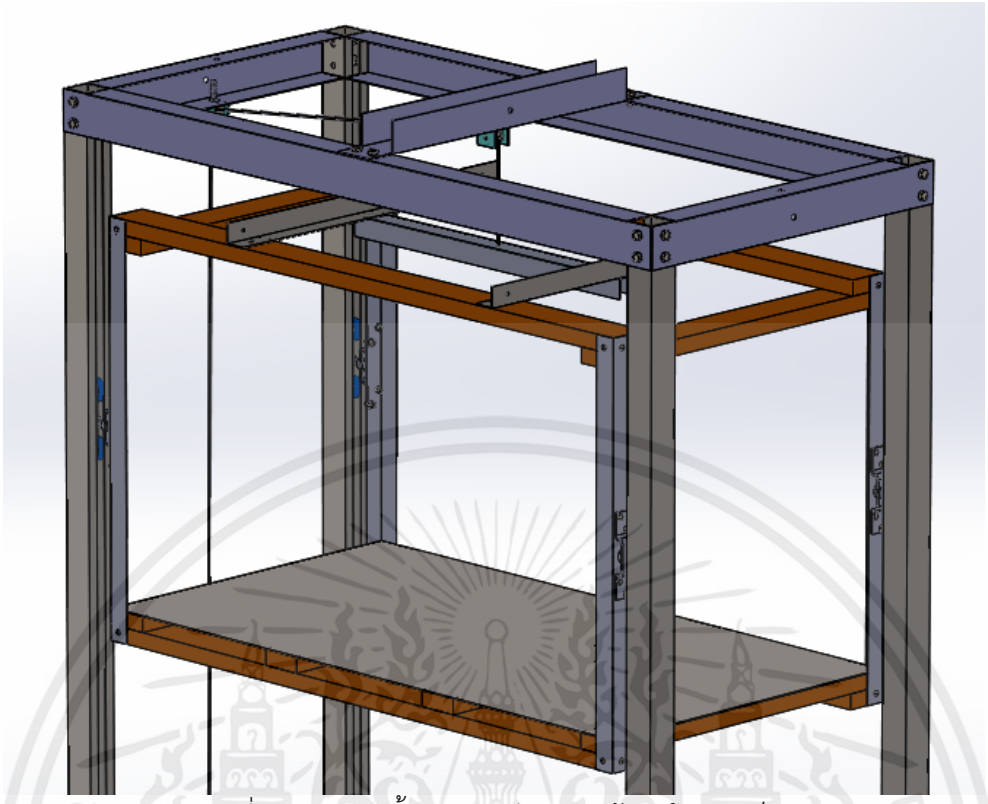
ล้อที่ใช้จะมีลักษณะเป็นล้อคู่ซึ่งมีขนาดพอดีกับรางเลื่อน ติดล้อเลื่อนที่ตำแหน่งด้านข้างของแผ่นลำเลียงวัสดุ โดยเจาะรูที่ตรงกลางบริเวณแผ่นเหล็กฉากของเสาแผ่นลำเลียงวัสดุที่มีความยาว 40 เซนติเมตร ติดล้อเลื่อนเสาละ 1 ล้อ รวมทั้งสิ้น 4 ล้อ ความยาวด้านข้างของล้อมีขนาด 4.5 เซนติเมตร เมื่อรวมความยาวด้านข้างของล้อทั้งสองข้างกับความยาวของแผ่นลำเลียงวัสดุทำให้มีความยาวรวมเป็น 73.5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

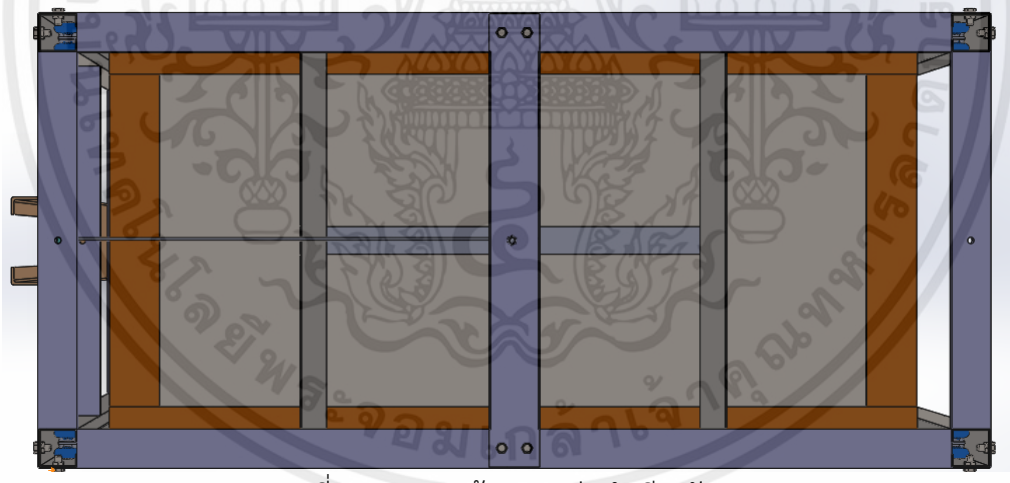


รูปที่ 4.2 การออกแบบแผ่นลำเลียงวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

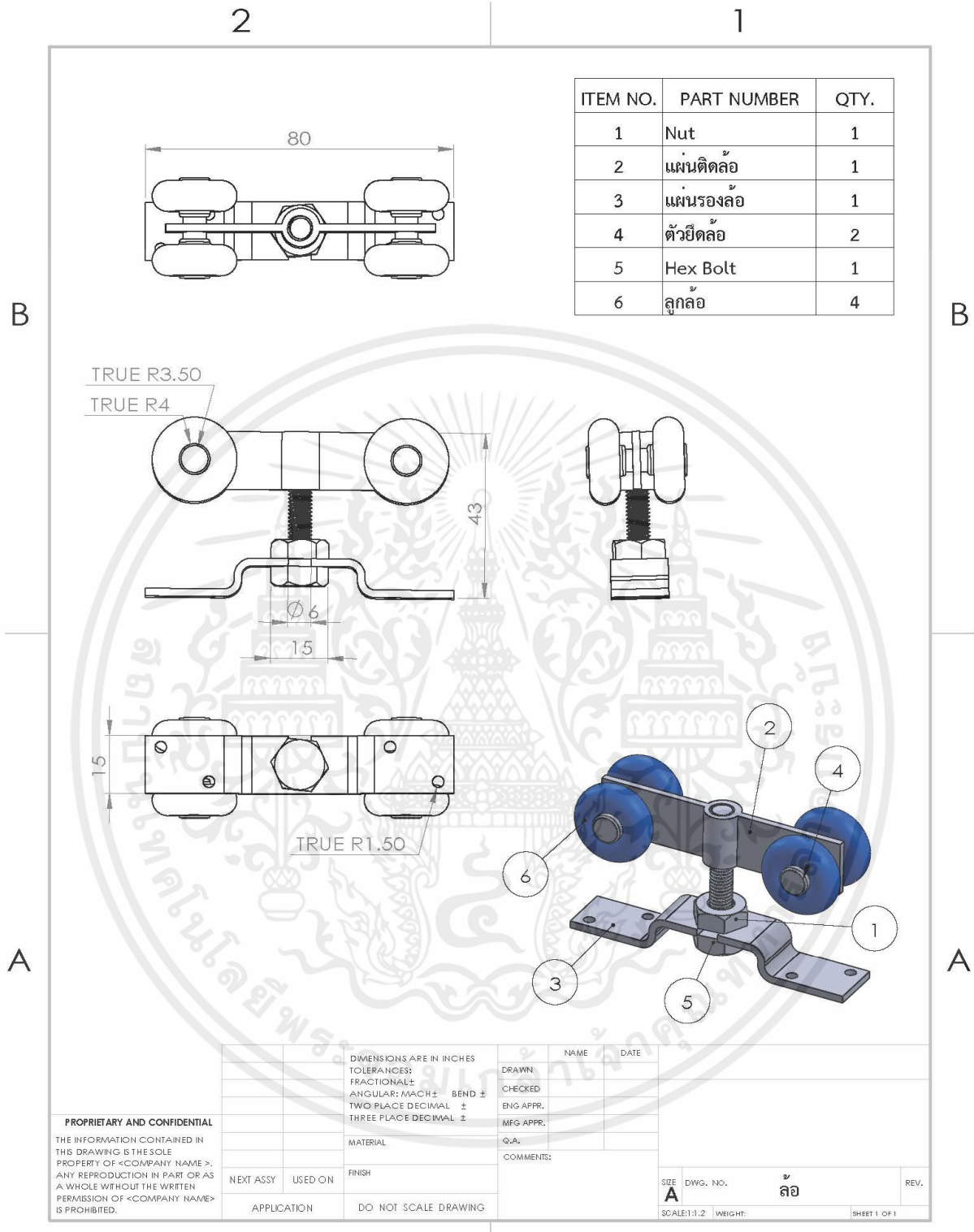


รูปที่ 4.3 การติดตั้งแผ่นลำเลียงวัสดุเข้ากับโครงเหล็ก



รูปที่ 4.4 มุมมองด้านบนแผ่นลำเลียงวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การออกแบบแผ่นลำเลียงวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 โครงเหล็ก

การจะออกแบบขนาดของโครงเหล็กที่เป็นโครงสร้างหลักของชิ้นงานต้องรู้ความสูงระหว่างชั้น 1 และขอบหน้าต่างชั้น 2 เมื่อได้ทำการวัดระหว่างชั้น 1 และขอบหน้าต่างชั้น 2 พบว่ามีความสูง 3.5 เมตร จากพื้น โดยความสูงที่วัดได้จะเป็นตัวกำหนดความสูงของโครงเหล็ก มีการบวกเพิ่มความสูงอีก 50 เซนติเมตร เพื่อใช้ในการติดตั้งรอกทำให้โครงเหล็กสูงทั้งสิ้น 4 เมตร ด้านความยาวของโครงเหล็กที่ใช้สำหรับวางสารแต่งคุณสมบัติสีจะถูกกำหนดจากความยาวของแผ่นลำเลียงวัสดุรวมกับความกว้างด้านข้างของล้อซึ่งมีความยาวรวม 73.5 เซนติเมตร ซึ่งลูกล้อจะถูกใส่ให้เคลื่อนที่ในรางโดยส่วนที่เคลื่อนที่อยู่ในรางมีความยาวด้านละ 2.5 เซนติเมตร จึงกำหนดความยาวของโครงเหล็กเป็น 75 เซนติเมตร ด้านความกว้างของโครงเหล็กจากจะถูกกำหนดโดยความกว้างของแผ่นลำเลียงวัสดุ กำหนดความกว้างของโครงเหล็กเป็น 35.8 เซนติเมตร

ตัวโครงเหล็กเลือกใช้เหล็กรางกัลวาไนซ์รูปร่างตัวซีหนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 4 เมตร ซึ่งสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 470 กิโลกรัม ซึ่งเพียงพอสำหรับรองรับน้ำหนัก โดยรางสามารถใช้ล้อของแผ่นลำเลียงวัสดุสวมเข้าได้ และถูกออกแบบเป็น 4 เสา กว้าง 36 เซนติเมตร ยาว 75 เซนติเมตร เพื่อป้องกันพนักงานฝ่ายผลิตไม่ให้ได้รับบาดเจ็บหรืออันตรายขณะใช้งานอุปกรณ์เคลื่อนย้ายนี้ เพราะตัวโครงทั้งหมดจะครอบคลุมพื้นที่ในการเคลื่อนที่ขึ้นและลงของแผ่นลำเลียงวัสดุทำให้พื้นที่ถูกจำกัดไว้อย่างชัดเจน

เนื่องจากมีรอกถ่วงน้ำหนักอยู่ที่ด้านข้างของตัวโครงเป็นผลให้ขณะใช้งานอาจจะมีการเอียงและล้มลง ปัญหานี้จะได้รับการแก้ไขโดยตัวโครงจะติดตั้งยึดไว้กับเสาปูนของตัวอาคารในพื้นที่การผลิตด้านตรงข้ามกับรอกถ่วงน้ำหนัก ด้านบนมีการยึดโครงด้วยเหล็กฉากหนา 2 มิลลิเมตร ขนาด 2.5 เซนติเมตร ตรงกลางด้านยาวพาดด้วยเหล็กฉากขนาดเดียวกันเพื่อติดตั้งรอกและรองรับน้ำหนักของแผ่นลำเลียงรวมกับน้ำหนักของวัตถุดิบ ด้านล่างยึดไว้ทั้ง 4 ด้านด้วยเหล็กตัวซีสูงจากฐานของโครง 100 เซนติเมตร เพื่อกำหนดจุดรับวัสดุจากชั้น 2 ซึ่งเป็นความสูงที่เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติงาน การออกแบบโครงเหล็ก แสดงดังรูปที่ 4.6

4.2.4 ระบบรอกและสลิง

จากการออกแบบชิ้นงานนี้ถูกออกแบบให้ใช้รอกเดี่ยวตายตัวซึ่งเป็นรอกที่ยึดอยู่กับที่ ใช้รอกจำนวน 2 ตัว โดยใช้ลวดสลิงหนึ่งเส้นพาดผ่านล้อของรอกตัวแรกที่ยึดติดบริเวณตรงกลางด้านบนของโครงเหล็กรูปตัวซี และพาดลวดสลิงผ่านล้อของรอกอีกตัวที่ถูกยึดที่ด้านข้างของโครงเหล็กรูปตัวซี ปลายข้างหนึ่งของลวดสลิงผูกติดกับเหล็กที่ใช้ถ่วงน้ำหนัก ส่วนปลายอีกด้านผูกติดกับด้านบนของแผ่นลำเลียงวัสดุ รอกเดี่ยวตายตัวเป็นกลไกที่ไม่ช่วยผ่อนแรงในการดึง แรงที่ใช้ดึงจะมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ การออกแบบรอก แสดงดังรูปที่ 4.7 สูตรที่ใช้คำนวณแรงที่ใช้ดึงวัตถุ ดังสมการที่ (4.1) และสมการที่ (4.2)

$$E = W \quad (4.1)$$

$$\text{แรงขึ้น} = \text{แรงลง} \quad (4.2)$$

เมื่อ E คือ แรงที่ใช้ดึงวัตถุ (นิวตัน)

W คือ น้ำหนักของวัตถุ (นิวตัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรที่ใช้คำนวณน้ำหนักของวัตถุ ดังสมการที่ (4.3)

$$W = mg \tag{4.3}$$

เมื่อ m คือ มวลของวัตถุ (นิวตัน)

g คือ ความเร่งโน้มถ่วงบนผิวโลก มีค่า 9.8 m/s^2 (เมตรต่อวินาทีกำลังสอง)

แรงในการดึงให้แผ่นลำเลียงวัสดุเคลื่อนที่ขึ้นหาได้จากน้ำหนักของแผ่นลำเลียงซึ่งมีน้ำหนักเท่ากับ 2.5 กิโลกรัม โดยขาขึ้นจะมีเพียงแผ่นลำเลียงวัสดุที่เคลื่อนที่กลับขึ้นไปยังชั้น 2

จากสมการที่ (4.3) จะได้

W = mg

W = (2.5) (9.8)

W = 24.5 นิวตัน หรือ 2.5 กิโลกรัม

แรงในการดึงตัวถ่วงน้ำหนักเคลื่อนที่ขึ้นและทำให้แผ่นลำเลียงวัสดุเคลื่อนที่ลงไปยังชั้น 1 หาได้จากน้ำหนักของแผ่นลำเลียงวัสดุซึ่งมีน้ำหนักเท่ากับ 2.5 กิโลกรัม รวมกับน้ำหนักสารแต่งคุณสมบัติที่มีน้ำหนัก 4.1 กิโลเมตร รวมกันเท่ากับ 6.6 กิโลกรัม

จากสมการที่ (4.3) จะได้

W = mg

W = (6.6) (9.8)

W = 64.68 นิวตัน หรือ 6.6 กิโลกรัม

ดังนั้น น้ำหนักของตัวถ่วงน้ำหนักที่น้อยที่สุดที่เป็นไปได้คือ 2.5 กิโลกรัม และน้ำหนักของตัวถ่วงน้ำหนักที่มากที่สุดที่เป็นไปได้คือ 2.5 กิโลกรัม ตัวถ่วงน้ำหนักมีช่วงน้ำหนักระหว่าง 2.5-6.6 กิโลกรัม (ยังไม่คิดแรงเสียดทาน)

เชือกที่ใช้ชักรอกเป็นลวดสลิงแบบหุ้ม PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถคำนวนน้ำหนักสูงสุดที่สามารถรับได้ จากสมการที่ (4.4)

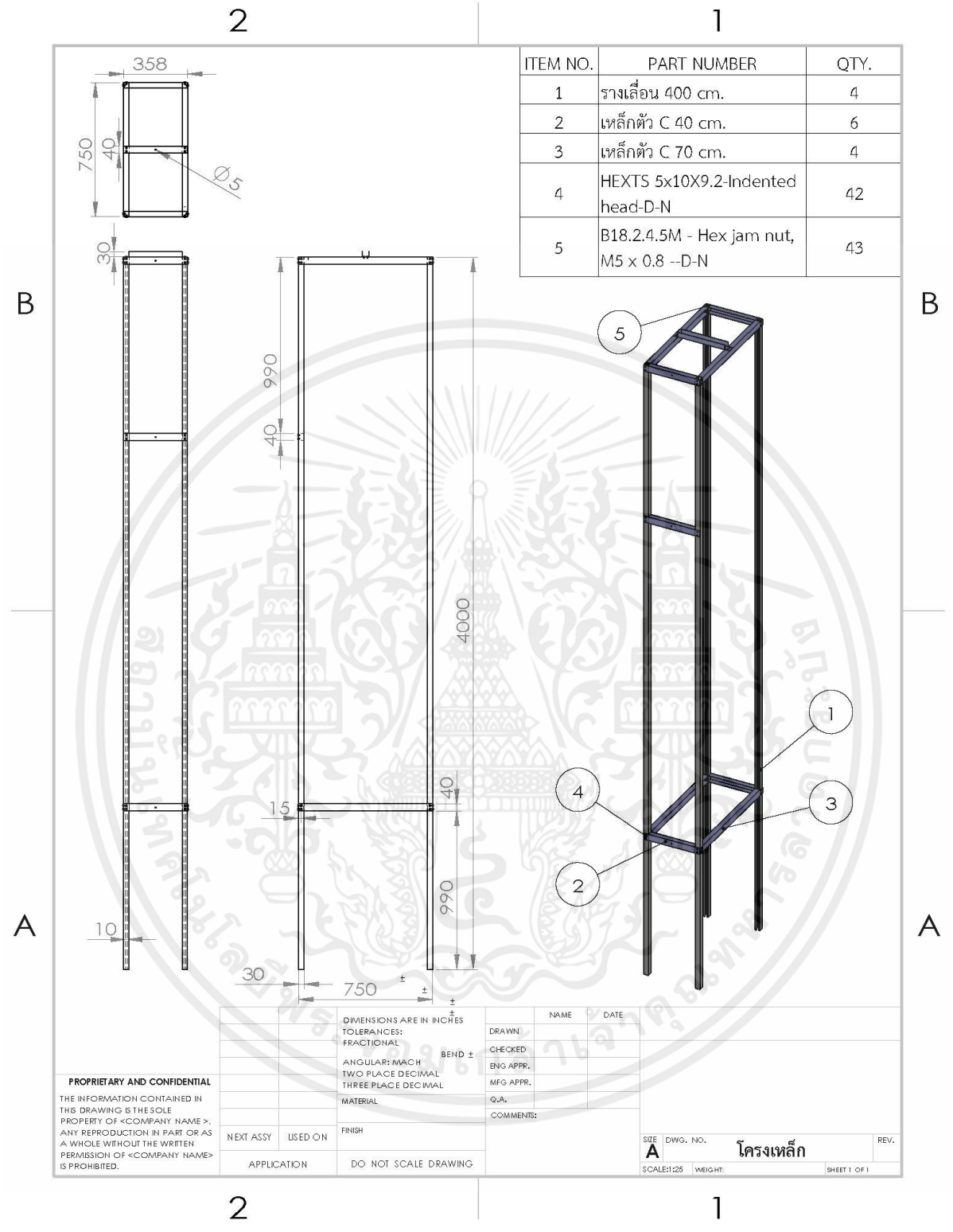
$$\text{น้ำหนักสูงสุดที่สามารถรับได้ (ตัน)} = \frac{(\text{เส้นผ่านศูนย์กลางลวดสลิง มม.})^2}{20} \tag{4.4}$$

นำมาแทนค่า น้ำหนักสูงสุดที่สามารถรับได้ $= \frac{(2.5)^2}{20}$

= 0.3125 ตัน หรือ 312.5 กิโลกรัม

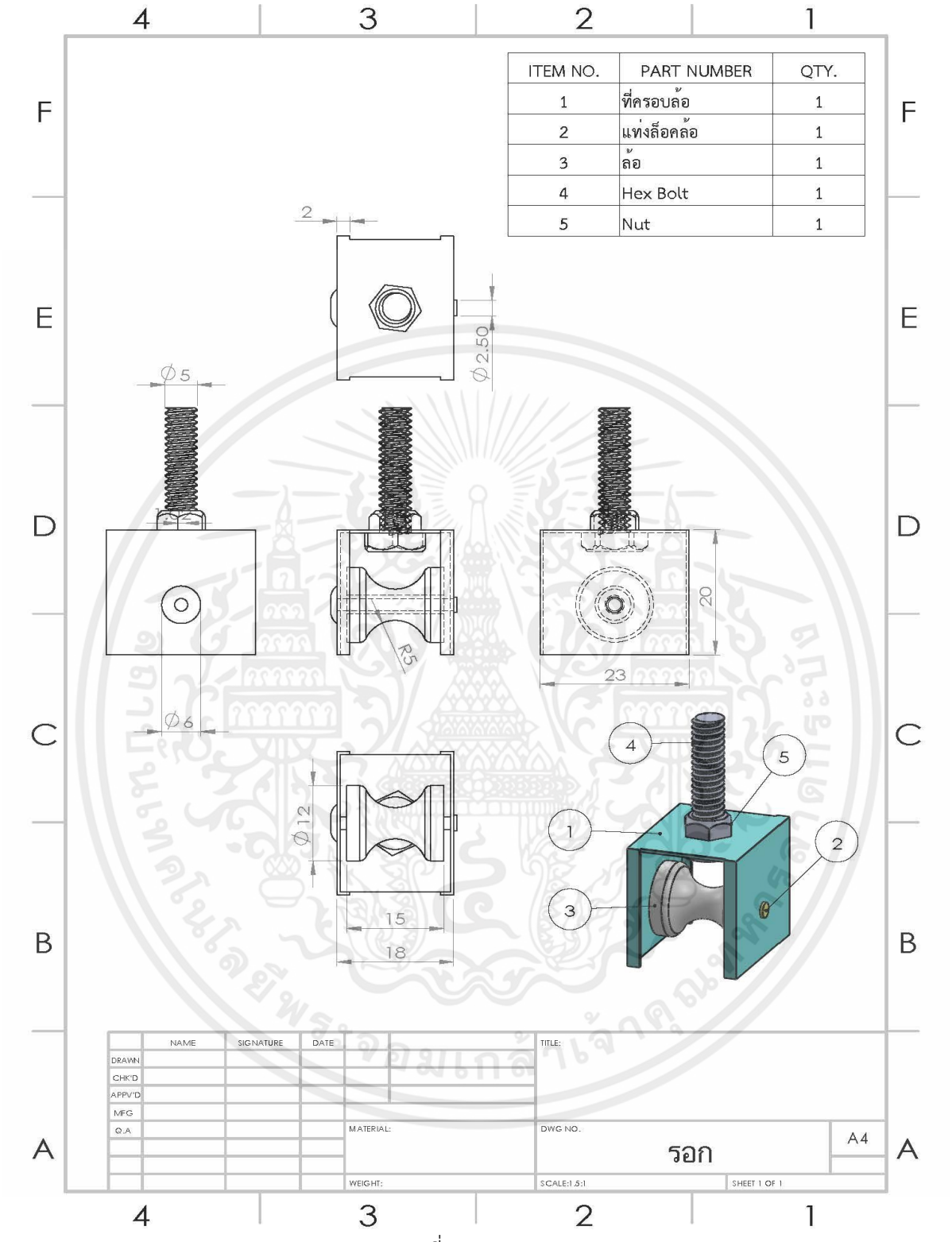
น้ำหนักที่ลวดสลิงรับได้เท่ากับ 312.5 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าชิ้นงานจริงที่มีน้ำหนัก 4.1 กิโลกรัม ประมาณ 76 เท่า จึงถือว่ามีความปลอดภัยและคงทนในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แบบ Drawing ของโครงเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ลูกรอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การถ่วงน้ำหนัก

การออกแบบการถ่วงน้ำหนักสำหรับชิ้นงานนี้ตามกลไกของหลักคาราคุริไคเซ็น (Karakuri Kaizen) มีหลักการการทำงาน คือ เมื่อวางสารแต่งคุณสมบัติสีที่มีน้ำหนัก 4.1 กิโลกรัม ลงบนแผ่นลำเลียงวัสดุที่บริเวณชั้นสอง จะทำให้แผ่นลำเลียงวัสดุเคลื่อนที่ลงยังพื้นที่ปฏิบัติงานที่อยู่บริเวณชั้นหนึ่ง หลังจากนำสารแต่งคุณสมบัติสีออกจากชิ้นงาน แผ่นลำเลียงวัสดุจะเคลื่อนที่ขึ้นยังตำแหน่งเดิม โดยกลไกข้างต้นจะต้องพาดลวดสลิงผ่านรอกทั้ง 2 ตัว ปลายข้างหนึ่งผูกติดกับแผ่นลำเลียงวัสดุและปลายลวดสลิงอีกข้างผูกกับตัวถ่วงน้ำหนัก โดยในสภาวะอุดมคติที่ไม่มีแรงเสียดทานและแรงรบกวนอื่น ๆ น้ำหนักของตัวถ่วงน้ำหนักที่ใช้จะต้องมากกว่าน้ำหนักของแผ่นลำเลียงวัสดุ ซึ่งมีน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม และจะต้องมีน้ำหนักไม่เกินจากน้ำหนักของแผ่นลำเลียงรวมกับน้ำหนักของวัตถุดิบที่ 6.6 กิโลกรัม สรุปแล้วจะต้องมีน้ำหนักเป็นไปตามเงื่อนไขที่แสดงในสมการที่ (4.5) และแสดงในรูปที่ 4.8

$$2.5 \leq \text{น้ำหนักของตัวถ่วงน้ำหนัก (กิโลกรัม)} < 6.6 \tag{4.5}$$

การคำนวนแรงกระแทกระหว่างแผ่นลำเลียงกับตัวชิ้นงานขณะแผ่นลำเลียงวัสดุเคลื่อนที่ลงไปที่จุดรับวัสดุสามารถคำนวนเบื้องต้นด้วยกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน ดังสมการที่ (4.6)

$$\Sigma F = ma \tag{4.6}$$

เมื่อ F คือ แรง (นิวตัน)

M คือ มวล (กิโลกรัม)

a คือ ความเร่ง (เมตร/วินาที^{2}) ในที่นี้ใช้ค่า ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง ซึ่งมีค่าคงที่ประมาณ 9.8 เมตร/วินาที^{2}

เนื่องจากรอกที่ใช้มีลักษณะเป็นรอกเดี่ยวตายตัว (Fix Pully) ที่ไม่ช่วยผ่อนแรง แผ่นลำเลียงถูกยึดไว้กับตัวถ่วงน้ำหนักด้วยสายสลิงเส้นเดียวกัน ส่งผลให้น้ำหนักของระบบรอก จะต้องนำมาหักลบจากน้ำหนักของแผ่นลำเลียงรวมกับวัตถุดิบ ซึ่งมีน้ำหนัก 6.6 กิโลกรัม เพื่อให้ได้น้ำหนักของระบบรอก ที่จะนำมาคำนวนต่อในสัมการที่ (4.6) ดังสมการที่ (4.7)

$$W = \text{น้ำหนักของแผ่นลำเลียงรวมกับวัตถุดิบ (กิโลกรัม)} - \text{น้ำหนักของตัวถ่วงน้ำหนัก (กิโลกรัม)} \tag{4.7}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของระบบรอก (กิโลกรัม) ที่นำไปแทนค่า m ในสัมการที่ (4.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการแทนค่าเพื่อหาแรงกระแทกที่กระทำต่อโครงชิ้นงานจะคำนวณใน 2 กรณี อ้างอิงจากสมการแสดงเงื่อนไขของน้ำหนักของตัวถ่วงน้ำหนักในสมการที่ (4.5) ค่าน้อยสุดที่เป็นได้อยู่ที่ 2.5 กิโลกรัม และค่ามากสุดที่เป็นไปได้จะต้องน้อยกว่า 6.6 กิโลกรัม ในที่นี้ให้มีค่าเท่ากับ 6.59 กิโลกรัม

ในกรณีที่น้ำหนักถ่วงมีค่าเท่ากับ 2.5 กิโลกรัม

แทนค่า W = 6.6 - 2.5

= 3.1 กิโลกรัม

แทนค่า F = 3.1 x 9.8

= 30.38 นิวตัน

ดังนั้นหากน้ำหนักที่ถ่วงมีค่า 2.5 กิโลกรัม แรงกระแทกที่กระทำต่อตัวชิ้นงานจะเท่ากับ 30.38 นิวตัน

ในกรณีที่น้ำหนักถ่วงมีค่าเท่ากับ 6.59 กิโลกรัม

แทนค่า W = 6.6 – 6.59

= 0.01 กิโลกรัม

แทนค่า F = 0.01 x 9.8

= 0.098 นิวตัน

จะสังเกตได้ว่าหากเปรียบเทียบทั้งสองกรณี ที่น้ำหนักถ่วงมีค่าเข้าใกล้ค่ามากจะมีแรงกระแทกที่น้อยที่สุด เนื่องจากน้ำหนักของระบบรอกมีค่าน้อยที่สุดเช่นกัน

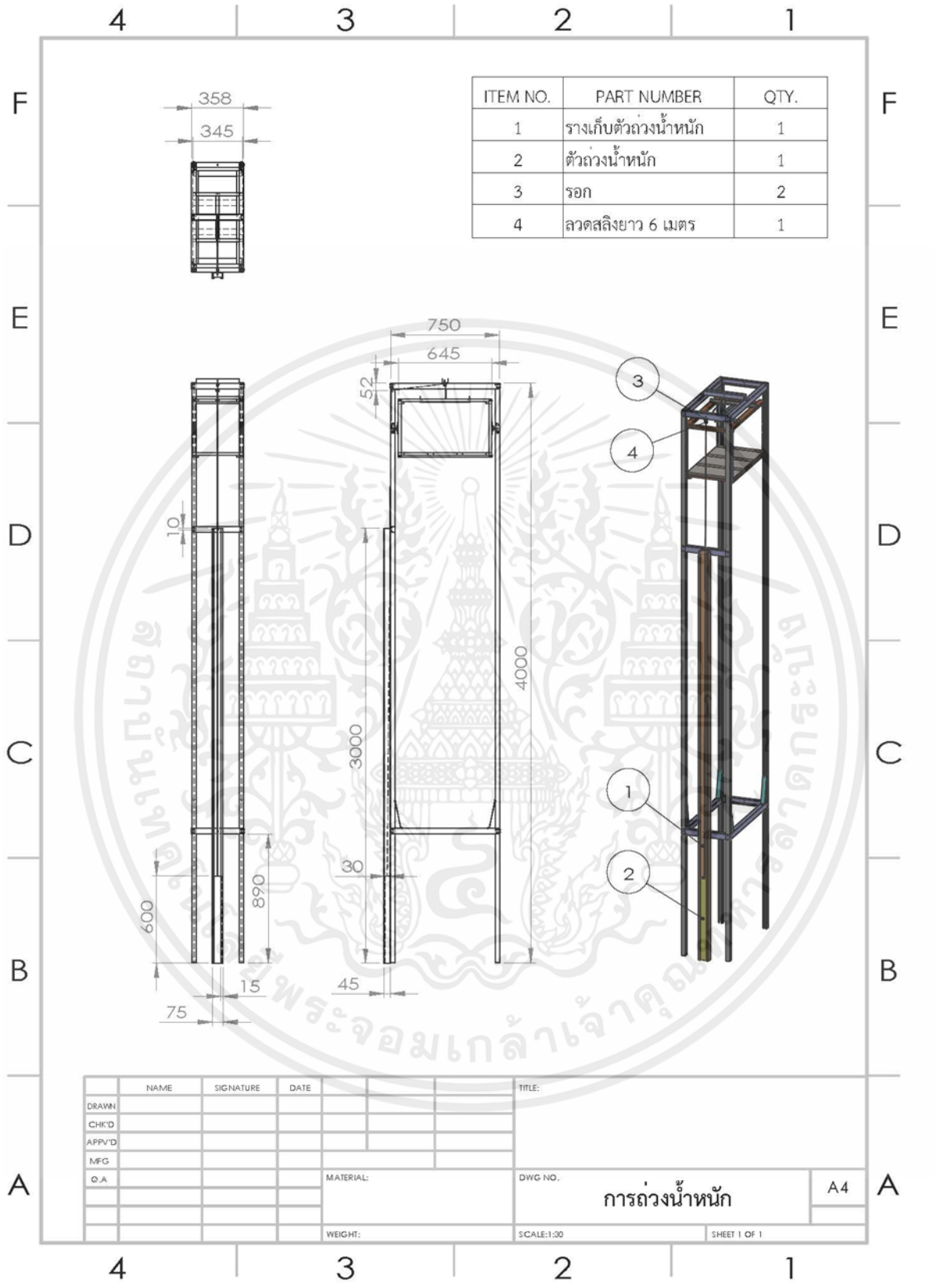
โดยการออกแบบตัวถ่วงน้ำหนักเป็น 3 แนวคิดดังนี้

1. ตัวถ่วงน้ำหนักมีลักษณะเป็นเหล็กแท่งยาว เนื่องจากเหล็กมีความหนาแน่นสูงส่งผลให้ขนาดของตัวถ่วงน้ำหนักมีขนาดเล็ก เคลื่อนที่ขึ้นลงอยู่ข้างในแท่งเหล็กรูปตัวซีที่มีความสูง 300 เซนติเมตร กว้าง 4.5 เซนติเมตร ยาว 7.5 เซนติเมตร ที่ติดอยู่ด้านข้างโครงเหล็ก ซึ่งตัวถ่วงน้ำหนักจะไม่สามารถเคลื่อนที่ออกมาได้ เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน

2. ตัวถ่วงน้ำหนักมีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กครอบไปกับตัวโครงเหล็กหลักของชิ้นงาน มีการเคลื่อนที่ขึ้นลงรูดไปตามเสาของชิ้นงาน

3. ตัวถ่วงน้ำหนักมีลักษณะเป็นถังน้ำ เคลื่อนที่ขึ้นลงตามแนวกั้นเพื่อไม่ให้ถังน้ำแกว่งขณะเคลื่อนที่ขึ้นลง โดยถังน้ำถ่วงน้ำหนักมีข้อดีในเรื่องความง่ายในการเทน้ำเข้าหรือออกเพื่อปรับน้ำหนักที่นำมาถ่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การออกแบบการถ่วงน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ระบบชะลอความเร็ว

ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่า 9.8 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง เป็นผลให้ความเร็วของแผ่นลำเลียงวัสดุที่มีสารแต่งคุณสมบัติสีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดการเคลื่อนที่ ซึ่งอาจจะเกิดอันตรายและสร้างความเสียหายต่อชิ้นงาน จึงจำเป็นต้องมีการติดตั้งระบบชะลอความเร็ว มีแนวทางการออกแบบ 3 แนวทาง ดังต่อไปนี้

(1) การติดแผ่นเหล็ก จะช่วยเพิ่มแรงเสียดทานให้กับระบบการเคลื่อนที่ลงของแผ่นลำเลียงวัสดุ

(2) กลไกแม่เหล็ก ใช้กลไกแม่เหล็กขั้วเดียวกัน ติดไว้ที่โครงเหล็กและแผ่นลำเลียงวัสดุ เพื่อให้เกิดแรงผลักขณะแผ่นลำเลียงวัสดุกำลังเคลื่อนที่ลงจอด

(3) กลไกสปริง ออกแบบลักษณะคล้ายโช้ค ติดตั้งเอาไว้รองรับด้านล่างของแผ่นลำเลียงวัสดุ

จากแนวทางที่กล่าวมาพบว่า

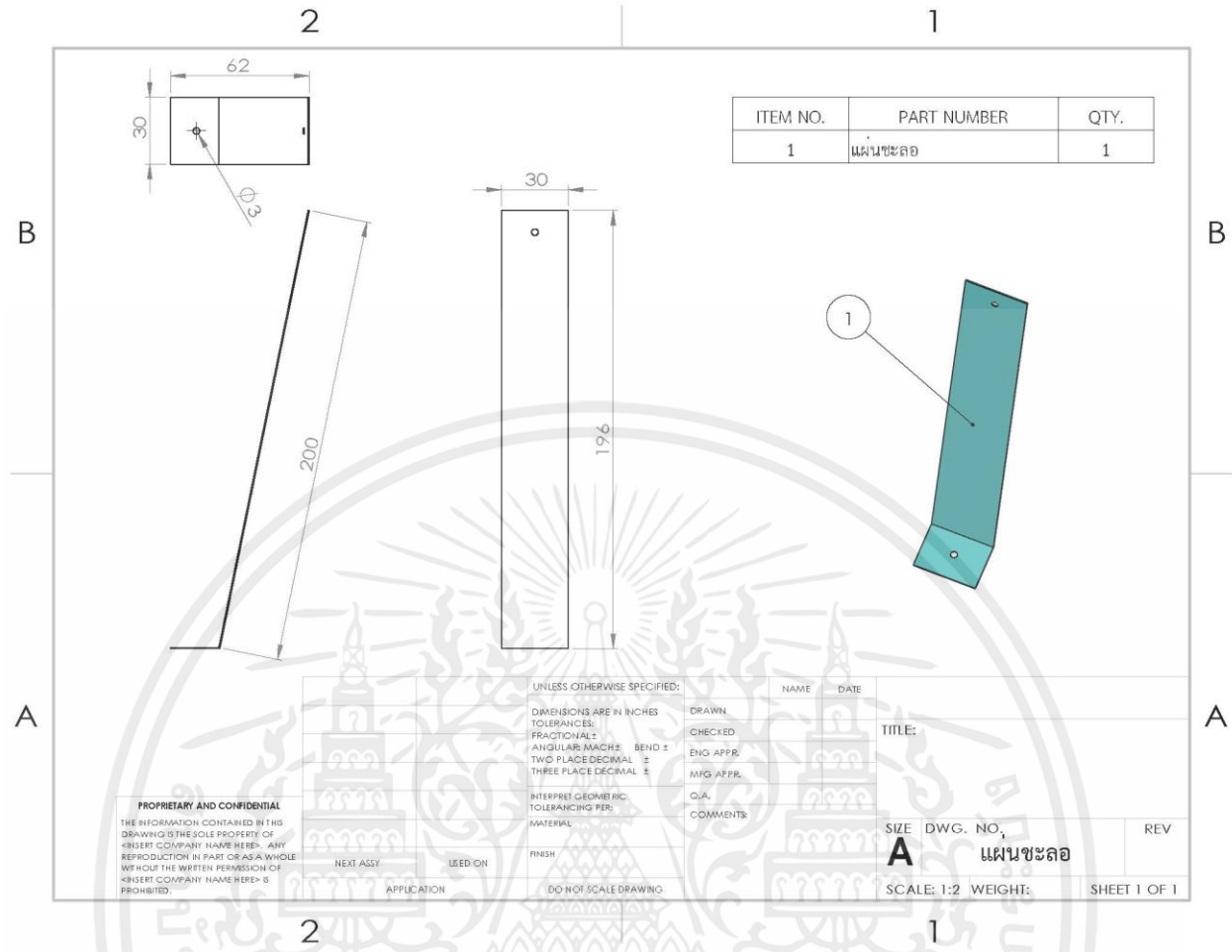
แนวทางที่ 1 ติดตั้งได้สะดวก ประหยัดและง่ายที่สุด

แนวทางที่ 2 อาจจะมีความยุ่งยากในการคำนวณแรงดูดของแม่เหล็ก

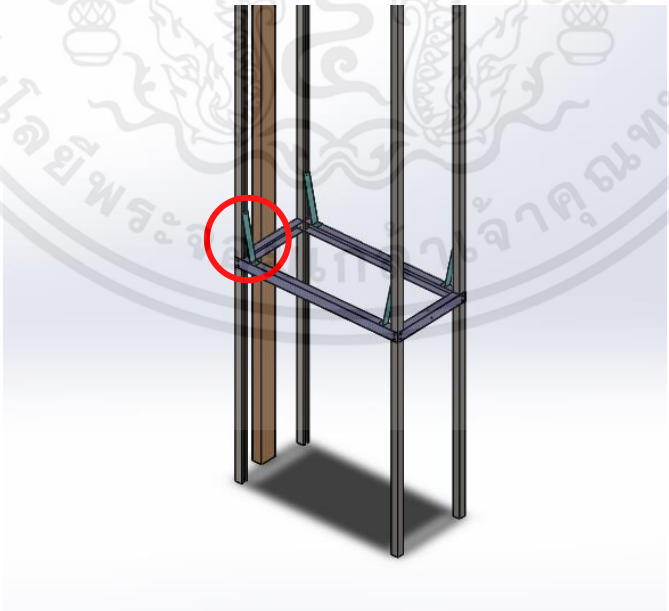
แนวทางที่ 3 มีการลงทุนที่ค่อนข้างเยอะกว่าต้นทุนวัสดุที่คำนวณไว้

จึงเลือกแนวทางที่ 1 การติดแผ่นเหล็กเนื่องจากการติดแผ่นเหล็กง่ายและช่วยเพิ่มแรงเสียดทานให้กับระบบการเคลื่อนที่ลงของแผ่นลำเลียง โดยการติดแถบเหล็กขนาด 20 เซนติเมตรกับจุดรับวัสดุที่ด้านล่างของโครงเหล็กทั้ง 4 มุม ส่งผลให้ตัวแผ่นเหล็กช่วยชะลอความเร็วและตัวแผ่นลำเลียงไม่เคลื่อนที่กระแทกกับโครงเหล็กโดยตรง การออกแบบแผ่นเหล็กชะลอความเร็วแสดงดังรูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แบบของแผ่นเหล็กชะลอความเร็ว



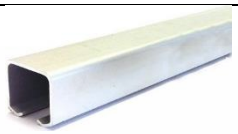
รูปที่ 4.10 การติดตั้งระบบชะลอความเร็วเข้ากับโครงเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วัสดุที่ใช้

จากการออกแบบชิ้นงาน ทำให้ทราบวัสดุที่ต้องใช้ นำไปสู่การเตรียมวัสดุดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดวัสดุ

ชื่อวัสดุ	ภาพวัสดุ	ขนาดของวัสดุ	จำนวน	ราคา(บาท)
1. รางเลื่อน	 ที่มา : มาเจสติก โฮม (ม.ป.ป)	30 x 30 มม. ยาว 4 ม. หนา 1.5 มม.	4 เส้น	1,400
2. ชุดลูกล้อบานเลื่อน	ที่มา : ออฟฟิศเมท (ม.ป.ป)	กว้าง 15 ซม. ยาว 8 ซม. สูง 4.5 ซม.	4 ล้อ	320
3. ลวดสลิง	ที่มา : SJ screwthai (ม.ป.ป)	ยาว 6 ม. หนา 2.5 มม.	1 เส้น	198
4. ลูกรอกพลาสติก		กว้าง 2 ซม. ยาว 4 ซม. สูง 8 ซม.	2 ลูก	66
5. เหล็กตัวซี *		30 x 30 มม. หนา 3 มม. ยาว 6 ม.	1 เส้น	137
6. ไม้หน้าสาม **	**ที่มา** : The Build Club (2021)	กว้าง 4 ซม. หนา 2.5 ซม. ยาว 3 ม.	3 เส้น	308
7. เหล็กแผ่นบาง ***	ที่มา : Tianjin Jinnuo Steel (n.d.)	กว้าง 40 ซม. ยาว 70 ซม.	1 แผ่น	317
8. น็อตกิโลหัวหก เหลี่ยม		¼ หุน ยาว 1 นิ้ว	2 ห่อ	8
			ราคารวม	2,754

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

* ตัดเหล็กยาว 36 เซนติเมตร จำนวน 6 ชิ้น และยาว 75 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น

** ตัดไม้ยาว 34.5 เซนติเมตร จำนวน 6 ชิ้น และยาว 64.5 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น

*** ตัดให้ได้ขนาด กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร จำนวน 6 ชิ้น

4.4 ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน

จากการออกแบบชิ้นงาน สามารถแบ่งชิ้นงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนของโครงเหล็ก และส่วนของแผ่นลำเลียงวัสดุ

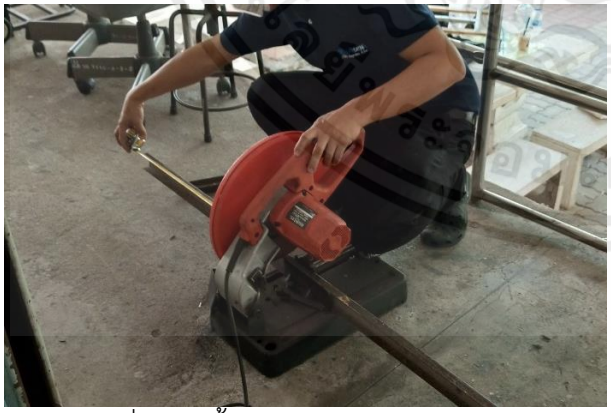
ขั้นตอนการสร้างชิ้นงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. การเตรียมวัสดุสำหรับโครงเหล็ก
2. การสร้างแผ่นลำเลียง
3. การประกอบชิ้นงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานในส่วนต่าง ๆ แสดงดังต่อไปนี้

1. การเตรียมวัสดุสำหรับโครงเหล็ก จะใช้เหล็กตัวซีในขั้นตอนนี้ ทำการวัด ตัด เจาะรูในความยาวที่ตามแบบ รายละเอียดของขั้นตอนการทำงานมีดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1 ตัดเหล็กตัวซี</u> วัดเหล็กตัวซีให้มีความยาว 75 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น และวัดเหล็กตัวซีให้มีความยาว 36 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น เพื่อใช้ในการยึดโครงด้านบนและด้านล่างของโครง เมื่อวัดเสร็จนำไปตัดด้วยเครื่องตัดไฟเบอร์ หรือตัดด้วยเลื่อยตัดเหล็ก หากใช้เลื่อยไฟเบอร์จะมีความเที่ยงตรงในการตัดมากกว่า เพราะการเลื่อยด้วยเลื่อยตัดเหล็กอาจเกิดรอยเลื่อยที่บิดเบี้ยว ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่อความยาวของชิ้นงาน ขั้นตอนการตัดแสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ขั้นตอนการตัดเหล็กตัวซี

รูปที่ 4.12 เหล็กตัวซีที่ตัดปลายส่วนเกินออก

จากนั้นตัดแต่งปลายของเหล็กตัวซี โดยวัดเข้ามา 3 เซนติเมตรและตัดเหล็กส่วนเกินออก เพื่อให้ประกอบเข้าไปโครงเสาได้ ดังรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ขั้นตอนที่ 2 เจาะรูเหล็กตัวซี</u> เนื่องจากเหล็กที่ใช้ทำโครงมีขนาด 1.25 นิ้ว ต้องการยึดน็อตในตำแหน่งตรงกลางของโครงเหล็กทั้ง 4 เสา จึงนำความขนาดของโครงเหล็ก 1.25 นิ้ว หาร 2 เท่ากับ 0.625 นิ้ว หรือ 15 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงควรวัดความยาวจากปลายของเหล็กตัวซีทั้งสองด้านเข้ามา 15 มิลลิเมตร ทั้ง 8 ชิ้น แสดงดังรูปที่ 4.13

รูปที่ 4.13 ขั้นตอนการวัดเหล็กตัวซี

หลังจากวัดขนาดเหล็กทั้ง 8 ชิ้นเรียบร้อยแล้ว นำเหล็กดังกล่าวไปเข้ากระบวนการเจาะ โดยใช้ดอกสว่านให้มีขนาดเดียวกับขนาดของน็อตที่จะใช้ยึด แสดงดังรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 การเจาะรูเหล็กตัวซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ขั้นตอนที่ 3 การเจาะรูปโครงเหล็ก</u> เนื่องจากต้องการให้แผ่นลำเลียงวัสดุลงจอดในตำแหน่งที่พนักงานสามารถหยิบของในความสูงที่เหมาะสม เพราะหากความสูงต่ำเกินไปพนักงานจะต้องก้มตัวลงหยิบ หรือหากสูงเกินไปพนักงานต้องเอื้อมขึ้นหยิบของจากแผ่นลำเลียง ดังนั้นความสูงที่เหมาะสม วัดจากความสูงของผู้ปฏิบัติงานตามหลักการยศาสตร์ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางความสัมพันธ์ของความสูงผู้ปฏิบัติงานกับความสูงของพื้นที่ปฏิบัติงานที่เหมาะสม

ความสูงของผู้ปฏิบัติงาน (เซนติเมตร)	ความสูงของพื้นที่ปฏิบัติงานที่เหมาะสม (เซนติเมตร)	
	ความสูงต่ำสุด	ความสูงมากสุด
150	90.0	97.0
152	91.5	98.5
154	92.5	100.0
156	94.0	101.0
158	95.0	102.5
160	96.0	104.0
162	97.5	105.0
164	98.5	106.5
166	100.0	108.0
168	101.0	109.0
170	102.0	110.5
172	103.5	112.0
174	104.5	113.0
176	106.0	114.5
178	107.0	116.0
180	108.0	117.0
182	109.5	118.5
184	110.5	120.0
186	112.0	121.0
188	113.0	122.5
190	114.0	124.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานสูง 164 เซนติเมตร จากตารางที่ 4.2 ความสูงที่เหมาะสมอยู่ที่ 98.5 ถึง 106.5 เซนติเมตร ดังนั้นจึงวัดความสูงจากพื้นของโครงเหล็กขึ้นมา 100 เซนติเมตร ส่วนตำแหน่งการยึดโครงเหล็กด้านบนคำนวณจากความกว้างของเหล็กตัวซีเท่ากับ 5 เซนติเมตรหาร 2 เท่ากับ 2.5 เซนติเมตร จึงวัดจากด้านบนสุดของโครงเหล็กลงมา 2.5 เซนติเมตร และเจาะรูด้วยสว่าน โดยดอกสว่านใช้ขนาดเดียวกับที่ใช้เจาะรูเหล็กตัวซี แสดงดังรูปที่ 4.15

รูปที่ 4.15 ขั้นตอนการเจาะรูโครงเหล็ก

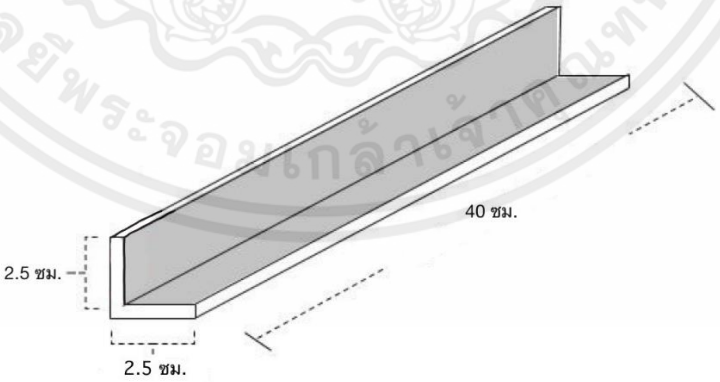
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสร้างแผ่นลำเลียง

ลักษณะแผ่นลำเลียงวัสดุ มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กวางบนโครงไม้ ใช้โครงเป็นไม้เพื่อต้องการลดน้ำหนักของแผ่นลำเลียง ออกแบบลักษณะเป็นกล่อง เนื่องจากโครงด้านบนของแผ่นลำเลียงจะใช้ยึดกับลวดสลิง โครงด้านบนจะทำหน้าที่กระจายแรงดึงของลวดสลิงไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ของแผ่นลำเลียง โดยขั้นตอนการสร้างแผ่นลำเลียงจะแสดงขั้นตอน ดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1 ตัดไม้หน้าสามนิ้ว</u> หาค่าขนาดด้านกว้างจากการวัดขนาดด้านในของโครงเหล็ก เท่ากับ 65.5 เซนติเมตร ต้องการให้แผ่นลำเลียงสามารถเคลื่อนที่อยู่ภายในโครงเหล็กได้ จึงกำหนดระยะเผื่อฝั่งละ 0.5 เซนติเมตร ดังนั้นขนาดของแผ่นไม้หน้าสาม เท่ากับ 65.5 - 0.5 - 0.5 = 64.5 เซนติเมตร และคำนวณหาขนาดด้านยาวจากการวัดขนาดความยาวด้านในของโครงเหล็ก เท่ากับ 35.5 เซนติเมตร ต้องการให้แผ่นลำเลียงสามารถเคลื่อนที่อยู่ภายในโครงเหล็กได้ จึงกำหนดระยะเผื่อฝั่งละ 0.5 เซนติเมตร ดังนั้นขนาดของแผ่นไม้หน้าสาม เท่ากับ 35.5 - 0.5 - 0.5 = 34.5 เซนติเมตร ทำการวัดไม้ตามขนาดดังกล่าว คือ ไม้ขนาด 64.5 เซนติเมตร 4 ชิ้น และ ไม้ขนาด 34.5 เซนติเมตร จำนวน 6 ชิ้น และทำการตัดไม้ด้วยเลื่อยไม้

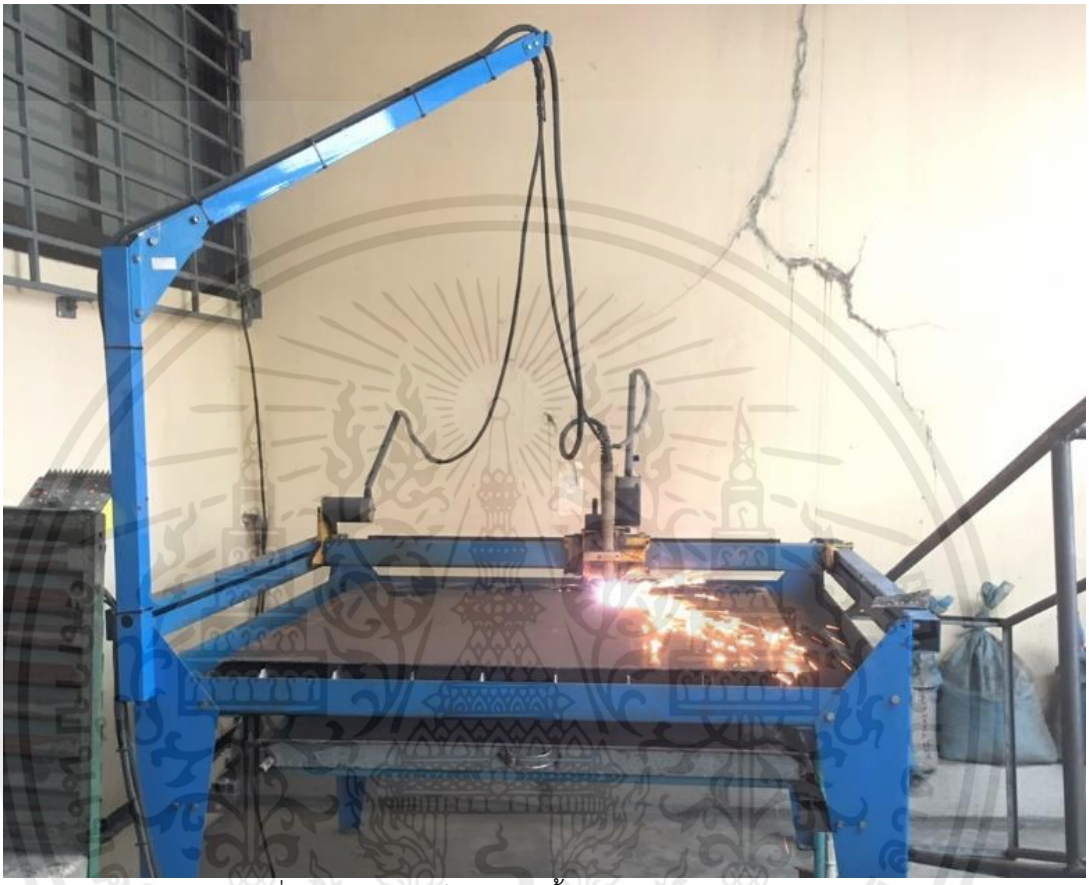
<u>ขั้นตอนที่ 2 เตรียมเหล็กแผ่นบางพับฉาก</u> เหล็กฉากทำหน้าที่ยึดแผ่นลำเลียงต้องการให้โครงแผ่นลำเลียงสูง 30 เซนติเมตร ขนาดของโครงไม้เมื่อยึดเป็นโครงสร้างจะมีด้านละ 5 เซนติเมตร ดังนั้นขนาดของเหล็กแผ่นบางมีความสูง เท่ากับ 30 + 5 + 5 = 40 เซนติเมตร ขนาดด้านกว้างของเหล็กแผ่นบาง เมื่อพับแล้วต้องการให้กินพื้นที่ด้านของของโครงไม้ ด้านละ 2 เซนติเมตร มีระยะเผื่อในการพับแผ่นเหล็ก 1 เซนติเมตร ดังนั้นขนาดของเหล็กแผ่นบางมีความกว้าง เท่ากับ 2 + 2 + 1 = 5 เซนติเมตร ทำการวัดเหล็กแผ่นบางขนาด 5 x 40 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น เพราะใช้ยึด 4 ด้านของโครงไม้ หลังจากนั้นวัดจากปลายทั้ง 2 ด้านเข้ามา ฝั่งละ 2 เซนติเมตร ทำการเจาะรูเพื่อยึดเข้ากับโครงไม้ จากนั้นเลือก 1 ด้าน วัดเข้ามา 20 เซนติเมตร เพื่อเจาะรูยึดกับล้อ แสดงดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 เหล็กแผ่นบางพับฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ขั้นตอนที่ 3 เตรียมเหล็กแผ่นบางยึดพื้นของแผ่นลำเลียง</u> ทำการวัดแผ่นเหล็กบางขนาดเท่ากับขนาดของความกว้างและความยาวของโครงไม้ ดังนั้นแผ่นเหล็กบางมีขนาด เท่ากับ 64.5 x 34.5 จากนั้นทำการตัดด้วยเครื่องตัดเหล็กแผ่น จะได้เหล็กแผ่นดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 แผ่นเหล็กบางยึดพื้นแผ่นลำเลียงวัสดุ

<u>ขั้นตอนที่ 4 การประกอบแผ่นลำเลียง</u> ทำการวางไม้เป็นรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้า วัดให้ฉากด้วยไม้ฉากทั้ง 4 มุม และตรวจสอบด้วยการวัดมุมทแยง 2 ข้าง ต้องมีความยาวมุมทแยงเท่ากัน จากนั้นยึดโครงไม้ด้วยตะปูเล็ก โครงไม้ด้านบน โครงไม้ด้านล่าง ทำตามขั้นตอนโครงไม้ด้านบน จากนั้นเลือกด้านไม้ชิ้นที่ยาว 64.5 เซนติเมตร วัดจากปลายไม้เข้ามาฝั่งละ 10 เซนติเมตร วางไม้ที่มีความยาว 34.5 เซนติเมตร บนจุดที่วัดไว้ วัดความฉากด้วยไม้ฉากและตอกตะปูเล็ก นำแผ่นเหล็กบางขนาด 64.5 x 34.5 เซนติเมตร วางบนโครงไม้ด้านล่าง และยึดด้วยสกรูหัวปล่อยตามจุดที่สัมผัสกับโครงไม้ ดังรูปที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

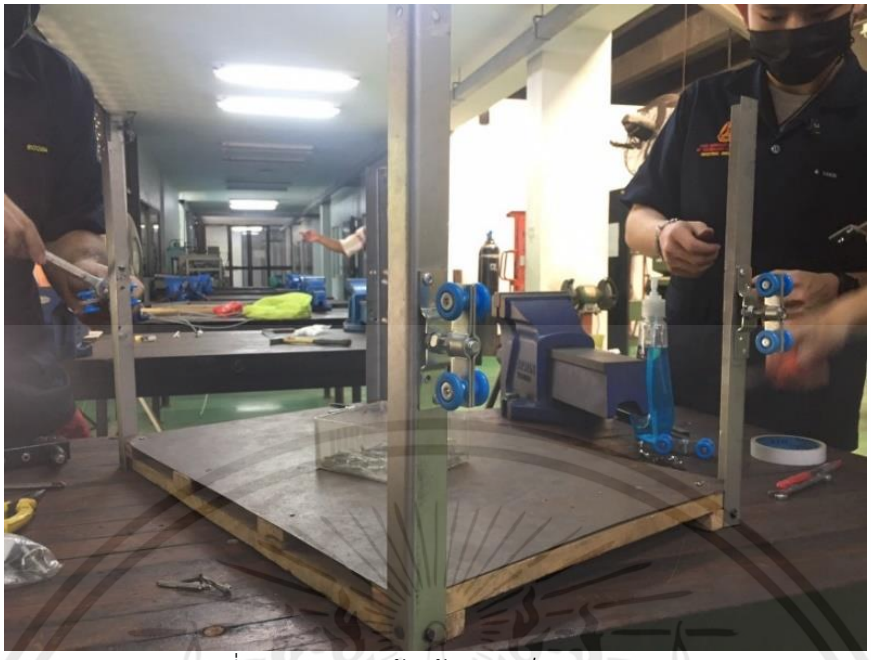
รูปที่ 4.18 การประกอบโครงไม้ด้านล่างเข้ากับแผ่นเหล็กบาง

นำเหล็กบางพับฉากมาประกอบเข้าทั้ง 4 ชิ้น กับ โครงไม้ด้านบนและโครงไม้ด้านล่าง จากนั้นยึดสกรูหัวปล่อยด้วยสว่านไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.19

รูปที่ 4.19 การประกอบโครงไม้กับแผ่นเหล็กบางพับฉาก

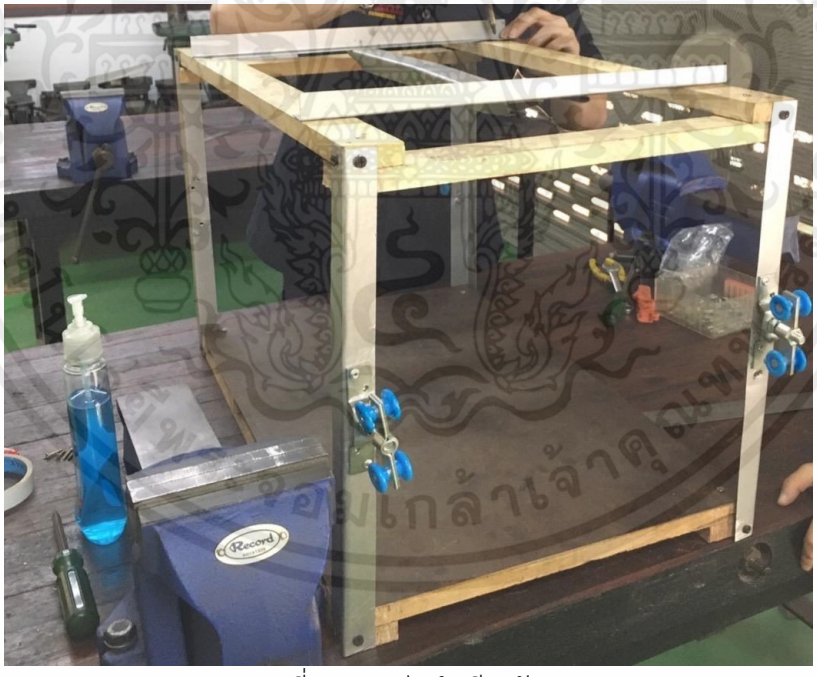
ตัดเหล็กฉากเจาะรู ขนาด 34.5 เซนติเมตร 1 ชิ้น ยึดเข้ากับโครงไม้ด้านบนของแผ่นลำเลียง ติดล้อทั้ง 4 ล้อเข้ากับแผ่นเหล็กบางพับฉากในตำแหน่งที่เจาะรูไว้ ดังรูปที่ 4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 การติดล้อเข้ากับเหล็กบางพับฉาก

ชิ้นงานสำเร็จในขั้นตอนการสร้างแผ่นลำเลียงวัสดุ แสดงดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 แผ่นลำเลียงวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การประกอบชิ้นงาน ในส่วนนี้จะนำแผ่นลำเลียงวัสดุที่สร้างมาในส่วนที่ 2 ประกอบเข้ากับโครงเหล็กที่เตรียมวัสดุไว้ในส่วนที่ 1 รายละเอียดการประกอบมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ประกอบโครงเหล็กด้านล่าง ที่ความยาว 100 เซนติเมตรสูงจากพื้น โดยประกอบเป็นคู่ ใช้เหล็กตัวซีขนาด 36 เซนติเมตร ประกอบเข้ากับโครงเหล็กทั้ง 2 คู่ จากนั้นนำเหล็กที่ถูกประกอบเป็นคู่มาประกอบเข้าด้วยกัน ด้วยเหล็กตัวซีเจาะรูขนาด 75 เซนติเมตรและยึดด้วยน็อตทั้ง 4 ด้าน ดังรูปที่ 4.22

รูปที่ 4.22 การประกอบโครงเหล็กด้านล่าง

ขั้นตอนที่ 2 ประกอบแผ่นลำเลียงเข้ากับโครงเหล็ก นำแผ่นลำเลียงที่ประกอบเสร็จแล้วใส่เข้าไปในโครงเหล็ก โดยในล้อทั้ง 4 ด้าน สอดเข้าไปในโครงเหล็กตัวซี และทดสอบการวิ่งของแผ่นลำเลียงด้วยการเลื่อน ดังแสดงในรูปที่ 4.23

รูปที่ 4.23 การประกอบแผ่นลำเลียงเข้ากับโครงเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ขั้นตอนที่ 3 ประกอบโครงเหล็กด้านบน</u> ประกอบเหล็กตัวซี ขนาด 75 เซนติเมตร และ 36 เซนติเมตร เข้ากับโครงเหล็กด้านบนโดยที่มีแผ่นลำเลียงอยู่ด้านใน และยึดด้วยน็อตทั้ง 4 ด้าน ดังรูปที่ 4.24

รูปที่ 4.24 การประกอบโครงเหล็กด้านบน

<u>ขั้นตอนที่ 4 การติดลูกรอก</u> ตัดเหล็กฉากเจาะรูให้มีความยาว ขนาด 34.5 และยึดเข้ากับโครงเหล็ก จากนั้นนำลูกรอก 1 ตัวมายึดเข้ากับตรงกลางกับเหล็กฉากเจาะรู และยึดลูกรอกอีกลูก เข้ากับตรงกลางของโครงเหล็กด้านแคบ

<u>ขั้นตอนที่ 5 ประกอบรางเก็บลูกตุ้ม</u> ตัดเหล็กฉากความยาว 3 เมตร เจาะรูและยึดเข้ากับโครงด้านข้างโดยยึดน็อตในตำแหน่ง 100 เซนติเมตร และตำแหน่ง ที่สูงจากพื้น 3 เมตร ดังรูปที่ 4.25

รูปที่ 4.25 การประกอบรางเก็บลูกตุ้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ขั้นตอนที่ 6 การประกอบน้ำหนักถ่วงและลวดสลิง</u> นำปลายลวดสลิงด้านหนึ่งผูกเข้ากับเหล็กฉากเจาะรูด้านบนของแผ่นลำเลียงวัสดุ สอดเข้าไปในรอกตัวที่ 1 และตัวที่ 2 จากนั้นนำปลายอีกด้านหนึ่งยึดเข้ากับน้ำหนักถ่วง

<u>ขั้นตอนที่ 7 การติดตั้งระบบชะลอความเร็ว</u> การคำนวณหาขนาดแผ่นเหล็กบางเพื่อติดตั้งเป็นระบบชะลอความเร็วของแผ่นลำเลียงขาลง คำนวณจาก ความสูงจากของโครงเหล็กด้านล่าง ถึงตำแหน่งยึดล้อหลังจากลงจอดสำเร็จ เท่ากับ 19.5 เซนติเมตร ต้องการให้ฐานด้านล่างห่างจากเสา 4 เซนติเมตร จากทฤษฎีบทพีทาโกรัส $c^2 = a^2 + b^2$ สามารถหาความยาวด้านตรงข้ามมุมฉากได้ เท่ากับ 20 เซนติเมตร ต้องมีระยะเผื่อในการยึดน็อต ด้านละ 2 เซนติเมตร ดังนั้นความยาวแผ่นเหล็กบาง จะได้ 20 + 2 + 2 = 24 เซนติเมตร และความกว้างของแผ่นเหล็กบาง วัดจากขนาดหัวน็อต 1 เซนติเมตร และมีระยะเผื่อด้านละ 1 เซนติเมตร ดังนั้นขนาดความกว้างของแผ่นเหล็กบาง จะได้ 1 + 1 + 1 = 3 เซนติเมตร นำแผ่นเหล็กบางมาวัดขนาด 3 x 24 เซนติเมตร นำมาตัดจำนวน 4 ชิ้น และเจาะรูเข้ามาด้านละ 1 เซนติเมตร จากนั้นนำมายึดเข้ากับโครงเหล็ก จะได้ดังรูปที่ 4.26 จากขั้นตอนการประกอบดังกล่าวจะนำมาสู่ชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์ แสดงดังรูปที่ 4.27

รูปที่ 4.26 การติดตั้งระบบชะลอความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.27 ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดสอบชิ้นงานเพื่อชนะแรงเสียดทาน

เมื่อชิ้นงานสร้างเสร็จ ผู้จัดทำได้ออกแบบการทดลอง เพื่อหาค่าน้ำหนักถ่วงที่เหมาะสมที่สุด ที่ทำให้การเคลื่อนที่ขึ้นและลงของอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุเคลื่อนที่ได้ดีที่สุด เมื่อน้ำหนักของวัสดุปรับแต่งคุณสมบัติสีมีน้ำหนัก 4.1 กิโลกรัม และน้ำหนักของแผ่นลำเลียงวัสดุมีน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม เนื่องจากล้อของแผ่นลำเลียงวัสดุสัมผัสกับเสาทั้ง 4 เสา ขณะเคลื่อนที่ขนย้ายวัสดุทำให้เกิดแรงเสียดทาน สามารถคำนวณได้จากสมการทฤษฎีแรงเสียดทาน ดังสมการที่ (4.7)

$$f = \mu F \tag{4.7}$$

เมื่อ f คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัส มีหน่วยเป็น นิวตัน

μ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส

ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเหล็กกับผิวล้อ (พื้นผิวเรียบ) เท่ากับ 0.1

F คือ ค่าแรงบีบที่โครงเหล็กกดทับบริเวณล้อแผ่นลำเลียงวัสดุ มีค่าเท่ากับ 255 นิวตัน

เมื่อ น้ำหนักในการเคลื่อนย้ายแผ่นลำเลียงวัสดุขึ้น เท่ากับ 2.5 กิโลกรัม

น้ำหนักในการเคลื่อนย้ายวัสดุลงมายังพื้นที่การผลิต หาได้จากน้ำหนักแผ่นลำเลียงวัสดุ + น้ำหนักวัสดุ

ดังนั้น น้ำหนักรวมในการเคลื่อนย้ายวัสดุขาลง เท่ากับ 2.5 + 4.1 = 6.6 กิโลกรัม

แทนค่าในสมการ หาค่าแรงเสียดทานของระบบ

$$f = (0.1)\ (255)$$
$$f = 25.5 \text{ นิวตัน}$$

แปลง 25.5 นิวตัน ให้อยู่ในหน่วยกิโลกรัม จากสมการที่ (4.3)

จะได้ $$25.5 = m\ (9.81)$$
$$m = 2.59 \text{ กิโลกรัม}$$

ดังนั้นน้ำหนักที่มากที่สุดที่ใช้ในการทดสอบการถ่วงน้ำหนัก เท่ากับ 6.6 – 2.59 = 4.01 กิโลกรัม

ดังนั้น ช่วงของน้ำหนักถ่วงที่ใช้ในการทดสอบ คือ น้ำหนักในช่วงระหว่าง 2.5 ถึง 4.01 กิโลกรัม

โดยเก็บผลการทดลองจาก 2 ลักษณะการเคลื่อนที่ คือ ลักษณะการวิ่งของแผ่นลำเลียงวัสดุ และความรุนแรงในการลงจอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1 วิธีทำการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักถังน้ำที่น้ำหนักต่างๆ ด้วยตาชั่งแขวน ดังรูปที่ 4.28

รูปที่ 4.28 การชั่งน้ำหนักถังน้ำ

2. เปลี่ยนน้ำหนักถ่วงเป็นถังน้ำ เพราะง่ายต่อการปรับระดับน้ำหนักถ่วง ดังรูปที่ 4.29

รูปที่ 4.29 เปลี่ยนน้ำหนักถ่วงเป็นถังน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เตรียมน้ำหนักของที่จะใช้ในการทดลอง ที่น้ำหนัก 4.1 กิโลกรัม ดังรูปที่ 4.30

รูปที่ 4.30 การชั่งน้ำหนักของที่ใช้ในการทดลอง

4. ทดสอบพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของแผ่นลำเลียงวัสดุที่ค่าน้ำหนักถ่วง 4.0 3.8 3.5 และ 3.3 กิโลกรัม และบันทึกผลการทดลอง ดังรูปที่ 4.31

รูปที่ 4.31 การทดลองที่น้ำหนักถ่วงต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ผลการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็นการทดลองน้ำหนักถ่วงเพื่อนำแผ่นลำเลียงวัสดุขึ้นและน้ำหนักถ่วงเพื่อเคลื่อนย้ายวัสดุลง ผลการทดลองแสดงผลดังตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองน้ำหนักถ่วงเพื่อนำแผ่นลำเลียงวัสดุขึ้น

ค่าน้ำหนักถ่วง (กิโลกรัม)	**พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของแผ่นลำเลียง**			
	(1) ลักษณะการวิ่งของแผ่นลำเลียงวัสดุ	**ผล**	**(2) ความรุนแรงในการลงจอด**	**ผล**
3.3	ติดขัดในช่วงแรก ต้องช่วยดันแผ่นจึงเริ่มเคลื่อนที่	ไม่ผ่าน	แรงกระแทกไม่รุนแรง	ผ่าน
3.5	ความเร็วปานกลาง ไม่ติดขัด	ผ่าน	แรงกระแทกไม่รุนแรง	ผ่าน
3.8	ค่อนข้างเร็ว ติดขัดบางช่วง	ไม่ผ่าน	แรงกระแทกค่อนข้างรุนแรง	ไม่ผ่าน
4.0	ความเร็วสูง ติดขัด	ไม่ผ่าน	แรงกระแทกรุนแรง	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองน้ำหนักถ่วงเพื่อเคลื่อนย้ายวัสดุลง

ค่าน้ำหนักถ่วง (กิโลกรัม)	**พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของแผ่นลำเลียง**			
	(1) ลักษณะการวิ่งของแผ่นลำเลียงวัสดุ	**ผล**	**(2) ความรุนแรงในการลงจอด**	**ผล**
3.3	มีความเร็วสูง ไม่ติดขัด	ผ่าน	กระแทกรุนแรง ของกระเด็น	ไม่ผ่าน
3.5	มีความเร็วปานกลาง ไม่ติดขัด	ผ่าน	แรงกระแทกไม่มาก	ผ่าน
3.8	ความเร็วช้าลง ติดขัดเล็กน้อย	ผ่าน	จอดอย่างนิ่มนวล	ผ่าน
4.0	ติดขัด ความเร็วต่ำ	ไม่ผ่าน	จอดอย่างนิ่มนวล	ผ่าน

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

จากการทดลองพบว่า การทดลองที่น้ำหนักต่าง ๆ ช่วงขาขึ้นเมื่อน้ำหนักถ่วงเพิ่มขึ้น ความเร็วของแผ่นลำเลียงวัสดุและความรุนแรงในการกระแทกจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย หรือกล่าวได้ว่า ความเร็วของแผ่นลำเลียงวัสดุและความรุนแรงแปรผันตามน้ำหนักที่ใช้ถ่วง ในการกระแทกที่น้ำหนัก 3.3 กิโลกรัม ซึ่งน้อยที่สุดจะติดขัดในช่วงแรก ที่น้ำหนัก 3.8 และ 4.0 กิโลกรัม เกิดการติดขึ้นระหว่างการเคลื่อนที่ ในส่วนการทดลองขาลง ความเร็วของแผ่นลำเลียงวัสดุและความรุนแรงในการกระแทกเมื่อน้ำหนักถ่วงเพิ่มขึ้น ความเร็วของแผ่นลำเลียงวัสดุและความรุนแรงในการกระแทกจะลดลงตามไปด้วย หรือกล่าวได้ว่า ความเร็วของแผ่นลำเลียงวัสดุและความรุนแรงแปรผกผันตามน้ำหนักที่ใช้ถ่วง และยังสามารถสรุปได้อีกว่า น้ำหนักที่เหมาะสมที่สุดในการใช้เป็นน้ำหนักถ่วง คือ 3.5 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การเปรียบเทียบสภาพก่อนและหลังการปรับปรุง

สภาพก่อนการปรับปรุงการเคลื่อนย้ายวัสดุปรับแต่งคุณสมบัติสี (จุด C) พนักงานจะทำการขนย้ายวัสดุจากห้องทดลองชั้นสองมายังพื้นที่การผลิตสินค้าชั้นหนึ่ง ผ่านบันไดที่มีความชันมาก และมีความกว้างของบันไดเพียง 1 เมตร มีของไม่จำเป็นวางขัดขวางการเคลื่อนย้าย โดยใช้เวลาในการเคลื่อนย้าย คือ 38 วินาที มีระยะทางในการเคลื่อนย้าย 15.63 เมตร เท่ากันทั้งขาขึ้นและขาลง ลักษณะเคลื่อนย้ายแสดงดังรูปที่ 4.32

รูปที่ 4.32 การเคลื่อนย้ายก่อนการปรับปรุง

หลังจากทำการปรับการเคลื่อนย้ายดังกล่าว โดยใช้อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นและทำการทดสอบการเคลื่อนย้ายวัสดุแสดงดังรูปที่ 4.33 ทำให้ได้ระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายวัสดุ เท่ากับ 4 วินาที เป็นระยะทางทั้งหมด 3.5 เมตร เท่ากันทั้งขาขึ้นและขาลง พบว่าระยะทางลดลง 12.13 เมตร คิดเป็นร้อยละ 77.6 และเวลาในการลดลง 37.6 วินาที คิดเป็นร้อยละ 98.94 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.33 การเคลื่อนย้ายหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายก่อน-หลังการปรับปรุง

	ระยะทางที่ใช้เคลื่อนย้าย (เมตร)	**ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนย้าย (วินาที)**
ก่อนการปรับปรุง	15.63	38
หลังการปรับปรุง	3.5	4
ค่าที่ลดลง	12.13	34
คิดเป็นร้อยละ	77.6	89.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาโรงงานกรณีศึกษา เพื่อหาปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขเร่งด่วน ทำการทดลองชิ้นงาน ส่งผลให้สามารถทำการเปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุงได้ และสามารถสรุปผลการดำเนินงานวิจัย ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุในโรงงานผลิตสีแห่งหนึ่งตามหลักคาราคุริ ไคเซ็น มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้ายตามหลักการของคาราคุริ ไคเซ็น เพื่อให้การเคลื่อนย้ายวัสดุมีประสิทธิภาพ ลดความสูญเปล่าจากการเคลื่อนย้าย โดยวัดผลจากระยะทางและเวลาในการเคลื่อนย้ายหลังการปรับปรุง จากการศึกษาโรงงานกรณีศึกษาผลิตภัณฑ์สีเมต้าบอนด์โค๊ท พบว่าในกระบวนการผลิต มีจุดการเคลื่อนย้ายวัสดุทั้งหมด 7 การเคลื่อนย้าย ซึ่งการเคลื่อนย้ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการผลิตนับเป็นความสูญเปล่า และจากการทำแบบสอบถามแก่พนักงานฝ่ายผลิต พบว่าจุดการเคลื่อนย้ายที่ควรได้รับการปรับปรุงมากที่สุด คือ จุดการเคลื่อนย้ายวัสดุปรับแต่งคุณสมบัติสี ที่มีน้ำหนัก 4.1 กิโลกรัม ซึ่งต้องเคลื่อนย้ายวัสดุจากห้องทดลองสีชั้น 2 ลงมายังพื้นที่การผลิต ชั้น 1 ผ่านบันไดที่มีความกว้างเพียง 1 เมตร มีความชันมาก แสงไม่ส่องถึงมากพอ อีกทั้งขณะขนย้ายต้องยกกล่องวัสดุสูงให้พ้นราวบันได ขัดขวางทัศนวิสัยในการมองขั้นบันไดขณะเคลื่อนย้าย นับว่าเป็นจุดที่ควรได้รับการแก้ไขเร่งด่วน ซึ่งด้วยข้อจำกัดด้านพื้นที่ทำให้ไม่สามารถย้ายห้องทดลองชั้น 2 ลงมาอยู่ยังพื้นที่การผลิตชั้น 1 ได้ จึงได้ทำการออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุโดยใช้หลักการคาราคุริ ไคเซ็น ซึ่งเป็นการใช้กลไกพื้นฐานมาสร้างกลไกการเคลื่อนที่กึ่งอัตโนมัติอย่างง่าย โดยใช้ทั้งหมด 2 กลไกพื้นฐาน ได้แก่ รอก และแรงโน้มถ่วง จากทั้งหมด 9 กลไกพื้นฐาน ทำการออกแบบและสร้างชิ้นงานเบื้องต้นขึ้น แต่เกิดปัญหาต่าง ๆ จากโครงสร้าง จึงได้ทำการแก้ไขปรับปรุง และสร้างชิ้นงานขึ้นใหม่ จากนั้นทำการทดสอบการเคลื่อนย้ายการรับ-ส่ง วัสดุน้ำหนัก 4.1 กิโลกรัม และทดสอบเพื่อหาน้ำหนักถ่วงที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เคลื่อนย้ายด้วยความเร็วที่เหมาะสม ไม่ช้าจนเกินไปทำให้แผ่นลำเลียงติดขัดระหว่างการเคลื่อนย้าย หรือมีความเร็วมากเกินไปจนทำให้เกิดการกระแทกอย่างรุนแรงขณะลงจอดจนทำให้วัสดุที่เคลื่อนย้ายเกิดความเสียหาย โดยน้ำหนักที่นำมาถ่วงที่เหมาะสมที่สุด คือ 3.5 กิโลกรัม จากนั้นนำระยะทางและเวลาก่อนและหลังใช้อุปกรณ์เคลื่อนย้ายที่ประดิษฐ์ขึ้นมาทำการเปรียบเทียบ พบว่ามีระยะทางในการเคลื่อนย้ายลดลง 12.13 เมตร คิดเป็นร้อยละ 77.6 และใช้เวลาในการเคลื่อนย้ายลดลง 34 วินาที คิดเป็นร้อยละ 89.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

แนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์เคลื่อนย้าย มีแนวทางต่าง ๆ ดังนี้

1. ปรับเปลี่ยนเป็นการใช้ลูกรอกแบบแขวนเพียง 1 ตัว ในการทำการเคลื่อนย้าย เนื่องจากจากชิ้นงานใช้ลูกรอกพลาสติก 2 ตัว โดยตัวที่ 1 ติดอยู่กึ่งกลางโครงเหล็ก ทำหน้าที่ดึงแผ่นลำเลียง ลูกรอกตัวที่ 2 ติดอยู่ด้านข้างโครง ทำหน้าที่นำลวดสลิงไปยังด้านข้างโครงเพื่อติดกับ น้ำหนักถ่วง เมื่อน้ำหนักถ่วงออกแรงดึงแผ่นลำเลียงเปล่าในขาขึ้น ทำให้ลูกรอกทั้ง 2 ลูกบีบตัวเข้าหากันโดยแรงดึงของลวดสลิง ทำให้เกิดการเสียศูนย์ของแผ่นลำเลียง

2. รางเก็บลูกตุ้มถ่วงน้ำหนัก สามารถใช้เป็นท่อลดแรงดัน เป็นรางแบบปิด เพื่อความปลอดภัยขณะที่ลูดตุ้มถ่วงน้ำหนักเคลื่อนที่ขึ้น-ลง อีกทั้งยังช่วยลดแรงกระแทกในการเคลื่อนที่ขณะลงจอดอีกด้วย

3. เปลี่ยนโครงสร้างของแผ่นลำเลียงวัสดุจากโครงไม้หน้าสามนิ้วเป็นโครงเหล็กที่มีน้ำหนักเบา เนื่องจากจากการทดสอบการเคลื่อนย้ายขึ้น-ลงไม่ถึง 100 ครั้ง โครงแผ่นลำเลียงดังกล่าวส่วนที่เป็นไม้ด้านล่างก็เกิดรอยร้าว และแตกออกในที่สุด

4. ระบบชะลอความเร็ว สามารถใช้กลไกแม่เหล็กขั้วเดียวกัน ติดไว้ที่โครงเหล็กและแผ่นลำเลียงวัสดุ เพื่อให้เกิดแรงผลักขณะแผ่นลำเลียงวัสดุกำลังเคลื่อนที่ลงจอด หรืออาจใช้กลไกสปริงที่ออกแบบลักษณะคล้ายโช้ค มาติดตั้งเอาไว้รองรับแผ่นลำเลียงด้านล่างได้

5. ใช้โครงจากเหล็กตัวซีที่มีความหนามากขึ้น หรือสามารถใช้โครงเหล็กดามช่วงกลางของโครง จากโครงสร้างดังกล่าวจะแก้ปัญหาเรื่องการทิ้งตัวช่วงกลางของโครงเหล็กได้ เพราะจากปัญหาการทิ้งตัวของเหล็กช่วงกลางของโครงเหล็กทำให้ลูกล้อวิ่งติดขัดขณะเคลื่อนที่ขึ้น-ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กิตติกรณ์ จันทรเสนา. (2563). Karakuri Kaizen อาวุธจากการพัฒนาคนแบบ TPM. เข้าถึงได้จาก https://leantpm.co/2019/02/20/karakuri-kaizen

จิรโรจน์ วิเชียนเพริศ และ ชัยพร คล้ายกมล. (2562). การพัฒนารอกยกเครื่องยนต์สำหรับการซ่อมเครื่องยนต์ส่วนหน้ารถ. วารสารวิชาการ T-VET Journal สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ, 132-141.

บจม.ที โอ เอ เพ้นท์ (ประเทศไทย). (2559). ส่วนแบ่งตลาดสีทาอาคาร. เข้าถึงได้จาก https://www.fnsyrus.com/uploads/research/210505TOA_Initial.pdf

บริษัท คชา (ไทยแลนด์) จำกัด. (2563). รอก เครื่องทุ่นแรงที่ควรรู้. เข้าถึงได้จาก https://www.kachathailand.com/articles

ณัฐวัตร แก้วบุญปัน วินัย เพ็งชื่นมะดัน ณัฐพงษ์ สายบุตร และวินัย โกสีย์. (2555). การกำจัดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตบริษัท Daikin Compressor Industries. ทีมปรับปรุงกระบวนการผลิต บริษัทไดกิ้น คอมเพรสเซอร์ ประเทศไทย

ณัฐนันท์ ถาวรกิจการ. (2561). การปรับปรุงระบบโลจิสติกส์ด้วยพาหนะลำเลียงวัสดุอัตโนมัติของสายการผลิต UC Injector Machine กรณีศึกษา: บริษัท สยาม เด็นโซ่ แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด. (โครงการสหกิจศึกษา). คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ภัทภูมิ ทิพย์ประเสริฐสิน. (2564). “คาราคุริ ไคเซ็น” ทางเลือกการปรับปรุงสายการผลิต. [เอกสารเผยแพร่]. ทีมระบบไซเบอร์-กายภาพ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ เนคเทช-สวทช

มาเจสติก โฮม. (ม.ป.ป). รางเลื่อนอลูมิเนียม. เข้าถึงได้จาก https://www.majestic-home.com/All-Product/ประตูและอุปกรณ์/อุปกรณ์ประตู/ชุดอุปกรณ์รางเลื่อน/YH280-3M.html

วารุณี ปืนฮวน, วงศ์พรรดิ์ บัณฑุกุล, จรัญญาวันแก้ว, & จินตวัฒน์ ไชยชนะวงศ์. (2555). การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของสายการผลิตคอยล์เย็น. TNI Journal of Engineering and Technology, 1(2), 5-9.

อภิชาติ ศรีชาติ. (2559). การขนถ่ายวัสดุ. [เอกสารประกอบการสอน] สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรราชธานี.

ออฟฟิศเมท. (ม.ป.ป). ชุดลูกล้อบานเลื่อน (บานแขวน) รุ่น 3012. เข้าถึงได้จาก https://www.officemate.co.th/th/giant-kingkong-giant-kingkong-ชุดลูกล้อบานเลื่อนแบบแขวน-รุ่น-3012สีเงิน---ขาว-mkp0331833

Andrist, S., Bugmann, G., Connell, J., Dufty, D., Grondin, F., Michaud, F., ... & Wolf, J. (2014). Robots that Talk and Listen: Technology and Social Impact. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

Anggrahini, D., Prasetyawan, Y., & Diartiwi, S. I. (2020). Increasing Production Efficiency Using Karakuri Principle (A Case Study in Small and Medium Enterprise). In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 852, No. 1, P. 012117). IOP Publishing.

Bock, T., Linner, T., Güttler, J., & Iturralde, K. (2019). Ambient Integrated Robotics: Automation and Robotic Technologies for Maintenance, Assistance, and Service (Vol. 5). Cambridge University Press.

Ceccarelli, M. (2004). International Symposium on History of Machines and Mechanisms. Berlin: Springer. 177-181

Dewi, D., & Pramono, A. E. (2019). Rancang Bangun Karakuri Mixing dan Material Handling pada Proses Pembuatan Cetakan Inti Water Jacket. In Seminar Nasional Teknik Mesin 2021 (Vol. 9, No. 1, pp. 751-760).

Katayama, H., Sawa, K., Hwang, R., Ishiwatari, N., & Hayashi, N. (2014, July). Analysis and Classification of Karakuri Technologies for Reinforcement of Their Visibility, Improvement and Transferability: An Attempt for Enhancing Lean Management. In Proceedings of PICMET'14 Conference: Portland International Center for Management of Engineering and Technology; Infrastructure and Service Integration (Pp. 1895-1906). IEEE.

Kit, B. W., Olugu, E. U., & Binti Zulkoffli, Z. (2018). Redesigning Of Lamp Production Assembly Line. In Proceedings of The International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Bandung (Pp. 3439-3457).

Hattori, H. (1797). Karakuri-zui, National Diet Library Collection Reprinted Edition: Kinmou–zui–syuusei 23, Ohzara–sya, Tokyo, 2000. 170

Hornyak, T. N. (2006). Loving The Machine: The Art and Science of Japanese Robots (Pp. 58-59). Tokyo: Kodansha International.

Markowitz, J. A. (Ed.). (2015). Robots That Talk and Listen: Technology and Social Impact. Berlin: De Gruyter.

Mašín, I., & Riegr, T. (2016). Dynamic Characteristics of The Karakuri Transport Trolley.

Meyers, F. E., & Stephens, M. P. (2005). Manufacturing Facilities Design and Material Handling. Pearson Education.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mostori Automation Co., Ltd. (2020). Karakuri Kaizen การปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง, สืบค้นเมื่อ 14 พฤษภาคม 2565. เข้าถึงได้จาก https://www.mostori.com/blog_detail.php?b_id=91

OCP PAINT CO., LTD (2552). Company Profile, สืบค้นเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2564. เข้าถึงได้จาก http://www.ocp.co.th/newweb/index.php/about-us/

Porteiro Paraponiaris, Y., & Mateos Rodríguez, A. (2019). Product Development of Material Supply: Implementation of Karakuri Kaizen.

Prasetyawan, Y., Agustin, A. A., & Anggrahini, D. (2020). Simple Automation for Pinneaple Processing Combining with Karakuri Design. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 852, No. 1, P. 012102). IOP Publishing.

Raaz, M. N. N., & Aman. (2018) A. Study on 7 Wastes of Lean in Garments Manufacturing.

Rani, D., Saravanan, A. K., Agrewale, M. R., & Ashok, B. (2015). Implementation Of Karakuri Kaizen in Material Handling Unit (No. 2015-26-0074). SAE Technical Paper.

Saka, K. (2010). Karakuri: How to Make Mechanical Paper Models that Move. Macmillan.

Shamsudin, E., Darus, S. A. A. Z. M., Shah, P. S. A., Behrang, P., bin Raja, M. R. M. H., &

Abidin,Z. (2019). Implement Karakuri as a Material Handling in Production Sealer Line. E-Proceeding of Greentech '19, 66.

SJ screwthai. (ส.ป.ป). ลวดสลิงไส้เชือก ไส้เหล็ก. เข้าถึงได้จาก https://www.screwthai.co.th/s/สินค้าและบริการ/ลวดสลิงไส้เชือก-ไส้เหล็/

Stiefkens, C. F. (2021). Low-Cost Logistics Solutions. Lean Management Solutions for Contemporary Manufacturing Operations, 69.

Tangl, A., & Vajna, I. (2014). The Results of Lean Productivity Development Combined with Karakuri Kaizen Method. In Icom 2018 8Th International Conference on Management (P. 614).

The Build Club. (2021). Prime Whitewood Stud. Retrieved from https://www.buildclub.com/product/bc0_423639887

Tianjin Jinnuo Steel. (n.d.). steel plate s460. Retrieved from https://thai.alibaba.com/product-detail/s420-steel-plate-s460-steel-plate-60162353331.html

Toyota Motor Thailand CO., LTD. (2021). Karakuri Kaizen, สืบค้นเมื่อ 16 มีนาคม 2565. เข้าถึงจาก https://www.mostori.com/blog_detail.php?b_id=91

Tsukada, T. (1960). Wadokei, Toho-syoin, Tokyo in Japanese. 123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

หลังจากสอบถามความคิดเห็นจากพนักงานฝ่ายผลิตจำนวน 2 คน ถึงปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไขในจุดการเคลื่อนย้ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ทั้งหมด 7 จุดการเคลื่อนย้าย สามารถสรุปปัญหาที่ควรได้รับการเคลื่อนย้ายเร่งด่วนได้ ดังตารางที่ 3.3 จุดที่ควรได้รับการแก้ไขเร่งด่วนลำดับที่ 1 คือ จุดการเคลื่อนย้ายสารปรับแต่งคุณสมบัติสี จุดที่ควรได้รับการแก้ไขในลำดับที่ 2 คือ จุดการเคลื่อนย้ายกาว ที่เคลื่อนย้ายจากพื้นที่เก็บวัตถุดิบพื้นฐาน และลำดับที่ 3 คือ จุดการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์จากพื้นที่การผลิตไปยังห้องเก็บผลิตภัณฑ์

ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ทำการศึกษาสภาพปัจจุบัน ในจุดการเคลื่อนย้ายในลำดับที่ 2 และ 3 พบว่าสภาพการเคลื่อนย้ายในปัจจุบัน มีดังนี้

<u>สภาพการเคลื่อนย้ายกาวในปัจจุบัน (ลูกศร B)</u>

การเคลื่อนย้ายถังบรรจุกาวขนาด 15 ลิตร จำนวน 3 ถัง จากพื้นที่เก็บวัสดุพื้นฐานมาพื้นที่ผลิต มีการขนย้ายในลักษณะเดียวกันกับการเคลื่อนย้ายน้ำเปล่า โดยพนักงานจะใช้มือทั้ง 2 ข้างยกถังบรรจุกาวขึ้น และเคลื่อนย้ายไปยังถังปั่นสีในพื้นที่การผลิต ดังรูปที่ 3.4 จะเห็นได้ว่ากาวมีน้ำหนักมาก ต่อการเคลื่อนย้าย 1 รอบ พนักงานจะต้องยกกาวน้ำหนักถึง 30 กิโลกรัม เมื่อไปถึงเครื่องปั่นพนักงานจะต้องเทถังกาวลงในถังปั่นสี เนื่องจากถังปั่นมีปากถึงสูงจากพื้นถึง 115 เซนติเมตร พนักงานจึงต้องใช้ความพยายามมากที่จะยกถังกาวขึ้นให้มีความสูงเท่ากับปากถังสีและเทกาวลงในถังเครื่องปั่น รายละเอียดการเคลื่อนย้ายแสดงดังตารางที่ 3.2

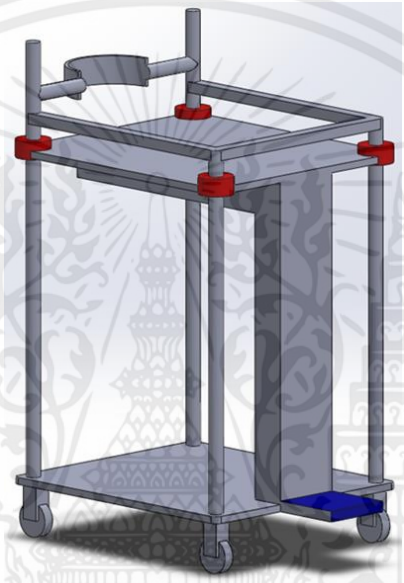
<u>สภาพการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์เมต้าบอนด์โค๊ทในปัจจุบัน (ลูกศร G)</u>

การเคลื่อนย้ายสินค้าไปเก็บยังห้องเก็บสินค้า หลักจากพนักงานทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงถังเสร็จสิ้น พนักงานจะใช้มือทั้ง 2 ข้างยกถังบรรจุสีขนาด 10 ลิตร จากพื้นที่บรรจุสินค้าไปเก็บยังห้องเก็บผลิตภัณฑ์ จนกว่าถังผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในรอบนั้น ๆ จะหมด ซึ่งใน 1 รอบการผลิต อาจผลิตได้มากถึง 20 ถัง ดังนั้น พนักงานจึงต้องเดินขนย้ายถังสีมากถึง 10 รอบ ซึ่งนับว่าเป็นความสูญเปล่าที่มาก จากการสอบถามพนักงานด้านอุปกรณ์การเคลื่อนย้ายวัสดุภายในโรงงาน พบว่าในโรงงานมีรถเข็นให้ใช้ แต่เนื่องจากพื้นที่การผลิตมีเครื่องจักร และวัสดุที่เกี่ยวข้องในการผลิตวางอยู่เต็มพื้นที่ พื้นที่ในการจัดเก็บรถเข็นหรืออุปกรณ์เคลื่อนย้ายจึงจำเป็นที่จะต้องอยู่นอกพื้นที่การผลิต ในการหยิบใช้งานจึงต้องเดินออกจากพื้นที่การผลิตเพื่อไปหยิบรถเข็นมาใช้ในการขนย้ายและเมื่อใช้งานเสร็จสิ้นต้องเดินเอาไปเก็บยังพื้นที่เก็บอุปกรณ์เคลื่อนย้าย ซึ่งไม่สะดวกต่อการใช้งานของพนักงาน มีท่าทางการเคลื่อนย้าย ดังรูปที่ 3.9 และมีรายละเอียดการเคลื่อนย้ายแสดงดังตาราง 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาสภาพการเคลื่อนย้ายดังกล่าว จึงได้ศึกษากลไกพื้นฐานคาราคุริ ไคเซ็น เพื่อหาแนวทางในการออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุและกลไกที่เหมาะสม กลไกพื้นฐานที่นำมาใช้สร้างกลไกอัตโนมัติต้นทุนต่ำ มี 9 กลไกพื้นฐาน จากการศึกษาปัญหาทั้ง 2 จุดการเคลื่อนย้าย พบว่า

จุดการเคลื่อนย้ายกาว กลไกที่เหมาะสมใช้สร้างอุปกรณ์เคลื่อนย้ายคือ คาน กลไกนี้เหมาะสมในการช่วยพนักงานขณะเทกาวลงถังเครื่องปั่น อุปกรณ์เคลื่อนย้ายกาวจะมีกลไกการทำงาน 2 อย่าง คือ กลไกการช่วยเทกาวแก่พนักงาน และกลไกการปรับระดับการวางถังกาวเพื่อให้ง่ายต่อการตักกาวใส่ถังแก่พนักงาน แนวทางการออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุของจุดการเคลื่อนย้ายกาวแสดงดังรูปที่ ผ1



รูปที่ ผ1 แนวคิดการออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายกาว

<u>ขั้นตอนการทำงานของรถเข็น</u>

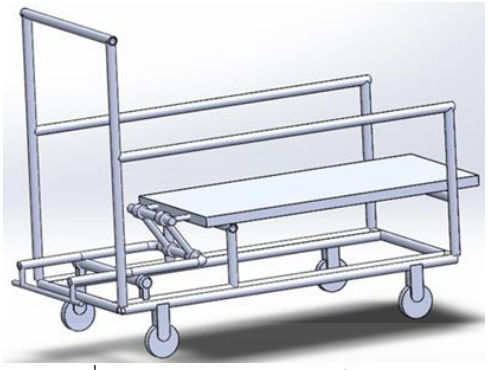
1. พนักงานเหยียบส่วนที่สีน้ำเงินของรถเข็น เพื่อปรับระดับความสูงของชั้นวางให้สูงในระดับที่เหมาะสมกับการตวงกาวจากถังกาวใหญ่มายังถังกาว 15 ลิตร พร้อมวางถังกาวทั้ง 3 ถังจากนั้นตวงกาวขนาด 15 ลิตร ใส่ในถังกาวบนรถเข็นจนเสร็จเรียบร้อย

2. พนักงานเข็นรถเข็นจากจุดเก็บวัสดุพื้นฐานมายังเครื่องปั่นใหญ่ในบริเวณพื้นที่การผลิต

3. พนักงานปรับระดับชั้นวางรถเข็น โดยใช้เท้าเหยียบให้อยู่ในระดับที่สูงเท่ากับปากถังเครื่องปั่น และดันถังเข้าไปในช่องเทของรถเข็นและออกแรงเทถังกาวลงในถังปั่น จนครบทั้ง 3 ถัง

จุดการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ กลไกที่เหมาะสมใช้สร้างอุปกรณ์เคลื่อนย้ายคือ คาน กลไกนี้เหมาะสมในการช่วยพนักงานขณะเทถังสีลงไปยังชั้นวาง เพื่อลดกระบวนการการยกลงจากรถเข็น มีแนวทางการออกแบบดังรูปที่ ผ2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ2 การออกแบบรถเข็นช่วยเท

ขั้นตอนการทำงานของรถเข็นช่วยเท

1. หลังจากพนักงานบรรจุสีลงในถังผลิตภัณฑ์เสร็จแล้วนำถังสีมาวางไว้บนรถเข็น และเข็นไปยังพื้นที่เก็บผลิตภัณฑ์

2. เหยียบบริเวณคานที่ยืนออกมาจากตัวรถเข็น ชั้นวางของรถเข็นที่มีถังสีวางอยู่จะไถลลงไปยังชั้นวางที่จัดเก็บผลิตภัณฑ์โดยไม่ต้องออกแรงยกถังผลิตภัณฑ์ออกจากรถเข็น

และเพื่อแก้ปัญหาในการจัดเก็บอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุที่สามารถจัดเก็บได้ในพื้นที่การผลิต ผู้จัดทำมีแนวทางในการออกแบบ ดังรูปที่ ผ3

รูปที่ ผ3 การออกแบบรถเข็นพับเก็บได้

ขั้นตอนการทำงานของรถเข็นพับเก็บได้

เมื่อพนักงานใช้รถเข็นเสร็จแล้ว พนักงานสามารถพับส่วนที่เป็นชั้นวางของรถเข็นขึ้นและสอดเก็บเข้าไปกับเสาใดเสาหนึ่งที่อยู่ในบริเวณพื้นที่การผลิต รถเข็นนี้มีข้อดีในการจัดเก็บ ง่ายต่อการหยิบใช้งาน สามารถแก้ปัญหาการจัดเก็บนอกพื้นที่การผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้