การออกแบบและสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท
DESIGN AND BUILD PALLET CHANGER

ณัฐภัทร บุญยศ

ภารุณ ฉรรยาอนุรักษ์

สุรินทร์ ด่านรุ่งโรจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การออกแบบและสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

DESIGN AND BUILD PALLET CHANGER

นายณัฐภัทร บุญยศ
นายการุณ จรรยาอนุรักษ์
นายสุรวิชญ์ ด่านรุ่งโรจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND BUILD PALLET CHANGER

NATTHAPAT BOONYOT
KARUN CHANYA-ANURAK
SURAWIT DANRUNGROT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท
DESIGN AND BUILD PALLET CHANGER

ผู้จัดทำ

1. นายณัฐภัทร บุญยศ รหัสประจำตัว 53010502
2. นายการุณ จรรยาอนุรักษ์ รหัสประจำตัว 53010545
3. นายสุรวิชญ์ ด่านรุ่งโรจน์ รหัสประจำตัว 53011780

อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

นายณัฐภัทร	บุญยศ	53010502
นายการุณ	จรรยาอนุรักษ์	53010545
นายสุรวิชญ์	ด่านรุ่งโรจน์	53011780
รศ.ดร.จำลอง	ปราบแก้ว	อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้นำเสนอการออกแบบและจัดสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทสำหรับเปลี่ยนพาเลทที่รองรับสินค้าในกระบวนการผลิตเป็นพาเลทชนิดฆ่าเชื้อเพื่อรองรับสินค้าที่จะส่งไปยังต่างประเทศ เนื่องจากบางประเทศกำหนดให้ใช้พาเลทชนิดฆ่าเชื้อรองรับสินค้าที่จะนำเข้าไปจำหน่ายในประเทศนั้นๆ การออกแบบจะใช้หลักการออกแบบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ประกอบตามหลักการออกแบบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ทางวิศวกรรมเครื่องกล การศึกษาเริ่มจากศึกษาข้อมูลของเครื่องที่มีใช้อยู่ทั้งในและต่างประเทศ จากนั้นได้ทำการออกแบบและเขียนแบบชิ้นส่วนประกอบแล้วจึงทำการผลิตชิ้นส่วนและจัดซื้ออุปกรณ์ประกอบเป็นเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทตามที่ได้ออกแบบไว้ แล้วจึงได้ทำการทดสอบสมรรถนะโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมองศาที่ใช้ในการยกเทียบกับกำลังและแรงบิดที่ใช้เพื่อเป็นข้อมูลในการหาขนาดของชุดเกียร์ทด เพลา แบริ่ง และมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ที่ใช้เป็นต้นกำลัง นอกจากนี้ยังได้ใช้โปรแกรม SOLIDWORKS ทำการวิเคราะห์หาค่าความแข็งแรงของโครงสร้างและเพลาขับที่ใช้เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and Build Pallet Changer

Natthapat Boonyot 53010502
Karun Chanya-anurak 53010545
Surawit Danrungrot 53011780
Assc. Prof. Dr. Jamlong Prabkeaw
Advisor

ABSTRACT

This project represent the designing and building process of a Pallet Changer to change the wooden pallet the cargo is placed on into a sterilized pallet, Because in some country imported goods must use a sterilized pallet in order to distributed into that country. The designing process of component and tools used will base on Mechanical Engineering Component Design. The research start with comparing the specification of Pallet Changer in the market both the one sold in country and the imported one, after researching begin the designing of machine structure and component used. Then test the machine capacity by define the relation between Torque in the shaft and power needed to operates at each height of the operation, these information will determine the power of the electric motor used as power unit, gearbox size, shaft size, bearing used. In addition the parts are analyzes by SOLIDWORKS to choose the appropriate parts design.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากหลายๆฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาในการแนะนำตรวจแก้ไข ให้ข้อเสนอแนะ ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินโครงการ กลุ่มผู้จัดทำโครงการรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ การสนับสนุนงบประมาณสำหรับการจัดสร้างโครงการนี้ จากบริษัทยูนิลิเวอร์ จำกัด ที่ให้การอนุเคราะห์

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมเครื่องกลที่เอื้อเฟื้อให้ยืมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการจัดทำโครงการในครั้งนี้ นอกจากนี้ผู้จัดทำยังได้รับการช่วยเหลือและกำลังใจจากคุณพ่อคุณแม่พี่น้องและเพื่อนๆตลอดจนบุคคลต่างๆที่ให้ความช่วยเหลืออีกมาก ที่ผู้จัดทำไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณและขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

นายณัฐภัทร บุญยศ
นายการุณ จรรยาอนุรักษ์
นายสุรวิชญ์ ด่านรุ่งโรจน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง V
รายการคำย่อและสัญลักษณ์ VI
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 เหตุผลและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 การออกแบบเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท 3
2.1 ขั้นตอนการออกแบบ 4
2.2 หลักการและทฤษฎี 4
2.2.1 หลักการและทฤษฎีของมอเตอร์ 4
2.2.2 หลักการและทฤษฎีของชุดเฟืองทด 5
2.2.3 หลักการและทฤษฎีของระบบควบคุม 6
2.3 ส่วนประกอบของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท 7
2.4 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท 9
2.5 การออกแบบและการคำนวณหาขนาดชิ้นส่วน 10
2.5.1 การออกแบบโครงสร้าง 10
2.5.2 การคำนวณหาขนาดชุดเฟืองทด 10
2.5.3 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์ 13
2.5.4 การคำนวณหาขนาดเพลา 14
บทที่ 3 การออกแบบหาขนาดชิ้นส่วนด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 19
3.1 ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์ 19
3.1.1 พื้นฐานในการทำแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ 20
3.1.2 ข้อดีของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 20
3.1.3 ข้อเสียของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

3.2 ขั้นตอนของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 21
3.2.1 การเตรียมแบบจำลอง (Preprocessing phase) 21
3.2.2 การหาคำตอบ (Solution phase) 21
3.2.3 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Postprocessing phase) 21
3.3 การใช้โปรแกรมคำนวณขนาดเพลา 22
3.3.1 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลองเพลา 22
3.3.2 ผลจากการจำลอง 23
3.3.3 ผลการคำนวณเพลาด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข 27
3.4 การใช้โปรแกรมคำนวณขนาดประตู 27
3.4.1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ 27
3.4.2 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลองประตู 27
3.4.3 ผลการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 31
3.5 การใช้โปรแกรมคำนวณขนาดโครงสร้าง 32
3.5.1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ 32
3.5.2 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลองส่วนโครงสร้าง 32
3.5.3 ผลการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข 34
บทที่ 4 การทดสอบการใช้งาน 35
4.1 การทดสอบการเปลี่ยนพาเลท 35
บทที่ 5 สรุป 36
บรรณานุกรม 37
ภาคผนวก 38
ก. แบบเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท 39
ข. คู่มือการใช้งาน 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 2.1 แผนการทำงาน 3

ตารางที่ 2.2 การเลือกขนาดชุดเฟืองทด 12

ตารางที่ 2.3 Service factor (f1) 13

ตารางที่ 2.4 Factor for prime mover (f2) 13

ตารางที่ 2.5 Safety factor (f3) 13

ตารางที่ 2.6 Start factor (f4) 14

ตารางที่ 2.7 คู่มือเลือกขนาดมอเตอร์ 15

ตารางที่ 2.8 คุณสมบัติของเหล็ก AISI 1045 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้าที่

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟสแบบอินดักชัน 4
รูปที่ 2.2 โรเตอร์แบบกรงกระรอก 4
รูปที่ 2.3 สเตเตอร์ของอินดักชั่นมอเตอร์ 4
รูปที่ 2.4 ชุดเฟืองทด 5
รูปที่ 2.5 วงจร Magnetic contactor 6
รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท 7
รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทแบบแยกชิ้น 8
รูปที่ 2.8 การนำสินค้าเข้าสู่เครื่องจักร 9
รูปที่ 2.9 กดสวิตช์ เพื่อให้เครื่องจักรเริ่มทำงาน 9
รูปที่ 2.10 เปิดประตูนำพาเลทออก 9
รูปที่ 2.11 เปลี่ยนพาเลท 9
รูปที่ 2.12 กดสวิตช์ และนำสินค้าออก 10
รูปที่ 2.13 โมเมนต์ดัดและแรงเฉือน 17
รูปที่ 2.14 โมเมนต์ดัดและแรงเฉือนที่กระทำต่อเอลิเมนต์ 17
รูปที่ 3.1 รูปร่าง Mesh, Element และ Node 19
รูปที่ 3.2 การทำแบบจำลองระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 20
รูปที่ 3.3 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลองเพลา 22
รูปที่ 3.4 ความเค้นของเพลาขนาด 51.6 มม. 23
รูปที่ 3.5 ความเค้นของเพลาขนาด 63.5 มม. 23
รูปที่ 3.6 ความเค้นของเพลาขนาด 70 มม. 24
รูปที่ 3.7 ความเค้นของเพลาขนาด 80 มม. 24
รูปที่ 3.8 ค่าความปลอดภัยของเพลาขนาด 51.6 มม. 25
รูปที่ 3.9 ค่าความปลอดภัยของเพลาขนาด 63.5 มม. 25
รูปที่ 3.10 ค่าความปลอดภัยของเพลาขนาด 70 มม. 26
รูปที่ 3.11 ค่าความปลอดภัยของเพลาขนาด 80 มม. 26
รูปที่ 3.12 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลองประตู 28
รูปที่ 3.13 ค่าความเค้นของประตูแบบที่ 1 28
รูปที่ 3.14 ค่าความเค้นของประตูแบบที่ 2 29
รูปที่ 3.15 ค่าความเค้นของประตูแบบที่ 3 29
รูปที่ 3.16 ค่าความปลอดภัยของประตูแบบที่ 1 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3.17 ค่าความปลอดภัยของประตูแบบที่ 2 30
รูปที่ 3.18 ค่าความปลอดภัยของประตูแบบที่ 3 31
รูปที่ 3.19 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลองโครงสร้าง 32
รูปที่ 3.20 ความเค้นของโครงสร้าง 33
รูปที่ 3.21 ค่าความปลอดภัยของโครงสร้าง 33
รูปที่ 4.1 การติดตั้งเครื่องที่บริษัทยูนิลิเวอร์ 35
รูปที่ ก.1 แบบโครงสร้าง 39
รูปที่ ก.2 แบบฝาข้าง 40
รูปที่ ก.3 แบบฐาน 41
รูปที่ ก.4 แบบประตู 41
รูปที่ ก.5 แบบที่จับเพลา 42
รูปที่ ก.6 แบบฝาผิดบน 42
รูปที่ ก.7 แบบพาเลท 43
รูปที่ ข.1 กล่องควบคุม 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการคำย่อและสัญลักษณ์

T_L	ทอร์คของโหลด (Nm)
P	กำลังมอเตอร์ (Watt)
P_N	กำลังขับ (Watt)
Θ	มุมบิด
D	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
J	โมเมนต์เฉื่อย
τ_{allow}	ความเค้นเฉือน
R	ระยะจากเพลาถึงจุดศูนย์กลางมวลของสินค้า (m)
G	ค่าโมดูลัสของแรงเฉือน
T_M	ทอร์คของมอเตอร์ (Nm)
ω	ความเร็วเชิงมุม (rad/sec)
F	แรง (N)
c	รัศมีของเพลา
L	ความยาวของเพลา
σ_γ	แรงต้านการดึง
M	มวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 เหตุผลและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศผลิตสินค้าและส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศมากขึ้น ในการขนส่งสินค้าส่วนใหญ่มักจะใช้พาเลทเป็นตัวรองรับสินค้าที่จะขนย้ายเข้าไปในตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อนำส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศโดยทางเรือ ซึ่งมีบางประเทศที่กำหนดให้ใช้พาเลทที่รองรับสินค้าเป็นพาเลทที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อโรคแล้ว โดยปกติการเปลี่ยนถ่ายสินค้าจากพาเลทที่ใช้ในกระบวนการผลิตไปยังพาเลทตัวใหม่ที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อโรคแล้วนั้นจะใช้แรงงานคนยกสินค้าจากพาเลทหนึ่งย้ายไปยังอีกพาเลทหนึ่ง ซึ่งจะทำให้เสียเวลาและสิ้นเปลืองค่าแรงงานมาก บริษัทดีเคเอสเอส (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจจัดส่งสินประเภทไอศกรีมวอลล์ที่ผลิตโดยบริษัท ยูนิลีเวอร์ประเทศไทยจำกัด ไปยังต่างประเทศ จึงได้ขอให้ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ออกแบบสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทขึ้นมา จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากทั้งในและต่างประเทศพบว่าไม่มีบริษัทใดผลิตเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทภายในประเทศ แต่มีการนำเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่ผลิตจากต่างประเทศเข้ามาใช้ในประเทศจำนวนมาก (www.paynepalletinverters.co.uk) เครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศจะมีกลไกซับซ้อนควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติโดยใช้รีโมตควบคุมระยะไกล เมื่อชำรุดเสียหายต้องใช้ช่างเทคนิคที่มีความชำนาญในการซ่อมบำรุง ราคาเครื่องประมาณ 800,000- 1,000,000 บาท และไม่สามารถนำไปใช้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ – 25°C ได้ โครงงานนี้จึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทแบบกึ่งอัตโนมัติที่สามารถใช้ในห้องเย็นได้และการใช้งานที่ไม่ซับซ้อนมากนักโดยใช้แรงงานคนเพียง 1-2 คน ก็สามารถปฏิบัติงานได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ออกแบบและสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

1.2.2 วิเคราะห์การเสียรูปของชิ้นส่วนโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ทำการศึกษาการทำงานของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่มีอยู่ในท้องตลาด

1.3.2 ออกแบบและจัดสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท ที่สามารถทำงานในห้องเย็น

1.3.3 เครื่องจะต้องรับสินค้าได้ขนาดสูงสุดที่ ฐาน 100x120 ซม. สูง 200 ซม. รับน้ำหนักได้ 1 ตัน

1.3.4 ใช้ระเบียบวิธี Finite element เพื่อมาวิเคราะห์โครงสร้าง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่มีราคาไม่สูงมากนัก และสามารถใช้งานได้จริง

1.4.2 เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำ

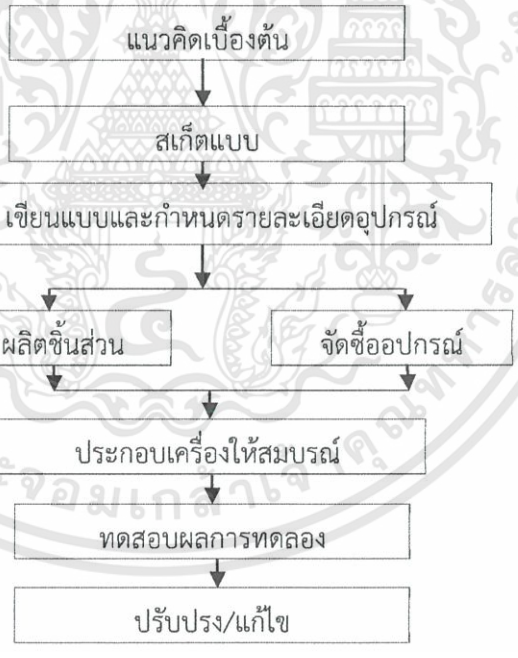
1.4.3 ความรู้ความเข้าใจในการออกแบบเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การออกแบบเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

2.1 ขั้นตอนการออกแบบ

ศึกษาข้อมูลเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่มีจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ แล้วจึงออกแบบเครื่องตามข้อกำหนดการใช้งานที่กำหนดให้เครื่องสามารถใช้เปลี่ยนถ่ายสินค้าที่วางอยู่บนพาเลทที่มีขนาดรวม 100 x 120 X175 ซม. และรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 1 ตัน การควบคุมการทำงานของตัวเครื่องแบบกึ่งอัตโนมัติ และสามารถใช้งานในห้องเย็นที่อุณหภูมิ– 25°C จากนั้นก็จะเขียนแบบภาพประกอบและภาพแยกชิ้นส่วนของเครื่อง พร้อมทั้งคำนวณหาขนาดชิ้นส่วนและอุปกรณ์ประกอบเครื่องตามหลักการออกแบบทางวิศวกรรมเครื่องกล โดยมีการวิเคราะห์หาขนาดของชิ้นโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้วย แล้วจึงผลิตชิ้นส่วนและจัดซื้ออุปกรณ์มาประกอบสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทขึ้นแล้วทดสอบการใช้งานเบื้องต้นที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล แล้วจึงนำไปติดตั้งใช้งานจริงที่คลังสินค้าของบริษัท ยูนิลีเวอร์ ประเทศไทยจำกัด ในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังโดยมีขั้นตอนการออกแบบโดยแสดงในรูปที่ 2.1



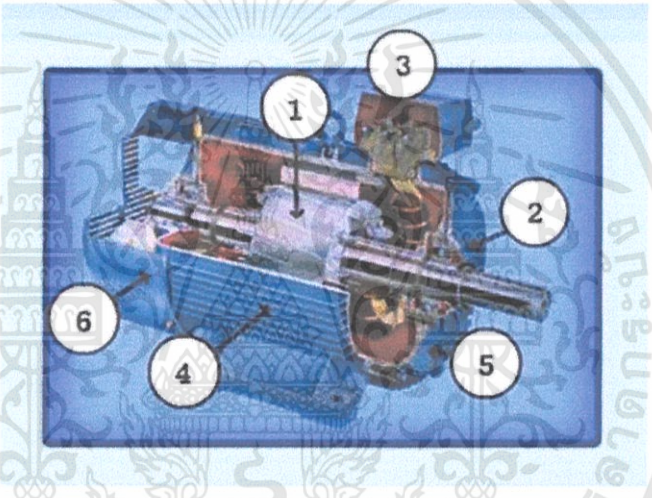
รูปที่ 2.1 แผนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการและทฤษฎี

2.2.1 หลักการและทฤษฎีของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชั่น (3 Phase Induction Motor) มอเตอร์ไฟสลับ 3 ที่มีคุณสมบัติที่ดี คือมีความเร็วรอบคงที่เนื่องจากความเร็วรอบอินดักชั่นมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความถี่ (Frequency) ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ มีราคาถูก โครงสร้างไม่ซับซ้อน สะดวกในการบำรุงรักษาเพราะไม่มีคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมความเร็วแบบอินเวอร์เตอร์ (Invertor) สามารถควบคุมความเร็ว (Speed) ได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึงความเร็วตามพิกัดของมอเตอร์ นิยมใช้กันมาก เป็นต้น กำลังในโรงงานอุตสาหกรรม ขับเคลื่อนลิฟท์ ขับเคลื่อนสายพานลำเลียง ขับเคลื่อนเครื่องจักรไฟฟ้า เช่น เครื่องไส เครื่องกลึง

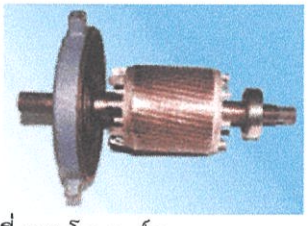


รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟสแบบอินดักชัน
(1) โรเตอร์(2)ขดลวดสนามแม่เหล็ก(3)ขั้วต่อสาย(4)โครงมอเตอร์(5)ฝาครอบหัว(6) ฝาครอบท้าย

มอเตอร์อินดักชั่นมี 2 แบบ แบ่งตามลักษณะตัวหมุน คือ

ก) อินดักชั่นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel Cage Induction Motor)

อินดักชั่นมอเตอร์แบบนี้ ตัวโรเตอร์จะมีโครงสร้างแบบกรงกระรอกเหมือนกับโรเตอร์ของสปลิทเฟสมอเตอร์



รูปที่ 2.2 โรเตอร์แบบกรงกระรอก

รูปที่ 2.3 สเตเตอร์ของอินดักชั่นมอเตอร์

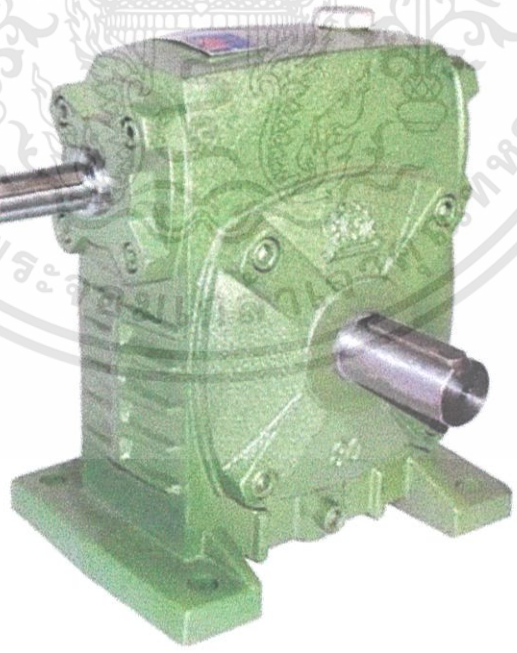
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) อินดักชั่นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบขดลวด (Wound Rotor Induction Motors)

อินดักชั่นมอเตอร์ชนิดนี้ตัวโรเตอร์จะทำจากเหล็กแผ่นบาง ๆ อัดซ้อนกันเป็นตัวทุ่นคล้าย ๆอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีร่องสำหรับวางขดลวดของตัวโรเตอร์เป็นขดลวด 3 ชุด สำหรับสร้างขั้วแม่เหล็ก 3 เฟส เช่นกันปลายของขดลวดทั้ง 3 ชุดต่อกับสปริง (Slip Ring) จำนวน 3 อันสำหรับเป็นทางให้กระแสไฟฟ้าครบวงจรทั้ง 3 เฟสการทำงานของอินดักชั่นมอเตอร์ เมื่อจ่ายไฟฟ้าสลับ 3 เฟสให้ที่ขดลวดทั้ง 3 ของตัวสเตเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนรอบ ๆ ตัวสเตเตอร์ ทำให้ตัวหมุน(โรเตอร์) ได้รับการเหนี่ยวนำทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่ตัวโรเตอร์ และขั้วแม่เหล็กนี้ จะพยายามดึงดูดกับสนามแม่เหล็กที่หมุนอยู่รอบ ๆ ทำให้มอเตอร์ของอินดักชั่นมอเตอร์หมุนไปได้ ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนที่ตัวสเตเตอร์นี้จะคงที่ตามความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้นโรเตอร์ของอินดักชั่น ของมอเตอร์จึงหมุนตามสนามหมุนดังกล่าวไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน

2.2.2 หลักการและทฤษฎีของชุดเฟืองทด

ชุดเฟืองทด (Gearbox) มีหลักการทำงานโดยเป็นกลไกทางกลที่ทำหน้าที่ส่งถ่ายกำลัง แรง การเคลื่อนที่จากอุปกรณ์ต้นกำลัง เช่น เครื่องยนต์ เทอร์ไบน์ มอเตอร์ ไปยังอุปกรณ์อื่น เช่น ล้อรถยนต์ เครื่องปั่นไฟ พูลเล่ย์ระบบสายพาน ปั๊มขนาดใหญ่ เป็นต้น ซึ่งการส่งกำลังด้วยชุดเฟืองทดจะให้ประสิทธิภาพสูง มีความเที่ยงตรง และมีความทนทานต่อการใช้งาน แต่ในขณะเดียวกันราคาก็จะสูงตามไปด้วย

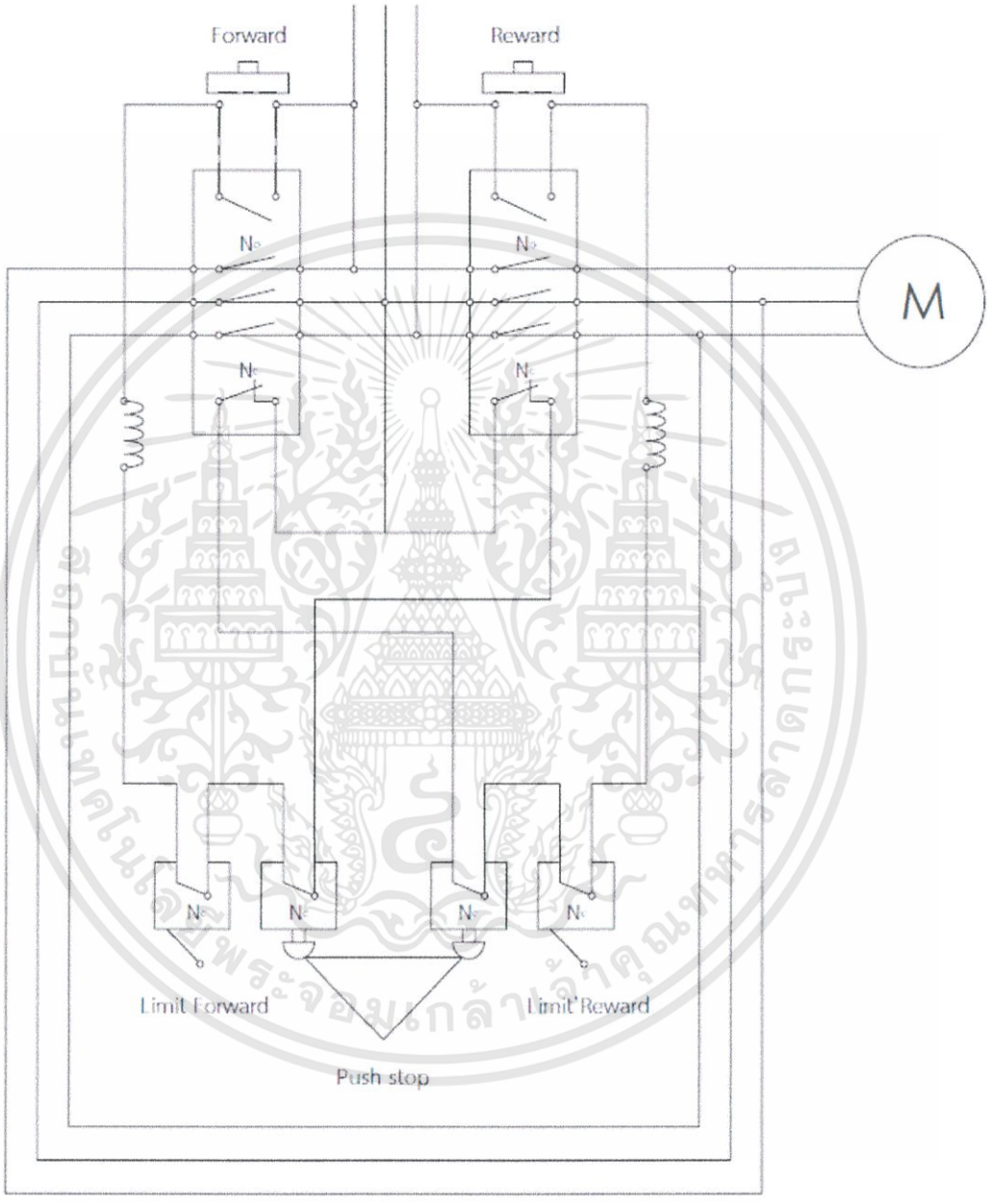


รูปที่ 2.4 ชุดเฟืองทด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 หลักการและทฤษฎีของระบบควบคุม

ในการควบคุมระบบสวิตช์ เปิด-ปิด นั้นเราใช้วงจร Magnetic contactor เป็นตัวควบคุม โดยมีรูปวงจรดังรูปที่ 2.5

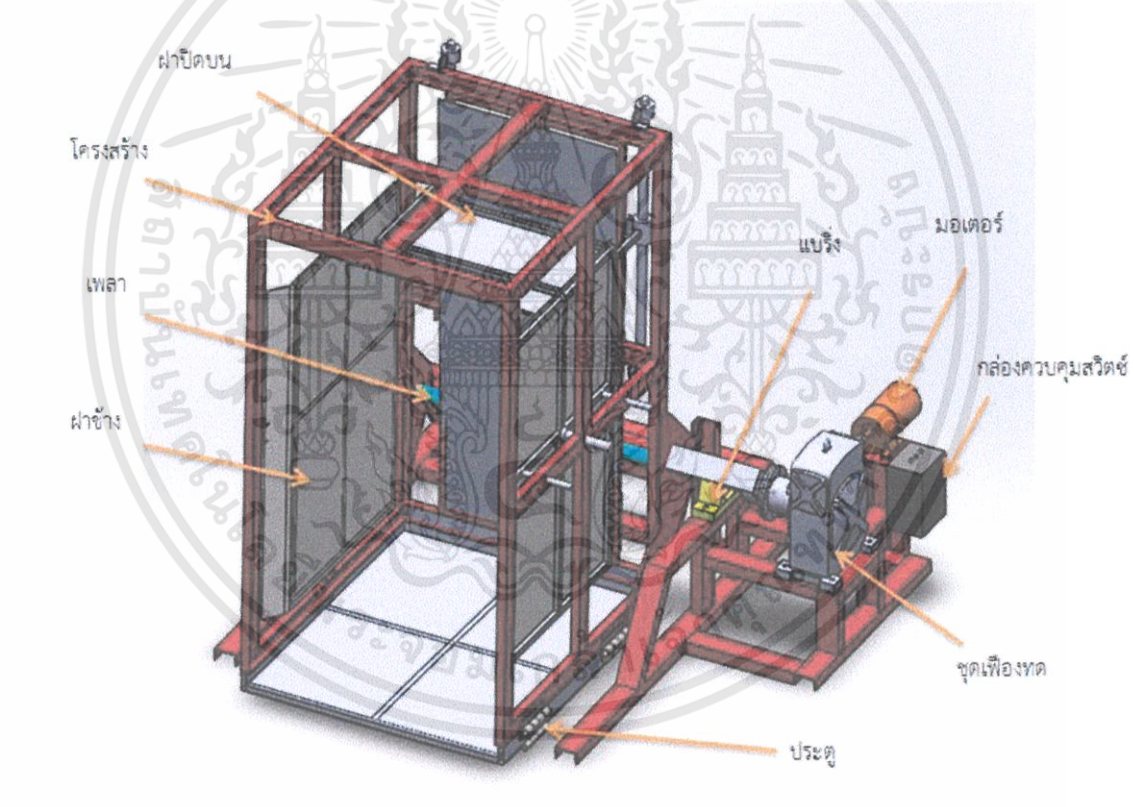


รูปที่ 2.5 วงจร Magnetic contactor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

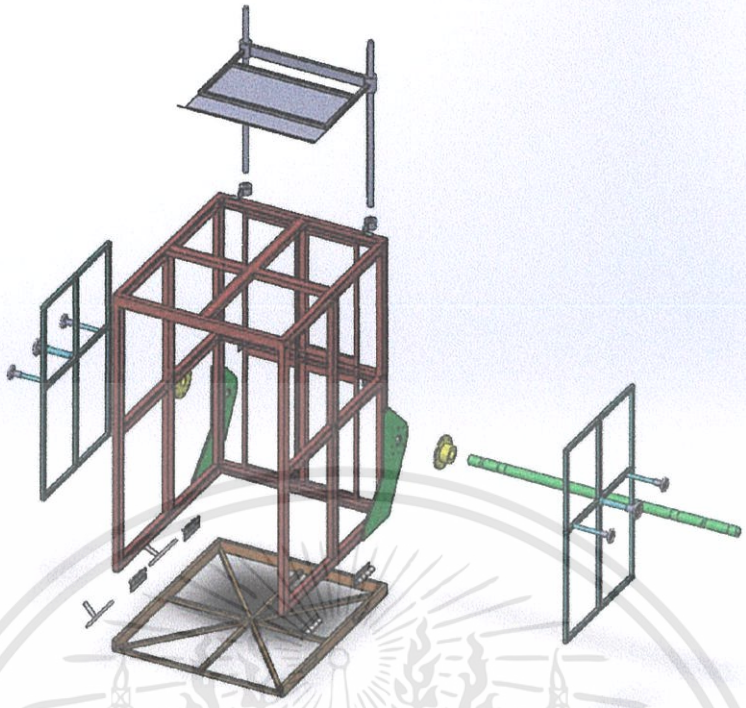
2.3 ส่วนประกอบของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่ได้ออกแบบขึ้น จะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนสำคัญดังแสดงในรูปที่ 2.6 โดยจะประกอบไปด้วย เฟรมที่มีขนาดสูง 2 m และฐาน 1.2x1.4 m ต่อกับเพลาขับที่มีขนาด 2.5 นิ้ว ซึ่งถูกจับยึดแบริ่งขนาด 2.5 นิ้ว และปลายของเพลาด้านหนึ่งต่อเข้ากับชุดเฟืองทด ซึ่งได้กำลังขับมาจากมอเตอร์ และควบคุมการทำงานด้วยระบบสวิตช์ และภายในตัวเฟรมมีจุดจับยึดสินค้า 3 ด้าน คือฝาปิดข้าง 2 ด้าน และฝาปิดด้านบน 1 ตัว และพื้นสามารถเปิดได้เพื่อเปลี่ยนพาเลท โดยมีหลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากการใช้ตัวเครื่อง หลังจากนั้นเปิดสวิตช์เพื่อให้ตัวเครื่องหมุนขึ้นไปในแนวระนาบ แล้วเปิดพื้นหรือประตูเพื่อเปลี่ยนถ่ายพาเลทอันใหม่เข้าไปแทนแล้วจึงปิดประตู จากนั้นนำเครื่องลงด้วยระบบควบคุมสวิตช์ แล้วนำสินค้าออกจากตัวเครื่องด้วยโฟล์คลิฟท์ เป็นอันเสร็จสิ้นการทำงานโฟล์คลิฟท์ในการขนย้ายสินค้าที่อยู่บนพาเลทเข้าไปใน



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทแบบแยกชิ้น

2.3.1 กล่องใส่สินค้า เป็นชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีขนาดฐาน 120x140 ซม. สูง 200 ซม. ใช้สำหรับใส่สิ้นค้าและพาเลท

2.3.2 ฝาปิดบน เป็นชิ้นส่วนที่อยู่ในกล่องใส่สินค้า ใช้สำหรับจับล๊อคสินค้าตามระดับความสูงของสินค้าเพื่อให้สินค้าหยุดนิ่งระหว่างกระบวนการทำงานของเครื่อง

2.3.3 ฝาข้าง เป็นชิ้นส่วนที่อยู่ในกล่องใส่สินค้าจะมีด้วยกัน 2 ด้านเพื่อจับประคองสินค้าไม่ให้สินค้าเคลื่อนที่ระหว่างกระบวนการทำงานของเครื่อง

2.3.4 ประตูเปลี่ยนพาเลท เป็นชิ้นส่วนที่ใช้เปิด-ปิด เพื่อเปลี่ยนถ่ายพาเลท

2.3.5 เพลา เป็นชิ้นส่วนที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุด เนื่องจากต้องรับแรงจากกล่องใส่พาเลททั้งหมดจึงต้องเลือกใช้เพลาที่มีขนาดเหมาะสมที่สุด

2.3.6 มอเตอร์ เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในการขับเคลื่อนให้เครื่องจักรทำงาน

2.3.7 ชุดเฟืองทด เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในการทดรอบของมอเตอร์ ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ทำให้สามารถยกของได้ตามน้ำหนักที่ต้องการ

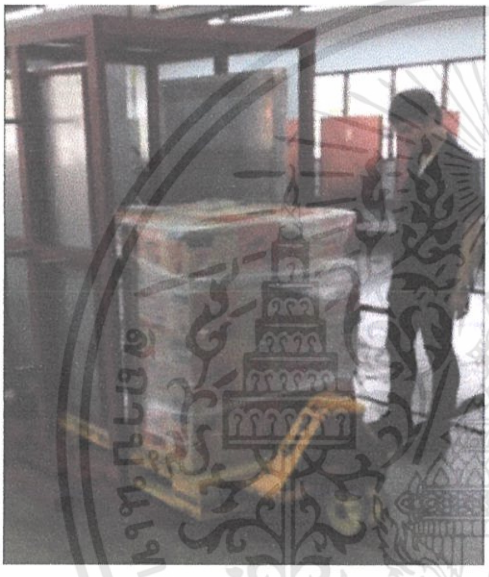
2.3.8 แบริ่ง เป็นชิ้นส่วนที่ใช้รับแรงต่อจากเพลา โดยแบริ่งจะมีด้วยกัน 2 ตัว รองรับเพลาในตำแหน่งที่เหมาะสม

2.3.9 กล่องควบคุมสวิตซ์ เป็นชิ้นส่วนที่ใช้สำหรับควบคุมระบบการทำงานของเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

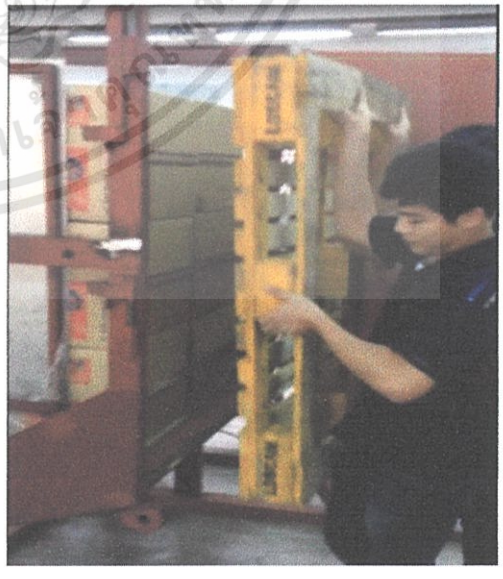
ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการนำสินค้าเข้าสู่เครื่องจักรดังแสดงในรูปที่ 2.8 จากนั้นกดสวิตช์เพื่อให้เครื่องจักรเริ่มทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.9 เมื่อกล่องใส่สินค้ายกขึ้นทำมุม 90 องศา กับพื้น เครื่องจักรจะหยุดทำงานด้วยกล่องควบคุมสวิตช์ หลังจากนั้นจึงเปิดประตูเพื่อเปลี่ยนพาเลทดังแสดงในรูปที่ 2.10 จากนั้นนำพาเลทที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาเปลี่ยนแทนพาเลทที่ใช้ในกระบวนการผลิต และปิดประตูดังแสดงในรูปที่ 2.11 หลังจากนั้น ทำการกดสวิสต์เพื่อนำกล่องใส่สินค้าลงและนำสินค้าออกจากเครื่องจักรดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.8 นำสินค้าเข้าสู่เครื่อง

รูปที่ 2.9 กดสวิตช์เริ่มทำงาน

รูปที่ 2.10 เปิดประตู



รูปที่ 2.11 เปลี่ยนพาเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.12 นำสินค้าออกจากเครื่อง

2.5 การออกแบบและการคำนวณหาขนาดชิ้นส่วน

2.5.1 การออกแบบโครงสร้าง

ในการออกแบบโครงสร้างจะเลือกใช้เหล็ก C Channel ในการสร้างโครงเครื่องจักรทั้งหมด เนื่องจากเหล็ก C Channel มีความแข็งแรงและมีน้ำหนักที่เบา เหมาะสำหรับการสร้างโครงสร้างและโครงสร้างกล่องใส่สินค้าเทียบกับขนาดของพาเลท เนื่องจากสินค้าจะมีความกว้างของฐานใกล้เคียงกับขนาดของพาเลทและความสูงเพียงพอกับที่กำหนดและสร้างฝาข้าง และ ฝาปิดบน เพื่อใช้สำหรับจับสินค้าเมื่อมีสินค้าขนาดเล็กกว่าฐานของพาเลท

2.5.2 การคำนวณหาขนาดชุดเฟืองทด

ก) คำนวณหาอัตราทดของชุดเฟืองทด

ในการคำนวณหาขนาดอัตราทดของชุดเฟืองทดจะต้องหาทอร์คของโหลดจากสมการที่ (2.1) และทอร์คของมอเตอร์จากสมการที่ (2.2) เพื่อมาคำนวณหาอัตราทดของชุดเฟืองทดต่อในสมการที่ (2.3)

$$T_L = \mathrm{F} \times \mathrm{R}\cos\text{ø} \tag{2.1}$$

$$T_M = \frac{P}{\omega} \tag{2.2}$$

$$Ratio = \frac{T_L}{T_M} \tag{2.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Ratio = \frac{8575}{222} = \frac{38}{1} = 38:1$$

ข) การคำนวณเพื่อที่จะเลือกรุ่นและขนาดของเฟืองทด

ในการเลือกรุ่นเฟืองทดเราทำการคำนวณตามหลักการของผู้ผลิต HANGZHOU JIE DRIVE TECHNOLOGY CO.,LTD. โดยมีขั้นตอนโดยที่ต้องเริ่มจากการคำนวณหาค่า transmission ratio จากสมการที่ (2.4) เพื่อมาเลือกรุ่นของเฟืองทด และคำนวณหาค่าพลังงานที่ต้องใช้ของเครื่องจักรจากสมการที่ (2.5) เพื่อมาแทนค่าต่อในสมการที่ (2.6) เพื่อที่จะมาหาค่า Nominal power rating เพื่อที่จะเลือกขนาดของเฟืองทด

$$i_S = \frac{n_1}{n_2} \tag{2.4}$$

$$i_S = \frac{\frac{1360 \times 40}{43}}{1} = 1265.12$$

เลือกใช้เฟืองทดที่ i_N = 1400 จะต้องใช้รุ่น JRP3KF

ตารางที่ 2.2 การเลือกขนาดชุดเฟืองทด

P_N Nominal power ratings (kW)											
i_N	n_1	n_2	Sizes								
			9	10	11	12	13	14	16	17	18
1250	1500	1.2	2.8	4	5.4	8	11	15	20	26	31
	1000	0.8	1.9	2.6	3.6	5	7	10	14	17	21
	750	0.6	1.4	2	2.7	4	5	7	10	13	16
1400	1500	1.07	2.5	3.5	4.8	7	9	13	18	23	28
	1000	0.71	1.7	2.4	3.2	5	6	9	12	15	19
	750	0.54	1.3	1.8	2.4	3.5	4.5	7	9	12	14
1600	1500	0.94	2.2	3.1	4.2	6	8	12	16	20	24
	1000	0.63	1.5	2.1	2.8	4	6	8	11	13	16
	750	0.47	1.1	1.5	2.1	3	4	6	8	10	12
1800	1500	0.83	2	2.8	3.7	5	7	10	14	18	22
	1000	0.56	1.3	1.8	2.5	4	5	7	9	12	14
	750	0.42	1	1.4	1.9	2.7	3.7	5.2	7.1	9	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การหาค่าพลังงานที่ต้องใช้ของเครื่องจักร

$$P_2 = \frac{T_2 x\, n_2}{9550} \tag{2.5}$$

$$P_2 = \frac{8575\, x\, 1}{9550} = 0.90\ kW$$

Nom. Pow=er rating ที่ต้องใช้เท่ากับ

$$P_N \geq P_2 \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4 \tag{2.6}$$

$$P_N \geq 0.90 \times 1.2 \times 1 \times 2 \times 1.12$$

$$P_N \geq 2.42\ kW$$

หลังจากนั้น นำค่าที่ได้ไปเลือกขนาดชุดเฟืองทดจากตาราง 2.2 จะได้ขนาด 9

ตารางที่ 2.3 Service factor (f1)

Driven Machine	Effective daily operating period under load in hours		
	≤0.5 h	0.5-10 h	> 10 h
Bucket conveyors	-	1.2	1.5
Hauling winches	1.4	1.6	1.6
Hoists	-	1.5	1.8
Belt conveyors < 150 kW	1.0	1.2	1.3
Belt conveyors ≥ 150 kW	1.1	1.3	1.5
Good lifts	-	1.2	1.5
Passenger lifts	-	1.5	1.8
Apron conveyors	-	1.2	1.5
Escalators	-	1.2	1.4
Rail travelling gears	-	1.5	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 Factor for prime mover (f2)

Factor for prime mover	f_2
Electric motors, hydraulic motors, turbines	1.0
Piston engines 4-6 cylinders	1.25
Piston engines 1-3 cylinders	1.5

ตารางที่ 2.5 Safety factor (f3)

Safety factor f_3			
Importance And safety request	Ordinary equipment malfunction only cause accident of single machine and easily replaced	Important equipment malfunction cause the accident of assembling unit production-line or whole factory	Safety request highly malfunction cause the accident of equipment and personal injury
f_3	1.3-1.7	1.5-2.0	1.7-2.5

ตารางที่ 2.6 Start factor (f4)

Start factor f_4				
f_4 / $f_1xf_2xf_3$ stars per hour	1	1.25 -1.75	2- 2.75	>3
<5	1	1	1	1
6-25	1.2	1.12	1.06	1
26-60	1.3	1.2	1.12	1.06
61-180	1.5	1.3	1.2	1.12
>180	1.7	1.5	1.3	1.2

2.5.3 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์

ต้องการหมุนยกสินค้าใช้เวลา 15 วินาที ในการหมุนยกสินค้าจากแนวตั้งให้ไปอยู่ในแนวนอน จะคำนวณหาค่า P หรือกำลังขับมอเตอร์จากสมการที่ (2.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P = \frac{T_L}{746 \times t} = \frac{M \times g \times R sin\theta}{746 \times t} \quad (2.7)$$

โดย P คือ ขนาดกำลังขับ มีหน่วยเป็น แรงม้า

M คือ มวลของสินค้าสูงสุด

t คือ เวลาที่เครื่องทำงาน

$$P = \frac{1250 \times 9.81 \times 0.7}{746 \times 15} = 0.76 \text{ แรงม้า}$$

ดังนั้น เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ตามแคทตาล็อค

ตารางที่ 2.7 คู่มือเลือกขนาดมอเตอร์

INPUT POWER	MODEL	RATIO
1/8 HP 0.1 kW	NL 18	5-50
	NL 22	60-200
1/4 HP 0.18 kW	NL 18	5-10
	NL 22	15-90
	NL 28	100-200
1/2 HP 0.37 kW	NL 22	5-10
	NL 28	15-90
	NL 32	100-200
1 HP 0.75 kW	NL 28	5-25
	NL 32	30-100
	NL 40	100-200
2 HP 1.5 kW	NL 32	5-30
	NL 40	30-100
	NL 50	100-200

2.5.4 การคำนวณหาขนาดเพลา

ก) การหาขนาดเพลา

ในการคำนวณหาขนาดเพลาที่ใช้ในการหมุนยกสินค้าจะคำนวณได้ดังสมการที่ (2.8)

$$\frac{J}{c} = \frac{T}{\tau_{allow}} \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $J = \frac{\pi}{2}c^4$

และ $\tau_{allow} = 0.6\sigma_\gamma$

และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทำเพลาเป็นเหล็กตามมาตรฐาน AISI 1045 ซึ่งมีค่า $\sigma_\gamma = 530\ MPa$

$$\frac{\frac{\pi}{2}c^4}{c} = \frac{8{,}575}{0.6 \times 530}$$

จากสูตรคำนวณได้เส้นผ่านศูนย์กลาง = 51.6 ซม.

ข) การคำนวณหามุมบิดที่เกิดขึ้นในเพลา

โดยปกติขนาดมุมบิดของเพลาตามมาตรฐานเพลาจะต้องมีมุมบิดไม่เกิน 3 องศา การคำนวณหาขนาดมุมบิดจะคำนวณได้จากสมการที่ (2.9) โดยที่ L คือ ความยาวของเพลาที่ใช้ซึ่งมีขนาด 1.9 m และค่า G คือ Shear modulus of elasticity for the material จากมาตรฐานเหล็ก AISI1045 มีค่าเท่ากับ 80GN/m^2

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \qquad (2.9)$$

$$\theta = \frac{TL}{GJ} = \frac{8{,}575 \times 1.9}{80 \times 10^9 \times \frac{\pi\left(\frac{0.0635}{2}\right)^4}{2}}$$

เมื่อนำค่าที่ได้มาแทนในสมการ (2.9) จะได้ค่ามุมบิดเท่ากับ 0.128 องศา ซึ่งถือว่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ดังนั้นจึงสามารถใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 คุณสมบัติของเหล็ก AISI 1045

Mechanical Properties	Metric
Hardness, Brinell	163
Hardness, Knoop (converted from Brinell hardness)	184
Hardness, Rockwell B (converted from Brinell hardness)	84
Hardness, Vickers (converted from Brinell hardness)	170
Tensile Strength, Ultimate	625 MPa
Tensile Strength, Yield	530 MPa

ค) การคำนวณหาความเค้นในเพลา

ในการคำนวณหาความเค้นที่เกิดขึ้นในเพลาจะพิจารณาจากแรงบิดที่กระทำกับเพลาและแรงดัดอันเนื่องมาจากน้ำหนักสินค้า โดยสร้าง Shear force diagram และ Bending moment diagram ขึ้นมาเพื่อหาค่าความเค้นเฉือนและความเค้นดัดที่รับภายในเพลา จากการวิเคราะห์จากความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์และแรงที่เกิดขึ้นบนเพลา

$$M = F \times R \tag{2.10}$$

$$\sum M = 0$$

และจาก $\sum M_A = 0$ โดยให้ทวนเข็มเป็นค่าบวก

ให้จุดที่ F_3 เป็นจุดหมุนจะได้

$$M + F_1R_1 + F_2R_2 = \sum FR$$

$$M + 1.73F_1 + 0.17F_2 = 12{,}454.15 \qquad (a)$$

ให้จุดที่ F_2 เป็นจุดหมุนจะได้

$$-M + F_1R_1 = \sum FR$$

$$-M + 1.56F_1 = 10{,}487.04 \qquad (b)$$

และจาก $\sum F_y = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_1 + F_2 + F_3 = 12{,}710.8$$

$$F_1 + F_2 + \frac{M}{0.17} = 12{,}710.8 \qquad (c)$$

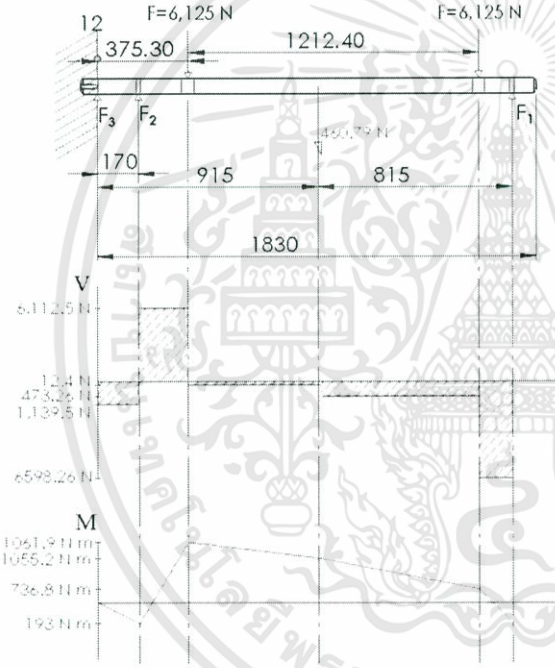
นำสมการตั้ง 3 มาแก้จะได้

$$\mathrm{M} = -193.726\ Nm$$

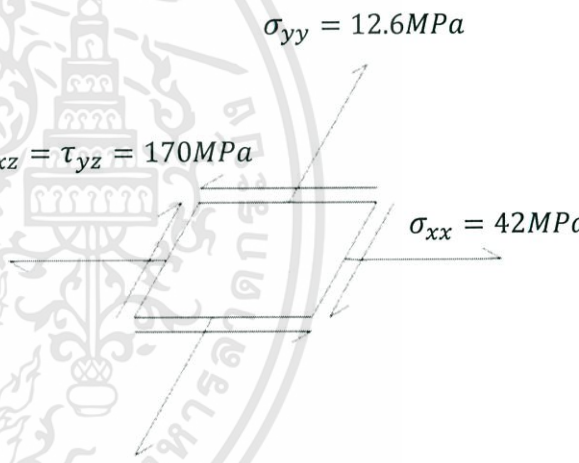
$$F_1 = 6{,}598.28\ N$$

$$F_2 = 7{,}252.09\ N$$

$$F_3 = -1{,}139.56\ N$$



รูปที่ 2.13 โมเมนต์ดัดและแรงเฉือน



รูปที่ 2.14 โมเมนต์ดัดและแรงเฉือนที่กระทำต่อเอลิเมนต์

จาก รูปที่ 2.13 นำค่าที่ได้มาคิดหาค่า ความเค้นที่เกิดจากแรงกดที่กระทำกับเพลา

สูตร $$\sigma = \frac{\mathrm{Mc}}{\mathrm{I}} \qquad (2.11)$$

โดยที่ $$\mathrm{I} = \frac{\pi \mathrm{r}^4}{4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $$\sigma = 42 \text{ MPa}$$

จาก รูปที่ 2.13 นำค่าที่ได้มาคิดหาค่า ความเค้นเฉือนที่เกิดจากแรงกดที่กระทำกับเพลา

สูตร $$\tau = \frac{VQ}{It} \quad (2.12)$$

โดยที่ $$Q = \frac{r^3}{3}$$

จะได้ $$\tau = 153.33 \text{ kPa}$$

จาก รูปที่ 2.13 นำค่าที่ได้มาคิดหาค่า ความเค้นเฉือนที่เกิดจากแรงบิดที่กระทำกับเพลา

สูตร $$\tau = \frac{Tc}{J} \quad (2.13)$$

โดยที่ $$J = \frac{\pi r^4}{2}$$

จะได้ $$\tau = 170.56 \text{ MPa}$$

จาก รูปที่ 2.14 นำค่าที่ได้มาคิดหาค่า Von Mises Stress

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^2] + 3(\tau_{xy}{}^2 + \tau_{yz}{}^2 + \tau_{zx}{}^2)} \quad (2.14)$$

$$\sigma_{VM} = 418MPa$$

แล้วจึงนำค่า Von Mises Stress ไปเทียบกับการ simulate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

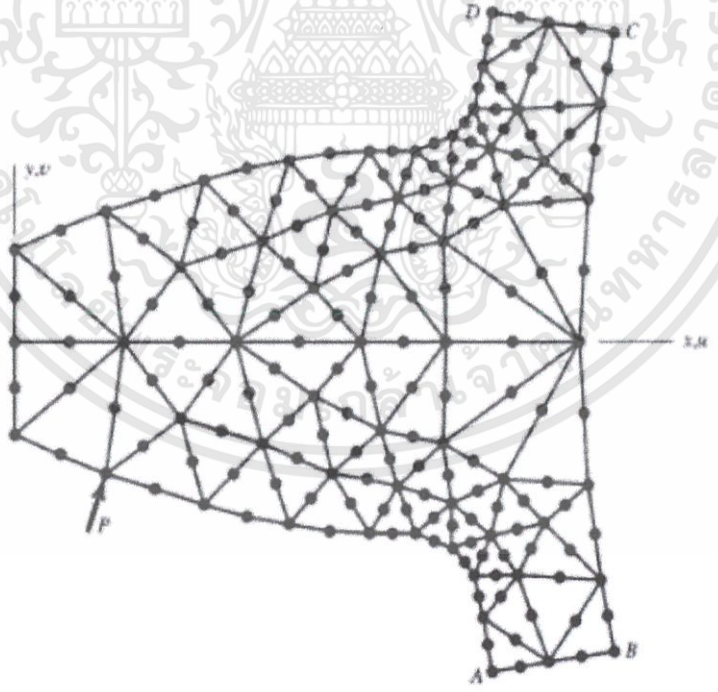
การหาขนาดเพลาที่เหมาะสมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

3.1 ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นวิธีเชิงตัวเลขที่ใช้แก้ปัญหา ทางฟิสิกส์ หรือทางวิศวกรรม และอื่นๆ โดยมีรูปแบบปัญหาคือ การหาฟังก์ชันการกระจายตัวของตัวแปรในระบบสามมิติ ซึ่งปัญหาแต่ละอันจะสามารถอธิบายด้วย Differential equation/Integral equation

ไฟไนต์เอลิเมนต์ คือ องค์ประกอบย่อยๆของโดเมนโครงสร้าง สำหรับวิธีการของ FEM โดเมนของโครงสร้างถูกแบ่งย่อยเป็นองค์ประกอบย่อยที่มีรูปร่างอย่างง่ายขนาดเล็ก องค์ประกอบย่อยนี้จะถูกเรียกเป็น “element” โดยโดเมนของโครงสร้างจะมีระดับความเสรีแบบอนันต์ (infinite number of DOF) และโดเมนของแบบจำลองจะมีระดับความเสรีจำกัด (finite number of DOF) ดังนั้นนี่จึงเป็นที่มาของ “Finite element method”

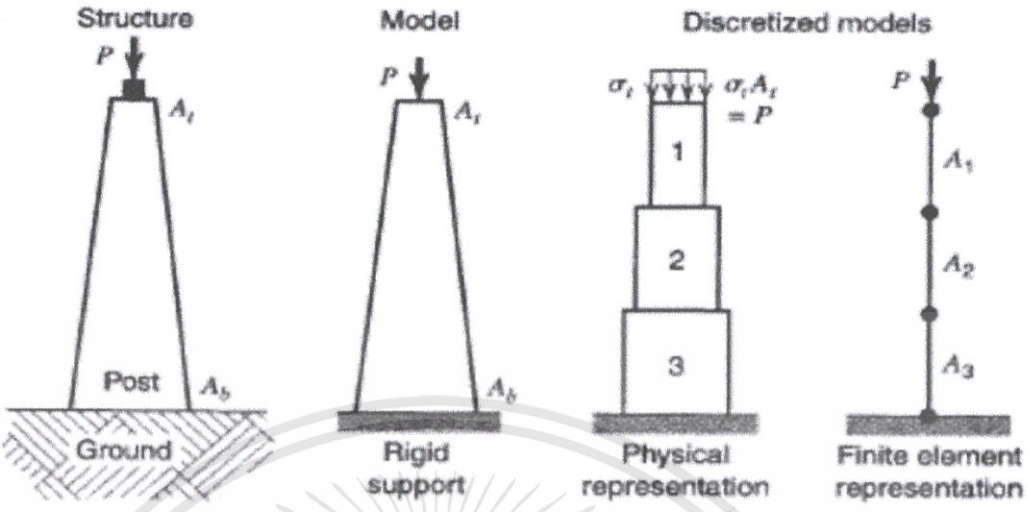
ในแต่ละ element การกระจายตัวของตัวแปรที่เราสนใจนั้น จะมีค่าต่างกันตามตำแหน่งใดๆ



รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของรูปร่าง Mesh, Element และ Node โดยตัวแปรที่เราสนใจคือ u(x,y) (การขจัดตามแนวแกน x) และ v(x,y) (การขจัดตามแนวแกน y)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ขั้นตอนในการทำแบบจำลอง FEM



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนในการทำแบบจำลอง FEM โดย FEM คือการสร้างสถานการณ์จำลองขึ้นมา (Simulation) และค่าความผิดพลาดมาจาก Modeling error, Discretization error, Numerical error

3.1.2 ข้อดีของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ก) สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ (จุดเด่นสุด)

ข) สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อนเช่น Vibration, Transients, Nonlinear, Heat Transfer, Fluids, Buckling, Electromagnetic, Multi-Physics

ค) สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาที่รับภาระต่างๆ เช่น ภาระที่กระทำกับ Node เช่น point loads, ภาระที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา หรือภาระที่ขึ้นอยู่กับความถี่, ภาระที่กระทำกับ element เช่น pressure, thermal, inertia forces, gravity force

ง) สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาที่วัตถุมีคุณสมบัติแบบ non-isotropic, Orthotropic, Anisotropic

จ) สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาที่วัตถุมีคุณสมบัติพิเศษ เช่น คุณสมบัติของวัตถุเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ, Plasticity, Creep, Swelling

ฉ) สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาที่มีเป็นแบบ Large displacements, Large rotations, Contact (gap) conditions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ข้อเสียของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ก) เป็นวิธีการประเมินเชิงตัวเลขดังนั้นจะมี error เกิดขึ้นเสมอ

ข) ผู้ใช้ต้องมีประสบการณ์และความชำนาญในการทำแบบจำลอง FEM ถึงจะทำให้ได้คำตอบที่สอดคล้องกับความเป็นจริง

ค) ต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงและซอฟแวร์ที่น่าเชื่อถือได้ (ราคาแพง)

ง) มีปัญหาเชิงตัวเลขเกิดขึ้นจาก คอมพิวเตอร์สามารถเก็บค่าเลขนัยสำคัญได้จำกัด และ Round-off error สะสม

จ) มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจากการทำ Modeling เนื่องจาก การเลือกใช้ชนิดเอลิเมนต์ไม่เหมาะสม, การใช้ Distorted element ในโมเดล, การทำ Mesh ที่ไม่เหมาะสม

ฉ) พฤติกรรมบางอย่างไม่ได้รวมให้โดยอัตโนมัติ เช่น Buckling, Large displacement และ Large rotations, Materials nonlinearities, Nonlinearities อื่นๆ เช่น Contact condition

3.2 ขั้นตอนพื้นฐานของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

3.2.1 ขั้นตอนของการเตรียมแบบจำลอง (Preprocessing phase)

ก) การสร้างรูปร่างของแบบจำลอง (Geometric construction)

ข) การแบ่งโดนเมนของแบบจำลองออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆต่อกัน โดยแต่เอลิเมนต์จะประกอบไปด้วยโนด (Discretization)

ค) การกำหนด shape function ซึ่งแสดงถึงพฤติกรรมทางกายภาพของเอลิเมนต์ หรือผลเฉลยของเอลิเมนต์ (ค่าประมาณ)

ง) สร้างสมการสำหรับเอลิเมนต์

จ) กำหนดค่าเงื่อนไขเริ่มต้น สภาวะโหลดและสภาวะขอบให้กับปัญหา

ฉ) กำหนดคุณสมบัติของวัสดุ (Material properties)

3.2.2 ขั้นตอนการหาคำตอบ (Solution phase)

การแก้หาคำตอบของสมการซึ่งอยู่ในรูปสมการเชิงเส้นหรือสมการไม่เชิงเส้น ซึ่งคำตอบคือค่าการกระจัดที่โนดต่างๆ หรือค่าอุณหภูมิที่โนดต่างๆ (ในกรณีเป็นปัญหาการถ่ายเทความร้อน)

3.2.3 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Postprocessing phase)

การวิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่เราสนใจเพิ่มเติม เช่น เราอาจจะอยากทราบค่าความเค้นหลัก ฟลักซ์ความร้อน เป็นต้น

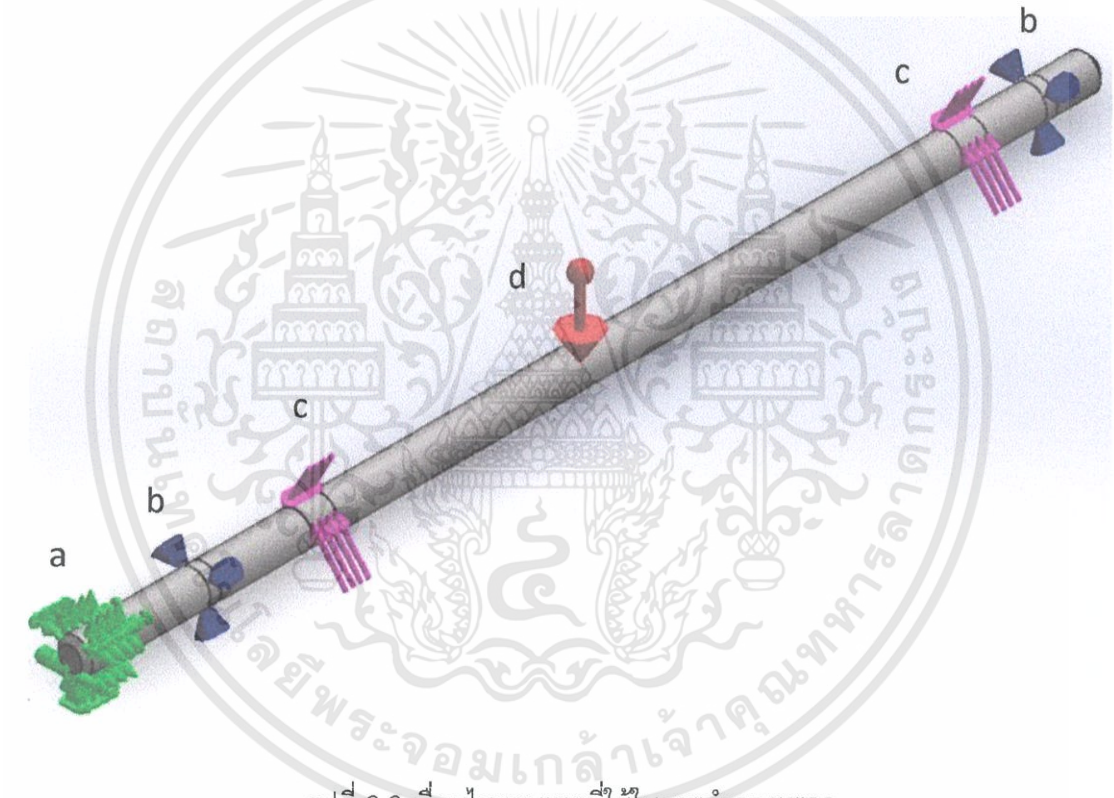
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การใช้โปรแกรมคำนวณขนาดเพลา

เปรียบเทียบระหว่างเพลาที่ใช้ในสร้างเครื่อง (63.5 มม.) กับเพลาที่ได้จากการคำนวณ (51.6 มม.) และ เพลาที่ออกแบบใหม่ (70 มม. และ 80 มม.)

3.3.1 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลองเพลา

ในการจำลองเพลานั้นได้เลือกใช้ช่วงที่เกิดทอร์คมากที่สุดมาคำนวณคือ ขณะที่เครื่องกำลังเริ่มทำงาน มีค่าทอร์ค 8575 Nm

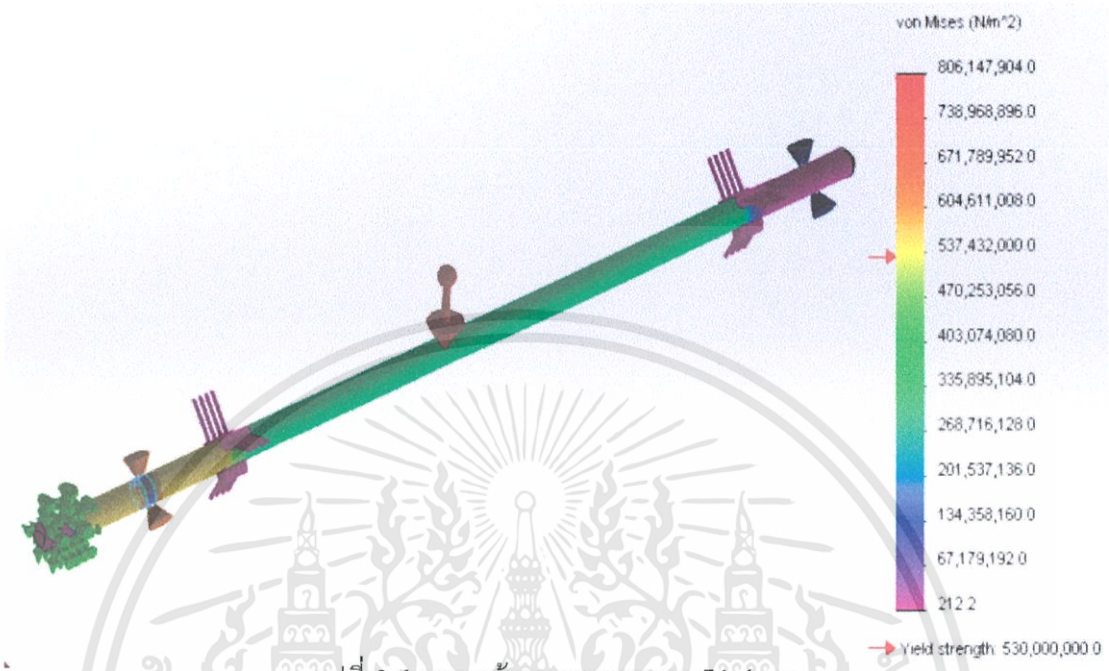


รูปที่ 3.3 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลองเพลา

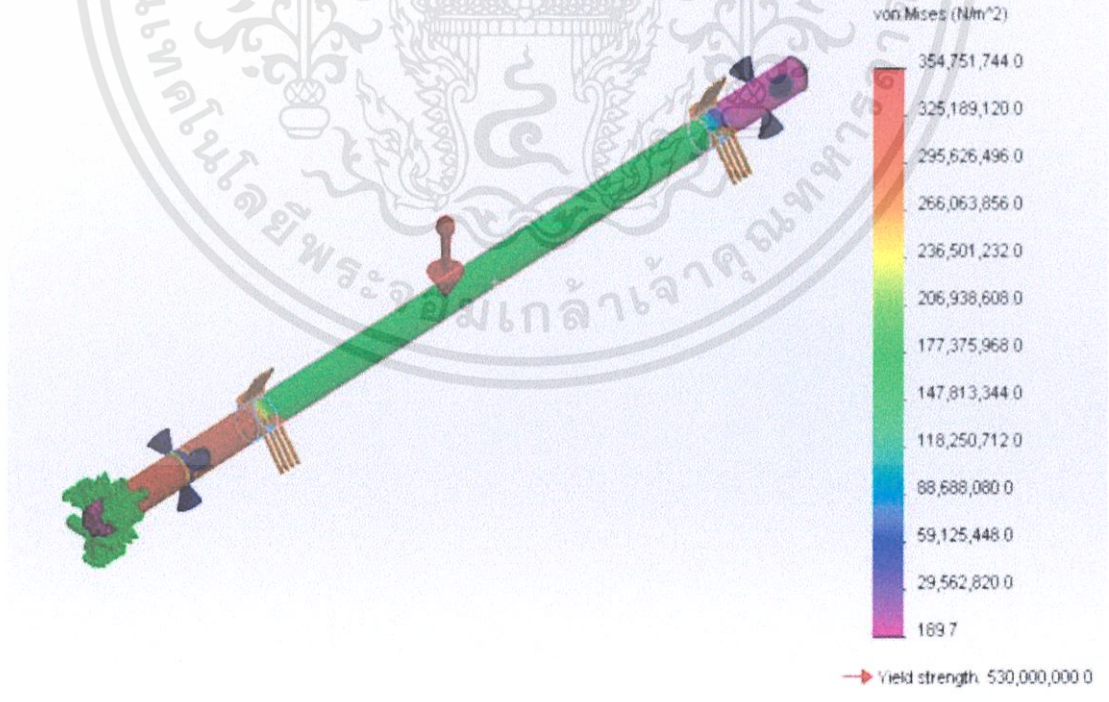
จากรูปที่ 3.3 จุด a นั้นเป็นจุดที่เพลาขับต่อเข้ากับชุดเฟืองทดจึงกำหนดให้อยู่กับที่ จุด b ทั้ง 2 ข้างเป็นซัพพอร์คแบริ่งซึ่งจะรับแรงในแนวแกนเพียงอย่างเดียว จุด c เป็นส่วนที่เพลาขับเชื่อมต่อกับตัวเครื่องเป็นหน้าผิวสัมผัสที่จะได้รับทอร์คจากน้ำหนักของตัวเครื่องซึ่งทอร์คที่ใช้ในการคำนวณคือทอร์คที่สูงที่สุดของการทำงาน และที่จุด d คือน้ำหนักของตัวเพลาเนื่องจากแรงดึงดูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ผลจากการจำลอง

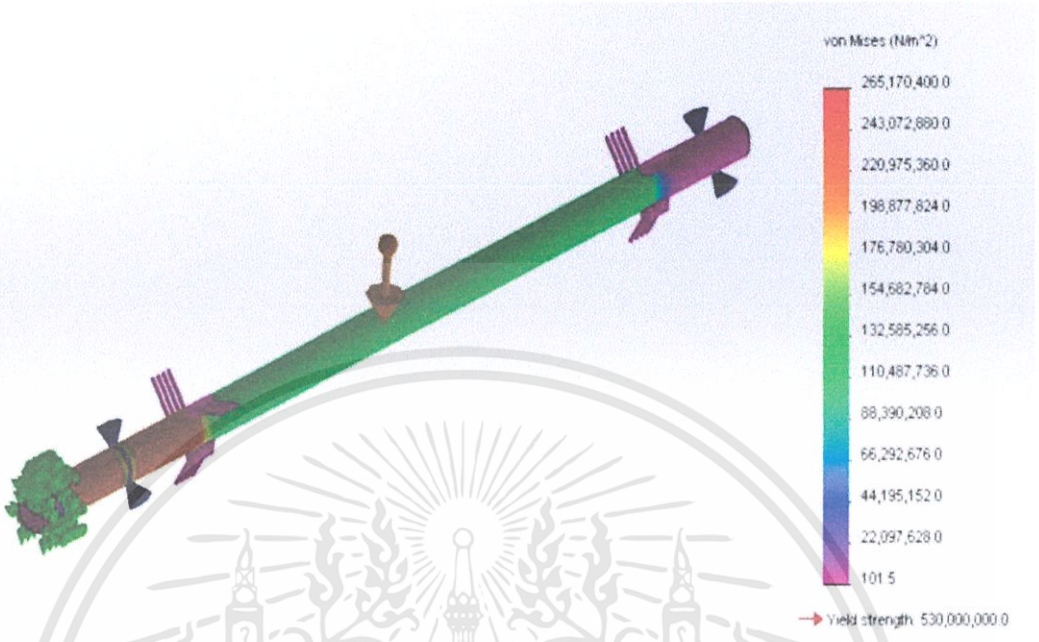


รูปที่ 3.4 ความเค้นของเพลาขนาด 51.6 มม.



รูปที่ 3.5 ความเค้นของเพลาขนาด 63.5 มม.

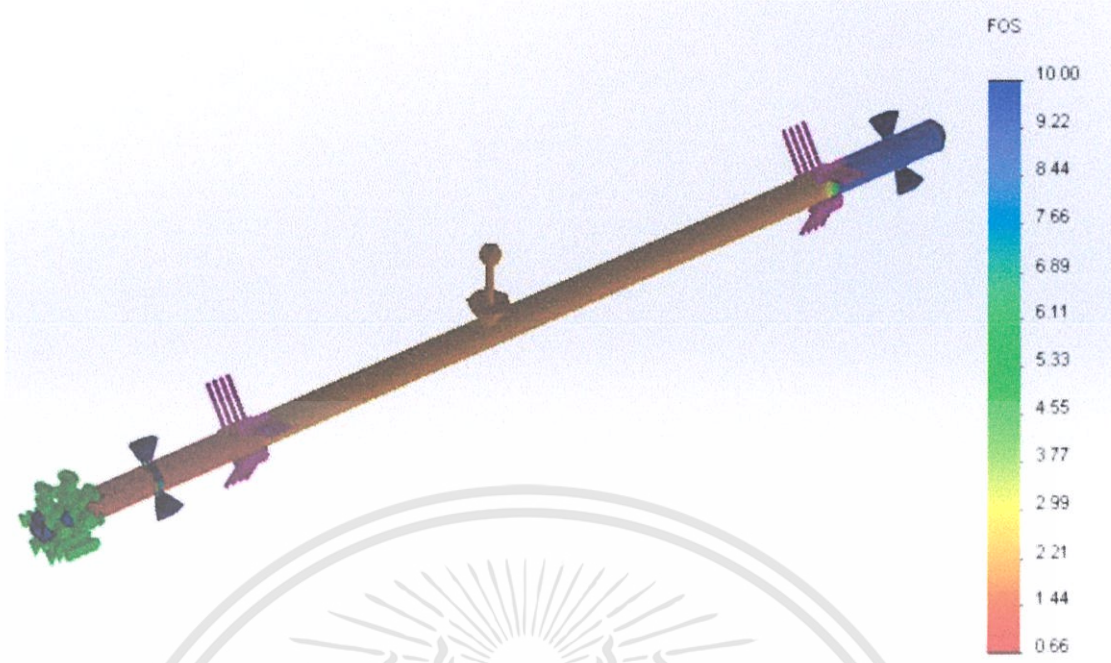
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



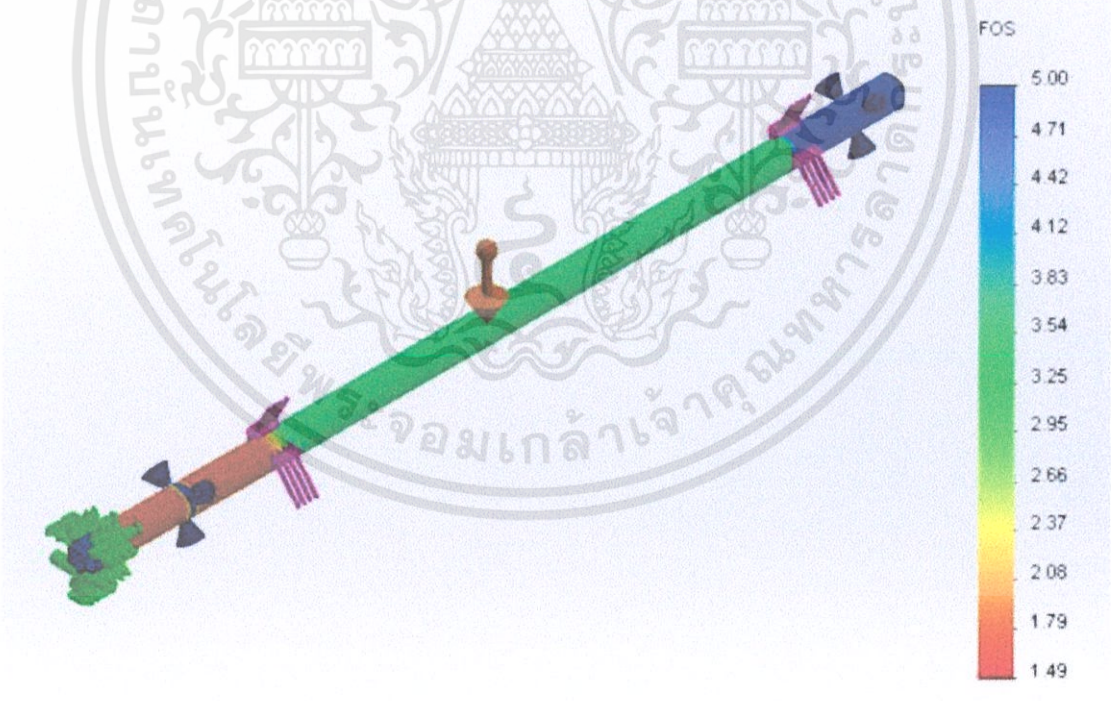
รูปที่ 3.6 ความเค้นของเพลาขนาด 70 มม.

รูปที่ 3.7 ความเค้นของเพลาขนาด 80 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

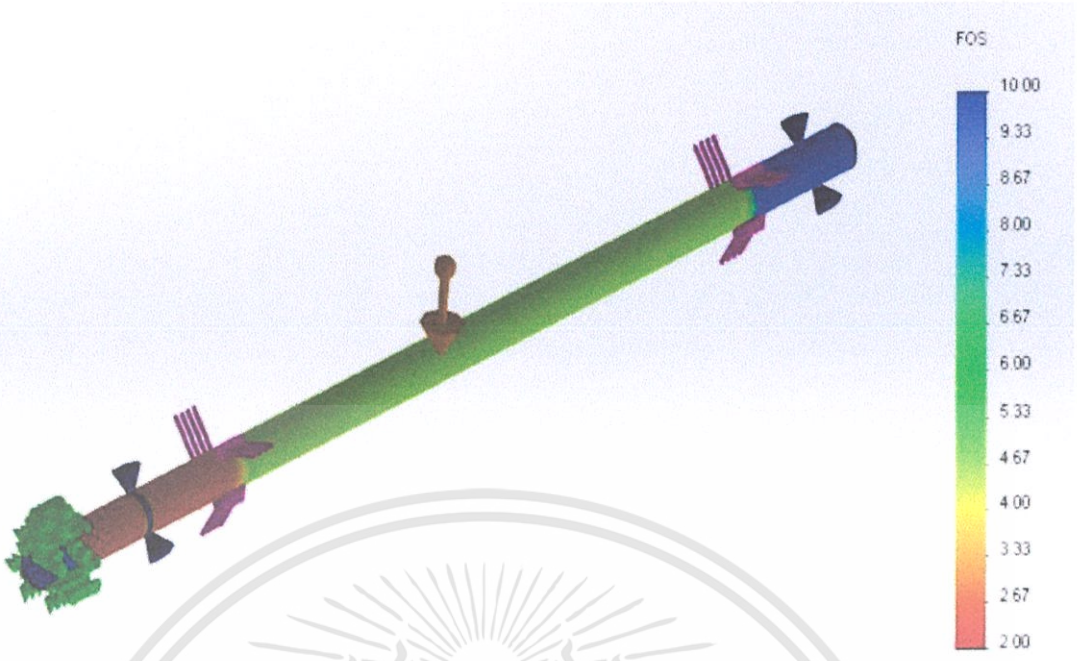


รูปที่ 3.8 ค่าความปลอดภัยของเพลาขนาด 51.6 มม.



รูปที่ 3.9 ค่าความปลอดภัยของเพลาขนาด 63.5 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ค่าความปลอดภัยของเพลาขนาด 70 มม.

รูปที่ 3.11 ค่าความปลอดภัยของเพลาขนาด 80 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ผลการคำนวณเพลาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

จากการคำนวณเพลาทั้ง 4 ขนาดพบว่าเพลาขนาด 51.6 มม. ซึ่งได้จากการคำนวณทางทฤษฎีนั้นมีค่าความปลอดภัยต่ำกว่า 1 ซึ่งไม่สมควรนำมาใช้งาน แลพเพลาขนาด 63.5 มม. ซึ่งใช้ในการสร้างเครื่องนั้นได้ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1.49 ซึ่งสามารถนำมาใช้งานได้ แต่เพื่อความปลอดภัยของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทจึงควรเพิ่มขนาดเพลาเป็นขนาด 80 มม. ซึ่งมีค่าความปลอดภัยอยู่ที่ 2.9

ข้อดีของเพลาที่เกิดจากการออกแบบใหม่

- ได้ค่าความปลอดภัยสูงขึ้น

ตารางที่ 3.1 ผลการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขของเพลา

ขนาดเพลา มม.	ความเค้น (von mises) MPa	ค่าความปลอดภัย
51.6	806.14	0.66
63.5	354.75	1.49
70	265.17	2.00
80	182.35	2.91

3.4 การใช้โปรแกรมคำนวณขนาดประตู

เปรียบเทียบการออกแบบประตู หารูปแบบที่เหมาะสมที่สุด

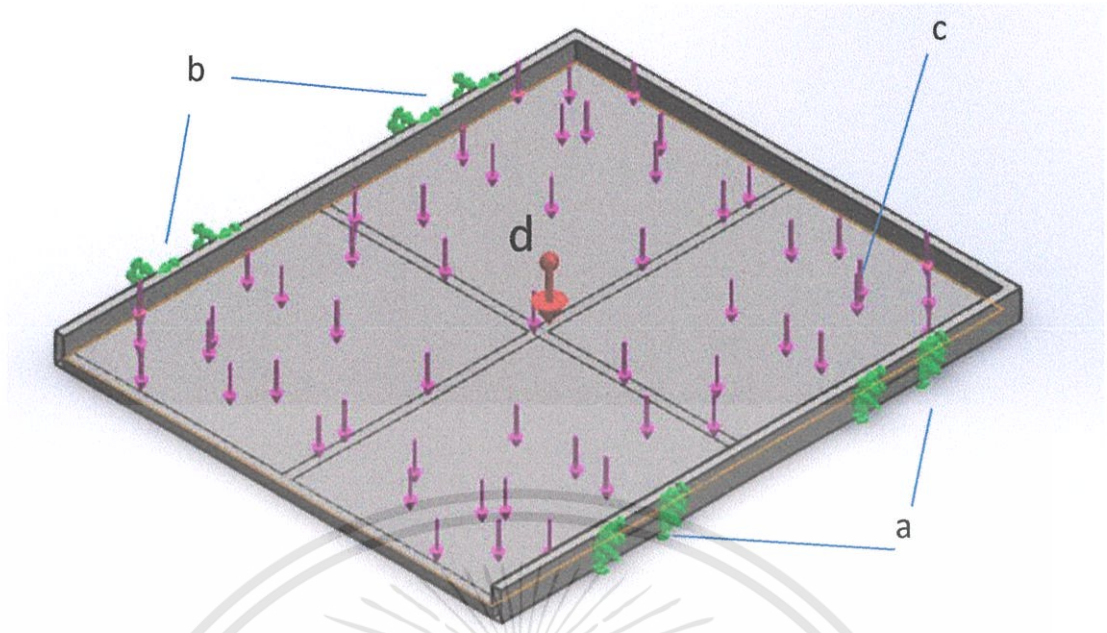
3.4.1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ

- เหล็กหล่อเย็น AISI 1015 ชนิดเหล็กกล่อง ขนาด 3x1 นิ้ว
- เหล็กหล่อเย็น AISI 1015 ชนิดเหล็กกล่อง ขนาด 1x1 นิ้ว
- แสตนเลทแผ่น ขนาด กว้าง 1149.2 มม. ยาว 1375 มม. หนา 1.5 มม.

3.4.2 เงื่อนไขขอบเขตในการจำลองประตู

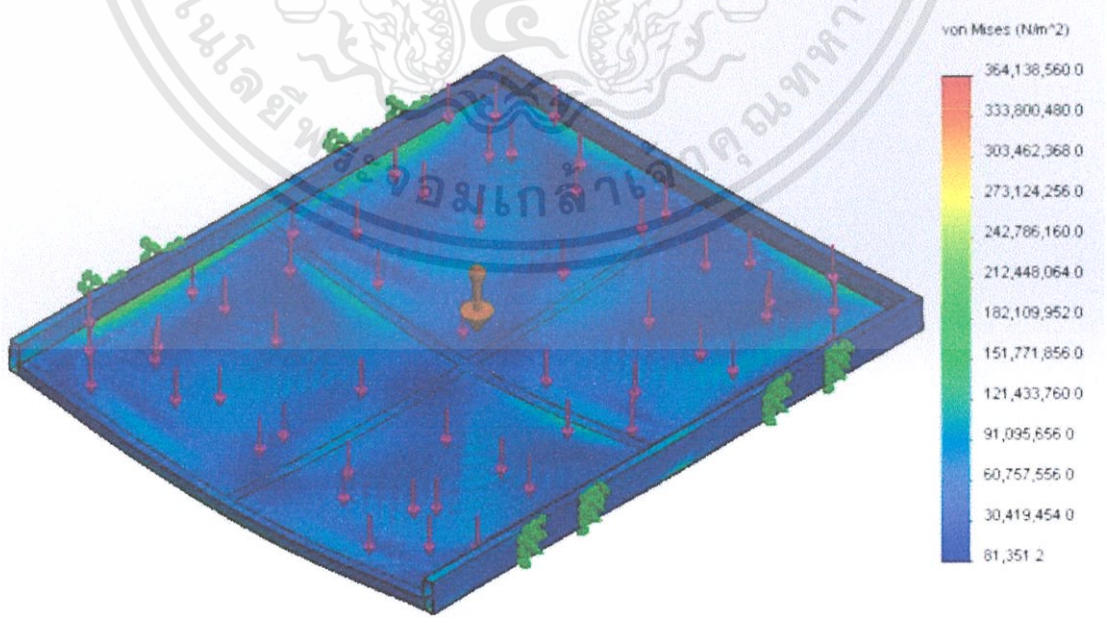
ในการจำลองประตูได้เลือกน้ำหนักสูงสุดที่กำหนดให้เครื่องสามารถใช้งานได้มาใช้ในการคำนวณคือ 1000 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



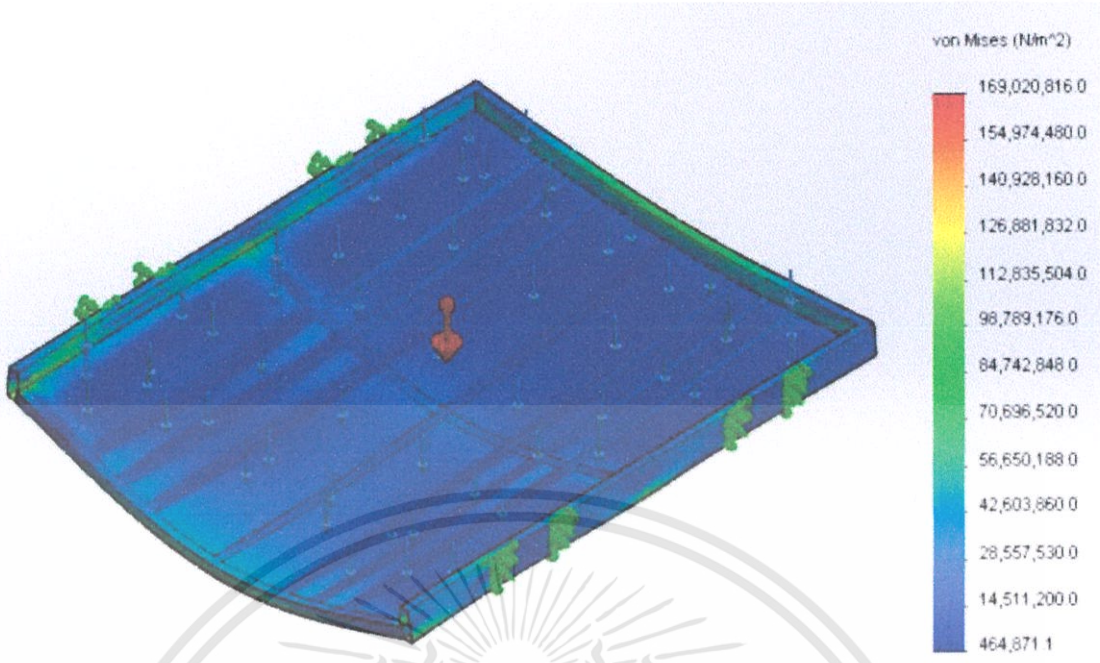
รูปที่ 3.12 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลองประตู

จากรูปที่ 3.12 แสดงเงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลอง จุด a ทั้ง 2 จุดนี้เป็นจุดยึดเนื่องจากเป็นจุดเชื่อมต่อกับบานพับที่ต่อเข้ากับตัวเฟรม จุด b เป็นจุดยึดจากสลักล็อคประตูกับตัวเฟรม พื้นที่ c แรงกดเนื่องจากน้ำหนักของสินค้าขนาด 1000 กก. และ d คือน้ำหนักของตัวประตูเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

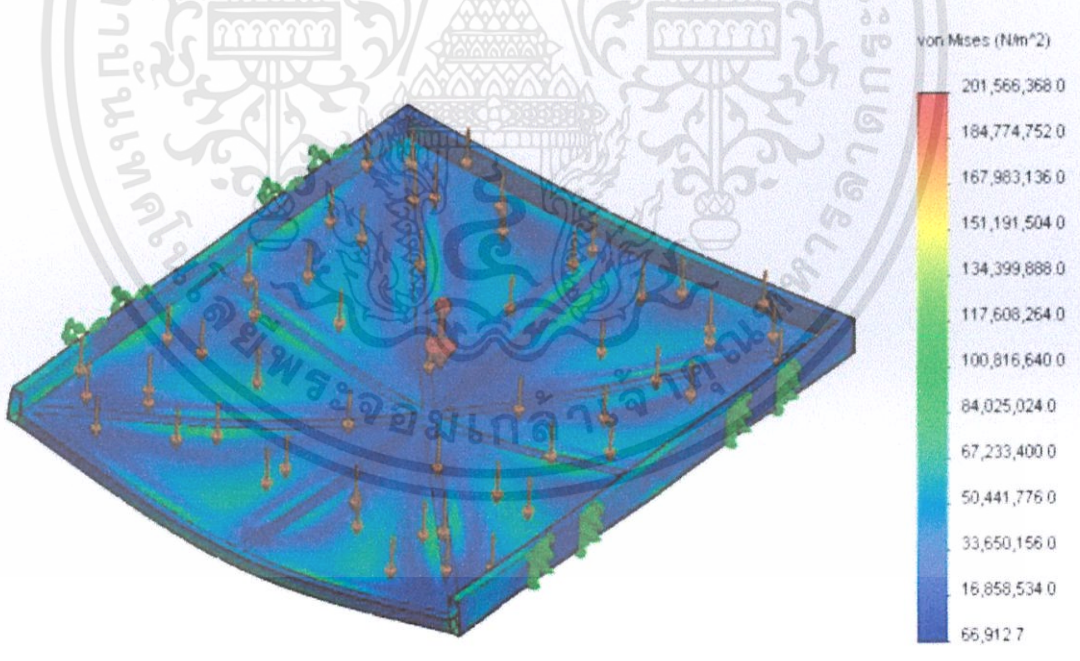


รูปที่ 3.13 ค่าความเค้นของประตูแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

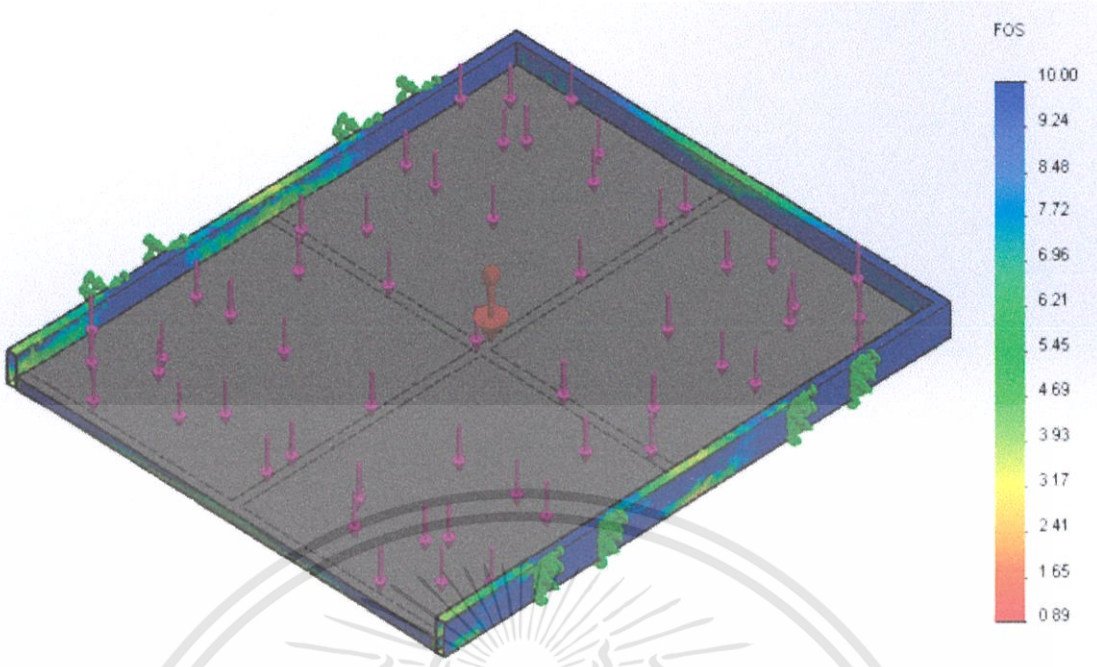


รูปที่ 3.14 ค่าความเค้นของประตูแบบที่ 2

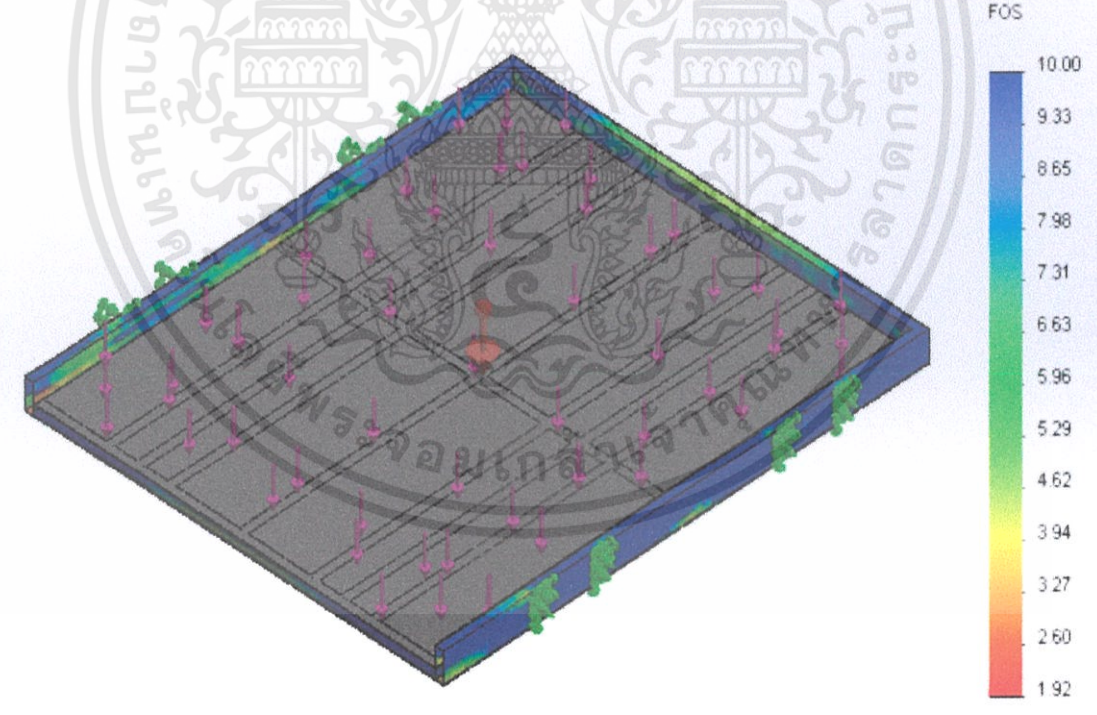


รูปที่ 3.15 ค่าความเค้นของประตูแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

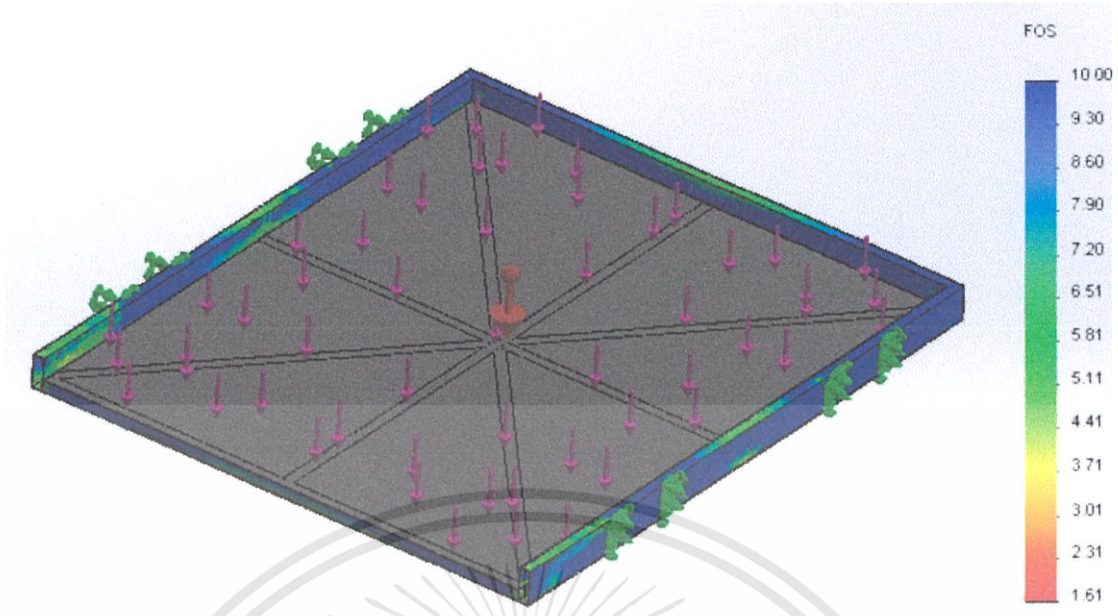


รูปที่ 3.16 ค่าความปลอดภัยของประตูแบบที่ 1



รูปที่ 3.17 ค่าความปลอดภัยของประตูแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 ค่าความปลอดภัยของประตูแบบที่ 3

3.4.3 ผลการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

จากการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขที่มีด้วยกัน 3 รูปแบบ จะทราบว่า

ตารางที่ 3.2 ผลการคำนวณระเบียบวิธีเชิงตัวเลขของประตู

รูปแบบของประตู	ความเค้น (von mises) MPa	ระยะการเสียรูปสูงสุด มม.	ค่าความปลอดภัย	น้ำหนักของตัวประตู กก.
1	364.14	11.7	0.89	17.5
2	169.02	4.62	1.92	58.4
3	201.57	5.9	1.61	22.5

จากการคำนวณได้ผลลัพธ์ คือเลือกใช้ประตูรูปแบบที่ 2 เนื่องจากให้ค่าความปลอดภัยสูงสุด และน้ำหนักที่มากกว่านั้นเมื่อนำไปใช้งานแล้วจะมีผลน้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักของสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การใช้โปรแกรมคำนวณขนาดโครงสร้าง

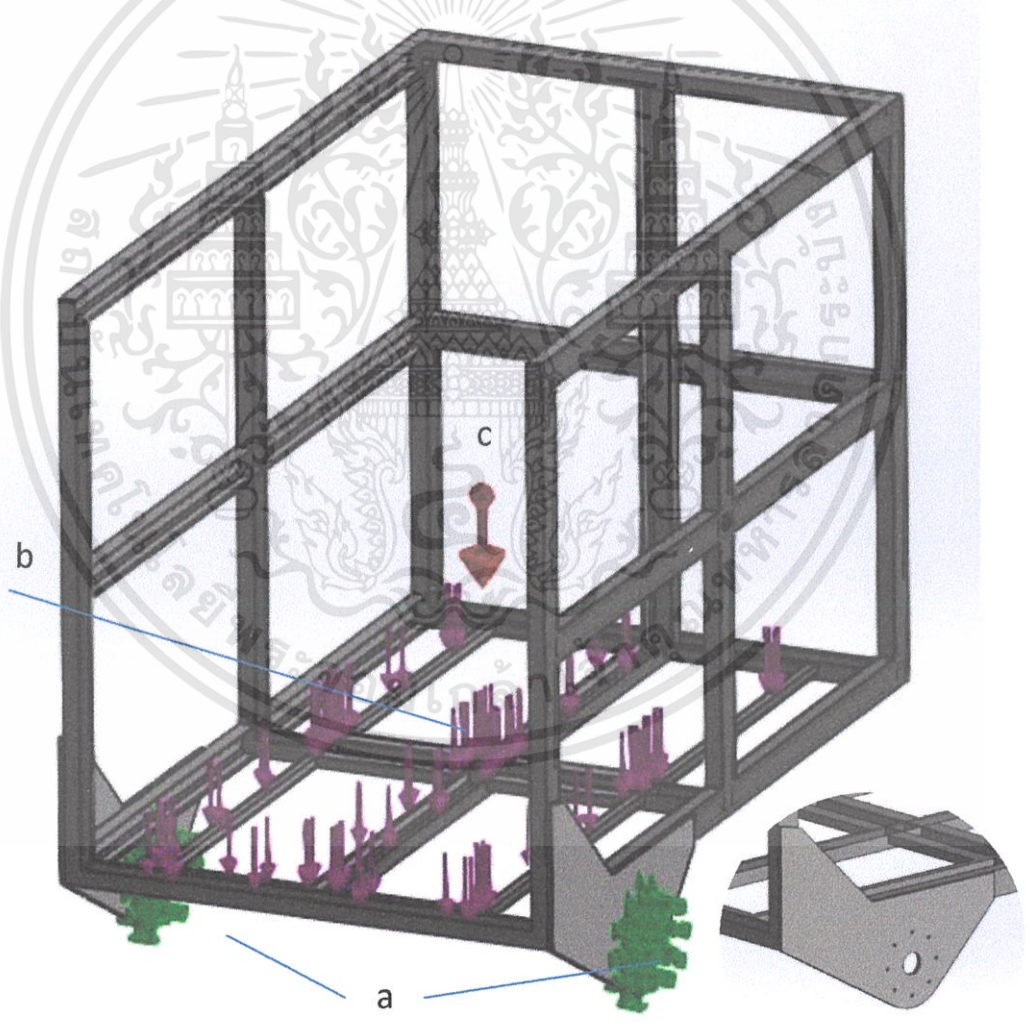
วิเคราะห์รูปแบบของโครงสร้างที่สร้างขึ้น

3.5.1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ

- เหล็กหล่อเย็น AISI 1015 ชนิดเหล็กกล่อง ขนาด 3x1 นิ้ว
- เหล็กหล่อเย็น AISI 1015 ชนิดเหล็กกล่อง ขนาด 1x1 นิ้ว
- เหล็กหล่อเย็น AISI 1015 ชนิดเหล็กฉากพับตัวยู ขนาด 3x1 ½ นิ้ว

3.5.2 เงื่อนไขขอบเขตในการจำลองส่วนโครงสร้าง

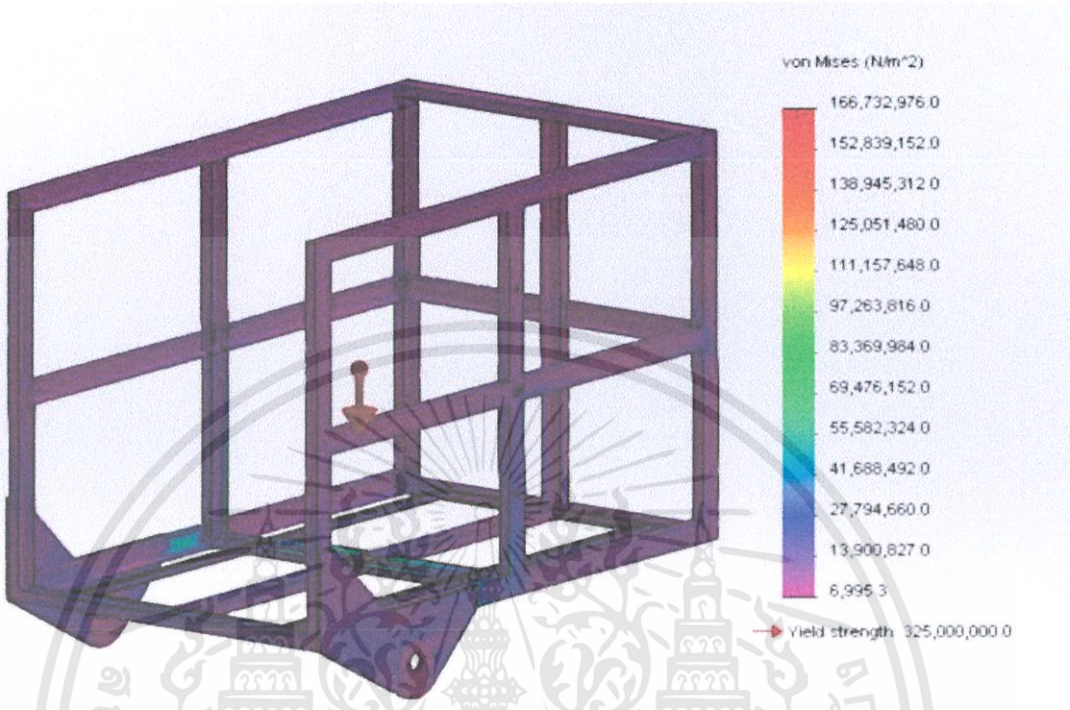
ใช้โปรแกรมจำลองขณะที่เครื่องยกสินค้าไปที่แนวระนาบ เป็นช่วงที่ตัวโครงสร้างจะรับน้ำหนักสินค้าทั้งหมดเอาไว้



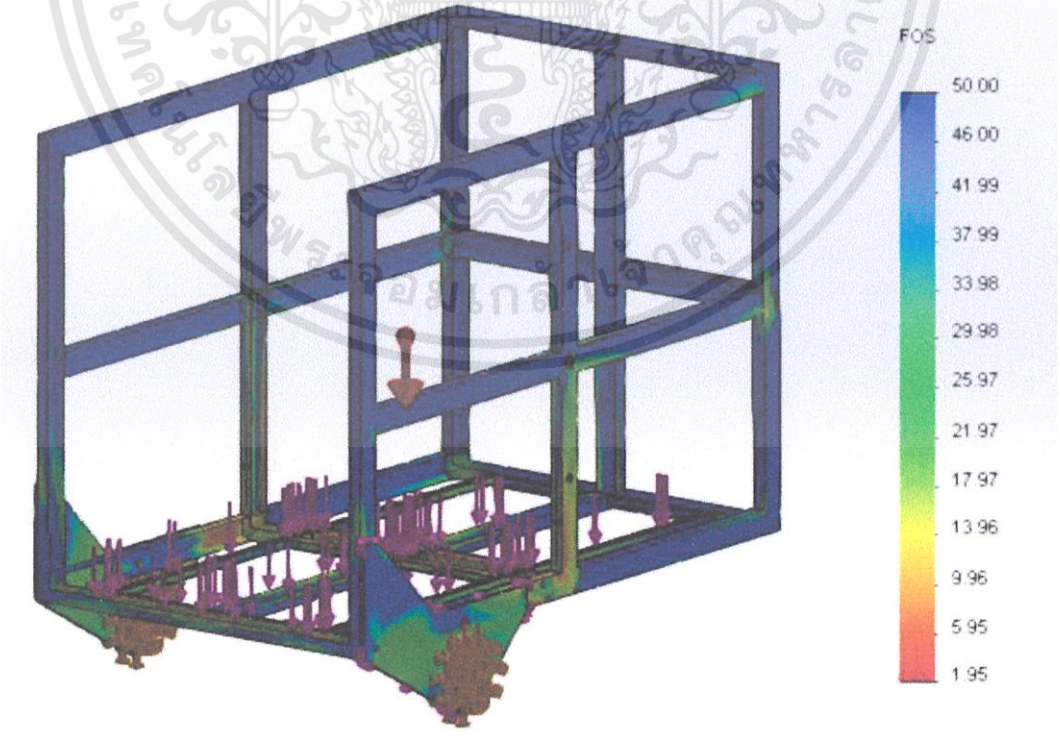
รูปที่ 3.19 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลองโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ แสดงเงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลอง จุด a ทั้ง 2 จุดนี้เป็นจุดยึดเนื่องจากเป็นจุดเชื่อมต่อกับหน้าแปลนเพลาขับ จุด b แรงกดเนื่องจากน้ำหนักของสินค้าขนาด 1000 กก. และ c คือน้ำหนักของโครงสร้างเนื่องจากแรงโน้มถ่วง



รูปที่ 3.20 ความเค้นของโครงสร้าง



รูปที่ 3.21 ค่าความปลอดภัยของโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ผลการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

ตารางที่ 3.3 ผลการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขของโครงสร้าง

	ความเค้นสูงสุด MPa	ค่าความปลอดภัย
โครงสร้าง	166.73	1.95

ดังนั้น จากการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ทำให้ทราบ โครงสร้างที่ได้ออกแบบสามารถใช้ งานได้โดยมีความเสี่ยงน้อยมากที่จะเสียหาย

คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้

วัสดุที่ใช้ในการออกแบบเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทคือ เหล็ก AISI 1045 สำหรับเพลา และเหล็ก AISI 1015 สำหรับโครงสร้างอื่นๆของตัวเครื่องจักร โดยมีคุณสมบัติทางกลดังนี้

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติทางกลของเหล็ก AISI 1045 [2]

Mechanical properties	
Density	7850 kg/m^3
Tensile strength, Yield	530 MPa
Tensile strength, Ultimate	625 MPa
Modulus of elasticity	205 GPa
Shear modulus	80 GPa
Poissons ratio	0.29

ตารางที่ 3.5 คุณสมบัติทางกลของเหล็ก AISI 1015 [2]

Mechanical properties	
Density	7870 kg/m^3
Tensile strength, Yield	325 MPa
Tensile strength, Ultimate	385 MPa
Modulus of elasticity	205 GPa
Shear modulus	80 GPa
Poisson's ratio	0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

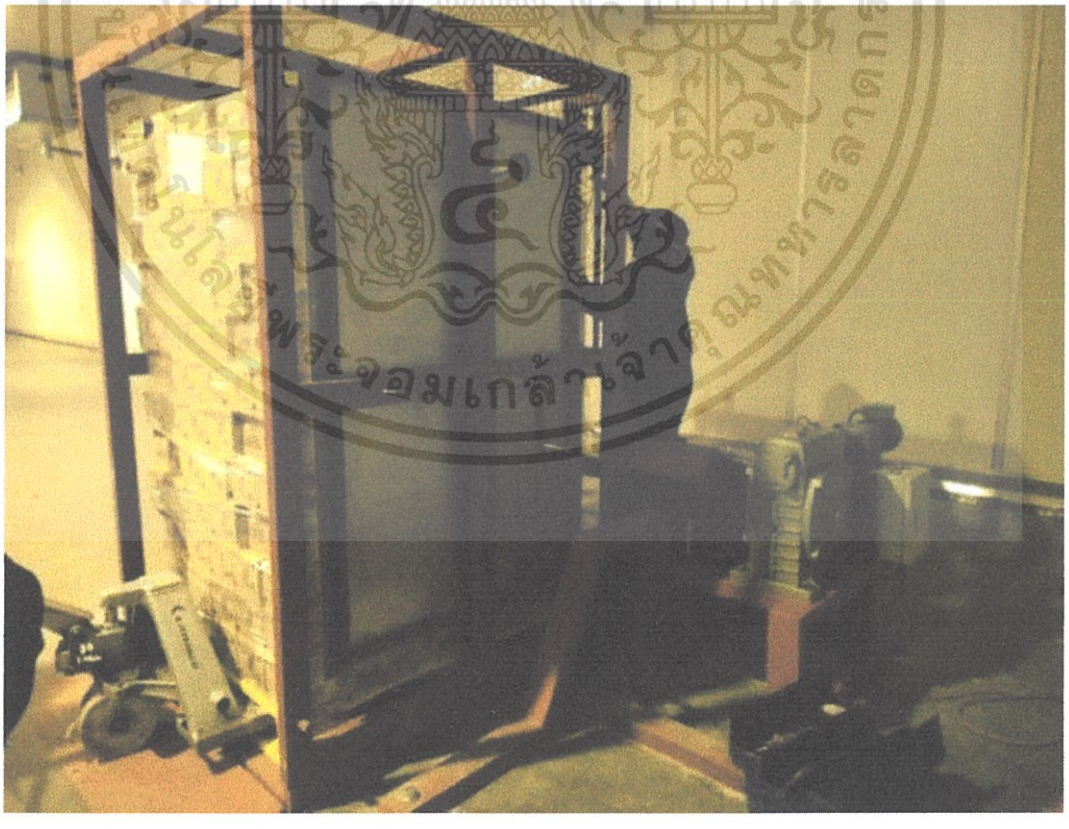
การทดสอบการใช้งาน

4.1 การทดสอบการเปลี่ยนถ่ายพาเลท

หลังจากนำไปติดตั้งใช้งานที่ห้องเย็นของบริษัทยูนิลิเวอร์ ประเทศเทศไทย จำกัด พบว่าเครื่องจักรทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน แต่มีบางส่วนที่เกิดปัญหาบางประการ คือ มอเตอร์ , ชุดเฟืองทด

ปัญหาของมอเตอร์ คือ ไม่สามารถทำงานได้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานในสภาพอุณหภูมิต่ำ จึงได้แก้ไขโดยการติดตั้งฮีตเตอร์แบบเส้นรอบมอเตอร์และหุ้มด้วยฉนวนกันความเย็นทำให้มอเตอร์สามารถทำงานได้ตามปกติ

ปัญหาของชุดเฟืองทด คือ เครื่องจักรเกิดการสั่นขณะทำงาน มีผลทำให้ชุดเฟืองเกิดความเสียหายจึงได้แก้ไขโดยการติดตั้งสปริงและแดมเปอร์ เพื่อลดแรงกระแทกของเครื่องจักรทำให้ลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อชุดเฟือง



รูปที่ 4.1 การติดตั้งเครื่องที่บริษัทยูนิลิเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป

5.1 สรุปผลการสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

โครงงานนี้สามารถออกแบบและสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่สามารถใช้ได้ในห้องที่มีอุณหภูมิ – 25 °C โดยเครื่องมีขนาด 1.2X1.4X2 เมตร ใช้สำหรับพาเลทที่มีขนาด 40x48 นิ้ว ซึ่งสามารถรับน้ำหนักของสินค้าได้ 1 ตัน ในการเปลี่ยนถ่ายพาเลทธรรมดาก่อนที่จะใช้เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทเดิมนั้นต้องใช้คนงาน 4 คนต่อ 1 ชุด (3 คนในการขนของ 1 คนในการควบคุมโฟล์คลิฟท์) และต้องใช้ 2 ชุดในการทำงานเนื่องจากการทำงานในห้องเย็น คนงานจะต้องออกจากห้องเพื่อทำให้ร่างกายอบอุ่นเพื่อป้องกันอันตรายจากอุณหภูมิต่ำ เพื่อให้การทำงานได้ต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องมี 2 ชุดทำงาน หลังจากได้นำเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทมาใช้งาน สามารถลดคนงานจาก 8 คนเหลือเพียงแค่ 2 คน โดยมี 1 คนในการควบคุมเครื่องและ 1 คนในการควบโฟล์คลิฟท์ และใช้เพียงแค่ 1 ชุดในการทำงานได้ เนื่องจากเวลาในการเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่ไม่ได้ใช้เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทนั้นใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที ต่อ 1 พาเลท เมื่อใช้เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทจะใช้เวลาเพียงแค่ 2 นาที จึงสามารถใช้คนงานชุดเดียวและให้พักตามปกติโดยที่สามารถทำงานได้เท่าเดิม และเมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายของค่าจ้าง จากการที่ลดพนักงานที่ต้องใช้ลง 6 คน โดยที่บริษัทให้ค่าจ้างและเบี้ยเลี้ยงต่อวันเป็นเงิน 396 บาท ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายจากค่าจ้างได้เป็นเงิน 71,280 บาทต่อเดือน และเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทนี้มีมูลค่าโดยรวมเท่ากับ 275,000 บาท ดังนั้นการใช้เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทนั้นจะคืนทุนภายใน 4 เดือน

จากการใช้โปรแกรม Solidworks ได้ผลการ simulate เพื่อวิเคราะห์ชิ้นส่วนของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท โดยผลของการวิเคราะห์ที่เพลานั้นมีความเค้นที่เกิดขึ้นในเพลามีค่าใกล้เคียงกับที่คำนวณไว้ จึงสามารถนำมาใช้ออกแบบได้ จากการ simulate พบว่าควรเพิ่มขนาดเพลาเป็นขนาด 80 มม. เพื่อให้ได้ค่าความปลอดภัยที่สูงขึ้น เพราะเพลาเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญที่สุดในการรับน้ำหนัก ในส่วนของการ simulate เพื่อวิเคราะห์ส่วนของประตูนั้นประตูแบบที่ 2 ให้ค่าความปลอดภัยสูงสุดจึงควรใช้แบบที่ 2 และสุดท้ายตัวเฟรมของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทจากการ simulate พบว่ามีค่าความปลอดภัยใกล้เคียงกับส่วนประตูจึงเหมาะสมในการเลือกใช้งานเพื่อสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Robert C. Juvinall and Kurt M. Marshek , “Machine Component Design” , 2012

[2] HANGZHOU JIE DRIVE TECHNOLOGY CO.,LTD. , “JIE Asia Drive” , 2011

[3] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.107-2533

[4] R.C. Hibbeler, “Mechanics of Materials”, 2003

[5] Ferdinand P.Beer and E.Russell Johnson, Jr., “Mechanics of Materials”, 2009

[6] Ansel C. Ugural, “Mechanics of Materials”, 2008

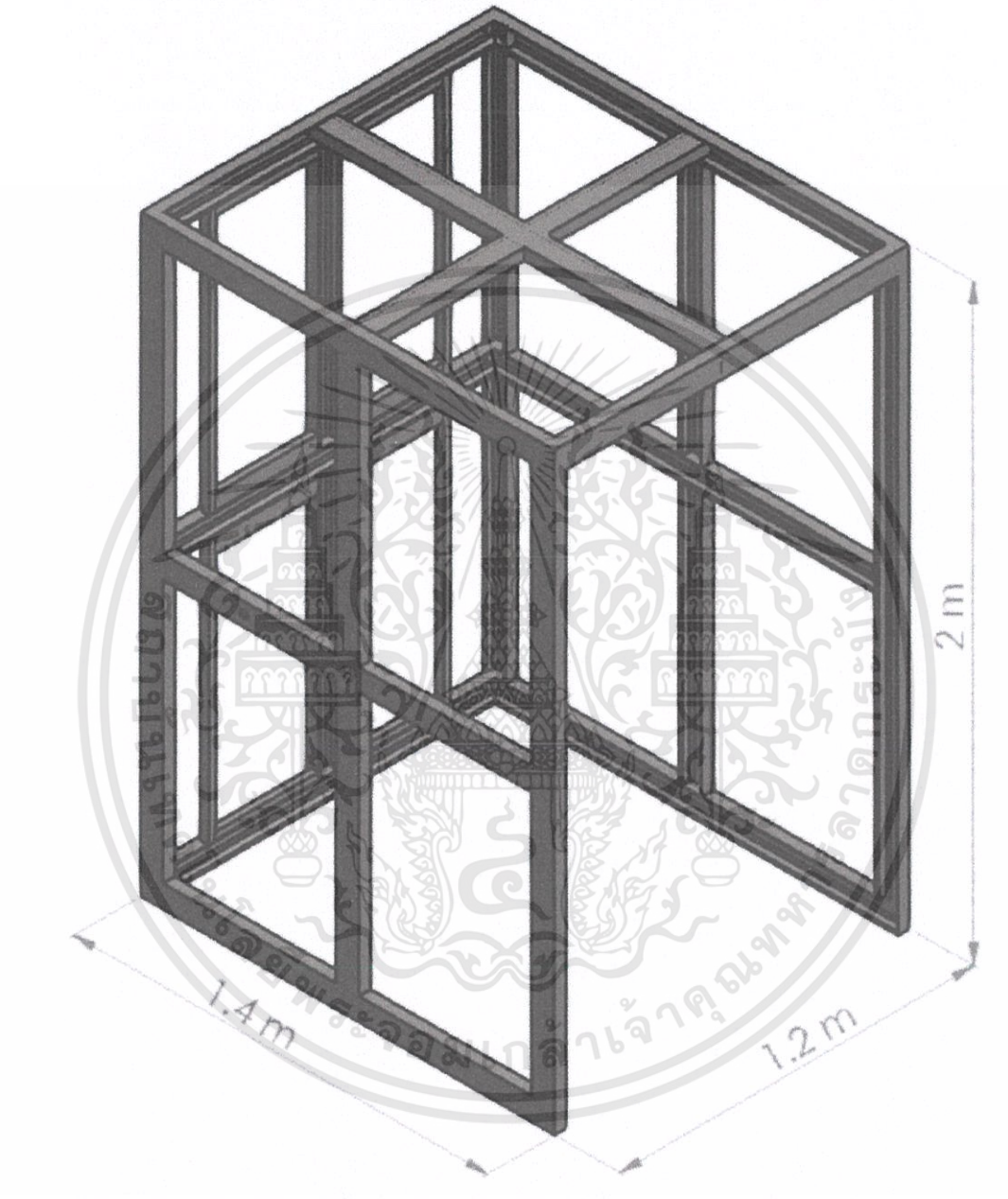
[7] ผศ.ดร. มนต์ศักดิ์ พิมสาร, “ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

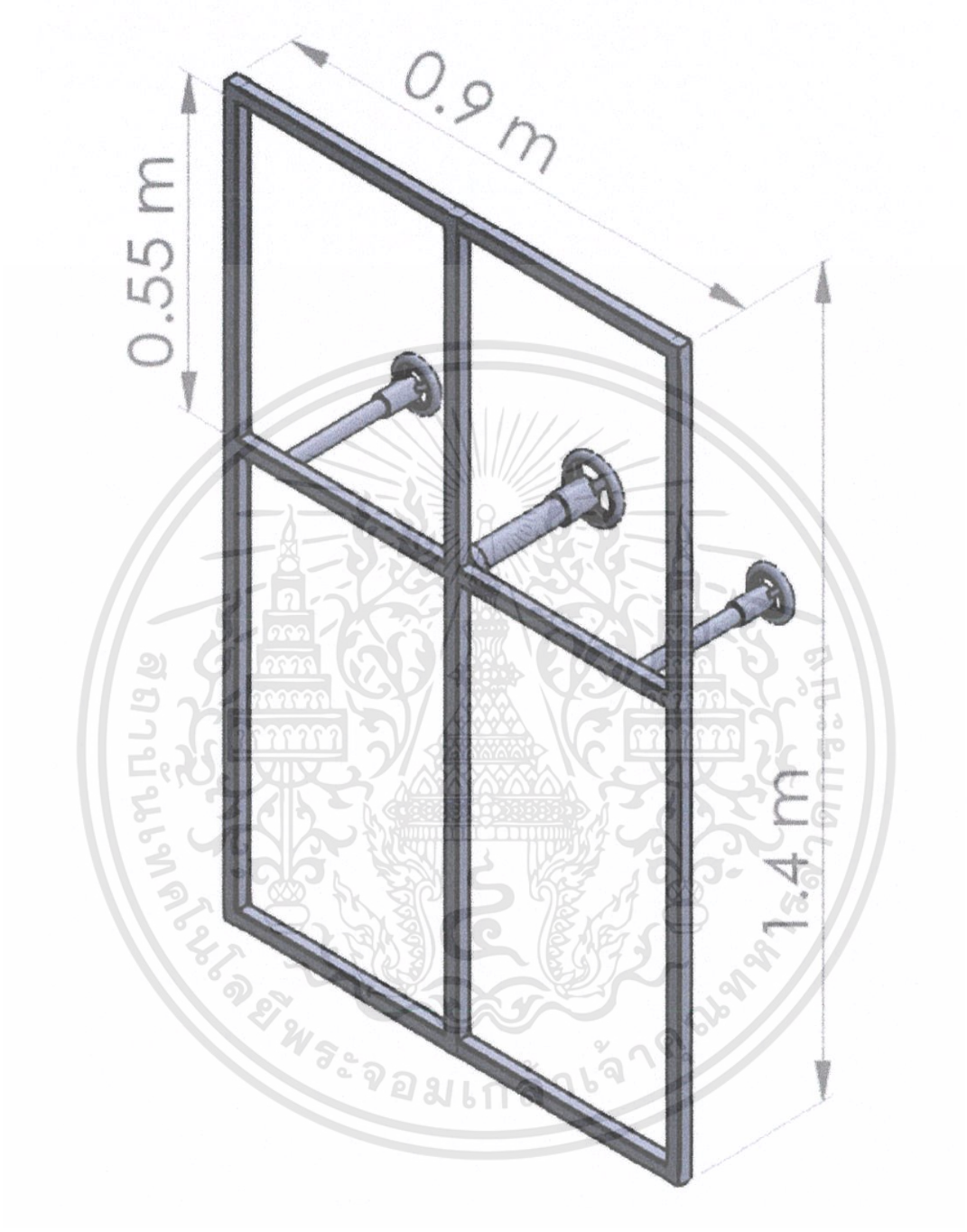
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. แบบเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท



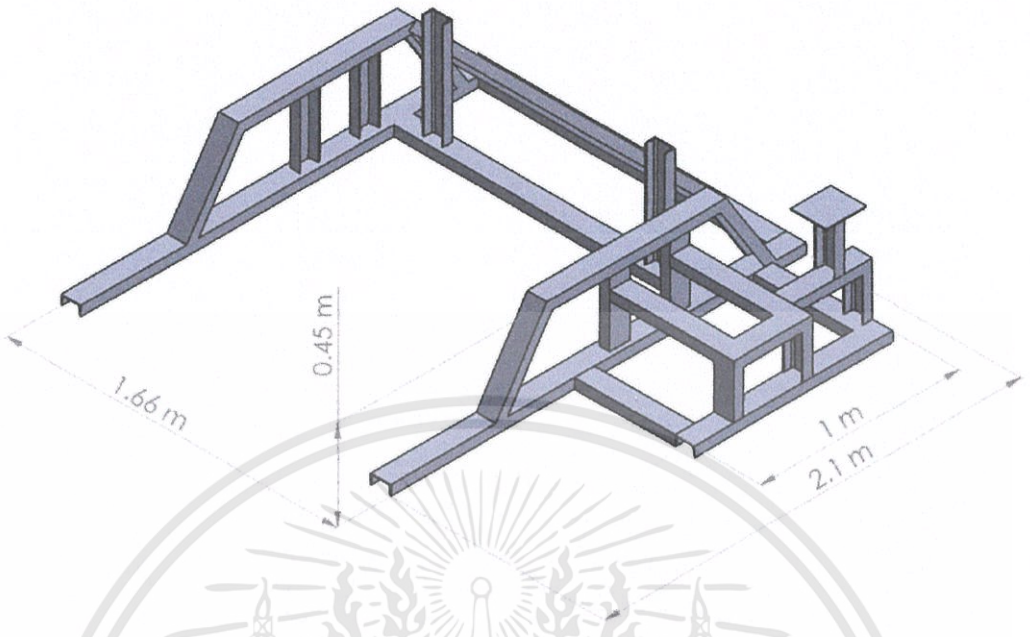
รูปที่ ก.1 แบบโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

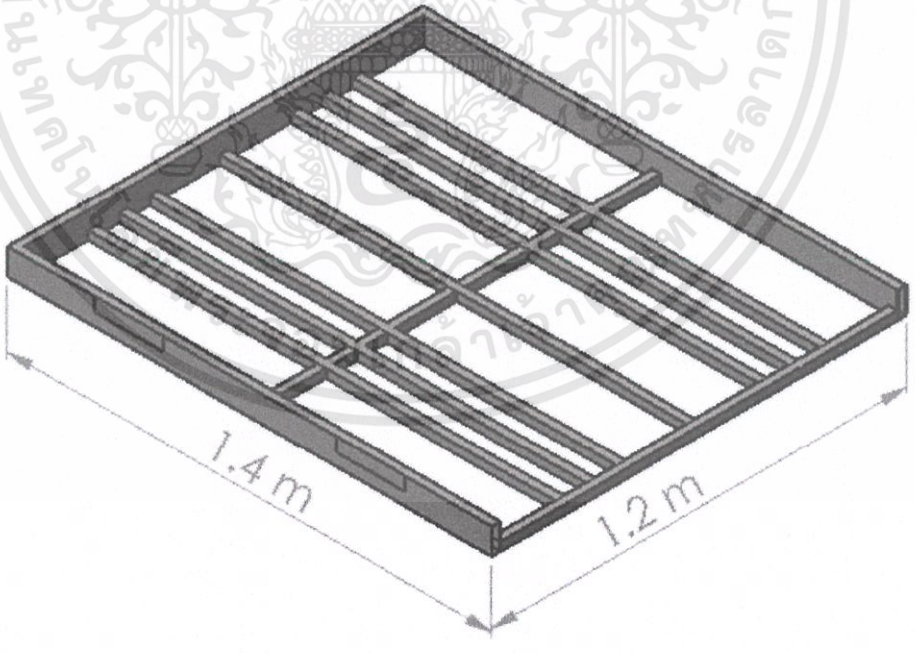


รูปที่ ก.2 แบบฝาข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

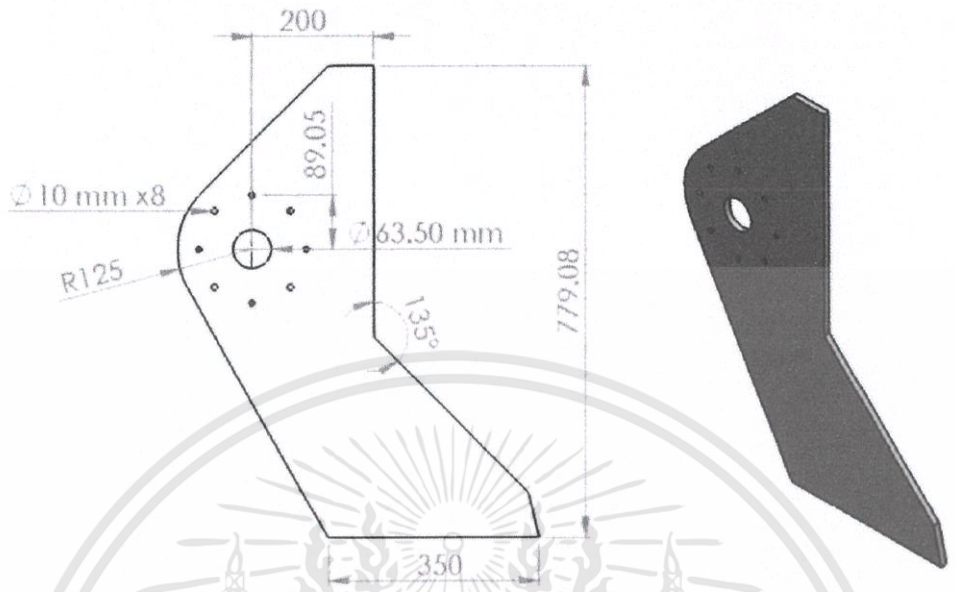


รูปที่ ก.3 แบบฐาน

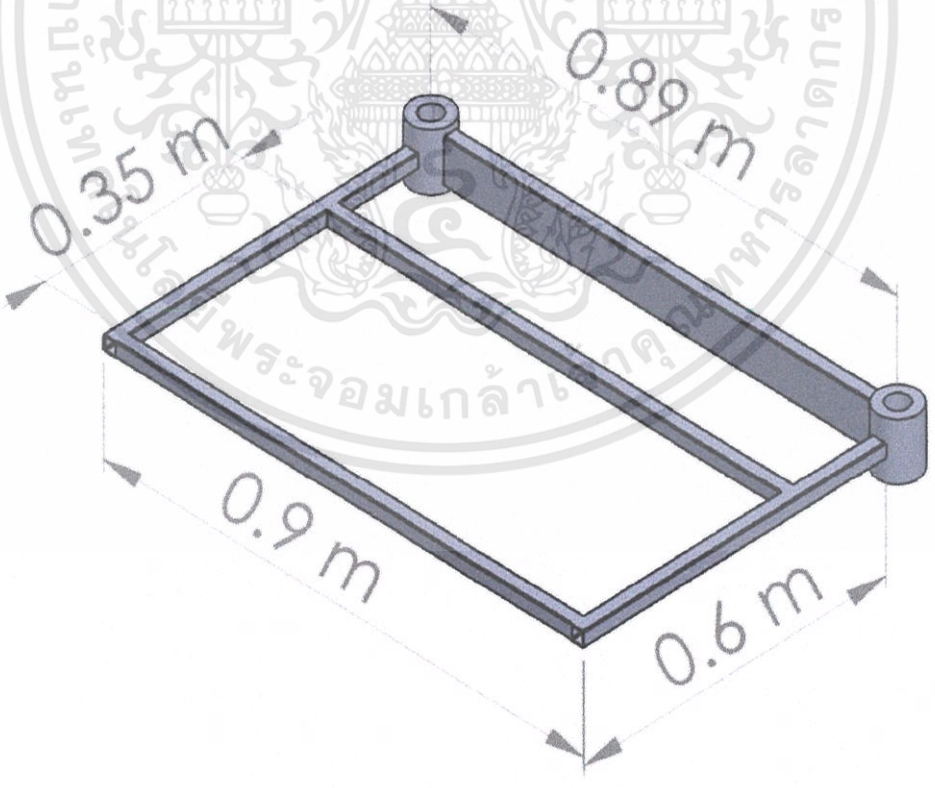


รูปที่ ก.4 แบบประตู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



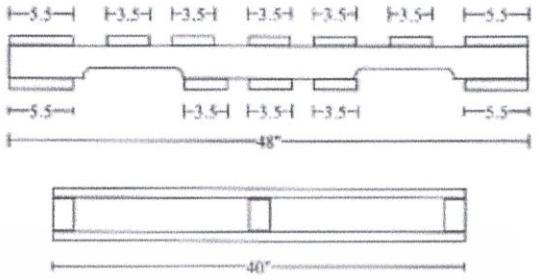
รูปที่ ก.5 แบบที่จับเพลา



รูปที่ ก.6 แบบฝาผิดบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

48 x 40 4-Way New Flush Pallet	
3 Runners	1 1/4 x 3 1/2 x 48
2 Top Deck	9/16 x 5 1/2 x 40
5 Top Deck	9/16 x 3 1/2 x 40
2 Bottom Deck	9/16 x 5 1/2 x 40
3 Bottom Deck	9/16 x 3 1/2 x 40



รูปที่ ก.7 แบบพาเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.คู่มือการใช้งาน

1. ใช้รถโฟล์คลิฟต์ยกสินค้าเข้าไปใส่ยังเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

2. เปิดสวิตซ์เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

3. กดปุ่มสีแดง เพื่อให้เครื่องทำการยกสินค้าขึ้น

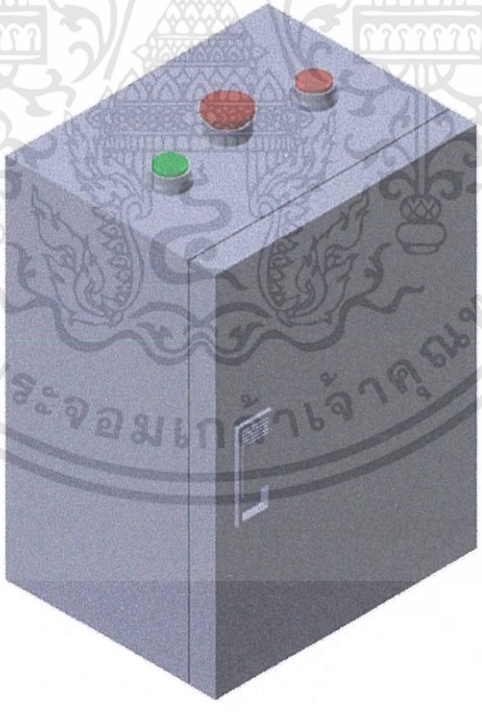
4. เปิดประตูโดยการดึงสลักทั้งบนและล่าง

5. ทำการเปลี่ยนถ่ายพาเลทและปิดประตู

6. กดปุ่มสีเขียว เพื่อให้เครื่องทำการยกสินค้าลง

7. ใช้รถโฟล์คลิฟต์ยกสินค้าออกจากเครื่อง

ถ้าเครื่องเกิดมีปัญหาระหว่างการทำการยก ขึ้นหรือลง ให้กดปุ่มสีแดงใหญ่ตรงกลางเพื่อติดระบบการทำงานของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท



รูปที่ ข.1 กล่องควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานวิชาโครงงาน
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์ประจำปีการศึกษา 2556
การออกแบบและสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท
(Design and Build Pallet Changer)

นายณัฐภัทร บุญยศ รหัส 53010502
นายการุณ จรรยาอนุรักษ์ รหัส 53010545
นายสุรวิชญ์ ด่านรุ่งโรจน์ รหัส 53011780

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์
(รศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว)

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้นำเสนอการออกแบบและจัดสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท สำหรับเปลี่ยนพาเลทที่รองรับสินค้าในกระบวนการผลิตเป็นพาเลทชนิดฆ่าเชื้อเพื่อรองรับสินค้าที่จะส่งไปยังต่างประเทศ เนื่องจากบางประเทศกำหนดให้ใช้พาเลทชนิดฆ่าเชื้อรองรับสินค้าที่จะนำเข้าไปจำหน่ายในประเทศนั้นๆ การออกแบบจะใช้หลักการออกแบบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ประกอบตามหลักการออกแบบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ทางวิศวกรรมเครื่องกล การศึกษาเริ่มจากศึกษาข้อมูลของเครื่องที่มีใช้อยู่ทั้งในและต่างประเทศ จากนั้นได้ทำการออกแบบและเขียนแบบชิ้นส่วนประกอบแล้วจึงทำการผลิตชิ้นส่วนและจัดซื้ออุปกรณ์มาประกอบเป็นเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทตามที่ได้ออกแบบไว้ แล้วจึงได้ทำการทดสอบสมรรถนะโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมองศาที่ใช้ในการยกเทียบกับกำลังและแรงบิดที่ใช้เพื่อเป็นข้อมูลในการหาขนาดของชุดเกียร์ทดเพลา แบริ่ง และมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้เป็นต้นกำลัง นอกจากนี้ยังได้ใช้โปรแกรม SOLIDWORKS ทำการวิเคราะห์หาค่าความแข็งแรงของโครงสร้างและเพลาขับที่ใช้เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมที่สุด

คำหลัก : พาเลท , เครื่องเปลี่ยนพาเลท , ชุดเกียร์ทด

Abstract

This project represent the designing and building process of a Pallet Changer to change the wooden pallet the cargo is placed on into a sterilized pallet, Because in some country imported goods must use a sterilized pallet in order to distributed into that country. The designing process of component and tools used will base on Mechanical Engineering Component Design. The research start with comparing the specification of Pallet Changer in the market both the one sold in country and the imported one, after researching begin the designing of machine structure and component used. Then test the machine capacity by define the relation between Torque in the shaft and power needed to operates at each height of the operation, these information will determine the power of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the electric motor used as power unit, gearbox size, shaft size, bearing used. In addition the parts are analyzes by SOLIDWORKS to choose the appropriate parts design.

Keywords: Pallet, Pallet Changer , Gear Box

1.บทนำ

1.1 เหตุผลและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศผลิตสินค้าและส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศมากขึ้น ในการขนส่งสินค้าส่วนใหญ่มักจะใช้พาเลทเป็นตัวรองรับสินค้าที่จะขนย้ายเข้าไปในตู้คอนเทนเนอร์เพื่อนำส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศโดยทางเรือ ซึ่งมีบางประเทศที่กำหนดให้ใช้พาเลทที่รองรับสินค้าเป็นพาเลทที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อโรคแล้ว โดยปกติการเปลี่ยนถ่ายสินค้าจากพาเลทที่ใช้ในกระบวนการผลิตไปยังพาเลทตัวใหม่ที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อโรคแล้วนั้นจะใช้แรงงานคนยกสินค้าจากพาเลทหนึ่งย้ายไปยังอีกพาเลทหนึ่ง ซึ่งจะทำให้เสียเวลาและสิ้นเปลืองค่าแรงงานมาก บริษัทดีเคเอสเอส (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจจัดส่งสินประเภทไอศกรีมวอลล์ที่ผลิตโดยบริษัท ยูนิลีเวอร์ ประเทศไทยจำกัด ไปยังต่างประเทศ จึงได้ขอให้ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังออกแบบสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทขึ้นมา จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากทั้งในและต่างประเทศพบว่าไม่มีบริษัทใดผลิตเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทภายในประเทศ แต่มีการนำเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่ผลิตจากต่างประเทศเข้ามาใช้ในประเทศจำนวนมาก (www.paynepalletinverters.co.uk) เครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศจะมีกลไกซับซ้อนควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติโดยใช้รีโมตควบคุมระยะไกล เมื่อชำรุดเสียหายต้องใช้ช่างเทคนิคที่มีความชำนาญในการซ่อมบำรุง ราคาเครื่องประมาณ 800,000 - 1,000,000 บาท และไม่สามารถนำไปใช้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ – 25°C ได้ โครงงานนี้จึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทแบบกึ่งอัตโนมัติที่สามารถใช้ในห้องเย็นได้และการใช้งานที่ไม่ซับซ้อนมากนักโดยใช้แรงงานคนเพียง 1-2 คน ก็สามารถปฏิบัติงานได้

รูปที่ 1 เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่นำเข้าจากต่างประเทศ (www.paynepalletinverters.co.uk)

รูปที่ 2 เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่นำเข้าจากต่างประเทศ (www.baust-materialflusssysteme.de)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ออกแบบและสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทแบบกึ่งอัตโนมัติที่สามารถใช้ในห้องเย็นได้

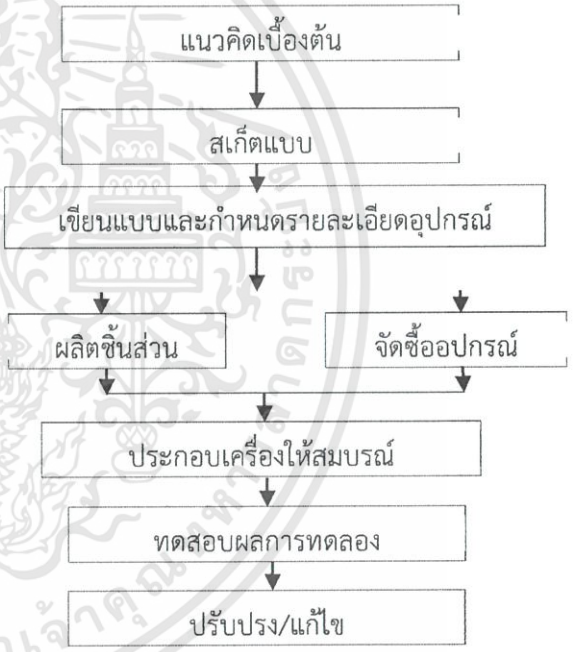
1.2.2 วิเคราะห์หาขนาดชิ้นส่วนประกอบเครื่องเปลี่ยนถ่ายเพเลทที่เหมาะสมโดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ศึกษาข้อมูลเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่มีจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ แล้วจึงออกแบบเครื่องตามข้อกำหนดการใช้งานที่กำหนดให้เครื่องสามารถใช้เปลี่ยนถ่ายสินค้าที่วางอยู่บนพาเลทที่มีขนาดรวม 100 x 120 X175 ซม. และรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 1 ตัน การควบคุมการทำงานของตัวเครื่องแบบกึ่งอัตโนมัติ และสามารถใช้งานในห้องเย็นที่อุณหภูมิ– 25°C จากนั้นก็จะเขียนแบบภาพประกอบและภาพแยกชิ้นส่วนของเครื่องพร้อมทั้งคำนวณหาขนาดชิ้นส่วนและอุปกรณ์ประกอบเครื่องตามหลักการออกแบบทางวิศวกรรมเครื่องกล โดยมีการวิเคราะห์หาขนาดของชิ้นโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วย แล้วจึงผลิตชิ้นส่วนและจัดซื้ออุปกรณ์มาประกอบสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทขึ้นแล้วทดสอบการใช้งานเบื้องต้นที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล แล้วจึงนำไปติดตั้งใช้งานจริงที่คลังสินค้าของบริษัท ยูนิลีเวอร์ ประเทศไทย จำกัด ในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังโดยมีขั้นตอนการออกแบบโดยแสดงในรูปที่ 3

2. ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่ได้ออกแบบขึ้น จะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนสำคัญดังแสดงในรูปที่ 4 โดยจะประกอบไปด้วย เฟรมที่มีขนาดสูง 2 m และฐาน 1.2x1.4 m ต่อกับเพลาขับที่มีขนาด 2.5 นิ้ว ซึ่งถูกจับยึดแบริ่งขนาด 2.5 นิ้ว และปลายของเพลาด้านหนึ่งต่อเข้ากับชุดเฟืองทด ซึ่งได้กำลังขับมาจากมอเตอร์ และควบคุมการทำงานด้วยระบบสวิตช์ และภายในตัวเฟรมมีจุดจับยึดสินค้า 3 ด้าน คือฝาปิดข้าง 2 ด้าน และฝาปิดด้านบน 1 ตัว และพื้นสามารถเปิดได้เพื่อเปลี่ยนพาเลท โดยมีหลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากการใช้ตัวเครื่องหลังจากนั้นเปิดสวิตช์เพื่อให้ตัวเครื่องหมุนขึ้นไปในแนวระนาบ แล้วเปิดพื้นหรือประตูเพื่อเปลี่ยนถ่ายพาเลทอันใหม่เข้าไปแทนแล้วจึงปิดประตู จากนั้นนำเครื่องลงด้วยระบบควบคุมสวิตช์ แล้วนำสินค้าออกจากตัวเครื่องด้วยโฟล์คลิฟท์ เป็นอันเสร็จสิ้นการทำงานโฟล์คลิฟท์ในการขนย้ายสินค้าที่อยู่บนพาเลทเข้าไปใน



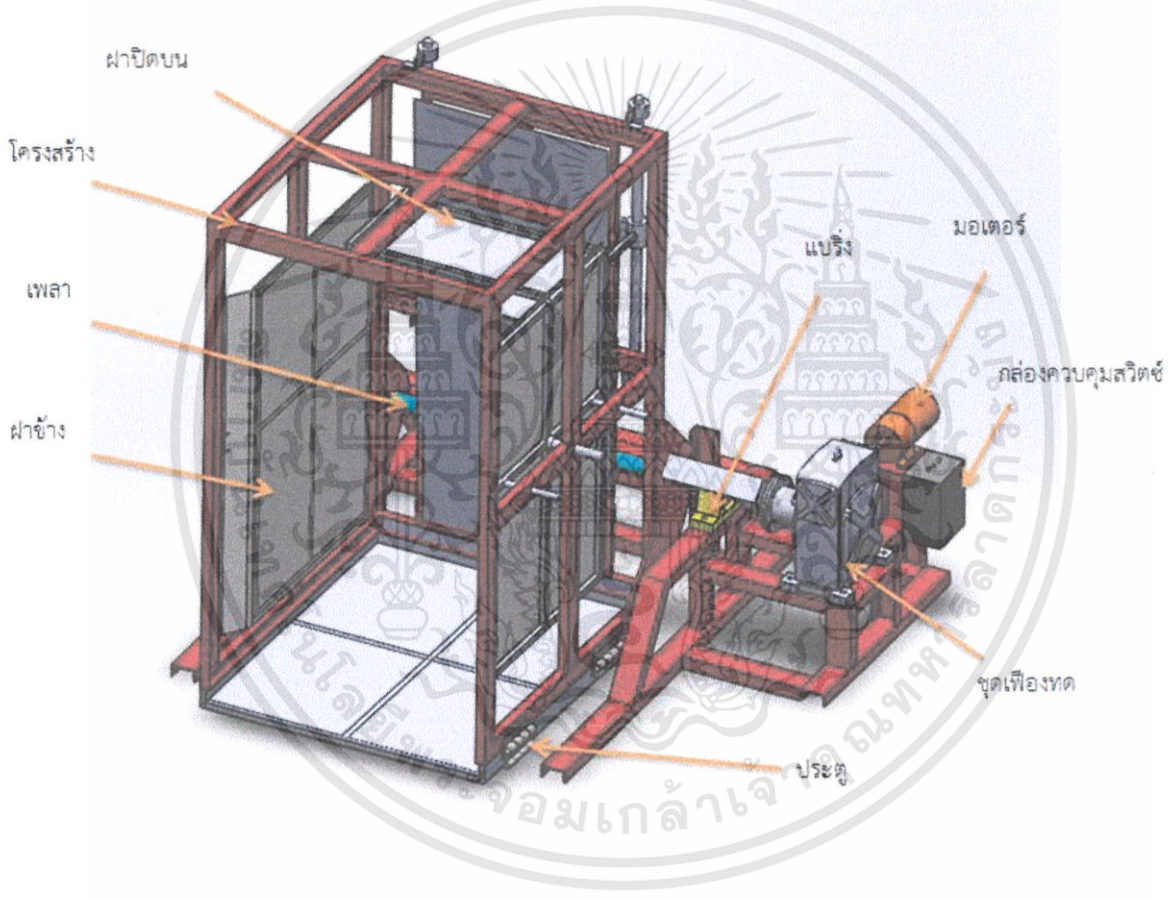
รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการออกแบบ

2. ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่ได้ออกแบบขึ้น จะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนสำคัญดังแสดงในรูปที่ 4 โดยจะประกอบไปด้วย เฟรมที่มีขนาดสูง 2 m และฐาน 1.2x1.4 m ต่อกับเพลาขับที่มีขนาด 2.5 นิ้ว ซึ่งถูกจับยึดแบริ่งขนาด 2.5 นิ้ว และปลายของเพลาด้านหนึ่งต่อเข้ากับชุดเฟืองทด ซึ่งได้กำลังขับมาจากมอเตอร์ และควบคุมการทำงานด้วยระบบสวิตช์ และภายในตัวเฟรมมีจุดจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยึดสินค้า 3 ด้าน คือฝาปิดข้าง 2 ด้าน และฝาปิดด้านบน 1 ตัว และพื้นสามารถเปิดได้เพื่อเปลี่ยนพาเลท โดยมีหลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากการใช้ตัวเครื่องหลังจากนั้นเปิดสวิตช์เพื่อให้ตัวเครื่องหมุนขึ้นไปในแนวระนาบ แล้วเปิดพื้นหรือประตูเพื่อเปลี่ยนถ่ายพาเลทอันใหม่เข้าไปแทนแล้วจึงปิดประตู จากนั้นนำเครื่องลงด้วยระบบควบคุมสวิตช์ แล้วนำสินค้าออกจากตัวเครื่องด้วยโฟล์คลิฟท์ เป็นอันเสร็จสิ้นการทำงานโฟล์คลิฟท์ในการขนย้ายสินค้าที่อยู่บนพาเลทเข้าไปใน



รูปที่ 4 ส่วนประกอบของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

3. การคำนวณหาขนาดชิ้นส่วน

การสร้างเครื่องจักรจะต้องมีการคำนวณหาขนาดของชิ้นส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการทำงาน

3.1 การคำนวณหาขนาดเพลา

การคำนวณหาขนาดเพลาที่ใช้ในการหมุนยกสินค้าจะคำนวณได้ดังสมการที่ (3.1)

$$\frac{J}{c} = \frac{T}{\tau_{allow}} \quad (3.1)$$

โดยที่ค่า c เป็นรัศมีของเพลา ค่า J เป็นค่า Polar moment of inertia สำหรับเพลาตันจะมีค่าเท่ากับ $\frac{\pi}{2}c^4$ และให้ค่า $\tau_{allow} = 0.6\sigma_y$ จากคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทำเพลาเป็นเหล็กตามมาตรฐาน AISI 1045 ซึ่งมีค่า $\sigma_y = 530\ MPa$ จึงให้ค่าความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในเพลา เท่ากับ 318 MPa เมื่อนำค่าที่ได้มาไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนในสมการ (3.1) จะทำให้ได้ขนาดเพลาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 51.6 มม.

3.2 การคำนวณหามุมบิดที่เกิดขึ้นในเพลา

โดยปกติขนาดมุมบิดของเพลาตามมาตรฐานเพลาจะต้องมีมุมบิดไม่เกิน 3 องศา การคำนวณหาขนาดมุมบิดจะคำนวณได้โดยใช้สมการที่ (3.2)

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \qquad (3.2)$$

เมื่อ T มีค่าเท่ากับ 8,575 Nm และ L คือความยาวของเพลามีขนาด 1.9 m โดยที่ค่า G คือ Shear modulus of elasticity for the material จากมาตรฐานเหล็ก AISI1045 มีค่าเท่ากับ 80 G•N/m^2

$$\theta = \frac{TL}{GJ} = \frac{8{,}575 \times 1.9}{80 \times 10^9 \times \frac{\pi(\frac{0.0635}{2})^4}{2}}$$

เมื่อนำค่าที่ได้มาแทนในสมการ (3.2) จะได้ค่ามุมบิดเท่ากับ 0.128 องศา ซึ่งถือว่าไม่เกินค่ามาตรฐาน

3.3 การคำนวณหาความเค้นในเพลา

ในการคำนวณหาค่าความเค้นที่เกิดขึ้นในเพลาจะพิจารณาจากแรงบิดที่กระทำกับเพลาและแรงดัดอันเนื่องมาจากน้ำหนักสินค้า โดยสร้าง SFD BMD ขึ้นมาเพื่อหาค่าความเค้นเฉือนและความเค้นดัดจากความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์และแรงที่กระทำต่อเพลา

$$M = F \times R \qquad (3.3)$$

$$\sum M = 0$$

และจาก $\sum M_A = 0$ โดยให้ทวนเข็มเป็น+

ให้จุดที่ F_3 เป็นจุดหมุนจะได้

$$M + F_1R_1 + F_2R_2 = \sum FR$$

$$M + 1.73F_1 + 0.17F_2 = 12{,}454.15 \qquad (a)$$

ให้จุดที่ F_2 เป็นจุดหมุนจะได้

$$-M + F_1R_1 = \sum FR$$

$$-M + 1.56F_1 = 10{,}487.04 \qquad (b)$$

และจาก

$$\sum F_y = 0$$

$$F_1 + F_2 + F_3 = 12{,}710.8$$

$$F_1 + F_2 + \frac{M}{0.17} = 12{,}710.8 \qquad (c)$$

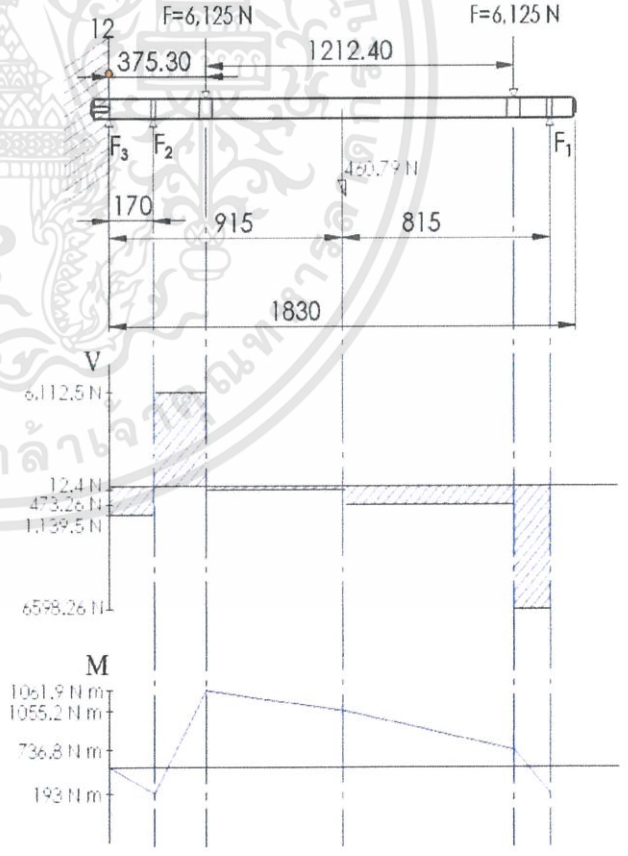
นำสมการตั้ง 3 มาแก้จะได้

$$M = -193.726\ Nm$$

$$F_1 = 6{,}598.28\ N$$

$$F_2 = 7{,}252.09\ N$$

$$F_3 = -1{,}139.56\ N$$



รูปที่ 5 SFD และ BMD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (3.4)$$

โดยที่ $$I = \frac{\pi r^4}{4}$$

จะได้ $\sigma = 42{,}243{,}758\ Pa = 42MPa$

จาก $$\tau = \frac{Tc}{J} \quad (3.5)$$

โดยที่ $$J = \frac{\pi r^4}{2}$$

จะได้ $\sigma = 170\ MPa$

3.3.3 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์

$$P = \frac{T_L}{746 \times t} = \frac{M \times g \times R sin\theta}{746 \times T} \quad (3.6)$$

ในการหมุนยกสินค้าใช้เวลา 15 วินาที ในการหมุนยกสินค้าจากแนวตั้งให้ไปอยู่ในแนวนอน จะได้ค่า P หรือกำลังขับมอเตอร์ เท่ากับ 0.76 hp ดังนั้นต้องเลือกใช้ขนาดมอเตอร์เท่ากับ 1 hp

3.3.4 การคำนวณหาชุดเฟืองทด

ในการคำนวณหาขนาดอัตราทดของชุดเฟืองทด จะต้องหาทอร์คจากโหลดและทอร์คของมอเตอร์มาคำนวณหาอัตราทดของชุดเฟืองทด

วิธีการคำนวณ

$$T_L = \text{F x Rcos}\phi \quad (3.7)$$

$$T_M = \frac{P}{\omega} \quad (3.8)$$

$$T_M = \frac{P}{\omega} = \frac{746 \times 1}{3.36} = 222\ \text{Nm}$$

ค่าทอร์คที่มากที่สุดที่กระทำต่อเพลา (ที่ 0°) = 8575 Nm

$$\text{Ratio} = \frac{T_L}{T_M} \quad (3.9)$$

$$\text{Ratio} = \frac{T_L}{T_M} = \frac{8575}{222} = 38:1$$

3.3.5 การเลือกรุ่นเฟืองทด

ในการเลือกรุ่นเฟืองทดเราทำการคำนวณตามหลักการของผู้ผลิต HANGZHOU JIE DRIVE TECHNOLOGY CO.,LTD.

ก) สูตรการคำนวณ transmission ratio

ในการคำนวณหาค่า transimission ratio เราคำนวณเพื่อไปเลือกรุ่นของเฟืองทด โดยคำนวณจากสมการที่ (3.10) โดยที่ค่าn_1 คือความเร็วรอบของ Input และ n_2 คือความเร็วรอบของ Output ในหน่วย rpm

$$i_s = \frac{n_1}{n_2} \quad (3.10)$$

$$i_s = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{1360 \times 40}{43}}{1} = 1265.12$$

เมื่อเทียบค่า i_s จากแคตาลอคจะต้องใช้เลือกใช้เฟืองทดรุ่น JRP3KF ขนาด $i_N = 1400$

ข) การคำนวณ Nominal Power rating

คำนวณหาค่า Nominal Power rating เพื่อไปเลือกขนาดของเฟืองทด โดยคำนวณจากสมการ

$$P_N \geq P_2 x f_1 x f_2 x f_3 x f_4 \quad (3.11)$$

เมื่อ P_2 คือ ค่าพลังงานที่ต้องใช้ของเครื่องจักร คำนวณได้จากสมการที่ (3.12)

f_1 คือ Service factor

f_2 คือ Factor for prime mover

f_3 คือ Safety factor

f_4 คือ Start factor

$$P_2 = \frac{T_2 \times n_2}{9550} \quad (3.12)$$

$$P_2 = \frac{T_2 \times n_2}{9550} = \frac{8575 \times 1}{9550} = 0.90\ \text{kW}$$

Nominal Power rating ที่ต้องใช้เท่ากับ

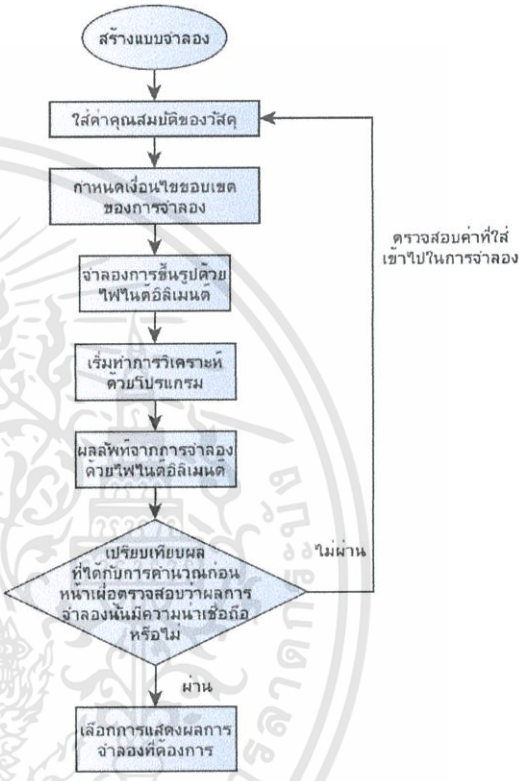
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_N \geq 0.90 \times 1.2 \times 1 \times 2 \times 1.12 = 2.42\ \text{kW}$$

จากคู่มือการเลือกชุดเฟืองทด เราจะต้องใช้ชุดเฟือง size 9 ของรุ่น JRP3KF 1400

4. การออกแบบหาขนาดเพลาที่เหมาะสมด้วยระเบียบวิธี Finite Element

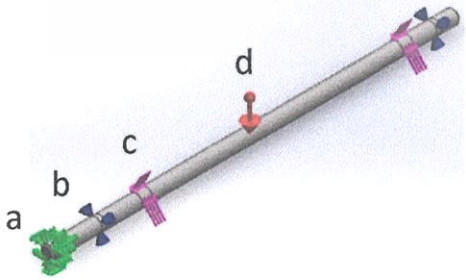
ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method) คือเทคนิควิเคราะห์เชิงตัวเลขสำหรับการหาคาตอบโดยประมาณของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยพร้อมๆ กับสมการปริพันธ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากระเบียบวิธีนี้มีพื้นฐานมาจากทั้งการกาจัดสมการเชิงอนุพันธ์อย่างสมบูรณ์ สาหรับปัญหาที่อยู่ในสภาวะคงที่ หรือการปรับแก้สมการเชิงอนุพันธ์ให้กลายเป็นระบบโดยประมาณของสมการเชิงอนุพันธ์สามัญซึ่งเป็นปริพันธ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการใช้เทคนิคมาตรฐานทางคณิตศาสตร์ วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถใช้วิเคราะห์ปัญหาด้านกลศาสตร์ของแข็ง ซึ่งในโครงการนี้เราจะใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงรูปร่างและความเค้นของโครงสร้างเครื่องจักรที่ได้ออกแบบ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

4.1 การ simulate ด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS

ในการ simulate ค่านั้นเราจะคำนวณหาค่า Stress Strain และ Factor of safety เพื่อมาวิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุที่นำมาใช้ในการออกแบบ



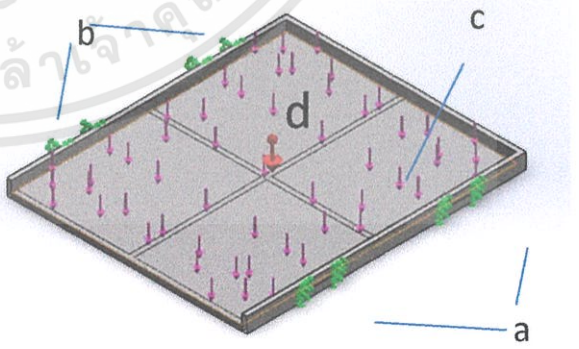
รูปที่ 5 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลองเพลา

a ส่วนที่เพลาต่อเข้ากับชุดเฟืองทดเพื่อขับเพลา

b ซัพพอร์ตแบริ่ง

c พื้นที่ ที่เกิดทอร์คเนื่องจากน้ำหนักของตัวเครื่อง

d น้ำหนักของตัวเพลาเนื่องจากแรกดึงดูด

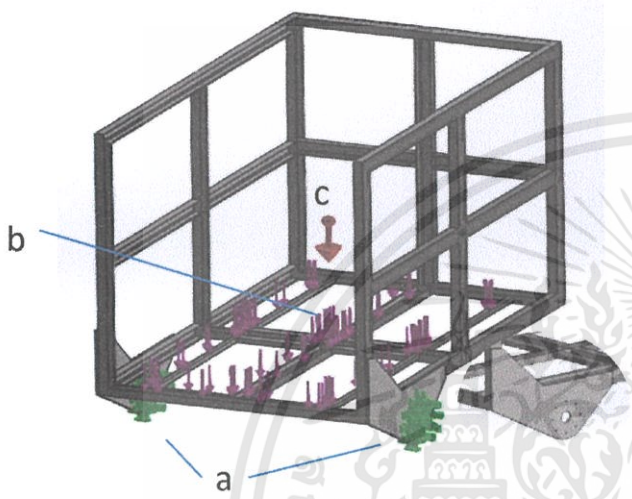


รูปที่ 7 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลองประตู

a พื้นที่ทั้ง 2 ส่วนนี้เป็นจุดยึดเนื่องจากเป็นจุดเชื่อมต่อกับบานพับที่ต่อเข้ากับตัวเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b พื้นที่ทั้ง 2 ส่วนนี้เป็นจุดยึดเนื่องจากเป็นจุดเชื่อมต่อกับสลักล็อคประตูกับตัวเฟรม
c แรงกดเนื่องจากน้ำหนักของสินค้าขนาด 1000 กก.
d คือน้ำหนักของตัวประตูเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

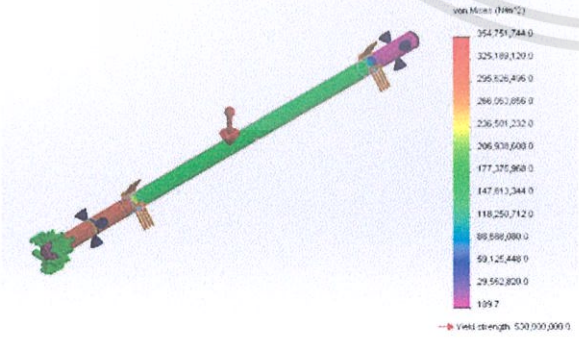


รูปที่ 8 เงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลองโครงสร้าง

a ทั้ง 2 จุดนี้เป็นจุดยึดเนื่องจากเป็นจุดเชื่อมต่อกับหน้าแปลนเพลาขับ
b แรงกดเนื่องจากน้ำหนักของสินค้าขนาด 1000 กก. c คือน้ำหนักของโครงสร้างเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

4.2 ผลการ simulate ของ Shaft

ผลจากการ Simulate ค่าต่างๆ ที่ Load max



รูปที่ 9 การ simulate ค่าความเค้นจากแรงบิด

ตารางที่ 1 ผลการSimulate ค่าความเค้นจากแรงบิด

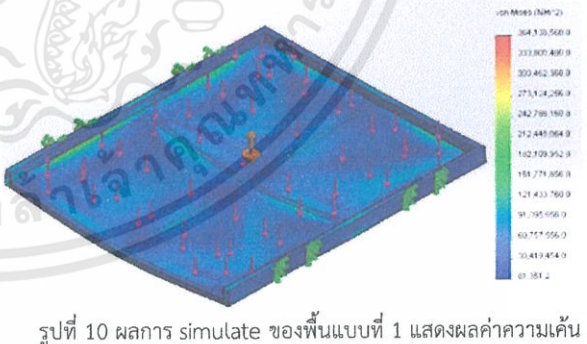
Shaft (mm)	Stress from load (MPa)	Safety factor
51.6	806.14	0.66
63.5	354.75	1.49
70	265.17	2.00
80	182.35	2.91

4.2.1 สรุปผลการ simulate เพลา

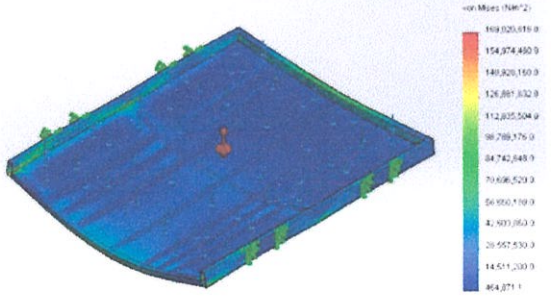
จากการ Simulate ทอร์คที่เพลาได้รับพบว่าเพลาขนาด 51.6 มีค่าความปลอดภัยต่ำกว่า 1 ภายใต้ทอร์คสูงสุดทำให้เป็นตัวเลือกที่ไม่ควรนำมาใช้งาน เพลาขนาดต่างๆนั้นมีค่าความปลอดภัยที่สูงมากพอที่ใช้งานได้ เพื่อความปลอดภัยควรเลือก 80mm ที่มีค่าความปลอดภัย 2.91

4.3 ผลการ simulate ของพื้น

ผลจากการ Simulate ค่าต่างๆ ที่ Load max โดยเปรียบเทียบจากเหล็กที่เสริมด้านล่างในแบบที่ได้เลือกใช้

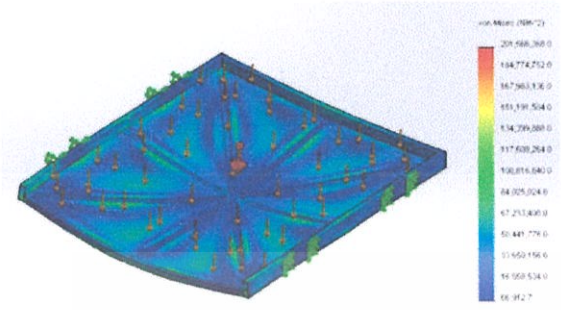


รูปที่ 10 ผลการ simulate ของพื้นแบบที่ 1 แสดงผลค่าความเค้น

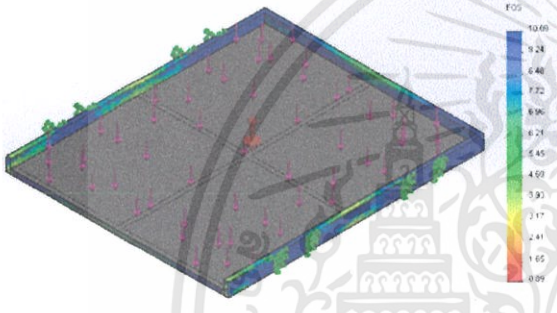


รูปที่ 11 ผลการ simulate ของพื้นแบบที่ 2 แสดงผลค่าความเค้น

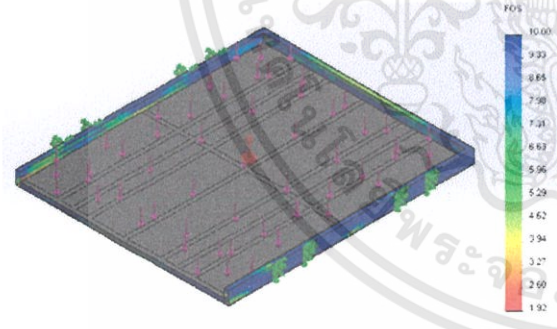
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



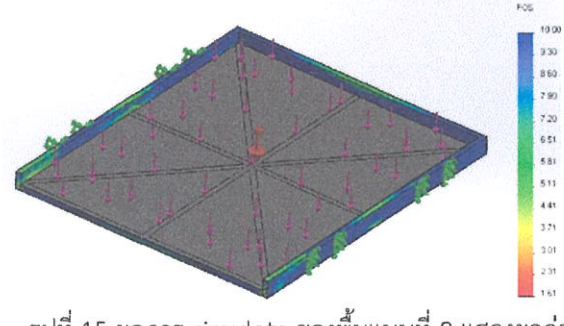
รูปที่ 12 ผลการ simulate ของพื้นแบบที่ 3 แสดงผลค่าความเค้น



รูปที่ 13 ผลการ simulate ของพื้นแบบที่ 1 แสดงผลค่าความปลอดภัย



รูปที่ 14 ผลการ simulate ของพื้นแบบที่ 2 แสดงผลค่าความปลอดภัย



รูปที่ 15 ผลการ simulate ของพื้นแบบที่ 2 แสดงผลค่าความปลอดภัย

4.3.1 สรุปผลการ simulate ของพื้น

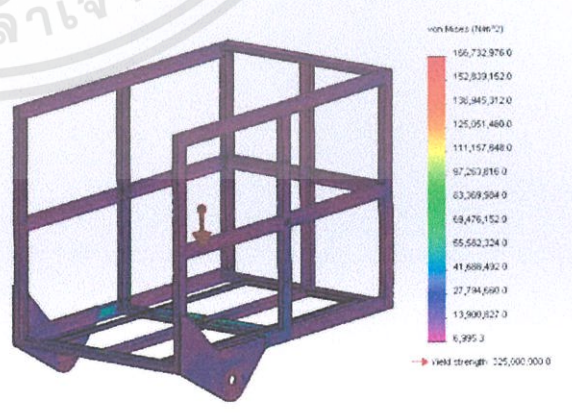
จากผลการ Simulate ค่าต่างๆที่ Load max พบว่าแบบที่ 1 มี ค่าความปลอดภัยค่อนข้างต่ำ แบบที่ 2 และ 3 ให้ค่าความปลอดภัยมากกว่า 1 สามารถเลือกใช้ได้ที่ 2 แบบ ซึ่งเราจะเลือกใช้ประตูรูปแบบที่ 2 เนื่องจากให้ค่าความปลอดภัยสูงสุด และน้ำหนักที่มากกว่านั้นเมื่อนำไปใช้งานแล้วจะมีผลน้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักของสินค้า

ตารางที่ 2 ผลการSimulateประตู

Door Design	Stress MPa	Displacement mm	Safety Factor	Mass kg
1	364.14	11.7	0.89	17.5
2	169.02	4.62	1.92	58.4
3	201.57	5.9	1.61	22.5

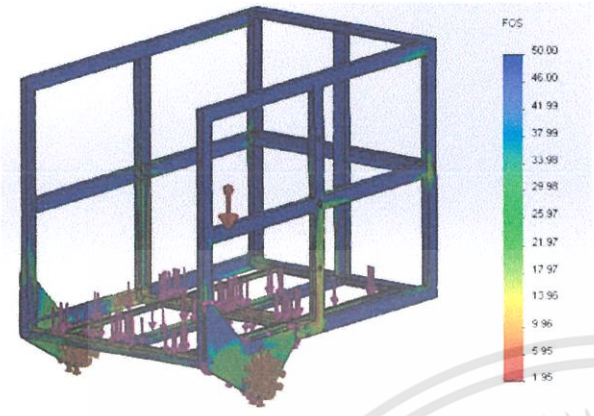
4.4 ผลการ simulate ของ Frame

ใช้โปรแกรมจำลองขณะที่เครื่องยกสินค้าไปที่แนวระนาบ เป็นช่วงที่ตัวโครงสร้างจะรับน้ำหนักสินค้าทั้งหมดเอาไว้



รูปที่ 16 ความเค้นของเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 ค่าความปลอดภัยของเฟรม

4.4.1 สรุปผลการ simulate ของเฟรม

จากการ Simulate ทำให้ทราบว่าโครงสร้างที่ได้ออกแบบ สามารถใช้งานได้มีค่าความปลอยภัยเพียงพอภายใต้สภาวะที่กำหนด

ตารางที่ 3 ผลการSimulateโครงสร้าง

	Stress MPa	Safety factor
Frame	166.73	1.95

5.สรุปผล

5.1 สรุปผลการสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

โครงงานนี้สามารถออกแบบและสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่สามารถใช้ได้ในห้องที่มีอุณหภูมิ –25 °C โดยเครื่องมีขนาด 1.2X1.4X2 เมตร ใช้สำหรับพาเลทที่มีขนาด 40x48 นิ้ว ซึ่งสามารถรับน้ำหนักของสินค้าได้ 1 ตัน ในการเปลี่ยนถ่ายพาเลทธรรมดาก่อนที่จะใช้เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทเดิมนั้นต้องใช้คนงาน 4 คนต่อ 1 ชุด (3 คนในการขนของ 1 คนในการควบคุมโฟล์คลิฟท์) และต้องใช้ 2 ชุดในการทำงานเนื่องจากการทำงานในห้องเย็น คนงานจะต้องออกจากห้องเพื่อทำให้ร่างกายอบอุ่นเพื่อป้องกันอันตรายจากอุณหภูมิต่ำ เพื่อให้การทำงานได้ต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องมี 2 ชุดทำงาน หลังจากได้นำเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทมาใช้งาน สามารถลดคนงานจาก 8 คนเหลือเพียงแค่ 2 คน โดยมี 1 คนในการควบคุมเครื่องและ 1 คนในการควบโฟล์คลิฟท์ และใช้เพียงแค่ 1 ชุดในการทำงานได้ เนื่องจากเวลาในการเปลี่ยนถ่ายพาเลทที่ไม่ได้ใช้เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทนั้นใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที ต่อ 1 พาเลท เมื่อใช้เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทจะใช้เวลาเพียงแค่ 2 นาที จึงสามารถใช้คนงานชุดเดียวและให้พักตามปกติโดยที่สามารถทำงานได้เท่าเดิม และเมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายของค่าจ้างจากการที่ลดพนักงานที่ต้องใช้ลง 6 คน โดยที่บริษัทให้ค่าจ้างและเบี้ยเลี้ยงต่อวันเป็นเงิน 396 บาท ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายจากค่าจ้างได้เป็นเงิน 71,280 บาทต่อเดือน และเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทนี้มีมูลค่าโดยรวมเท่ากับ 275,000 บาท ดังนั้นการใช้เครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทนั้นจะคืนทุนภายใน 4 เดือน

จากการใช้โปรแกรม Solidworks ได้ผลการ simulate เพื่อวิเคราะห์ชิ้นส่วนของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท โดยผลของการวิเคราะห์ที่เพลานั้นมีความเค้นที่เกิดขึ้นในเพลามีค่ามากกว่าที่ได้คำนวณไว้ จึงอ้างอิงจากความเค้นที่มีค่ามากกว่าในการออกแบบเพื่อความปลอดภัย จากการ simulate พบว่าควรเพิ่มขนาดเพลาเป็นขนาด 80 มม. เพื่อให้ได้ค่าความปลอดภัยที่สูงขึ้น เพราะเพลาเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญที่สุดในการรับน้ำหนัก ในส่วนของการ simulate เพื่อวิเคราะห์ส่วนของประตูนั้น ประตูแบบที่ 2 ให้ค่าความปลอดภัยสูงสุดจึงควรใช้แบบที่ 2 และสุดท้ายตัวเฟรมของเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลทจากการ simulate พบว่ามีค่าความปลอดภัยใกล้เคียงกับส่วนประตูจึงเหมาะสมในการเลือกใช้งานเพื่อสร้างเครื่องเปลี่ยนถ่ายพาเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Robert C. Juvinall and Kurt M. Marshek
Machine Component Design

[2] HANGZHOU JIE DRIVE TECHNOLOGY CO.,LTD.
(www.jie.com.cn)

[3] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.107-2533

[4] Mechanics of Materials Fifth edition R.C.
Hibbeler

[5] Mechanics of Materials Fifth edition
Ferdinand P.Beer and E. Russell Johnston,Jr.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้