

ออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากระถัน

Design the wheelchair patient transferring device



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากระถัน

Design the wheelchair patient transferring device



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design the wheelchair patient transferring device



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

2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบอุปกรณ์เคลื่อนย้ายผู้ป่วยจากระถัน

นายพงศธร มโนวรกุล รหัสประจำตัว 59010895

นายพศพงศ์ กิตติพงศ์ธร รหัสประจำตัว 59010926

นายรัชพล แสงวโศยสุข รหัสประจำตัว 59011132

ผศ.ดร.เอกพจน์ ตันตราภิวัดน์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบอุปกรณ์ช่วยยกผู้สูงอายุจากระถันขึ้นรถโดยสาร โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือครอบครัวที่มีผู้ดูแลผู้สูงอายุเพียงคนเดียว หรือผู้ดูแลที่ไม่มีกำลังมาก โดยอุปกรณ์ช่วยยกผู้สูงอายุจากระถันนี้ออกแบบโดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนท์อีลีเมนต์ โดยกำหนดให้น้ำหนักของผู้สูงอายุเท่ากับ 100 กิโลกรัม ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ พบว่าอุปกรณ์ที่ออกแบบจะมีค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นเท่ากับ 140.5 เมกะปาสคาล จากนั้นนำค่าความเค้นสูงสุดที่ได้มาเลือกประเภทของเหล็กที่จะใช้ตาม American Iron and Steel Institute ได้ชนิด AISI1045 ที่มีค่าความเค้นครากเท่ากับ 530 เมกะปาสคาล และได้ระยะยุบตัวสูงสุดที่ปลายแขนรับน้ำหนักต่ำลงมาเท่ากับ 12.9 มิลลิเมตร ซึ่งคิดเป็น 0.95 เปอร์เซ็นต์ของความสูงทั้งหมดของอุปกรณ์ และค่าความปลอดภัยที่ได้จากการคำนวณคือ 3.67 อุปกรณ์สามารถรองรับน้ำหนัก 100 กิโลกรัม และสามารถยกผู้สูงอายุจากระถันเข้ารถยนต์ที่มีความกว้างของช่องประตูไม่ต่ำกว่า 400 มิลลิเมตรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design of wheelchair patient transferring device

Pongsathon Manoworakul

Pasaphong Kittiphongtorn

Rachapol Sawaengwaisayasuk

Asst. Prof. Dr. Akapot Tantrapiwat Advisor

Abstract

The objective of this project is to design the device for moving the elderly from wheelchair to car. The targets of this device are the family which has only one caretaker or caretaker who is not strong enough. This device was designed and calculated by a finite element analysis method based on 100 kg of the elderly. The results of this analysis method showed the maximum stress of this device is equal to 140.5 MPa and maximum displacement at the end of the handle is 12.9 mm, which is equal to 0.95% of devices' height. The factor of safety is 3.67. By designing, this device can lift 100 kg and use for the width of the car door which is not less than 400 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ ii อี้อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์เล่มนี้มีอาจสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีหากขาดความอนุเคราะห์และความกรุณาของบุคคลหลายท่านซึ่งได้ให้ความรู้ คำปรึกษาและคำแนะนำเกี่ยวกับการดำเนินงานต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.เอกพจน์ ต้นตราภิวัดน์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งเป็นผู้ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด อีกทั้งขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ผู้เป็นกรรมการคุมสอบโครงงานนี้ รวมไปถึงอาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลหลายท่าน ผู้ซึ่งได้ช่วยเหลือแนะนำคำสั่งสอน ให้คำปรึกษา คำติชมในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆให้รายงานเล่มนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

การทำวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและบุคคลในครอบครัวทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง ที่เฝ้าเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และให้ทุนทรัพย์ในการศึกษา รวมทั้งเป็นกำลังใจในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่างๆเสมอมา

และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณผู้ที่สนับสนุนทุกท่านที่มีได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ด้วย ถ้าปราศจากบุคคลเหล่านี้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ก็คงไม่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และขออำนาจพระศรีรัตนตรัยและสิ่งศักดิ์สิทธิ์จากสากลทั่วโลก จงอำนวยอวยพรให้มีความสุขสวัสดิ์จงมีแต่ทุกท่านด้วยเทอญ

พงศธร มโนวรกุล

พศพงศ์ กิตติพงศ์ธร

รัชพล แสงไวศยสุข

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ภาi
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	vi
สารบัญรูปภาพ.....	vii
รายการสัญลักษณ์.....	xii
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 งานวิจัย ทฤษฎีและการคำนวณทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ชั้นส่วนที่มีแรงกระทำเป็นศูนย์.....	3
2.2 การเลือกกลูกล้อให้เหมาะสมกับการใช้งาน	4
2.3 ความต้านแรงและความแข็งแรงของวัสดุ	7
2.4 สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง	9
2.5 จุดศูนย์ถ่วง	9
2.6 ความเค้นหลัก.....	11
2.7 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์	11
บทที่ 3 การออกแบบ.....	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของอุปกรณ์ที่มีอยู่ในตลาด.....	15
3.2 แบบวงจรที่ใช้ควบคุม.....	17
3.3 การเลือกกระยะยของ Linear actuator.....	19
3.4 การเลือก Linear actuator.....	25
3.5 การเลือกวัสดุ.....	25
บทที่ 4 การออกแบบชิ้นงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	31
4.1 ลำดับขั้นตอนและข้อจำกัดในการออกแบบ.....	31
4.2 การวาดแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	32
4.3 การประกอบแบบชิ้นงานทุกส่วนด้วยคำสั่ง Assembly ก่อนจะนำไปทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	36
บทที่ 5 ผลการทดสอบแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	59
5.1 การทดสอบแบบจำลองอุปกรณ์ช่วยเคลื่อนย้ายผู้สูงอายุ.....	59
5.2 ผลการทดสอบแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	68
บทที่ 6 วิจารณ์และสรุปผล.....	73
6.1 สรุปผลการทดลอง.....	73
6.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน.....	73
6.3 ข้อเสนอแนะ.....	73
เอกสารอ้างอิง.....	74
ภาคผนวก.....	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 วิธีการเลือกวัสดุของล้อรถเข็นที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน	4
ตารางที่ 2.2 การเลือกวิธีการติดตั้งลูกล้อรถเข็น	5
ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของลูกล้ออย่าง	6
ตารางที่ 3.1 ข้อดีและข้อเสียของอุปกรณ์ที่มีอยู่ในตลาดประเภทต่างๆ	17
ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ AISI 1045 steel	61
ตารางที่ 5.2 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ Cast Carbon Steel	62
ตารางที่ 5.3 แสดงลักษณะของวัสดุที่ใช้ทำสลัก	62

สารบัญรูปลูกภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างกรณีที่ 1 ของชิ้นส่วนที่มีแรงกระทำเป็นศูนย์.....	3
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างกรณีที่ 2 ของชิ้นส่วนที่มีแรงกระทำเป็นศูนย์.....	4
รูปที่ 2.3 ชิ้นงานทดสอบด้วยการดึง	7
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดในชิ้นงานทดสอบ	8
รูปที่ 2.5 แผนภูมิแท่งแสดงวิธีการกำหนดราคาขาย	13
รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ที่มีอยู่ในตลาดประเภทที่ 1	15
รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่มีอยู่ในตลาดประเภทที่ 2	16
รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ที่มีอยู่ในตลาดประเภทที่ 3	16
รูปที่ 3.4 วงจรควบคุม Linear actuator	18
รูปที่ 3.5 แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อกด Limit switch หมายเลข 1	18
รูปที่ 3.6 แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อกด Limit switch หมายเลข 2	19
รูปที่ 3.7 ขนาดของส่วนต่าง ๆ ของ linear actuator จากตัวแทนจำหน่าย	20
รูปที่ 3.8 ภาพร่างอุปกรณ์พร้อม Linear actuator ที่ระยะต่ำสุดและสูงสุดที่มุม 22 องศาจากแนวระดับ	21
รูปที่ 3.9 ภาพร่างอุปกรณ์พร้อม Linear actuator ที่ระยะต่ำสุดและสูงสุดที่มุม 52 องศาจากแนวระดับ	21
รูปที่ 3.10 ภาพร่างอุปกรณ์พร้อม Linear actuator ที่ระยะมากที่สุดที่เป็นไปได้ที่มุม 52 องศาจากแนวระดับ	22
รูปที่ 3.11 แสดง Free body diagram แบบคร่าวๆของอุปกรณ์	23
รูปที่ 3.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะยกกับแรงที่ใช้ที่มุมต่าง ๆ	24
รูปที่ 3.13 แสดงภาพถ่ายด้านหน้าและด้านข้างของอุปกรณ์.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของตัวไอ.....	26
รูปที่ 3.15 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของตัวปีดบน.....	26
รูปที่ 3.16 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของแกนยกใน.....	27
รูปที่ 3.17 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของตัวยึดแกนยก.....	27
รูปที่ 3.18 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของแกนยกนอก.....	27
รูปที่ 3.19 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของ Linear actuator.....	28
รูปที่ 3.20 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของตัวยึดเสา.....	28
รูปที่ 3.21 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของเสาใน.....	28
รูปที่ 3.22 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของเสานอก.....	29
รูปที่ 4.1 แสดงลำดับขั้นตอนการออกแบบ	31
รูปที่ 4.2 ชุดคำสั่ง Sketch	32
รูปที่ 4.3 แสดงการวาดแบบชิ้นงานและการกำหนดขนาดของแต่ละส่วน	32
รูปที่ 4.4 แสดงคำสั่ง Extrude	33
รูปที่ 4.5 แสดงขั้นตอนการใช้คำสั่ง Extruded	33
รูปที่ 4.6 แสดงชิ้นงานที่ทำการกำหนดความหนาด้วยคำสั่ง Extruded เรียบร้อยแล้ว	34
รูปที่ 4.7 แสดงคำสั่ง Extruded cut	34
รูปที่ 4.8 แสดงการวาดแบบที่ต้องการเจาะบนชิ้นงาน	34
รูปที่ 4.9 แสดงการใช้งานคำสั่ง Extruded cut	35
รูปที่ 4.10 แสดงชิ้นงานที่เจาะรูด้วยคำสั่ง Extruded cut เรียบร้อยแล้ว	35
รูปที่ 4.11 แสดงชิ้นส่วนเบตเตอร์	36
รูปที่ 4.12 แสดงชิ้นส่วนล้อ	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13 แสดงชิ้นส่วน Linear actuator 1	37
รูปที่ 4.14 แสดงชิ้นส่วน Linear actuator 2	38
รูปที่ 4.15 แสดงชิ้นส่วนปั๊มยกขึ้น	38
รูปที่ 4.16 แสดงชิ้นส่วนกรอบรีโมท	39
รูปที่ 4.17 แสดงชิ้นส่วนปั๊มยกลง	39
รูปที่ 4.18 แสดงชิ้นส่วนเพลาส่วนด้วยก	40
รูปที่ 4.19 แสดงชิ้นส่วนเสาหน้า	40
รูปที่ 4.20 แสดงชิ้นส่วนเสาหลัง	41
รูปที่ 4.21 แสดงชิ้นส่วนมือจับ	41
รูปที่ 4.22 แสดงชิ้นส่วนแขนยกด้านหน้า	42
รูปที่ 4.23 แสดงชิ้นส่วนแขนยกด้านหลัง	42
รูปที่ 4.24 แสดงชิ้นส่วนตัวยึดมือจับ	43
รูปที่ 4.25 แสดงชิ้นส่วนแผ่นยึดแขนยก	43
รูปที่ 4.26 แสดงชิ้นส่วนแผ่นรองยึด	44
รูปที่ 4.27 แสดงชิ้นส่วนแผ่นรองฐานเสา	44
รูปที่ 4.28 แสดงชิ้นส่วนแผ่นรองฐาน Linear actuator	45
รูปที่ 4.29 แสดงชิ้นส่วนฐานล้อ	45
รูปที่ 4.30 แสดงชิ้นส่วนขาฐานเสาบน	46
รูปที่ 4.31 แสดงชิ้นส่วนฐาน 1	46
รูปที่ 4.32 แสดงชิ้นส่วนฐาน 2	47
รูปที่ 4.33 แสดงชิ้นส่วนฐาน 3	47

รูปที่ 4.34	แสดงชิ้นส่วนฐาน 4	48
รูปที่ 4.35	แสดงชิ้นส่วนฐานวางแบตเตอรี่	48
รูปที่ 4.36	แสดงชิ้นส่วนฐาน 5	49
รูปที่ 4.37	แสดงชิ้นส่วนฉากรักษา	49
รูปที่ 4.38	แสดงชิ้นส่วนฐาน Linear actuator บน	50
รูปที่ 4.39	แสดงชิ้นส่วนฐาน Linear actuator ล่าง	50
รูปที่ 4.40	แสดงชิ้นส่วนฐาน 6	51
รูปที่ 4.41	แสดงชิ้นส่วนแขนยกหลัก	51
รูปที่ 4.42	แสดงชิ้นส่วนแผ่นเชื่อมกลางแขนยก	52
รูปที่ 4.43	แสดงชิ้นส่วนกล่องเชื่อมปลายแขนยก.....	52
รูปที่ 4.44	แสดงชิ้นส่วนแผ่นเชื่อมปลายแขนยก.....	53
รูปที่ 4.45	แสดงชิ้นส่วนแผ่นล็อคแขนยกหลัก	53
รูปที่ 4.46	แสดงการเลือกคำสั่ง Assembly	54
รูปที่ 4.47	แสดงการเลือกคำสั่ง Assembly	54
รูปที่ 4.48	แสดงหน้าต่างเครื่องมือ Insert components	55
รูปที่ 4.49	แสดงชิ้นงานที่ถูกเลือกขึ้นมา	55
รูปที่ 4.50	แสดงคำสั่ง Mate	56
รูปที่ 4.51	แสดงการประกอบด้วยคำสั่ง Mate	56
รูปที่ 4.52	แสดงชิ้นงานที่ประกอบด้วยคำสั่ง Mate	57
รูปที่ 4.53	แสดงชิ้นงานที่ประกอบเรียบร้อยแล้วก่อนนำไปคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	57
รูปที่ 4.54	แสดงชิ้นงานที่จำลองการยกผู้สูงอายุ	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1 แบบจำลองอุปกรณ์ยกผู้สูงอายุจากรถเข็นผู้ป่วยขึ้นรถยนต์	59
รูปที่ 5.2 แสดงการเลือกชิ้นงานส่วนที่เป็นเหล็ก	59
รูปที่ 5.3 แสดงการเลือกคำสั่งสำหรับการระบุข้อมูลวัสดุ	60
รูปที่ 5.4 แสดงการเลือกวัสดุ AISI 1045	61
รูปที่ 5.5(ก) แสดงการเลือกคำสั่ง Add-Ins	63
รูปที่ 5.5(ข) แสดงการเลือกใช้คำสั่ง Simulation	63
รูปที่ 5.6 แสดงขั้นตอนที่หนึ่งของการ Simulation	64
รูปที่ 5.7 แสดงการเลือกจุดจับยึด	64
รูปที่ 5.8 แสดงการระบุแรงที่เกิดจากน้ำหนักของผู้ป่วย	65
รูปที่ 5.9 แสดงการระบุแรงที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก	66
รูปที่ 5.10 แสดงขั้นตอนการ Mesh	67
รูปที่ 5.11 แสดงผลลัพธ์ของการ Mesh	67
รูปที่ 5.12 วิธีการ Run แบบจำลองเพื่อทดสอบแรง	68
รูปที่ 5.13 แสดงผลการทดสอบในรูปของความเค้นและจุดที่มีความเค้นสูงสุด	69
รูปที่ 5.14 แสดงผลการทดสอบในรูปของความเครียด	70
รูปที่ 5.15 แสดงผลการทดสอบในรูปของการกระจัด	71
รูปที่ 5.16 แสดงผลการทดสอบในรูปของค่าความปลอดภัย (Factor of Safety)	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ชื่อ(ภาษาไทย)	หน่วย
A_0	พื้นที่หน้าตัดเริ่มต้นของชิ้นงานทดสอบ	m^2
d_0	เส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นของชิ้นงานทดสอบ	m
l	ความยาวของชิ้นงานเมื่อรับโหลด	m
l_0	ความยาวของชิ้นงานเมื่อรับโหลดที่เปลี่ยนไป	m
Δl	ผลต่างความยาวระหว่างความยาวของชิ้นงานเมื่อรับโหลดกับความยาวของชิ้นงานเมื่อรับโหลดที่เปลี่ยนไป	m
ϵ	ความเครียด	-
σ	ความเค้น	N/m^2
E	ค่าความยืดหยุ่น หรือ โมดูลัสของยัง	N/m^2
ΣF	ผลรวมของแรงภายนอกที่กระทำต่อวัตถุ	N
ΣM_0	ผลรวมของโมเมนต์ของแรงภายนอกรอบจุดใด ๆ	Nm
σ_1	ความเค้นหลักสูงสุด	N/m^2
σ_2	ความเค้นหลักต่ำสุด	N/m^2
τ	ความเค้นเฉือน	N/m^2
P	ราคาขายต่อหน่วย	บาท/ชิ้น
x	จำนวนหน่วยที่ผลิตและจำหน่าย	ชิ้น
FC	ต้นทุนคงที่รวม	บาท
V	ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย	บาท/ชิ้น
NO	ปกติเปิด	-
NC	ปกติปิด	-
COM	จุดรวมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ	-
F_w	แรงเนื่องจากน้ำหนักของผู้สูงอายุ	N
θ_1	มุมของอุปกรณ์ที่ทำกับแนวราบ	degree
θ_2	มุมของแรงจาก Linear actuator ที่ทำกับแกนยกของอุปกรณ์ซึ่งวัดจากแกนตั้ง	degree
A	จุดหมุน	-
X	ระยะยกของ Linear actuator เมื่อวัดจากจุดหมุน A	mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยในปัจจุบันมีจำนวนประชากรประมาณ 65 ล้านคน (64,816,874 คนตามข้อมูลจากระบบสถิติทางทะเบียนเดือนธันวาคมปี 2561) โดยประชากรที่มีอายุระหว่าง 45-55 ปี มีจำนวนมากถึง 16,365,078 คน หรือคิดเป็น 25.25 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนประชากรทั้งหมด ซึ่งจากข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้ ทำให้สามารถคาดคะเนได้ว่าต่อไปในอนาคต ประเทศไทยจะเข้าสู่ช่วงสังคมผู้สูงอายุอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งหนึ่งในปัญหาหลักของผู้สูงอายุนั้นคือเรื่องของสุขภาพร่างกาย รวมไปถึงการเคลื่อนไหว ดังนั้นสิ่งที่จะตามมาหากผู้สูงอายุต้องใช้รถเข็นเนื่องจากไม่สามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้คือ ความลำบากในการเคลื่อนย้ายผู้สูงอายุจากบนรถเข็นไปยังที่ต่าง ๆ โดยเฉพาะเข้าไปในรถยนต์ ซึ่งปัญหานี้อาจจะไม่ใช่ปัญหาที่ใหญ่หากมีผู้ดูแลหลายคน แต่ในบางครอบครัวอาจมีผู้ดูแลเพียงคนเดียวการเคลื่อนย้ายผู้สูงอายุถือเป็นสิ่งที่ยากพอสมควร และถ้าหากว่าผู้ดูแลเป็นคนที่กำลังน้อยแล้วความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุที่ไม่คาดคิดยังมีมากขึ้นอีกด้วย ซึ่งถือว่าเป็นปัญหาที่ใหญ่มากเลยทีเดียว

การพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆที่ช่วยอำนวยความสะดวกและแบ่งเบาภาระในชีวิตประจำวันถือว่าเป็นสิ่งที่ดีช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตอีกทั้งยังช่วยเพิ่มความปลอดภัย ลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุอีกด้วย

โครงการชิ้นนี้จะใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD) ในการสร้างชิ้นส่วนและแบบจำลองของอุปกรณ์ และใช้โปรแกรมในการคำนวณร่วมกับสูตรและทฤษฎีต่าง ๆ เพื่อประเมินความสำเร็จในการออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของแบบจำลองในด้านความปลอดภัยและการนำไปใช้ได้จริง รวมไปถึงข้อบกพร่องต่าง ๆ ก่อนนำไปสร้างเป็นต้นแบบเพื่อทดสอบและปรับปรุงข้อผิดพลาดที่ไม่คาดถึง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ที่ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนย้ายผู้สูงอายุจากรถเข็นไปยังรถยนต์

1.2.2 เพื่อหาวิธีลดต้นทุนในการผลิต

1.2.3 เพื่อคำนวณหาราคาขายเครื่องเคลื่อนย้ายผู้สูงอายุที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ออกแบบอุปกรณ์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD)

1.3.2 ทดสอบแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบผลที่ได้กับการคำนวณทางทฤษฎี เพื่อยืนยันความถูกต้องของการทดสอบแบบจำลองอุปกรณ์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 รวบรวมข้อมูลต่างๆที่จำเป็น ได้แก่ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลขนาดต่างๆของรถยนต์และรถเข็น ศึกษาอุปกรณ์รูปแบบต่างๆที่ใกล้เคียงในอินเทอร์เน็ต ศึกษาข้อมูลของวัสดุและเครื่องมือต่างๆที่คาดว่าจะต้องใช้

1.4.2 ศึกษาการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์อีลีเมนต์

1.4.3 ออกแบบอุปกรณ์ และสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์อีลีเมนต์

1.4.4 ใช้โปรแกรม Simulation แรงที่อุปกรณ์ต้องรับตามจุดต่าง ๆแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับการคำนวณ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

1.4.5 แก้ไขจุดบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นก่อนนำไป Simulation และคำนวณอีกครั้งจนไม่พบจุดบกพร่อง

1.4.6 คำนวณความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ต่างๆ

บทที่ 2

งานวิจัย ทฤษฎีและการคำนวณทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชั้นส่วนที่มีแรงกระทำเป็นศูนย์

2.1.1 นิยามของชั้นส่วนที่มีแรงกระทำเป็นศูนย์

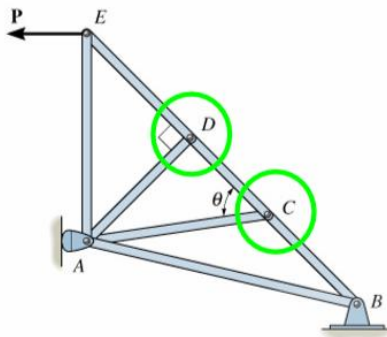
เราจะสามารถพิจารณาโครงสร้างดังกล่าวเป็นชั้นส่วนที่มีแรงกระทำเป็นศูนย์หรือไม่ ได้จาก 2 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 ถ้าข้อต่อของโครงสร้างถักเกิดจากการเชื่อมต่อกันโดยชั้นส่วนเพียง 2 ชั้นและ ไม่มีแรงกระทำที่ข้อต่อนั้น ชั้นส่วนทั้งสองจะเป็นชั้นส่วนที่มีแรงกระทำเป็นศูนย์



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างกรณีที่ 1 ของชั้นส่วนที่มีแรงกระทำเป็นศูนย์

กรณีที่ 2 ถ้าข้อต่อของโครงสร้างถักหมุนเกิดจากการเชื่อมต่อกันโดยชั้นส่วน 3 ชั้น โดยที่ 2 ใน 3 ของชั้นส่วนนั้นอยู่ในแนวเดียวกัน และที่จุดเชื่อมเมื่อไม่มีแรงกระทำที่ข้อต่อนั้น ชั้นส่วนที่เหลือจะเป็นชั้นส่วนที่มีแรงกระทำเป็นศูนย์



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างกรณีที่ 2 ของชิ้นส่วนที่มีแรงกระทำเป็นศูนย์

2.2 การเลือกลูกล้อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

2.2.1 การเลือกชนิดและวัสดุของลูกล้อ

การเลือกใช้ลูกล้อรถเข็นสำหรับเครื่องยกผู้สูงอายุ ถือว่าเป็นเรื่องสำคัญ ทั้งการเลือกชนิดของวัสดุที่จะส่งผลต่อการใช้งาน และการเลือกวิธีการติดตั้งที่จะส่งผลต่อการสร้างและประกอบเครื่องยกผู้สูงอายุ โดยมีหลักการเลือกดังนี้


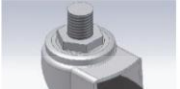
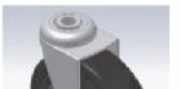


ตารางที่ 2.1 วิธีการเลือกวัสดุของล้อรถเข็นที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน

ชนิด	Wheel series	เหมาะกับพื้น	ที่เหมาะสม	อุณหภูมิที่เหมาะสม	Fats	Salt water	Fuel oil	Acid Alkaline	Detergent	Lubricating oil or grease
ยางดำ ยางเทา	RPO RKR GPP RCP	กระเบื้อง กระเบื้องเซรามิก หินอ่อน ไม้ คอนกรีต	ในอาคาร	-20°C/ +85°C	☹️	😊	☹️	☹️	☹️	☹️
ยาง สังเคราะห์	JPP JPR JPO LPO EQN	กระเบื้อง กระเบื้องเซรามิก พรม หินอ่อน ไม้ คอนกรีต	ในอาคาร	-20°C/ +60°C	😊	😊	😊	☹️	☹️	😊
โพลียูรีเทน PVC	UPO UPO UPP UPR UCP TNP	กระเบื้อง กระเบื้องเซรามิก หินอ่อน ไม้ คอนกรีต	ในอาคาร และ นอกอาคาร	-20°C/ +80°C	😊	😊	😊	☹️	☹️	😊
โนล่อน	NOO NOP NOR	กระเบื้อง กระเบื้องเซรามิก พรม ยางมะตอย คอนกรีต	ในอาคาร และ นอกอาคาร	-40°C/ +80°C	😊	😊	😊	😊	😊	😊
โพลีพรอเพน โพลีเอทิลีน	POR	กระเบื้อง กระเบื้องเซรามิก พรม คอนกรีต	นอกอาคาร	-20°C/ +60°C	😊	😊	😊	😊	😊	😊
เหล็ก	COP	ไม่เหมาะสมกับพื้นที่ ทุกชนิดเพราะจะทำให้	ในอาคาร และ นอกอาคาร	-10°C/ +700°C	😊	😊	😊	☹️	☹️	😊

😊 Good ☹️ Fair ☹️ Poor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การเลือกวิธีการติดตั้งลูกล้อรถเข็น

 แบบแป้น	วิธีการติดตั้งลูกล้อแบบแป้น อุปกรณ์ 1. งานไม้ ใช้ สกรูเกลียวปหล่อ 4 ตัว 2. งานโลหะ ใช้ สกรูแบบธรรมดา พร้อมแหวนสปริง และหัวน็อต จำนวน 4 ชุด วิธีการติดตั้ง 1. ยึดแป้นกับชิ้นงาน โดยขันสกรูให้แน่น ที่รูทั้ง 4 จุด ข้อแนะนำ กรณีซื้อมาเพื่อซ่อมควรวัดตำแหน่งของจุดยึดเพื่อเข้ากับของเดิม
 แบบสกรู	วิธีติดตั้งลูกล้อแบบสกรู อุปกรณ์ 1. หัวน็อต 2. แหวนสปริง วิธีการติดตั้ง 1. เจาะรูตามสกรูที่ชิ้นงาน แล้วยึดลูกล้อผ่านรูที่เจาะไว้ใส่แหวนสปริงที่สกรูของลูกล้อ และขันหัวน็อตให้แน่น 2. กรณีเป็นชิ้นงานเหล็ก ให้เชื่อมหัวน็อตที่ชิ้นงานก่อนแล้วจึงนำแหวนสปริง สวมที่สกรูของลูกล้อ และขันให้แน่น ข้อแนะนำ 1.กรณีซื้อเพื่อซ่อมให้นำสกรูเก่ามาเพื่อเทียบเกลียว 2.กรณีต้องการสกรูขนาดอื่น กรุณาติดต่อบริษัท
 แบบรู	วิธีติดตั้งลูกล้อแบบรู อุปกรณ์ 1. เลือกขนาดสกรู และเกลียว ตามที่ต้องการ 2. เลือกแหวนสปริงตามขนาดของสกรู 3. หัวน็อตตามขนาดของสกรู วิธีการติดตั้ง 1. การติดตั้งร้อยสกรูโดยให้ผ่านรูของล้อแล้วยึดกับชิ้นงาน 2. โดยสามารถติดตั้งได้ทั้งด้านบนและด้านล่างล้อ ข้อแนะนำ กรณีซื้อมาซ่อมให้นำสกรูมาเทียบว่าสามารถร้อยผ่านรูได้หรือไม่
 แบบเดือย	วิธีติดตั้งลูกล้อแบบเดือย อุปกรณ์ 1. ใช้คู่กับฟุก (หน้า 26) ตามขนาดของแกน วิธีการติดตั้ง 1. ยึดฟุกพลาสติก เข้าไปในแกนที่ต้องการ ติดตั้งด้วยค้อนยาง 2. ดันลูกล้อด้านเดือยเข้าไปในฟุกที่ติดตั้งแล้วให้สุด กดลง ดึงลูกล้อหาก ดึงออกมาได้แสดงว่ายังดันไม่สุด ข้อแนะนำ ในกรณีซื้อมาซ่อมต้องการทราบขนาดของรูชิ้นงานเดิมหรือเอาฟุกเดิมมาเทียบ
 แบบแกนแหวนล้อ	วิธีติดตั้งลูกล้อแบบแกนแหวนล้อ วิธีการติดตั้ง 1. วัดขนาดด้านในของรูที่ต้องการยึดคิดว่าตรงกับแกนล้อหรือไม่ 2. ในกรณีตรงกับให้นำลูกล้อสอดเข้ากับชิ้นงาน ด้วยค้อนยาง 3. ในกรณีไม่ตรงกับให้แจ้งขนาดแล้วติดต่อทางบริษัท ข้อแนะนำ ให้วัดขนาดของแกนแหวนล้อซึ่งต้องพอดีกับชิ้นงาน

จากตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2 จึงสรุปได้ว่าเราควรเลือกใช้ลูกล้อรถเข็นที่ทำจากโพลีเอทิลีน หรือ ไนลอน เพราะวัสดุทั้งสองชนิดสามารถใช้งานได้ทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคาร ใช้กับพื้นผิวได้หลากหลาย ส่วนการเลือกวิธีการติดตั้งลูกล้อรถเข็น เราควรเลือกติดตั้งแบบแป้นเพราะโครงสร้างของอุปกรณ์ยกผู้สูงอายุนี้ต้องการให้ความสูงของส่วนฐานของรถเข็นมีความสูงน้อยที่สุด การติดตั้งแบบลูกล้อรถเข็นแบบแป้นจะทำให้ไม่ต้องใส่สกรูให้สูงขึ้นได้ด้านบน

2.2.2 การคำนวณหาขนาดของลูกล้อ

เราสามารถคำนวณหาขนาดของลูกล้อได้จาก สมการ

$$\text{น้ำหนักที่ควรได้รับต่อหนึ่งล้อ} = \frac{\text{น้ำหนักตัวรถเข็น} + \text{น้ำหนักรวมที่จะได้รับ}}{3} \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ หน้าหนักที่ควรได้รับต่อ 1 ล้อแล้ว เราก็จำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับตารางลูกล้ออย่าง ได้ว่าเราควรเลือกใช้ลูกล้อขนาดเท่าใด

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของลูกล้ออย่าง

MATERIAL HANDLING & STORAGE

Caster Wheel
ลูกล้ออย่าง

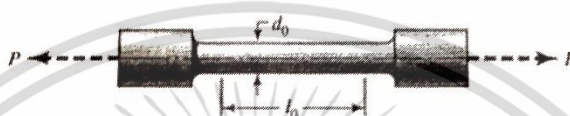
ล้อที่	KT Code	รายละเอียดสินค้า	ขนาดล้อ (mm)	หน้าล้อ (mm)	รับน้ำหนัก (kg)	ระยะยึด (mm)	ความสูงรวม (mm)	Plate Size ขนาดแป้น (mm)	ราคา
1	T361-0010	ล้อยางดำเป็นทวน	80mm (3")	27	40	64x84	107	102x82	
	T361-0015		100mm (4")	30	60	64x84	130	102x82	
	T361-0020		125mm (5")	37.5	80	64x84	152	102x82	
	T361-0025		160mm (6")	40	115	80x112	195	104x135	
	T361-0030		200mm (8")	50	160	80x112	235	104x135	
2	T361-0035	ล้อยางดำเป็นเบรค	80mm (3")	27	40	64x84	107	102x82	
	T361-0040		100mm (4")	30	60	64x84	130	102x82	
	T361-0045		125mm (5")	37.5	80	64x84	152	102x82	
	T361-0050		160mm (6")	40	115	80x112	195	104x135	
	T361-0055		200mm (8")	50	160	80x112	235	104x135	
3	T361-0060	ล้อยางดำเป็นตาย	80mm (3")	27	40	64x84	107	102x82	
	T361-0065		100mm (4")	30	60	64x84	130	102x82	
	T361-0070		125mm (5")	37.5	80	64x84	152	102x82	
	T361-0075		160mm (6")	40	115	80x112	195	104x135	
	T361-0080		200mm (8")	50	160	80x112	235	104x135	
4	T361-0085	ล้อยางดำ (แป้นทวนมีร่องขนาด 1-1/8")	160mm (6")	40	115	-	195	-	
	T361-0090		200mm (8")	50	160	-	235	-	
5	T361-0095	ล้อยางดำ (แป้นทวนมีร่องขนาด 1-1/8")	160mm (6")	40	115	-	195	-	
	T361-0100		200mm (8")	50	160	-	235	-	
6	T361-0105	ล้อยางดำสกรูทวนขนาด 1/2"	80mm (3")	27	40	-	107	-	
	T361-0110		100mm (4")	30	60	-	130	-	
	T361-0115		125mm (5")	37.5	80	-	152	-	
7	T361-0120	ล้อยางดำสกรูเบรคขนาด 1/2"	80mm (3")	27	40	-	107	-	
	T361-0125		100mm (4")	30	60	-	130	-	
	T361-0130		125mm (5")	37.5	80	-	152	-	
8	T361-0135	ล้อยางดำเป็นทวน คอลูกปืนเรียงเม็ด 2 ชั้น	50mm (2")	20	20	46x35	65	60x48	
	T361-0140		65mm (2 1/2")	27	25	55x42	85	72x60	
	T361-0145		75mm (3")	27	30	55x42	95	72x60	
9	T361-0150	ล้อยางดำเป็นตาย คอลูกปืนเรียงเม็ด 2 ชั้น	50mm (2")	20	20	46x35	65	60x48	
	T361-0155		65mm (2 1/2")	27	25	55x42	85	72x60	
	T361-0160		75mm (3")	27	30	55x42	95	72x60	
10	T361-0165	ล้อยางดำเป็นเบรค คอลูกปืนเรียงเม็ด 2 ชั้น	50mm (2")	20	20	46x35	65	60x48	
	T361-0170		65mm (2 1/2")	27	25	55x42	85	72x60	
	T361-0175		75mm (3")	27	30	55x42	95	72x60	
11	T361-0180	ล้อยางดำสกรูทวน (สกรู 10X15 mm.)	50mm (2")	20	20	-	65	-	
	T361-0185		65mm (2 1/2")	27	25	-	85	-	
	T361-0190		75mm (3")	27	30	-	95	-	
12	T361-0200	ล้อยางดำสกรูเบรค (สกรู 10X15 mm.)	50mm (2")	20	20	-	65	-	
	T361-0205		65mm (2 1/2")	27	25	-	85	-	
	T361-0210		75mm (3")	27	30	-	95	-	
13	T361-0215	ล้อPP (โพลีเอทิลีน) เป็นทวน	50mm (2")	20	25	46x35	65	60x48	
	T361-0220		65mm (2 1/2")	27	30	55x42	85	72x60	
	T361-0225		75mm (3")	27	35	55x42	95	72x60	
14	T361-0230	ล้อPP (โพลีเอทิลีน) เป็นตาย	50mm (2")	20	25	46x35	65	60x48	
	T361-0235		65mm (2 1/2")	27	30	55x42	85	72x60	
	T361-0240		75mm (3")	27	35	55x42	95	72x60	
15	T361-0245	ล้อPP (โพลีเอทิลีน) เป็นเบรค	50mm (2")	20	25	46x35	65	60x48	
	T361-0250		65mm (2 1/2")	27	30	55x42	85	72x60	
	T361-0255		75mm (3")	27	35	55x42	95	72x60	
16	T361-0260	ล้อPP (โพลีเอทิลีน) สกรูทวน (สกรู 10X15 mm.)	50mm (2")	20	25	-	65	-	
	T361-0265		65mm (2 1/2")	27	30	-	85	-	
	T361-0270		75mm (3")	27	35	-	95	-	
17	T361-0275	ล้อPP (โพลีเอทิลีน) สกรูเบรค (สกรู 10X15 mm.)	50mm (2")	20	25	-	65	-	
	T361-0280		65mm (2 1/2")	27	30	-	85	-	
	T361-0285		75mm (3")	27	35	-	95	-	

F42 อุปกรณ์จัดเก็บยกย้ายสินค้าและวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ความต้านแรงและความแข็งแรงของวัสดุ

การทดสอบวัสดุด้วยการดึงถูกนำมาใช้เพื่อหาคุณสมบัติเฉพาะ และความต้านแรงที่ใช้ในการออกแบบของวัสดุ ตามรูปที่ 2.1 จะแสดงชิ้นงานทดสอบที่ถูกทดสอบด้วยการดึง ซึ่งก่อนทำการทดสอบจะต้องทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเดิมของชิ้นงาน d_0 และวัดความยาวได้ l_0 จากนั้นก็นำชิ้นงานไปรับโหลดการดึงด้วยแรง P แล้วทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของชิ้นงาน



รูปที่ 2.3 ชิ้นงานทดสอบด้วยการดึง

แรง P จะถูกแปลงให้เป็นค่าความเค้นจากสูตร

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (2.2)$$

เมื่อ $A_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}$ คือพื้นที่หน้าตัดเริ่มต้นของชิ้นงานทดสอบ

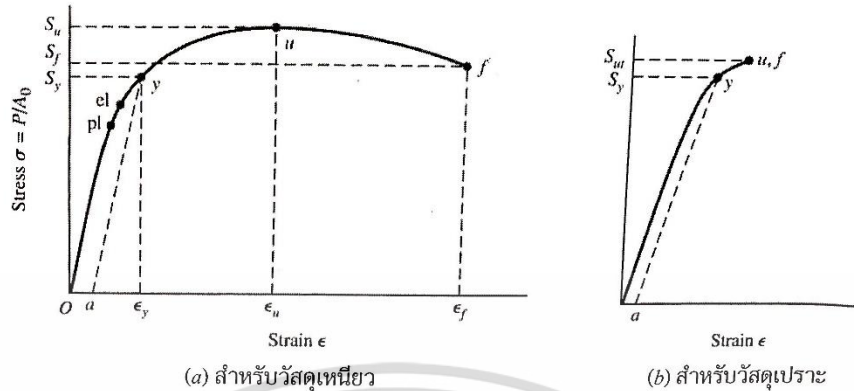
$\Delta l = l - l_0$ เมื่อ l คือความยาวของชิ้นงานเมื่อรับโหลดแรง P

ดังนั้น ความเครียดหาได้จากสูตร

$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \quad (2.3)$$

จากการทดสอบชิ้นงานด้วยการดึงเรานำค่าความเค้นและความเครียดมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด ได้ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งแสดงให้เห็นความเปลี่ยนแปลงของความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นในชิ้นงานทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดในชิ้นงานทดสอบ

จุด pl ในรูปที่ 2.4(a) เรียกว่า Proportional limit จุดนี้เป็นจุดที่เส้นกราฟเริ่มจะเบี่ยงเบนออกจากแนวเส้นตรง ถ้านำโหลดออก ณ จุดนี้จะไม่สามารถสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงใดๆที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเค้นกับความเครียดตามแนวกราฟเส้นตรงจะเป็นไปตามกฎของฮุก คือ

Hook's Law :
$$\sigma = E\epsilon \quad (2.3)$$

เมื่อค่าคงที่ E เป็นค่าความชันของเส้นตรงซึ่งเรียกว่า “ค่าความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) หรือ โมดูลัสของยัง (Young's Modulus)” ซึ่งเป็นค่าเฉพาะสำหรับวัสดุความแข็งแรงของวัสดุแต่ละชนิด

จุด el ในรูปที่ 2.4(a) เรียกว่า “ขีดจำกัดความยืดหยุ่น(Elastic limit)” ถ้าเพิ่มโหลดให้กับชิ้นงานทดสอบมากจนเกิดจุดนี้ ชิ้นงานจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวรเรียกว่า Plastic deformation และจะไม่สามารถคืนกลับรูปเดิมได้อีกต่อไป แม้ว่าจะนำโหลดออกจากชิ้นงานแล้วก็ตาม

ระหว่างการทดสอบด้วยแรงดึง เมื่อเพิ่มโหลดไปจนถึงจุดจุดหนึ่ง โลหะส่วนใหญ่จะมีความเครียดเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วโดยที่ความเค้นมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย จุดนี้เรียกว่า “จุดคราก (Yield Point)” สำหรับวัสดุเปราะจะไม่มีจุดครากที่ชัดเจน การระบุค่าความเค้นคราก S_y จึงมักจะใช้ค่า offset 0.2% ของความยาวเดิม ($\epsilon=0.002$) ในการกำหนดจุดครากดังแสดงตามรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด u คือค่าความเค้นสูงสุด S_u หรือ S_{ut} จึงหมายถึง จุดสูงสุดที่ชิ้นงานจะสามารถรับความเค้นได้ สำหรับวัสดุเหนียวเมื่อเพิ่มโหลดถึงจุดนี้ ชิ้นงานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยที่ค่าความเค้นจะลดลง แต่ค่าความเครียดจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดแตกหักหรือจุด f ในรูปที่ 2.4(a) ส่วนวัสดุเปราะวัสดุชิ้นงานจะเกิดการแตกหักที่จุดซึ่งมีค่าความเค้นสูงสุด จากรูปที่ 2.4(b) จะเห็นว่าจุด u และ f เป็นจุดเดียวกัน

2.4 สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง

วัตถุแข็งเกร็งคือวัตถุที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อมีแรงมากระทำ ซึ่งวัตถุจะอยู่ในสภาวะสมดุลก็ต่อเมื่อผลรวมของแรงลัพธ์ที่มากระทำต่อวัตถุที่จุดใด ๆ และผลรวมของโมเมนต์ที่จุดใด ๆ มีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งสมการที่ใช้ในการตรวจสอบว่าวัตถุอยู่ในจุดสมดุลได้แก่

$$\Sigma F=0 \quad (2.4)$$

$$\Sigma M_0=0 \quad (2.5)$$

ซึ่ง ΣF คือผลรวมของแรงภายนอกที่กระทำต่อวัตถุ
 ΣM_0 คือผลรวมของโมเมนต์ของแรงภายนอกรอบจุดใด ๆ

2.5 จุดศูนย์ถ่วง

จุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity) คือจุดที่เหมือนเป็นตำแหน่งรวมน้ำหนักของวัตถุทั้งก้อน ซึ่งถ้าหากพิจารณาระบบหนึ่งซึ่งมีอนุภาคจำนวน n อนุภาค น้ำหนักของอนุภาคประกอบด้วยแรงคู่ขนานซึ่งถูกแทนที่ด้วยน้ำหนักลัพธ์ค่าเดียว (เทียบเท่า) และจุดที่กระทำจุดนี้เรียกว่า จุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity) น้ำหนักลัพธ์จะเท่ากับน้ำหนักทั้งหมดของอนุภาค n อนุภาคนั้นคือ

$$W_R=\Sigma W \quad (2.6)$$

ผลรวมของของโมเมนต์ของน้ำหนักของอนุภาคทั้งหมดรอบแกน x , y , และแกน z เท่ากับโมเมนต์ของน้ำหนักลัพธ์รอบแกนดังกล่าว ดังนั้นหาค่าพิกัด \bar{x} ของ G โดยผลรวมโมเมนต์รอบแกน y จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\bar{x}W_R = \tilde{x}_1 W_1 + \tilde{x}_2 W_2 + \dots + \tilde{x}_n W_n \quad (2.7)$$

และในทำนองเดียวกัน ผลรวมโมเมนต์รอบแกน x จะได้ค่าพิกัด \bar{y} นั่นคือ

$$\bar{y}W_R = \tilde{y}_1 W_1 + \tilde{y}_2 W_2 + \dots + \tilde{y}_n W_n \quad (2.8)$$

ถึงแม้ว่าน้ำหนักจะไม่ก่อให้เกิดโมเมนต์รอบแกน z จะได้ค่าพิกัด z ของ G ที่จินตนาการในระบบพิกัดที่อนุภาคอยู่โดยหมุน 90 องศา รอบแกน x หรือ y โดยผลรวมของโมเมนต์รอบแกน x จะได้ว่า

$$\bar{z}W_R = \tilde{x}_3 W_1 + \tilde{x}_2 W_2 + \dots + \tilde{x}_n W_n \quad (2.9)$$

ดังนั้นจะสามารถเขียนในสมการรูปทั่วไปได้ว่า

$$\bar{x} = \frac{\sum \tilde{x}W}{\sum W} \quad \bar{y} = \frac{\sum \tilde{y}W}{\sum W} \quad \bar{z} = \frac{\sum \tilde{z}W}{\sum W} \quad (2.10)$$

เมื่อ $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ แทนพิกัดของจุดศูนย์กลางถ่วงของระบบอนุภาคโดยไม่คำนึงถึงแกน x, y, z

$\tilde{x}, \tilde{y}, \tilde{z}$ แทนพิกัดของแต่ละอนุภาคในระบบ

$W_R = \sum W$ แทนผลรวมของน้ำหนักของอนุภาคทั้งหมดในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ความเค้นหลัก

เมื่อวัตถุวางตัวอยู่ที่ระนาบที่ต่างกัน ค่าความเค้นที่จุดเดียวกันของวัตถุนั้นจะมีค่าแตกต่างกันออกไป ซึ่งความเค้นสูงสุดที่เป็นไปได้ทั้งความเค้นดึงฉาก ความเค้นเฉือนและลักษณะการวางตัวของวัตถุที่ทำให้เกิดความเค้นสูงสุดนั้นมีความสำคัญต่อการออกแบบอย่างยิ่งเนื่องจากการแตกหักของโครงสร้างมักเกิดจากจุด ๆ นี้ ระนาบที่ค่าความเค้นดึงฉากสูงที่สุดซึ่งจะส่งผลให้ความเค้นเฉือนในระนาบนั้นจะมีค่าเป็นศูนย์จะเรียกว่าระนาบหลัก (Principle plane) และความเค้นที่กระทำบนระนาบนั้นทั้งความเค้นดึงฉากที่มากที่สุด และน้อยที่สุด เรียกว่าความเค้นหลัก (Principle stress) และความเค้นหลักแบบสองมิติสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.9

$$\sigma_{\max, \min} = \sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (2.11)$$

เมื่อ σ_1 คือ ความเค้นหลักสูงสุด

σ_2 คือ ความเค้นหลักต่ำสุด

2.7 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

2.7.1 องค์ประกอบของต้นทุนการผลิต

ต้นทุนการผลิต ประกอบด้วย

2.7.1.1 ต้นทุนวัสดุหรือวัตถุดิบ (Material Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ ที่ใช้ในการผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนี้

1) วัสดุทางตรง (Direct Material Cost) คือ วัสดุหรือวัตถุดิบที่ใช้เพื่อการผลิตโดยตรง โดยส่วนมากมักจะเป็นส่วนประกอบหนึ่งของผลิตภัณฑ์ การใช้งานวัสดุหรือวัตถุดิบทางตรงนี้จะแปรผันกับหน่วยในการผลิตโดยตรง

2) วัสดุทางอ้อม (Indirect Material Cost) เช่น วัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ใช้สนับสนุนในการผลิตโดยส่วนมากจะไม่แปรผันกับปริมาณการผลิตโดยตรง เช่น กระดาษทราย ผ้าเช็ดมือ กาว ตะปู เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบางครั้งวัสดุทางอ้อมก็อาจถูกจัดให้อยู่ในหมวดหมู่ของวัสดุทางตรงก็เป็นได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับนโยบายทางการบัญชีของแต่ละองค์กร เช่น มีดกึ่งสำหรับเครื่องจักรซีเอ็นซี ซึ่งเป็นวัตถุดิบทางอ้อม สามารถถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของวัตถุดิบทางตรงก็ได้ อาจเนื่องจากเหตุผลด้านราคาที่สูง และสามารถคำนวณอายุการใช้งานต่อจำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิตได้ (Tool Life) ถึงแม้ว่ามีดกึ่งจะไม่ได้ถูกประกอบไปกับชิ้นงานก็ตาม

2.7.1.2 ต้นทุนด้านแรงงาน (Labor Cost) เป็นค่าใช้จ่ายด้านแรงงานในการทำงานและผลิตสินค้าเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป สามารถแบ่งออกได้คล้ายๆ กับต้นทุนวัตถุดิบ คือ ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานทางตรง และค่าใช้จ่ายด้านแรงงานทางอ้อม ดังนี้

- 1) ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานทางตรง (Direct Labor Cost) เช่น ค่าจ้างรายวัน/เงินเดือนของพนักงานฝ่ายผลิต ซึ่งจะแปรผันกับปริมาณการผลิตโดยตรง
- 2) ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานทางอ้อม (Indirect Labor Cost) เช่น เงินเดือนของพนักงานขาย เงินเดือนของผู้จัดการ เงินเดือนของวิศวกร ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะไม่แปรผันกับปริมาณในการผลิตโดยตรง

2.6.1.3 ค่าใช้จ่ายโรงงาน หรือค่าใส่หุ่ยในการผลิต (Overhead Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่นอกเหนือจากจากค่าใช้จ่ายของวัสดุ และค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน เช่น ค่าสาธารณูปโภค ค่าเช่าโรงงาน ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร สวัสดิการต่างๆ เป็นต้น

ดังนั้น ต้นทุนการผลิต สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ต้นทุนการผลิต} = \text{ต้นทุนวัสดุ} + \text{ต้นทุนแรงงาน} + \text{ต้นทุนอื่นๆ} \quad (2.12)$$

2.7.2 การหาความแปรผันของต้นทุน

การหาความแปรผันของต้นทุนนั้นต้องทำเพราะการที่เราจะหาจุดคุ้มได้เราต้องมีต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันไปคำนวณ ดังนั้นเราจึงต้องทำการคำนวณต้นทุนทั้งสองนี้ให้ถูกต้อง ถึงแม้ต้นทุนจะมีการแปรผันได้ตลอดเวลา สิ่งที่จะทำให้ต้นทุนเกิดการแปรเปลี่ยนคือ การผันแปรของต้นทุนกับปริมาณการผลิต โดยปกติแล้วเมื่อผลิตมากขึ้นจะทำให้ต้นทุนโดยรวมมีค่าสูงขึ้น แต่มีโอกาที่ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยจะลดลง, การกำหนดปริมาณการผลิต ถ้าเรากำหนดปริมาณการผลิตน้อยกว่าความสามารถของเครื่องจักรก็อาจทำให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยมีค่าสูงขึ้น, การตัดสินใจซื้อของผู้บริหาร, การควบคุมการจ่าย เป็นการควบคุมต้นทุนก็มีผลต่อความแปรผันของต้นทุนว่าจะคุมแบบธรรมดาหรือแบบเข้มงวด, ค่าประกัน ค่าภาษีและอื่นๆ โดยเราจะเลือกใช้วิธีหาความแปรผันของต้นทุนแบบวิธีทางสถิติ การหาสมการที่เหมาะสมทำได้โดยวิธีกราฟ โดยการลากเส้นประมาณขึ้นมาหนึ่งเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยให้เส้นนั้นผ่านระหว่างจุดพล็อตของข้อมูลในแกน X และ Y ในมากที่สุด จุดตัดแกน Y คือค่าใช้จ่ายคงที่และความชันของกราฟคือ ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

2.7.3 การกำหนดราคาตามต้นทุน (Cost Plus Pricing)

การกำหนดราคาตามต้นทุนเรียกอีกอย่างว่า การมาร์กอัพ กลยุทธ์ง่ายๆนี้ช่วยให้มั่นใจว่าคุณได้รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นก่อนที่สินค้าจะพร้อมวางตลาด ตัวอย่างเช่นราคาวัตถุดิบโดยตรง ราคาพนักงาน เพื่อสำรองต้นทุนสำหรับความต้องการที่ไม่คาดคิด

ในบางธุรกิจ ราคามาร์กอัพ เป็นข้อตกลงระหว่างผู้ขายและผู้ซื้อในบางธุรกิจก็เป็นเรื่องปกติที่จะขึ้นราคาเพื่อให้ครอบคลุมค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ถูกเบี่ยงจ่าย โดยการคำนวณราคาขายจะทำได้ตามแผนภูมิแท่งต่อไปนี้

				กำไร	
			ค่าใช้จ่ายในการขาย		
		ค่าใช้จ่ายในการบริหาร			
	ค่าใช้จ่ายในโรงงาน				
ค่าแรงงานทางตรง		ต้นทุนการผลิต			
	ต้นทุนขั้นต้น	ต้นทุนโรงงาน		ต้นทุนรวม	
ค่าวัสดุทางตรง					ราคาขาย

รูปที่ 2.5 แผนภูมิแท่งแสดงวิธีการกำหนดราคาขาย

2.7.4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break Event Point)

จุดคุ้มทุน หมายถึง จุดที่รายได้รวมมีค่าเท่ากับต้นทุนรวมพอดี ซึ่งก็คือ กิจกรรมสามารถหารายได้หลังหักค่าใช้จ่ายผันแปรแล้วเท่ากับต้นทุนคงที่ หรือ กิจกรรมไม่ได้รับกำไร และไม่ขาดทุน จากการใช้ทรัพย์สินหรือยกกำไรเท่ากับศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตร จุดคุ้มทุน

$$\begin{aligned} \text{รายได้รวม} &= \text{ต้นทุนรวม} \\ P(x) &= FC+V \end{aligned} \quad (2.13)$$

เมื่อ	P	คือ ราคาขายต่อหน่วย
	x	คือ จำนวนหน่วยที่ผลิตและจำหน่าย
	FC	คือ ต้นทุนคงที่รวม
	V	คือ ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย

จากสมการที่ ถ้าเราต้องการทราบจำนวนหน่วยของสินค้าที่จะผลิตและจำหน่าย แล้วทำให้
คุ้มทุนพอดี จะเท่ากับ

$$\begin{aligned} P(x) &= FC+V(x) \\ P(x) - V(x) &= FC \\ x(P-V) &= FC \\ x &= \frac{FC}{P-V} \end{aligned} \quad (2.14)$$

อีกนัยซึ่งก็หมายถึงว่า P- V คือ กำไรส่วนเพิ่ม หมายถึง ทุก ๆ หน่วยที่ขายเพิ่มขึ้น กิจการจะได้กำไรเพิ่มขึ้น P- V บาท

สำหรับกิจการที่มีการตั้งเป้าหมายการทำกำไรเอาไว้ สามารถคำนวณหาจำนวนหน่วยที่ขายแล้วทำให้ได้กำไรเท่ากับจำนวนนั้น โดยใช้แนวคิดของจุดคุ้มทุน ได้ว่า

จากสูตร

$$X = \frac{FC + \text{กำไรที่ตั้งเป้าหมายไว้}}{P-V} \quad (2.15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

รูปแบบ วงจรที่ใช้ควบคุม ระยะและแรงที่ใช้ในการยก

3.1 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของอุปกรณ์ที่มีอยู่ในตลาด

ขั้นตอนแรกของการออกแบบ คือการกำหนดขอบเขตความสามารถของอุปกรณ์ก่อนเริ่มการออกแบบ โดยเริ่มจากการศึกษาและค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้เคลื่อนย้ายผู้สูงอายุและผู้พิการขึ้นรถยนต์ที่มีอยู่ในตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศว่ามีหลักการทำงานอย่างไร แต่ละแบบมีข้อดีและข้อเสียอย่างไร ซึ่งจากการสำรวจ ผลลัพธ์ที่ได้คือการจำแนกอุปกรณ์ออกเป็น 3 ประเภทหลักๆคือ

1) ประเภทที่ 1 มีลักษณะคล้ายกับอุปกรณ์ยกสิ่งของที่ใช้อยู่โดยทั่วไป แต่จะมีส่วนที่เพิ่มมาเป็นผ้าใบเพื่อใช้เป็นส่วนที่รองรับผู้สูงอายุและผู้พิการ โดยประเภทนี้จะใช้อุปกรณ์ส่งกำลังได้หลายประเภทไม่ว่าจะเป็นลิเนียร์มอเตอร์หรือแม่แรงกระปุก



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ที่มีอยู่ในตลาดประเภทที่ 1

2) ประเภทที่ 2 อุปกรณ์จะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนฐาน และ ส่วนชุดยก โดยส่วนฐานมี 2 แบบคือฐานที่ใช้กับล้อรถยนต์ที่ออกแบบให้ปรับตามความกว้าง-ยาวของขนาดล้อแต่ละแบบได้ ส่วนชุดยกจะคล้ายกับประเภทที่ 1 แต่จะหมุนได้อิสระมากกว่า ในส่วนของอุปกรณ์ส่งกำลังจะใช้เป็นลิเนียร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ที่มีอยู่ในตลาดประเภทที่ 2

3) ประเภทที่ 3 จะมีลักษณะคล้ายกับเก้าอี้วีลแชร์โดยทั่วไป แต่พนักพิงและที่นั่งถูกออกแบบให้สามารถแยกออกจากกันได้เพื่อให้สามารถสอดรับกับร่างกายได้ ปรับขึ้น-ลงได้ 11 ระดับเพราะใช้สลักเป็นตัวล็อคความสูงให้อยู่กับที่



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ที่มีอยู่ในตลาดประเภทที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งแต่ละประเภทจะมีข้อดี-ข้อเสีย ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ข้อดีและข้อเสียของอุปกรณ์ที่มีอยู่ในตลาดประเภทต่างๆ

ประเภทที่	ข้อดี	ข้อเสีย
1	1. ใช้งานง่าย 2. เคลื่อนที่ได้ 3. ปรับความสูงได้ง่ายและรวดเร็ว	1. ขนาดใหญ่เกินไปทำให้เคลื่อนย้ายลำบาก 2. ลักษณะการยกเป็นการห้อย ซึ่งทำให้ผู้สูงอายุ กังวลได้
2	1. น้ำหนักเบา 2. สามารถพกพาขึ้นรถยนต์ได้ เพราะสามารถแยกแต่ละส่วนออกจากกันได้	1. ใช้งานได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากประกอบด้วยชิ้นส่วนจำนวนมากทำให้เวลาจะใช้ต้องใช้เวลาในการประกอบ
3	1. มีความปลอดภัยสูงเนื่องจากในส่วนที่ใช้ในการรับน้ำหนักมีลักษณะเป็นเก้าอี้ 2. น้ำหนักเบา 3. สามารถพกไปไหนมาไหนได้ง่าย	1. กลไกการปรับระยะเป็นสลิค ทำให้ไม่สามารถปรับความสูงในระหว่างยกผู้สูงอายุได้ 2. ไม่สามารถนำผู้สูงอายุที่อยู่บนวีลแชร์ขึ้นได้ เพราะมีลักษณะเป็นที่นั่งทำให้ไม่สามารถสอดเข้าไปรับผู้สูงอายุได้

เมื่อดูจากข้อดีและข้อเสียของอุปกรณ์ที่มีอยู่ในท้องตลาดนี้ จึงต้องการที่จะออกแบบอุปกรณ์ให้สามารถใช้งานได้ง่าย พกพาขึ้นรถยนต์ไปไหนได้สะดวก โดยอ้างอิงจากรถยนต์ที่นิยมใช้ปัจจุบัน

3.2 แบบวงจรที่ใช้ควบคุม

3.2.1 อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุม

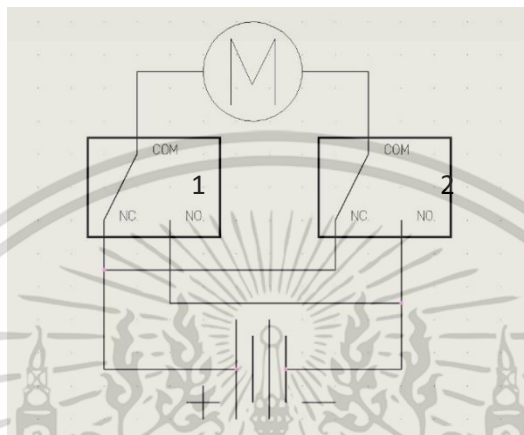
ในการยกขึ้น-ลงของอุปกรณ์จะใช้ Linear actuator เป็นต้นกำลัง ซึ่งจะใช้รีโมทในการควบคุม Linear actuator และใช้แบตเตอรี่ขนาด 12V ในการจ่ายไฟฟ้า ซึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ มีดังนี้

1. Limit switch
2. แบตเตอรี่แบบแห้งขนาด 12V
3. Linear actuator
4. สายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 แบบวงจรที่ใช้ในการควบคุม

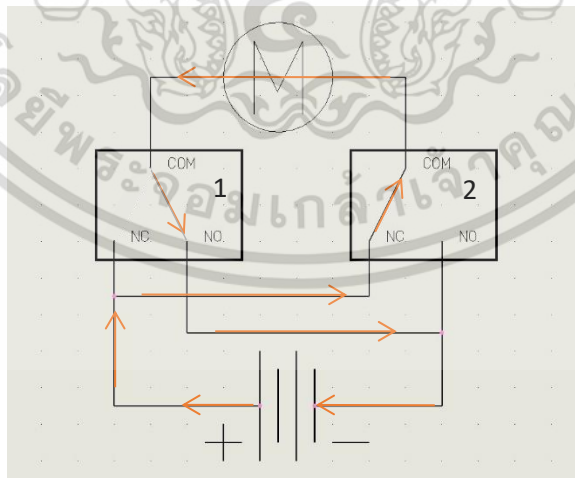
วงจรที่ออกแบบจะต้องสามารถควบคุมการทำงานของ Linear actuator ให้สามารถยกอุปกรณ์ขึ้น-ลงได้ โดยการออกแบบของวงจรจะใช้หลักการสลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าเพื่อสลับทิศทางการทำงานของ Linear actuator ดังนี้



รูปที่ 3.4 วงจรควบคุม Linear actuator

3.2.3 หลักการทำงานของวงจรควบคุม Linear actuator

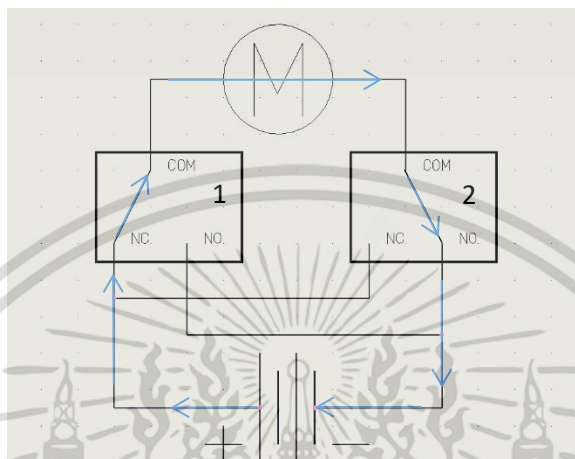
1. เมื่อกด Limit switch หมายเลข 1 กระแสไฟฟ้าจะไหลจากแบตเตอรี่ขั้วบวกไปยัง Limit switch หมายเลข 2 ผ่าน Linear actuator, Limit switch หมายเลข 1 แล้วไปยังขั้วลบของแบตเตอรี่ ส่งผลให้มอเตอร์หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา (ทำให้อุปกรณ์ยกขึ้น)



รูปที่ 3.5 แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อกด Limit switch หมายเลข 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อกด Limit switch หมายเลข 2 กระแสไฟฟ้าจะไหลจากแบตเตอรี่ไปยัง Limit switch หมายเลข 1 ผ่าน Linear actuator, Limit switch หมายเลข 2 แล้วไปยังขั้วลบของแบตเตอรี่ ส่งผลให้มอเตอร์หมุนในทิศทางเข็มนาฬิกา (ทำให้อุปกรณ์ยกลง)



รูปที่ 3.6 แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อกด Limit switch หมายเลข 2

3.3 การเลือกระยะยกของ Linear actuator

ในการเลือกระยะยกของ Linear actuator จะต้องผ่านเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

1. Linear actuator จะต้องสามารถยกอุปกรณ์ได้ตั้งแต่ 22 องศาจากแนวระดับถึง 52 องศาจากแนวระดับ
2. ที่มุม 52 องศาจากแนวระดับ อุปกรณ์จะต้องสามารถเสียบเข้าไปในช่องรถได้อย่างน้อย 55 เซนติเมตร (เพื่อความสะดวกและความปลอดภัยในการเคลื่อนย้ายผู้สูงอายุ)
3. Linear actuator จะต้องใช้แรงน้อยที่สุดที่สามารถเป็นไปได้ในการยกอุปกรณ์

3.3.1 ระยะเวลาภายใต้เงื่อนไขที่ 1 : Linear actuator จะต้องสามารถยกอุปกรณ์ได้ตั้งแต่म्म 22 องศาจากแนวระดับถึง 52 องศาจากแนวระดับ



รหัสสินค้า : HLA006
มีชื่อ :
รุ่น : 200mm
ราคา : 3700.00 B

สภาพสินค้า : สินค้ามือใหม่

Links : คลิ๊กลิ้งค์ที่เกี่ยวข้อง

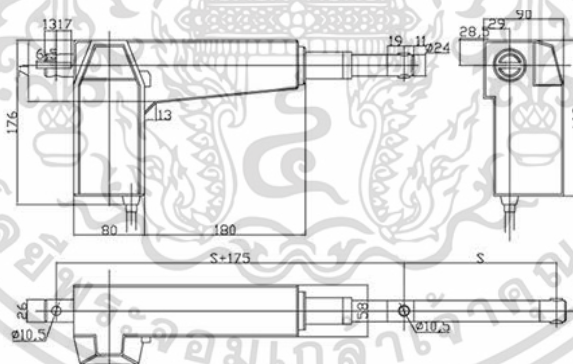
Add to Cart

Buy Now

Share with Friends

สอบถามเกี่ยวกับสินค้า

รายละเอียดสินค้า : ลิเนียร์แอกทูเอเตอร์ ลิเนียร์มอเตอร์ 200mm Electric linear actuator 12/24V DC motor 3000N 6000N 8000N (สั่งทำ 2-3 อาทิตย์)



Linear actuator ที่เลือกใช้ ซึ่งมีรายละเอียดจากตัวแทนจำหน่ายดังนี้

รูปที่ 3.7 ขนาดของส่วนต่าง ๆ ของ linear actuator จากตัวแทนจำหน่าย

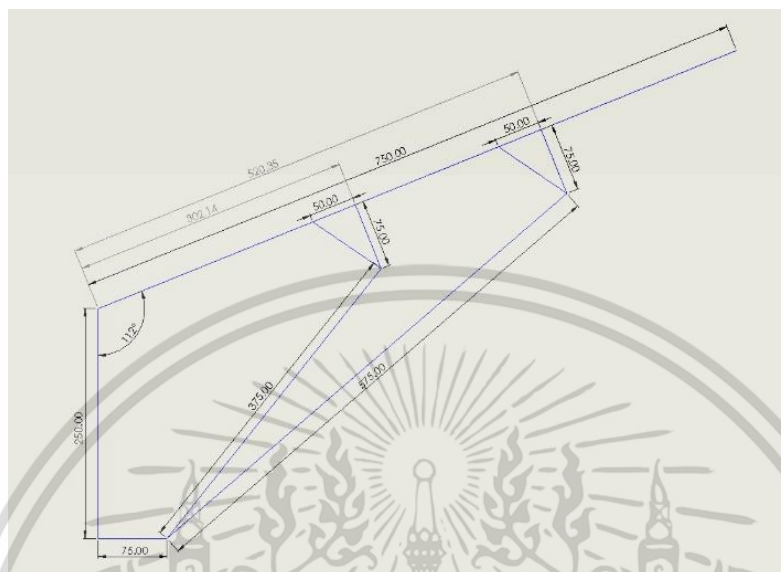
ซึ่งระยะของ linear actuator ที่ใช้คือระยะ 200 มิลลิเมตร ดังนั้นจะได้ว่า

ระยะที่สั้นที่สุดของ Linear actuator = 375 มิลลิเมตร

ระยะที่ยาวที่สุดของ Linear actuator = 575 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจึงนำข้อมูลไปสร้างภาพร่างระยะต่ำสุดและสูงสุดที่มุม 22 องศาและ 52 องศาจากแนวระดับได้ดังนี้



รูปที่ 3.8 ภาพร่างอุปกรณ์พร้อม Linear actuator ที่ระยะต่ำสุดและสูงสุดที่มุม 22 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 3.9 ภาพร่างอุปกรณ์พร้อม Linear actuator ที่ระยะต่ำสุดและสูงสุดที่มุม 52 องศาจากแนวระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

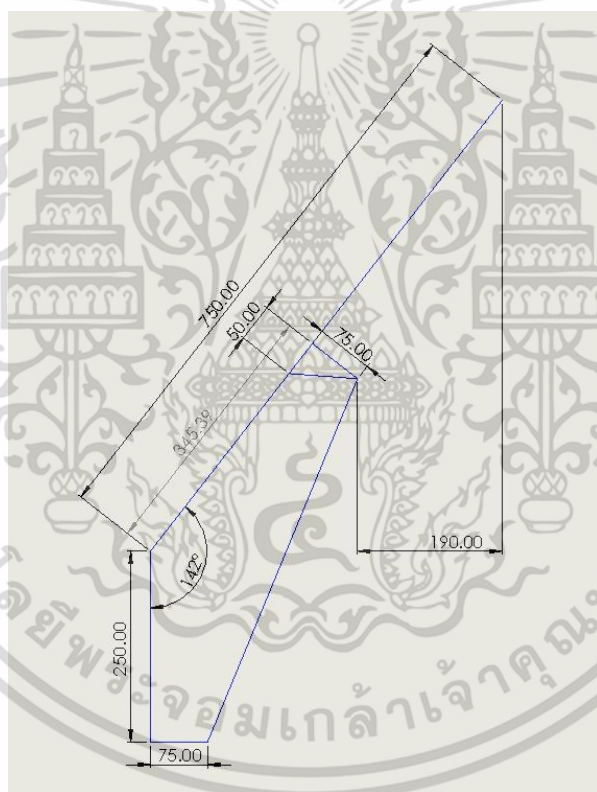
จากรูปที่ 3.3 จะได้ว่าระยะยกในมุม 22 องศาจากแนวระดับจะต้องอยู่ในช่วงระยะ 302.14 มม. - 520.35 มม.

จากรูปที่ 3.4 จะได้ว่าระยะยกในมุม 52 องศาจากแนวระดับจะต้องอยู่ในช่วงระยะ 197.85 มม. - 437.36 มม.

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในกรณีที่ 1 ระยะยกของ Linear actuator ที่สามารถเป็นไปได้จะต้องอยู่ระหว่างช่วงระยะ 302.14 มม. - 437.36 มม. ซึ่งในการเจาะรูระยะที่ใช้เจาะคือ 300 มม. - 430 มม.

3.3.2 ระยะยกภายใต้เงื่อนไขที่ 2 : ที่มุม 52 องศาจากแนวระดับอุปกรณ์จะต้องสามารถเสียบเข้าไปในช่องรถได้อย่างน้อย 55 เซนติเมตร

ซึ่งระยะของชิ้นส่วนของตัวยกมีระยะประมาณ 36 เซนติเมตร ดังนั้นระยะของช่วงยกจะต้องห่างจากส่วนปลายของแกนยกประมาณ 19 เซนติเมตร ในแนวราบ จากนั้นจึงนำข้อมูลไปสร้างภาพร่างเพื่อหาระยะได้ดังนี้



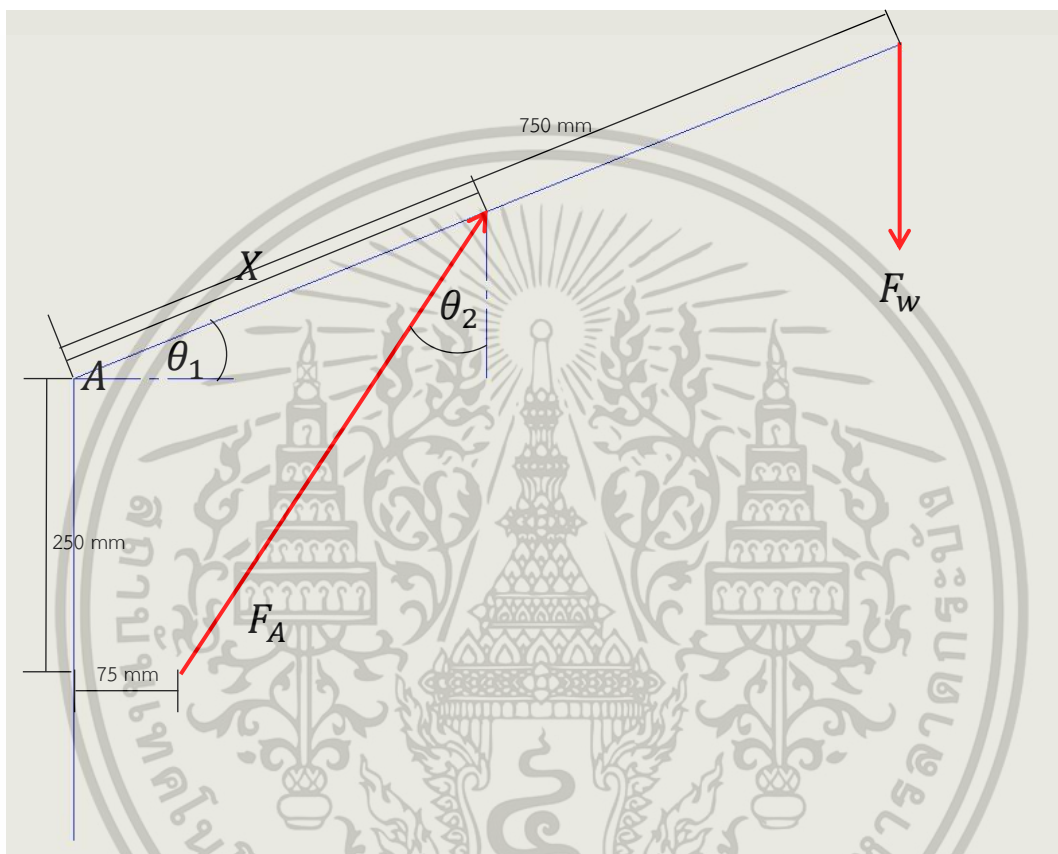
รูปที่ 3.10 ภาพร่างอุปกรณ์พร้อม Linear actuator ที่ระยะมากที่สุดที่เป็นไปได้ที่มุม 52 องศาจากแนวระดับ

จากรูปที่ 3.5 จะได้ว่าระยะยกที่มากที่สุดที่สามารถเป็นไปได้จะต้องมีระยะไม่เกิน 345.39 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อนำไปการเจาะรูระยะที่ใช้เจาะคือ 340 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในตอนนี้อาจสรุปได้ว่าจากกรณีที่ 1 และ 2 ระยะยกของ Linear actuator ที่สามารถเป็นไปได้มีค่าเท่ากับ 300 มม. – 340 มม.

3.3.3 ระยะยกภายใต้เงื่อนไขที่ 4 : อุปกรณ์เมื่อพับแล้วจะต้องสามารถใส่เข้าไปในช่องเก็บของท้ายรถขนาด 150 ซม.X 85 ซม.X 45 ซม. ได้



รูปที่ 3.11 แสดง Free body diagram แบบคร่าวๆของอุปกรณ์

ซึ่งตัวแปรต่าง ๆ มีดังนี้

1. F_w = แรงเนื่องจากน้ำหนักของผู้สูงอายุ (ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 981 N ; $g = 9.81 \text{ m/s}^2$)
2. F_A = แรงขั้นต่ำที่ Linear actuator ต้องใช้ในการยกอุปกรณ์พร้อมผู้สูงอายุ ; N
3. θ_1 = มุมของอุปกรณ์ที่ทำกับแนวราบ ; องศา
4. θ_2 = มุมของแรงจาก Linear actuator ที่ทำกับแกนยกของอุปกรณ์ซึ่งวัดจากแกนตั้ง ; องศา
5. A = จุดหมุน
6. X = ระยะยกของ Linear actuator เมื่อวัดจากจุดหมุน A ; mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสภาพสมมูลโมเมนต์จะได้ว่า

โมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกาที่จุด A = โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกาที่จุด A

จะได้ว่า

$$F_A \cos(\theta_2) \times X \cos(\theta_1) = F_w \times 750 \cos(\theta_1)$$

ดังนั้นแรง F_A ที่จุดใด ๆ จะมีค่าเท่ากับ

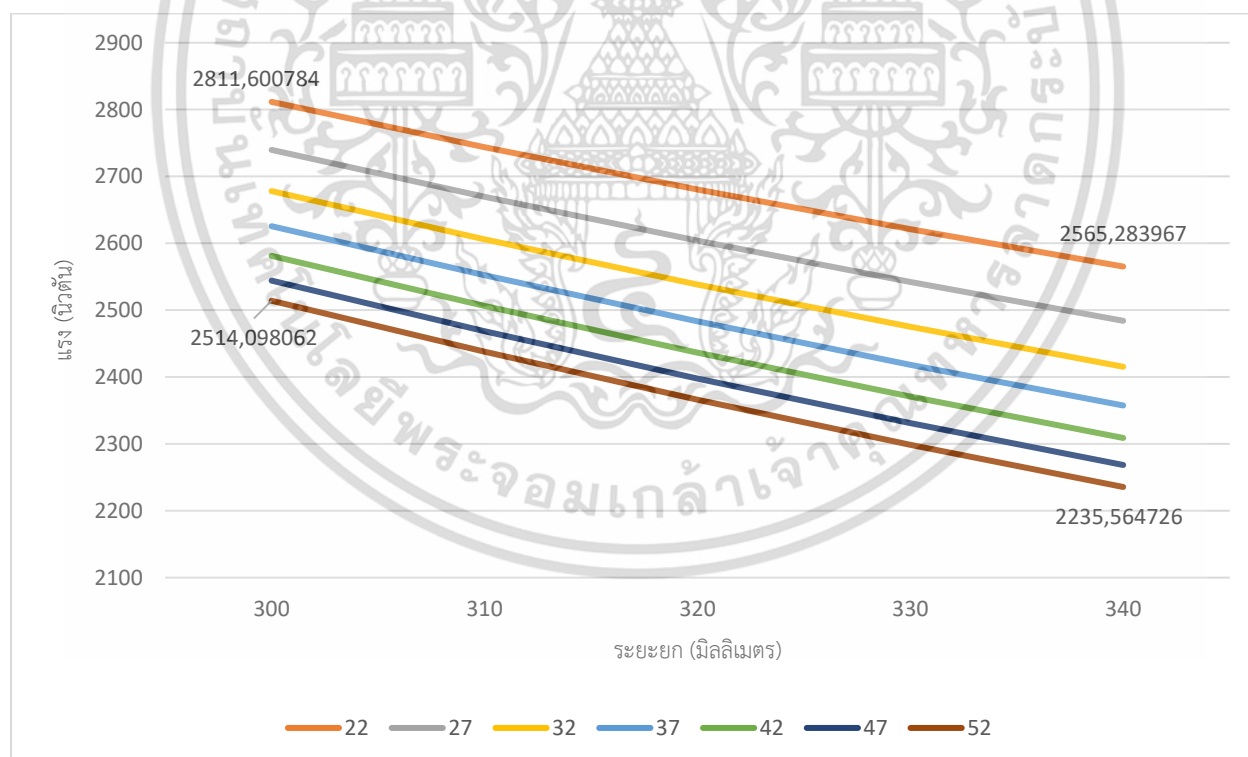
$$F_A = \frac{F_w \times 750 \cos(\theta_1)}{\cos(\theta_2) \times X \cos(\theta_1)}$$

$$F_A = \frac{750 F_w}{X \cos(\theta_2)}$$

ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง θ_1 และ θ_2 คือ

$$\tan^{-1} \theta_2 = \frac{X \cos \theta_1 - 75}{X \sin \theta_1 + 250}$$

จากนั้นจึงใช้โปรแกรม Microsoft office Excel ในการคำนวณหาแรงที่ระยะต่าง ๆ แล้วนำมาสร้างกราฟได้ดังนี้



รูปที่ 3.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะยกกับแรงที่ใช้ที่มุมต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟจะพบว่ายิ่งระยะยกมีค่ามาก แรงที่จะต้องใช้ในการยกก็จะมีค่าน้อยลง ดังนั้นจากกราฟที่ 3.1 ระยะยกที่เลือกใช้คือ 340 มิลลิเมตร ซึ่งจากการคำนวณอย่างคร่าวๆจะได้ว่าแรงที่ต้องใช้คืออย่างน้อยประมาณ 2566 นิวตัน

3.4 การเลือก Linear actuator

สำหรับการเลือก Linear actuator ทาง web site ของตัวแทนจำหน่ายมีสินค้าดังนี้

1. Linear actuator 3000 N
2. Linear actuator 6000 N
3. Linear actuator 8000 N

ซึ่งทั้ง 3 รุ่นมีราคาเท่ากัน

ดังนั้นจากการคำนวณในข้อ 3.3.3 จะได้ว่าแรงที่ต้องใช้มีค่าประมาณ 2566 นิวตันซึ่งเป็นแรงที่เกิดจากการคิดอย่างคร่าวๆและยังไม่ได้คำนวณรวมกับน้ำหนักของอุปกรณ์ ดังนั้น Linear actuator ที่เลือกใช้จึงเป็น Linear actuator 6000 N

3.5 การเลือกวัสดุ

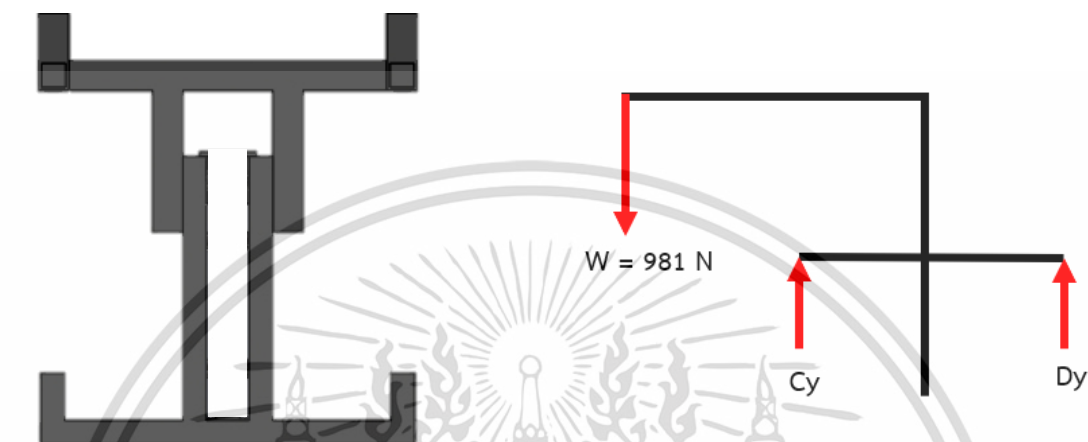
หลังจากทำการเลือกขนาดและระยะยกของ Linear actuator ต่อมาได้ทำการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ในการจำลองต่อไป โดยเริ่มจากการหาแรงที่มากที่สุดที่กระทำบนชิ้นส่วนต่างๆของอุปกรณ์



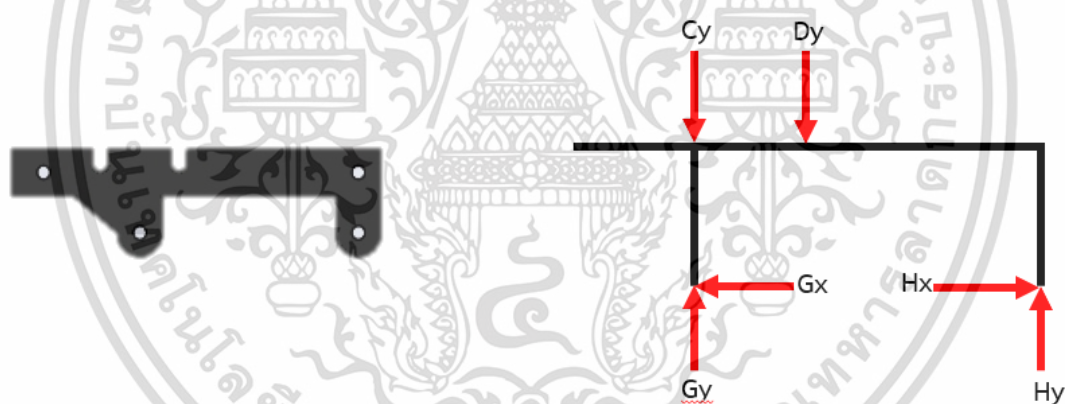
รูปที่ 3.13 แสดงภาพฉายด้านหน้าและด้านข้างของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพถ่ายทั้งด้านหน้าและด้านข้างนั้นจะเห็นว่าประกอบไปด้วยชิ้นส่วนหลักทั้งหมด 9 ชิ้น โดยการวิเคราะห์แรงที่กระทำกับวัตถุแต่ละชิ้นนั้น จำเป็นที่จะต้องวาดแผนภาพวัตถุอิสระของทุกชิ้นส่วนเพื่อที่จะได้ง่ายในการคำนวณ โดยแต่ละชิ้นส่วนนั้นมีแผนภาพวัตถุอิสระดังต่อไปนี้

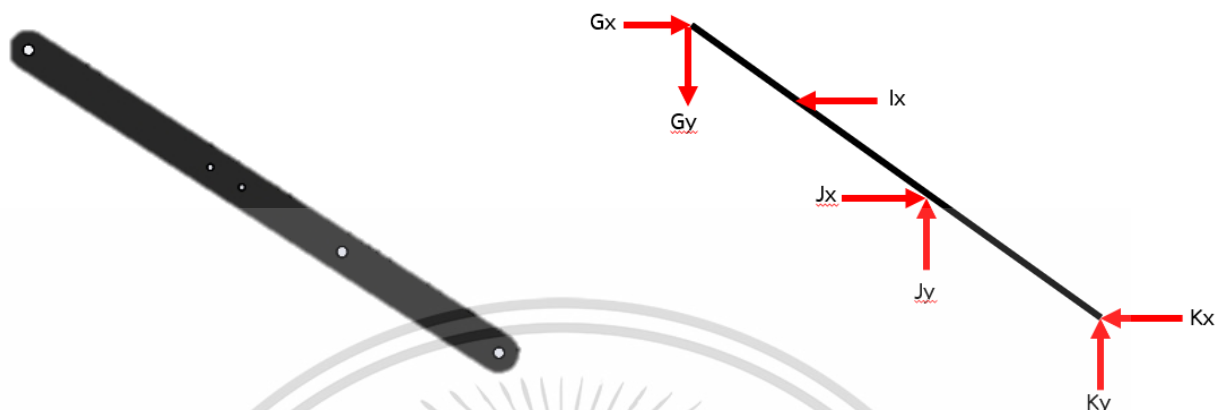


รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของตัวไ้



รูปที่ 3.15 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของตัวปิดบน

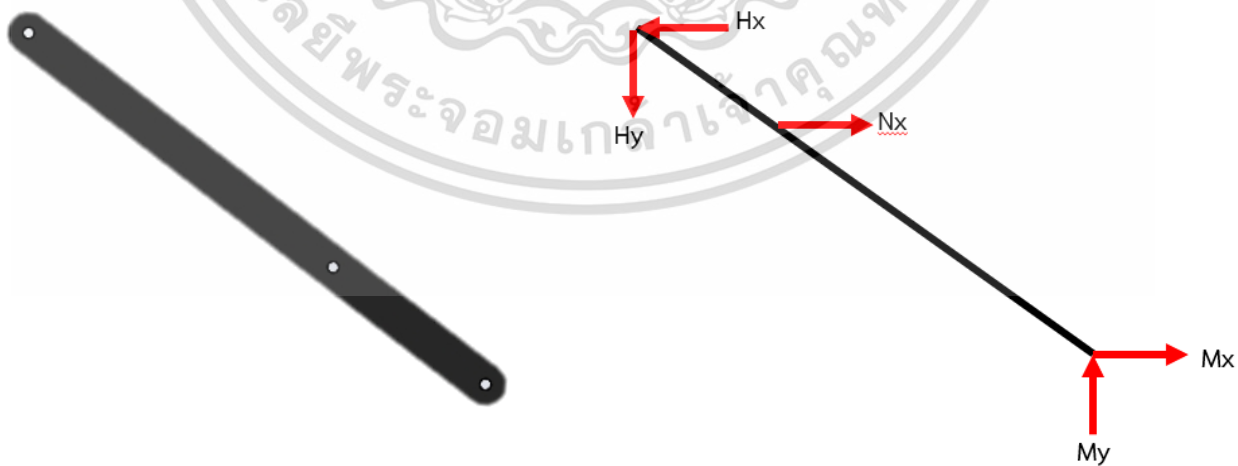
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของแกนยกใน

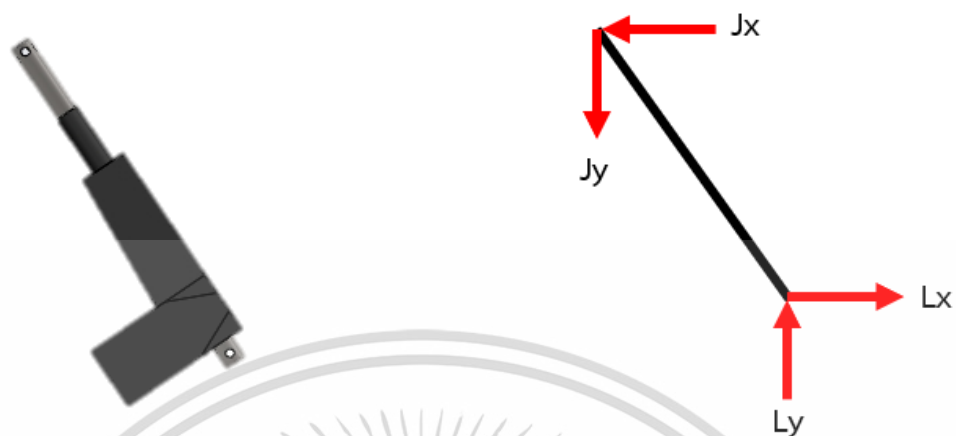


รูปที่ 3.17 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของตัวยึดแกนยก



รูปที่ 3.18 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของแกนยกนอก

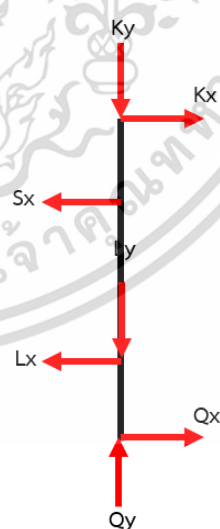
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของ Linear actuator

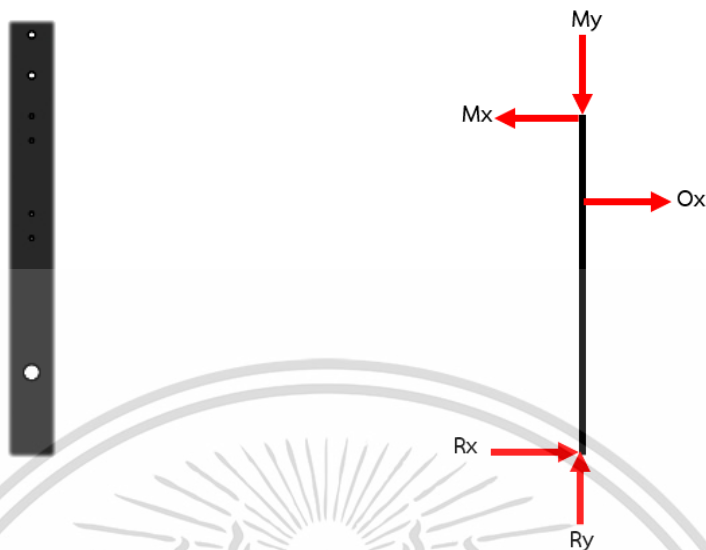


รูปที่ 3.20 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของตัวยึดเสา



รูปที่ 3.21 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของเสาใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 แสดงลักษณะและแผนภาพวัตถุอิสระของเสานอก

หลังจากการคำนวณและแก้สมการหาค่าของแรงทั้งหมดมานั้นได้ว่า แรงที่มีค่ามากที่สุดคือแรง Q_y ซึ่งเป็นแรงที่กระทำต่อเสาในและฐานรองเสาซึ่งมีค่าเท่ากับ 3876.21 นิวตัน เมื่อทราบค่าของแรงที่กระทำมากที่สุดมาแล้ว หลังจากนั้นต้องคำนวณหาค่า Normal stress ที่กระทำต่อเสาในและค่า Bending stress ที่กระทำต่อฐานรองเสา ดังต่อไปนี้

การคำนวณหา Normal stress ที่กระทำต่อเสาใน

ใช้สูตร

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

โดยที่ $F = 3876.21$ นิวตัน และ $A = 1017.25$ ตารางมิลลิเมตร

ดังนั้น ได้ค่า $\sigma = 3.81$ เมกะปาสคาล

การคำนวณหา Bending stress ที่กระทำต่อฐานรองเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้สูตร

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

โดยที่ $M = 605.84$ นิวตันเมตร, $C = 0.016$ เมตร

และ I คำนวณจาก

$$I = \frac{db^3}{12} - \frac{d_1b_1^3}{12}$$

ได้ค่า I ออกมาคือ 6.74×10^{-8} เมตร⁴

ดังนั้น ได้ค่า Bending stress ที่เกิดขึ้นกับฐานรองเสา มีค่าเท่ากับ 143.68 MPa

จากการคำนวณจะเห็นว่า Bending stress ที่เกิดขึ้นที่ฐานรองเสา มีค่ามากที่สุด คือ 143.68 MPa ต่อมาต้องการหาวัสดุที่เอามาใช้ โดยกำหนดให้ค่าความปลอดภัยที่ต้องการมีค่ามากกว่า 3.5 นั้นหมายความว่าต้องใช้วัสดุที่มีความเค้นที่จุดครากมากกว่า 502.88 MPa

ดังนั้น จึงเลือกใช้เหล็ก AISI1045 ที่มีความเค้นจุดครากเท่ากับ 530 MPa มาใช้ในการจำลองชิ้นงาน

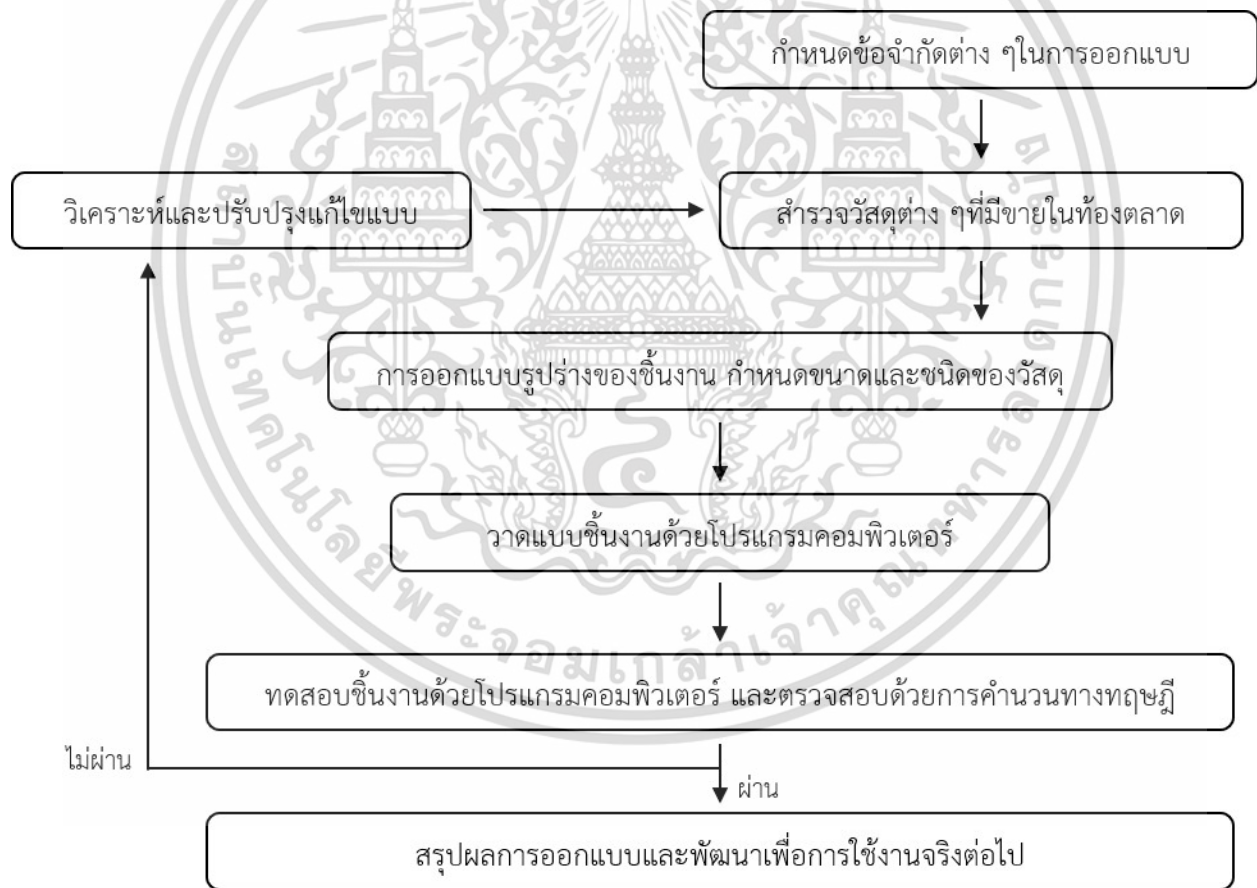
บทที่ 4

การออกแบบชิ้นงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4.1 ลำดับขั้นตอนและข้อจำกัดในการออกแบบ

4.1.1 ลำดับขั้นตอนในการออกแบบ

ในการออกแบบชิ้นส่วนและข้อต่อต่าง ๆ ของอุปกรณ์ต้องมีการลำดับขั้นตอนการออกแบบเพื่อให้การออกแบบทำได้ง่ายขึ้นและเป็นระบบโดยลำดับขั้นตอนในการออกแบบแสดงได้ดังแผนผังดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 แสดงลำดับขั้นตอนการออกแบบ

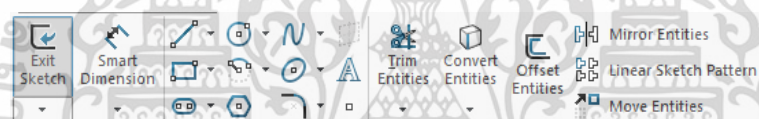
4.1.2 ข้อกััดในการออกแบบ

ในการออกแบบชิ้นส่วนและข้อต่อต่าง ๆ ของอุปกรณ์ จะมีข้อจำกัดหลายอย่างด้วยกันเช่น ความสูงของส่วนฐานจะต้องมีค่าไม่เกินความสูงของท้องรถ ความกว้างของแขนยกจะต้องมีค่าไม่เกินความกว้างของช่องประตูรถ และระยะของแขนยกจะต้องมากเพียงพอที่จะสามารถส่งผู้สูงอายุเข้าไปในตัวรถได้โดยไม่ชนขอบนรถเป็น และที่สำคัญรูปแบบและวัสดุของอุปกรณ์ที่ใช้นั้นจะต้องสามารถรองรับน้ำหนักของผู้สูงอายุได้โดยปลอดภัยและไม่เกิดความเสียหายใด ๆ โดยน้ำหนักของผู้สูงอายุที่ได้กำหนดไว้ในกาทดสอบด้วยโปรแกรมคือ 100 กิโลกรัม

4.2 การวาดแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการวาดแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์นั้น จะเลือกใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์ ซึ่งวิธีการวาดแบบสามมิติโดยทั่วไปจะมีขั้นตอนหลักๆอยู่ 3 ขั้นตอนด้วยกันดังนี้

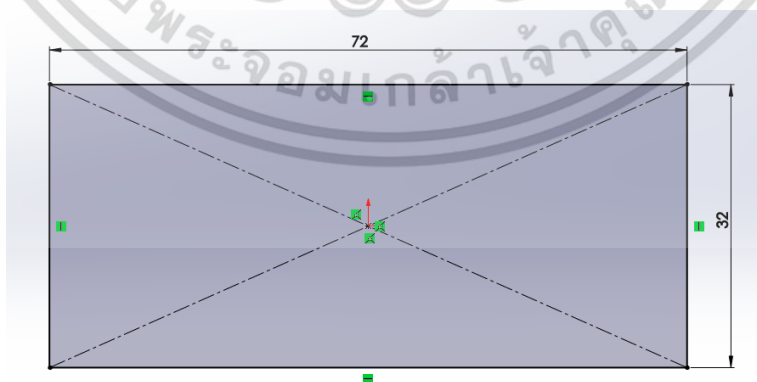
4.2.1 ขั้นตอนการใช้คำสั่ง Sketch ในการวาดแบบ 2 มิติ



รูปที่ 4.2 ชุดคำสั่ง Sketch

การใช้คำสั่ง Sketch สามารถทำได้จากขั้นตอนต่อไปนี้

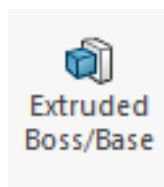
1. เลือกเครื่องมือและเขียนเส้นตามที่ได้ออกแบบไว้
2. กำหนดขนาดต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 4.3 แสดงการวาดแบบชิ้นงานและการกำหนดขนาดของแต่ละส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

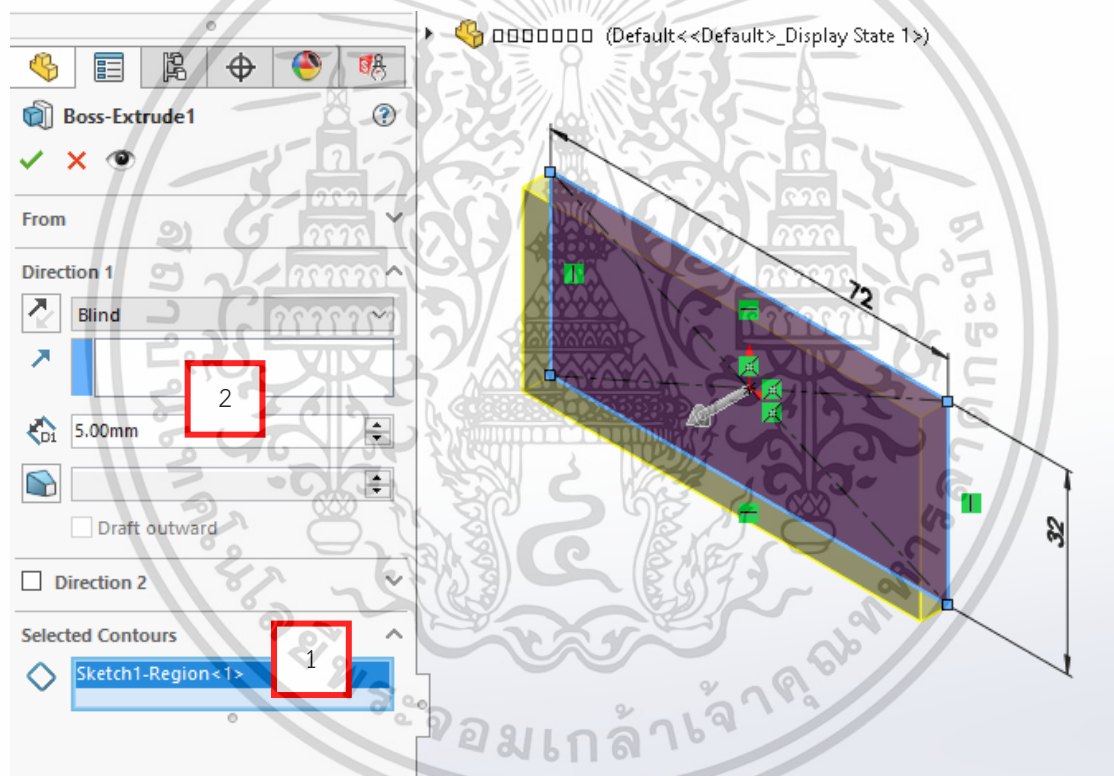
4.2.2 ขั้นตอนการใช้คำสั่ง Extruded เพื่อเปลี่ยนแบบ 2 มิติให้มีความหนาเป็นชิ้นงาน 3 มิติ



รูปที่ 4.4 แสดงคำสั่ง Extrude

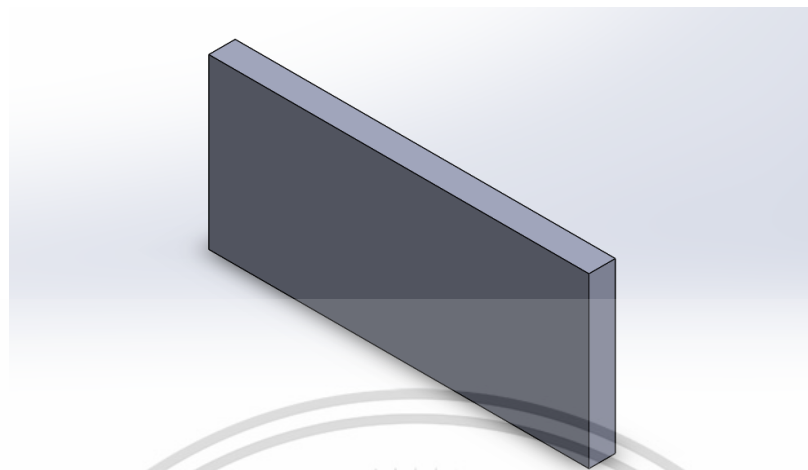
การใช้คำสั่ง Extruded สามารถทำได้จากขั้นตอนต่อไปนี้

- 1.เลือกระนาบบนแบบที่ต้องการเพิ่มความหนา
- 2.กำหนดความหนาของชิ้นงาน



รูปที่ 4.5 แสดงขั้นตอนการใช้คำสั่ง Extruded

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



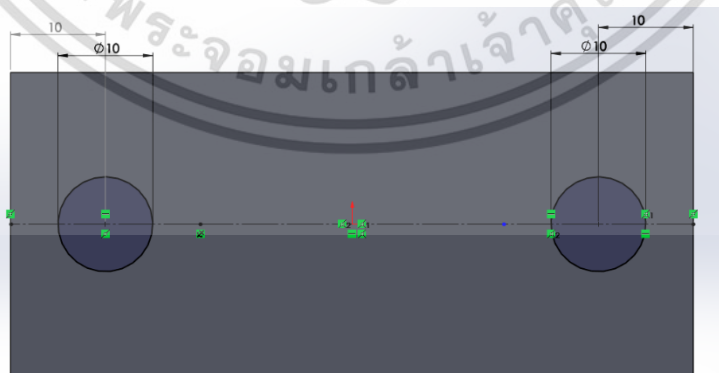
รูปที่ 4.6 แสดงชิ้นงานที่ทำการกำหนดขนาดด้วยคำสั่ง Extruded เรียบร้อยแล้ว

4.2.3 ขั้นตอนการใช้คำสั่ง Extruded cut เพื่อลบความหนาหรือเจาะช่องบางส่วนของชิ้นงาน

รูปที่ 4.7 แสดงคำสั่ง Extruded cut

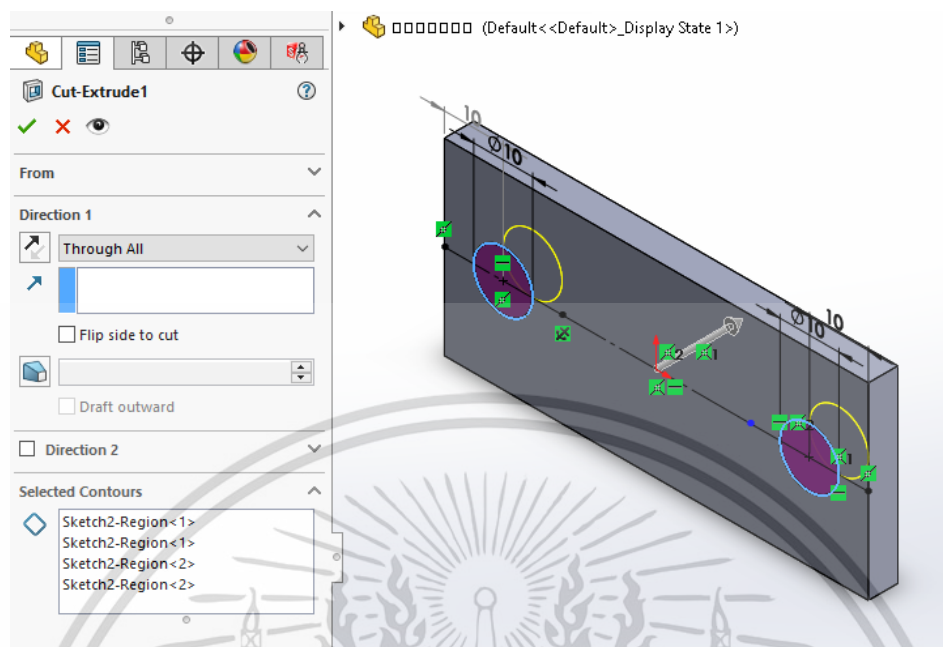
การใช้คำสั่ง Extruded cut สามารถทำได้จากขั้นตอนต่อไปนี้

- 1.วาดแบบบนชิ้นงานตามที่ต้องการเจาะ
- 2.เลือกพื้นที่บนแบบที่ต้องการเจาะ
- 3.กำหนดความลึกของการเจาะ

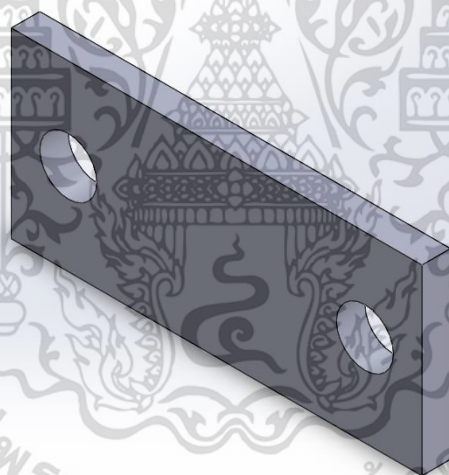


รูปที่ 4.8 แสดงการวาดแบบที่ต้องการเจาะบนชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงการใช้งานคำสั่ง Extruded cut



รูปที่ 4.10 แสดงชิ้นงานที่เจาะรูด้วยคำสั่ง Extruded cut เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การประกอบแบบชิ้นงานทุกส่วนด้วยคำสั่ง Assembly ก่อนจะนำไปทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

หลังจากทำการออกแบบและส่วนชิ้นงานแต่ละส่วนเรียบร้อยแล้ว จะใช้คำสั่ง Assembly ในการประกอบชิ้นงานแต่ละส่วนเข้าด้วยกันซึ่งชิ้นงานที่จะนำมาประกอบมีดังนี้

4.3.1 ชิ้นงานส่วนต่าง ๆ ที่จะนำมาประกอบ



รูปที่ 4.11 แสดงชิ้นส่วนแปดเตอรื

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงชิ้นส่วนล้อ

รูปที่ 4.13 แสดงชิ้นส่วน linear actuator 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงชิ้นส่วน linear actuator 2

รูปที่ 4.15 แสดงชิ้นส่วนปุ่มยกขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงชิ้นส่วนกรอบรีโมท

รูปที่ 4.17 แสดงชิ้นส่วนปุ่มยกลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แสดงชิ้นส่วนเพลาส่วนตัวยก

รูปที่ 4.19 แสดงชิ้นส่วนเสาหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 แสดงชิ้นส่วนเสาหลัง

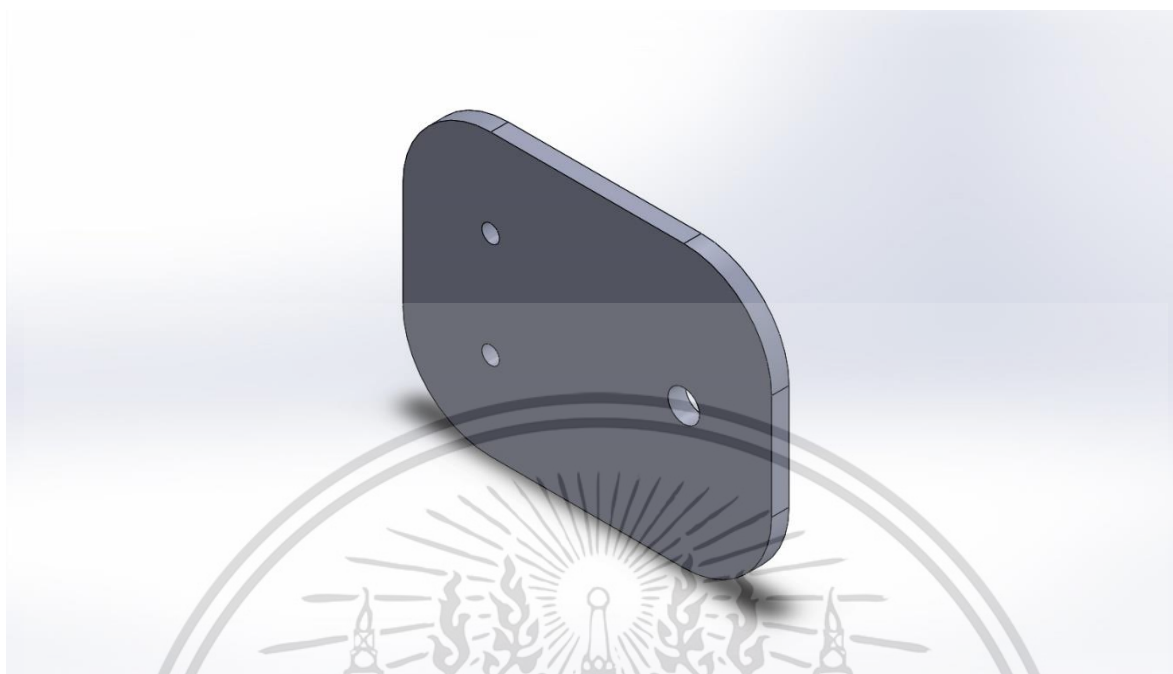
รูปที่ 4.21 แสดงชิ้นส่วนมือจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 แสดงชิ้นส่วนแขนยกด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 แสดงชิ้นส่วนตัวยึดมือจับ



รูปที่ 4.25 แสดงชิ้นส่วนแผ่นยึดแขนยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 แสดงชิ้นส่วนแผ่นรองยึด

รูปที่ 4.27 แสดงชิ้นส่วนแผ่นรองฐานเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 แสดงชิ้นส่วนแผ่นรองฐาน linear actuator

รูปที่ 4.29 แสดงชิ้นส่วนฐานล้อ

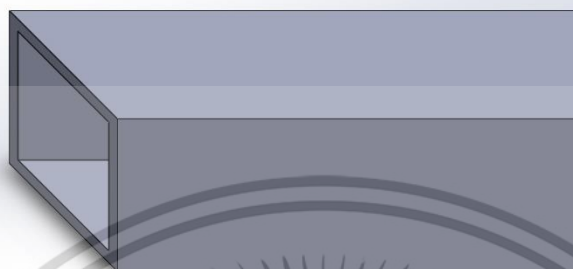
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 แสดงชิ้นส่วนขาเสาด้านบน

รูปที่ 4.31 แสดงชิ้นส่วนฐาน 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

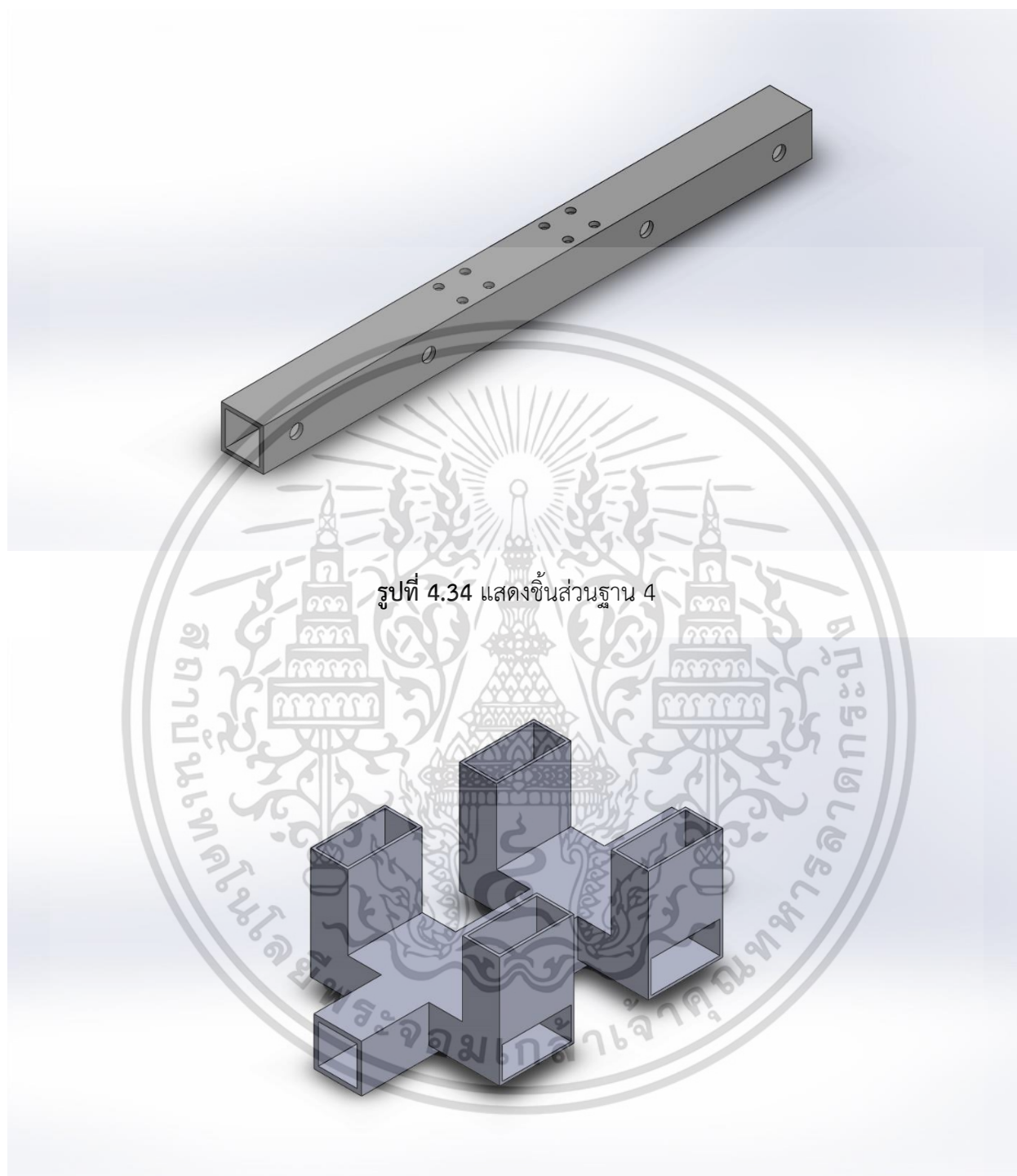


รูปที่ 4.32 แสดงชิ้นส่วนฐาน 2



รูปที่ 4.33 แสดงชิ้นส่วนฐาน 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 แสดงชิ้นส่วนฐาน 4

รูปที่ 4.35 แสดงชิ้นส่วนฐานวางแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.36 แสดงชิ้นส่วนฐาน 5

รูปที่ 4.37 แสดงชิ้นส่วนฉากค้ำฐาน

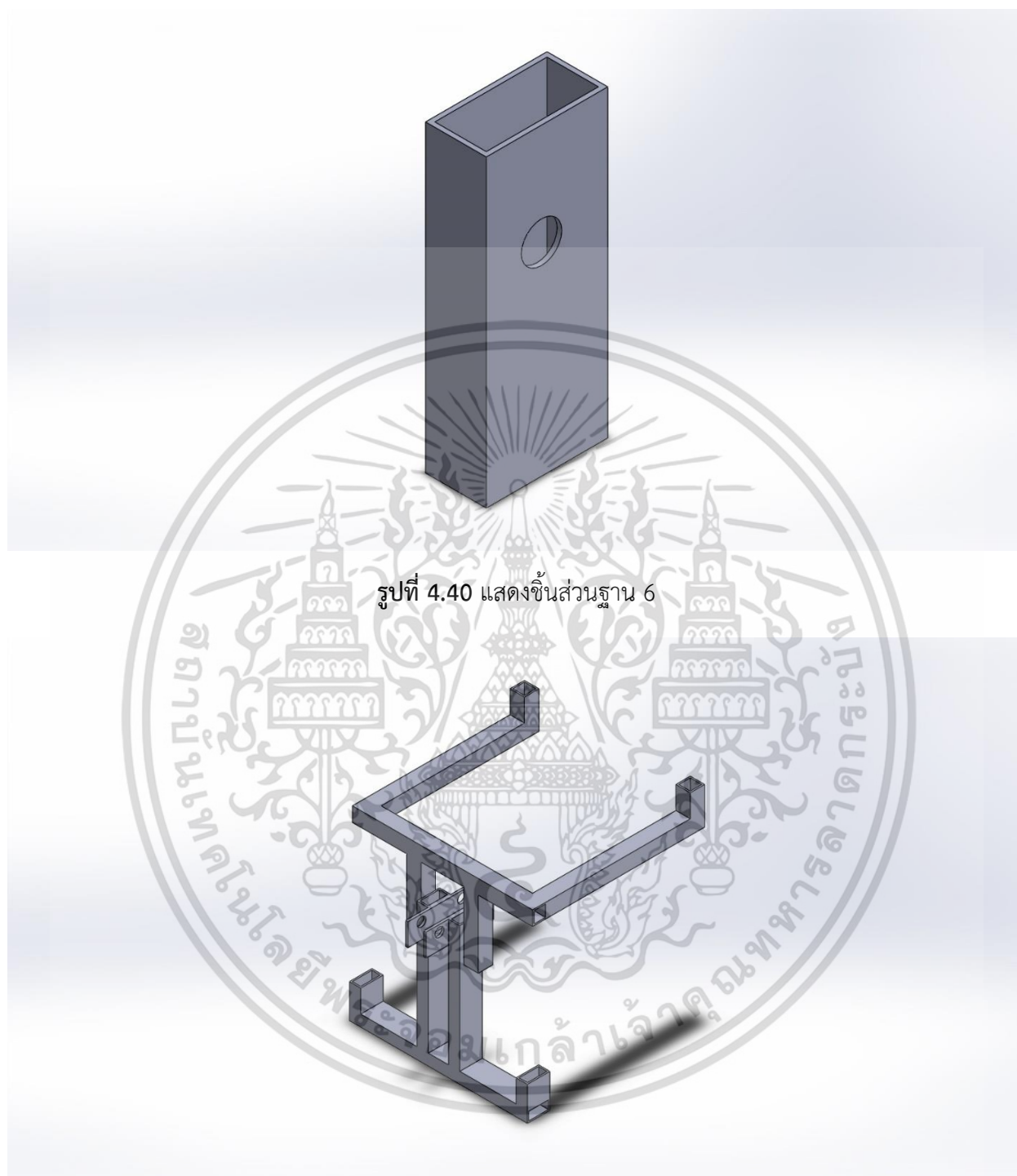
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.38 แสดงชิ้นส่วนฐาน linear actuator บน

รูปที่ 4.39 แสดงชิ้นส่วนฐาน linear actuator ล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

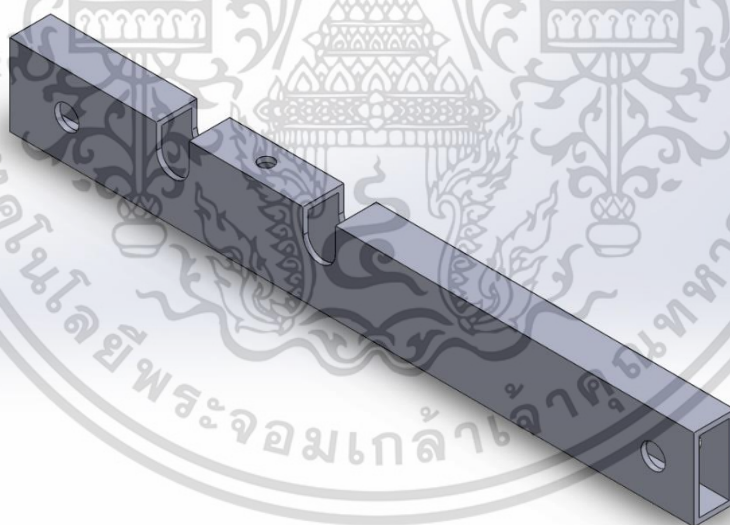


รูปที่ 4.41 แสดงชิ้นส่วนแขนยกหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.42 แสดงชิ้นส่วนแผ่นเชื่อมกลางแขนยก



รูปที่ 4.43 แสดงชิ้นส่วนกล่องเชื่อมปลายแขนยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.44 แสดงชิ้นส่วนแผ่นเชื่อมปลายแขนยก

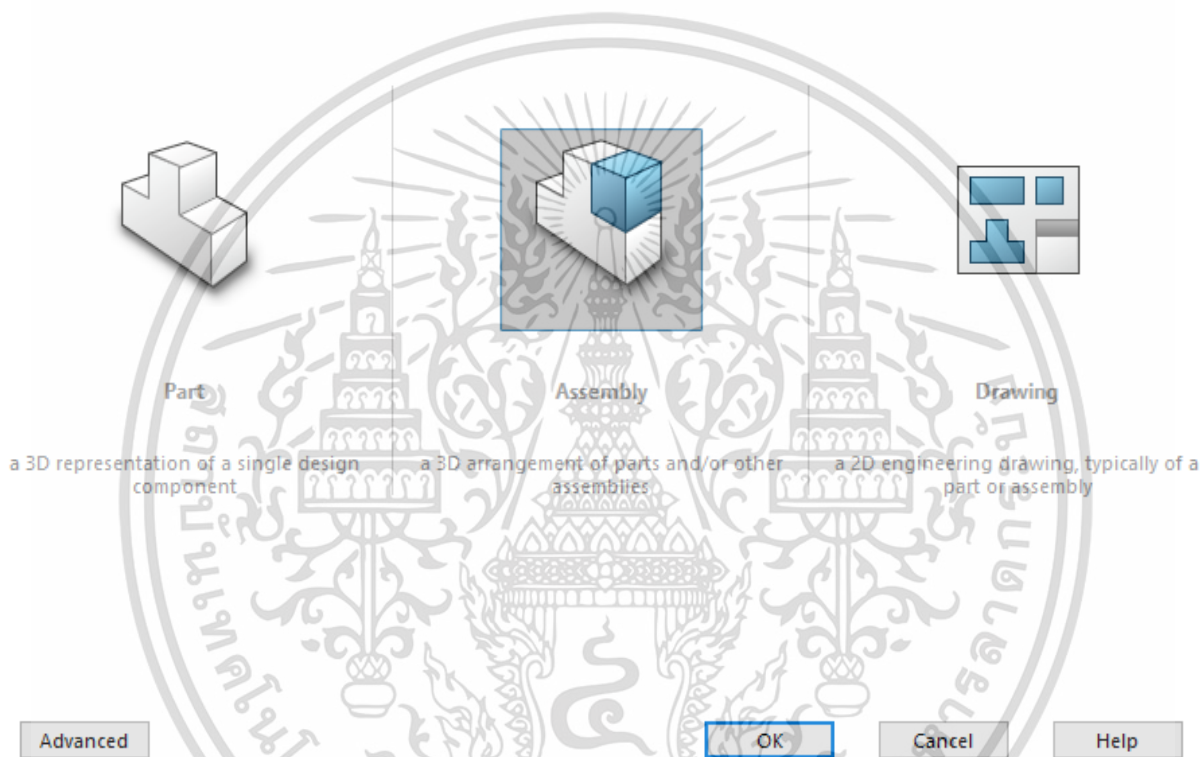
รูปที่ 4.45 แสดงชิ้นส่วนแผ่นล็อกแขนยกหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การประกอบชิ้นงานด้วยคำสั่ง Assembly

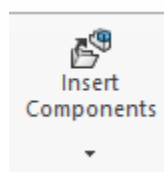
การใช้คำสั่ง Assembly ในการประกอบชิ้นงานมีดังนี้

1.เปิดโปรแกรม แล้วเลือกใช้งาน Assembly ดังนี้ File > New > Assembly



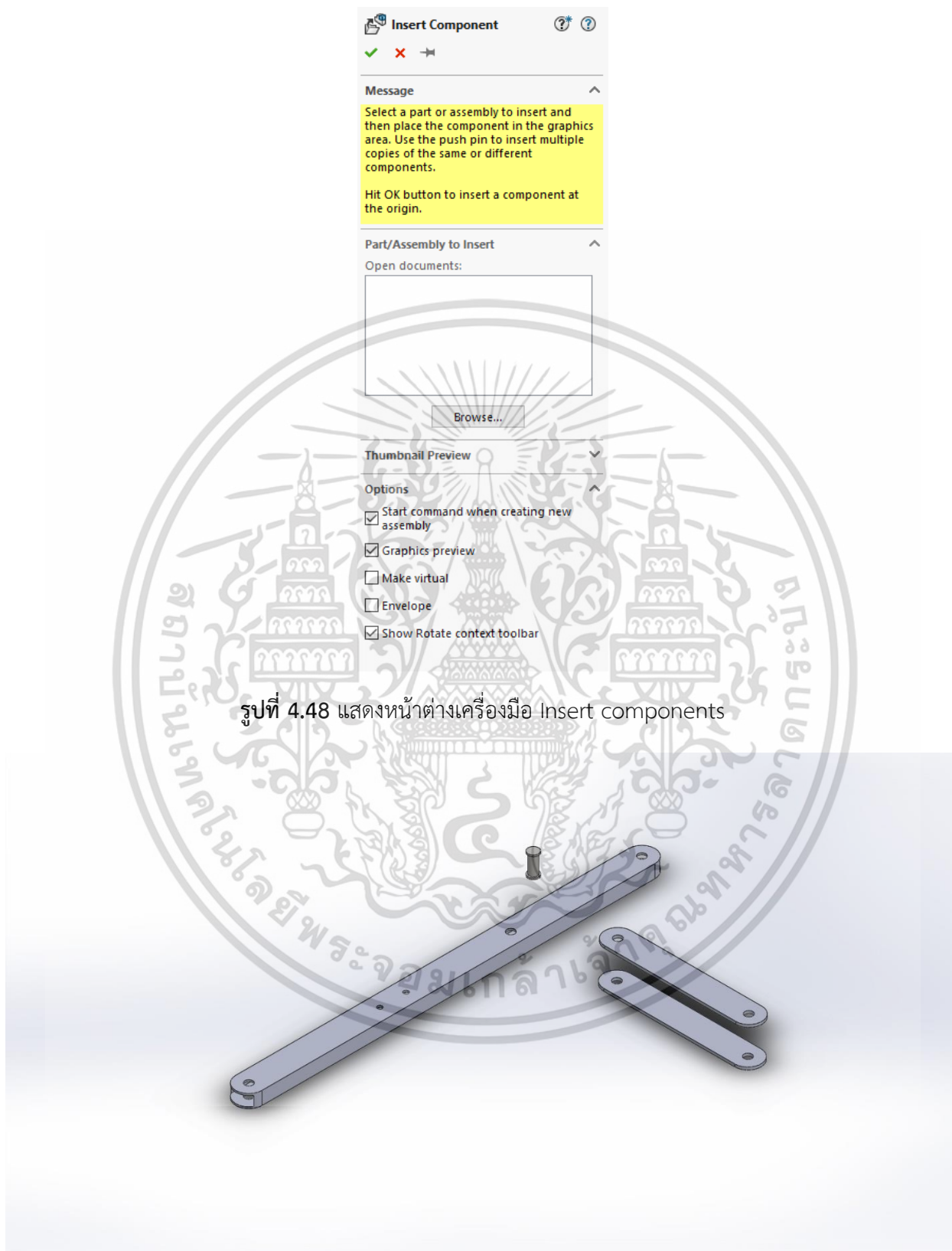
รูปที่ 4.46 แสดงการเลือกคำสั่ง Assembly

2.เรียกชิ้นงานที่ต้องการประกอบขึ้นมาด้วยคำสั่ง Insert Components



รูปที่ 4.47 แสดงการเลือกคำสั่ง Assembly

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

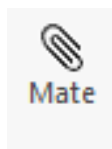


รูปที่ 4.48 แสดงหน้าต่างเครื่องมือ Insert components

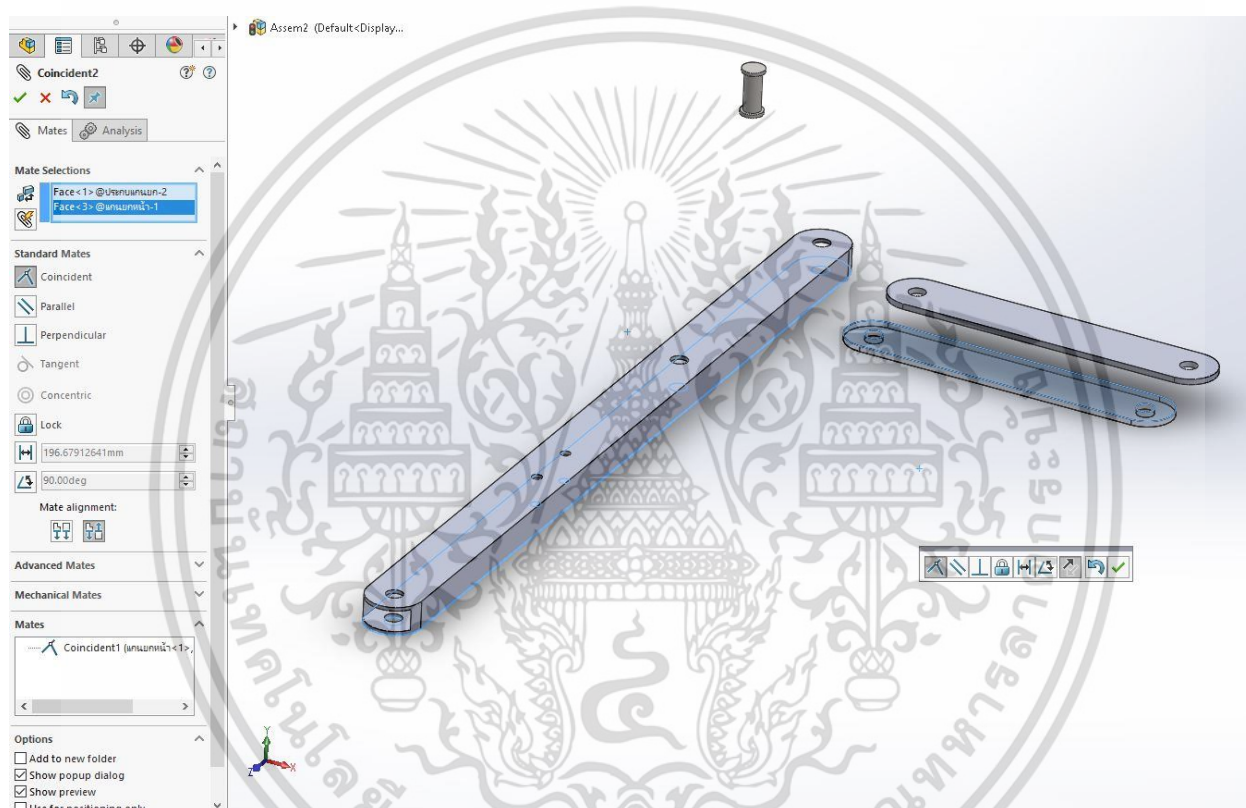
รูปที่ 4.49 แสดงชิ้นงานที่ถูกเลือกขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำชิ้นงานมาประกอบกันตามทีออกแบด้วยคำสั่ง Mate



รูปที่ 4.50 แสดงคำสั่ง Mate

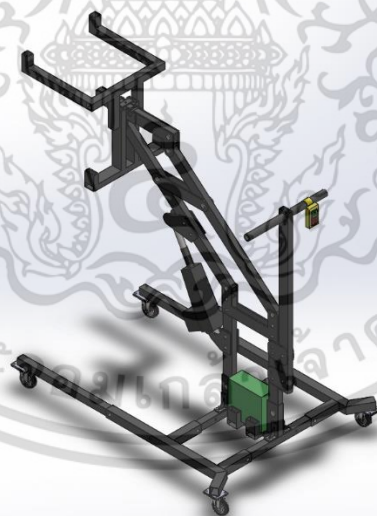


รูปที่ 4.51 แสดงการประกอบด้วยคำสั่ง Mate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

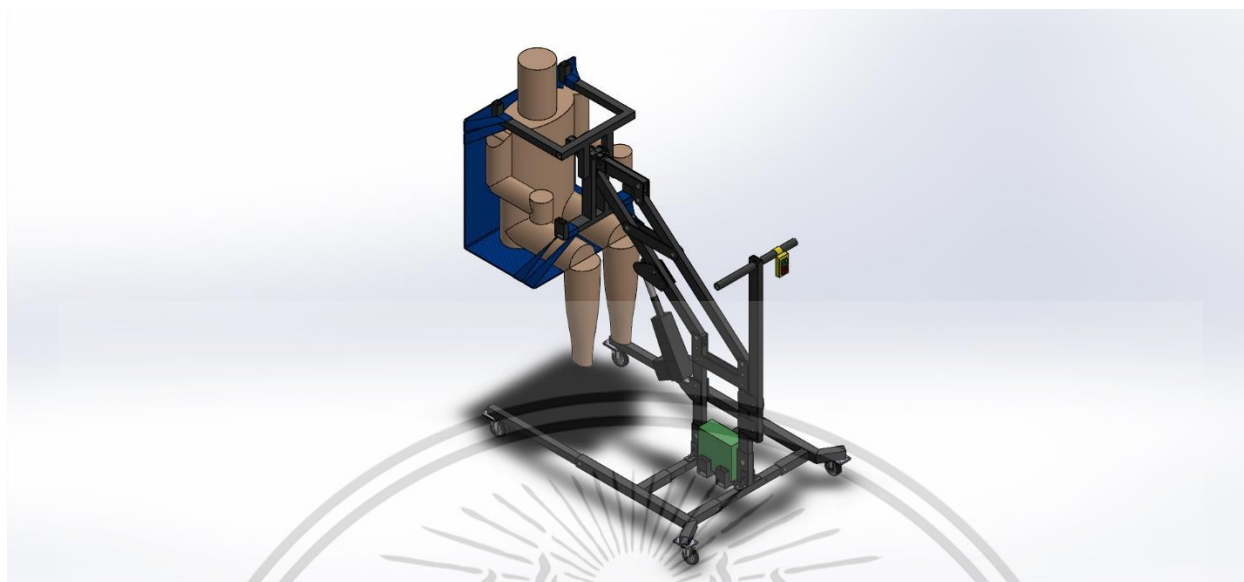


รูปที่ 4.52 แสดงชิ้นงานที่ประกอบด้วยคำสั่ง Mate



รูปที่ 4.53 แสดงชิ้นงานที่ประกอบเรียบร้อยแล้วก่อนนำไปคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.54 แสดงชิ้นงานที่จำลองการยกผู้สูงอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดสอบแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5.1 การทดสอบแบบจำลองอุปกรณ์ช่วยเคลื่อนย้ายผู้สูงอายุ

ในการทดสอบแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะต้องมีการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุในแต่ละชิ้นงาน การเลือกหน้าตัดสำหรับการใส่แรงกระทำที่มีผลการรับแรงของโครงสร้างของอุปกรณ์ การกำหนดขนาดและทิศทางของแรงกระทำให้ถูกต้องตามการทำงานจริงซึ่งได้กำหนดดังขั้นตอนต่อไปนี้

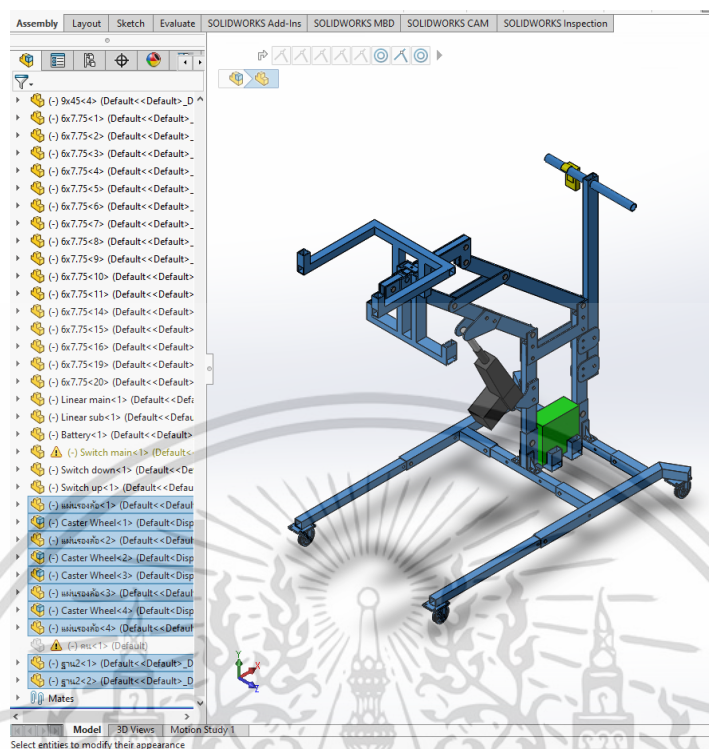


รูปที่ 5.1 แบบจำลองอุปกรณ์ยกผู้สูงอายุจากรถเข็นผู้ป่วยขึ้นรถยนต์

5.1.1 การตั้งค่าคุณสมบัติวัสดุของแบบจำลอง

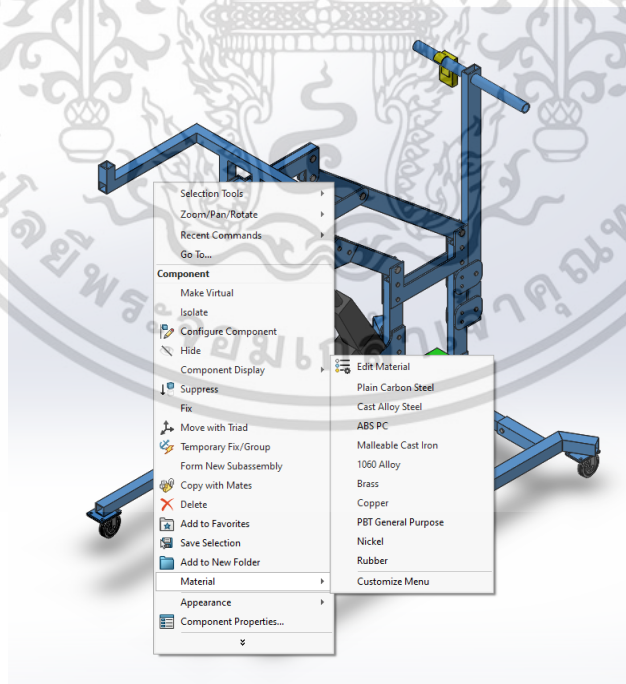
1. เลือกชิ้นงาน เพื่อที่จะตั้งค่าวัสดุของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงการเลือกชิ้นงานส่วนที่เป็นเหล็ก

2. คลิกขวาที่พื้นที่ว่างจะมีหน้าต่างขึ้นมา ให้เลือก Material ต่อด้วย เลือก Edit Material

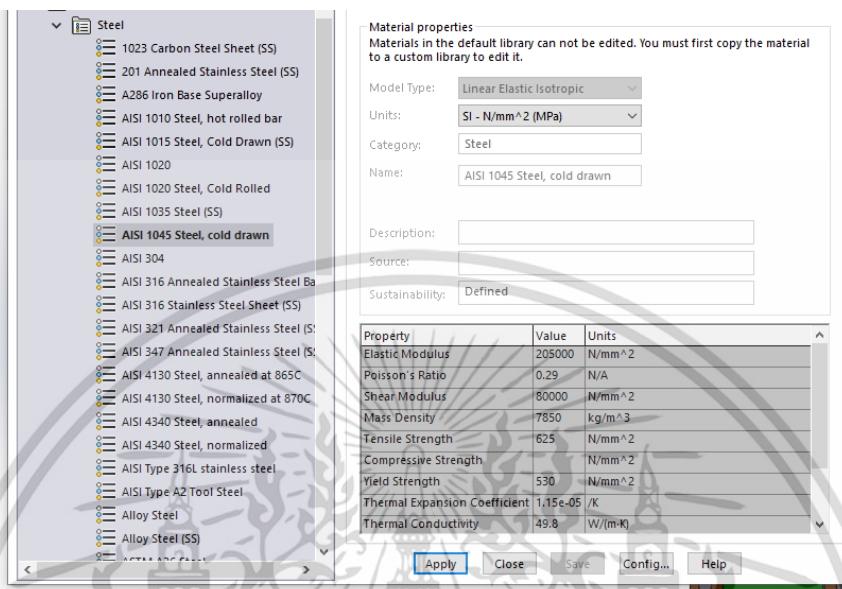


รูปที่ 5.3 แสดงการเลือกคำสั่งสำหรับการระบุข้อมูลวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กำหนดคุณสมบัติของวัสดุโดยเลือกใช้วัสดุ AISI 1045 steel แล้วจึงกด Apply แล้วต่อด้วยกด

Close



รูปที่ 5.4 แสดงการเลือกวัสดุ AISI 1045

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ AISI 1045 steel

Category:	Steel	
Name:	AISI 1045 Steel, cold drawn	
Default failure criterion:	Max von Mises Stress	
Description:		
Source:		
Sustainability:	Defined	
Property	Value	Units
Elastic Modulus	205000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	80000	N/mm ²
Mass Density	7850	kg/m ³
Tensile Strength	625	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	530	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	1.15e-05	/K
Thermal Conductivity	49.8	W/(m-K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ Cast Carbon Steel

Name:	Cast Carbon Steel	
Description:		
Source:		
Sustainability:	Defined	

Property	Value	Units
Elastic Modulus	200000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.32	N/A
Shear Modulus	76000	N/mm ²
Mass Density	7800	kg/m ³
Tensile Strength	482.549	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	248.168	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	1.2e-05	/K
Thermal Conductivity	30	W/(m-K)

4. ทำแบบเดียวกันกับข้อ1 ถึง ข้อ3 โดยเลือกวัสดุให้สลักเป็นคาร์บอนสตีล โดยอ้างอิงจากตารางที่4.2 หัวข้อ G 3539 สัญลักษณ์ SWCH

ตารางที่ 5.3 แสดงลักษณะของวัสดุที่ใช้ทำสลัก

Wire Standard No.	Standard name	Symbol	Usage examples
G 3532	Iron wire Normal Iron wire Annealed iron wire Iron wire for nails	SWM-B SWM-A SWM-N	General and for metal mesh General and for metal mesh For nails
G 3544	Hot-dip aluminum plated iron wire and steel wire	SWMA	Various metal mesh
G 3521	Hard steel wire	SW	Various wire springs, wire rope, steel cord, bead wire and spoke wire
G 3538	PC hard steel wire	SWCR SWCD	Prestressed concrete tank and pipe
G 3525	Wire rope		Wire rope
G 3560	Oil temper wire for spring	SWO-A	Various wire spring
G 3537	Zinc plated stranded steel wire	and B	Overhead earth wire, counterpoise and catenary wire
G 3544	Hot-dip aluminum plated iron wire and steel wire	SWHA	Overhead earth wire, catenary wire and core wire for ACSR
G 3522	Piano wire	SWP	Valve spring, music wire, high-class rope and steel cord
G 3536	PC steel wire and PC stranded steel wire	SWPR SWPD	Prestressed concrete
G 3561	Oil temper wire for valve spring	SWO-V	Valve spring
G 3544	Hot-dip aluminum plated iron wire and steel wire	SWHA	Overhead earth wire, catenary wire and core wire for ACSR
G 3539	Carbon steel wire for cold forging	SWCH	Bolts, nuts, small screws and rivets
G 3523	Core wire of film arc welding bar	SWY	Core wire for welding bar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

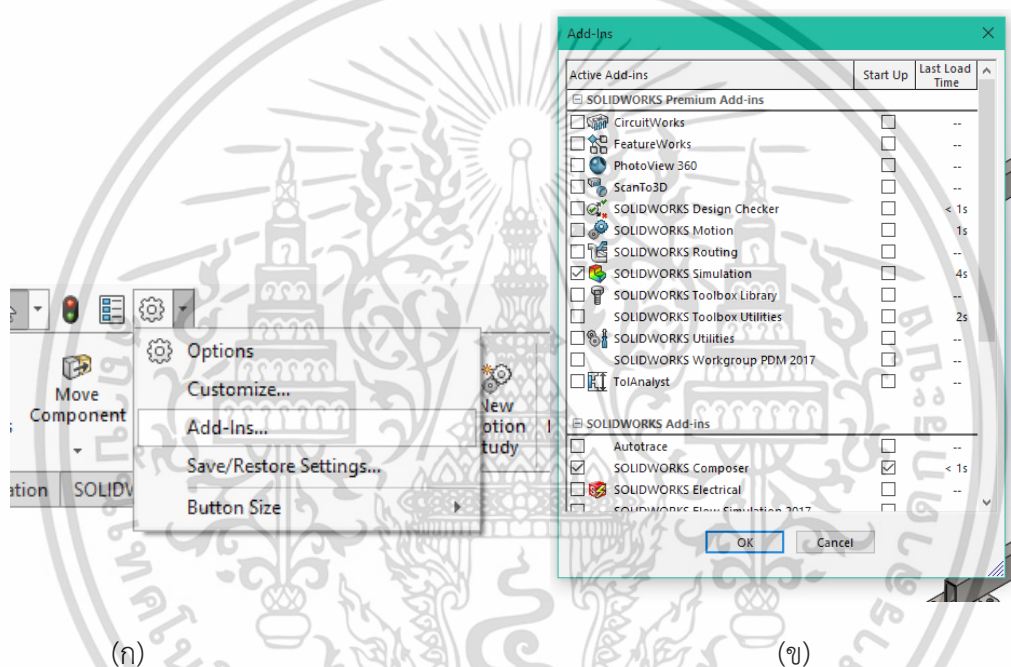
5.1.2 การเรียกใช้คำสั่ง Simulation

1. โดยปกติคำสั่ง Simulation จะอยู่ในแถบหน้าต่างด้านบนของโปรแกรม แต่หากไม่มี เราจะต้องทำการเรียกคำสั่ง Simulation ออกมาก่อน โดยมีวิธีดังนี้

(1) เลือกคำสั่ง Add- Ins... ดังรูปที่ 5.5(ก)

(2) ใส่เครื่องหมายถูกในช่องสี่เหลี่ยมหน้า SOLIDWORKS Simulation จากนั้นเลือก OK ดังรูปที่

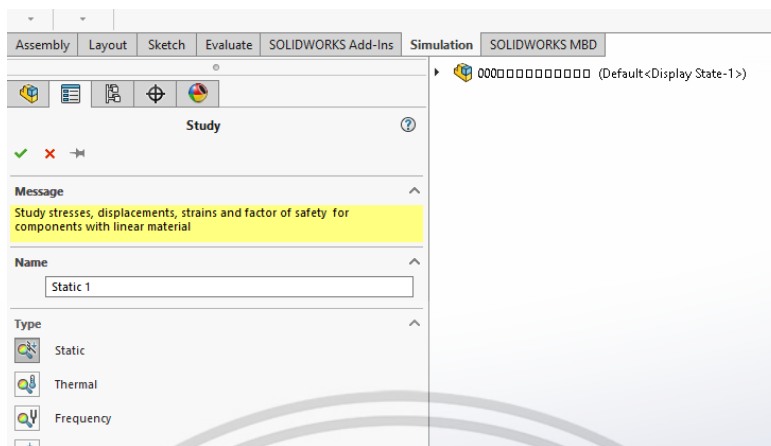
5.5(ข)



รูปที่ 5.5 (ก)แสดงการเลือกคำสั่ง Add-Ins... และ (ข)แสดงการเลือกใช้คำสั่ง Simulation

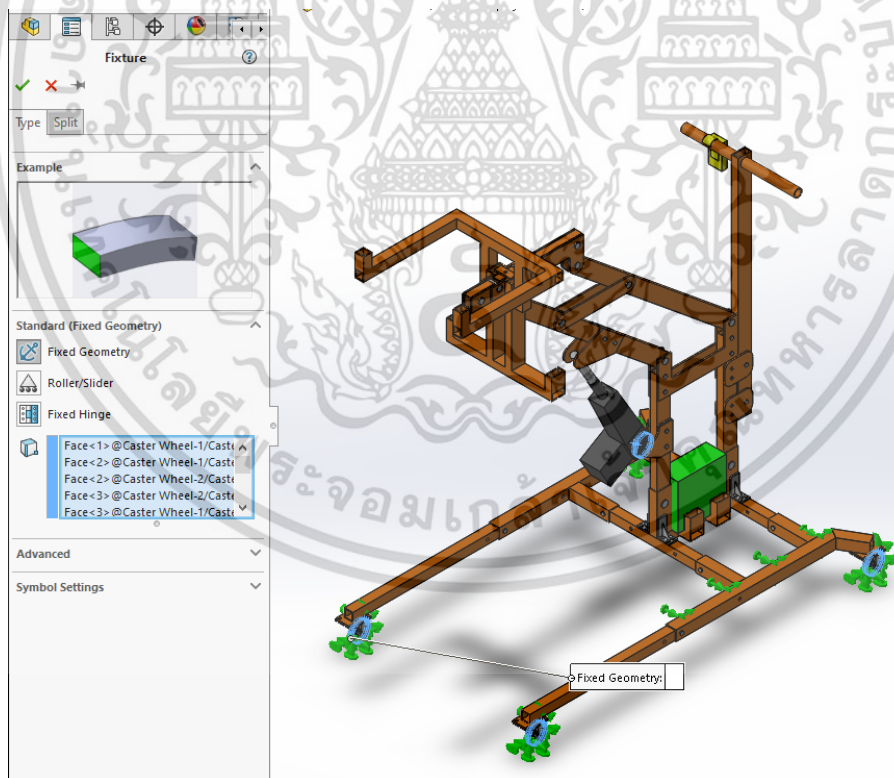
5.1.3 ขั้นตอนการ Simulation

(1) เลือกคำสั่ง Simulation > New Study > Static แล้วเลือกเครื่องหมายถูกสี่เหลี่ยม



รูปที่ 5.6 แสดงขั้นตอนที่หนึ่งของการ Simulation

(2) เลือกจุดที่ต้องการให้เป็นจุดจับยึด มีขั้นตอนดังนี้ คลิกขวาที่ Fixtures > Fixed Geometry...> เลือก ล้อทั้ง 4 ให้เป็นจุดจับยึด แล้วเลือกเครื่องหมายถูกสีเขียว



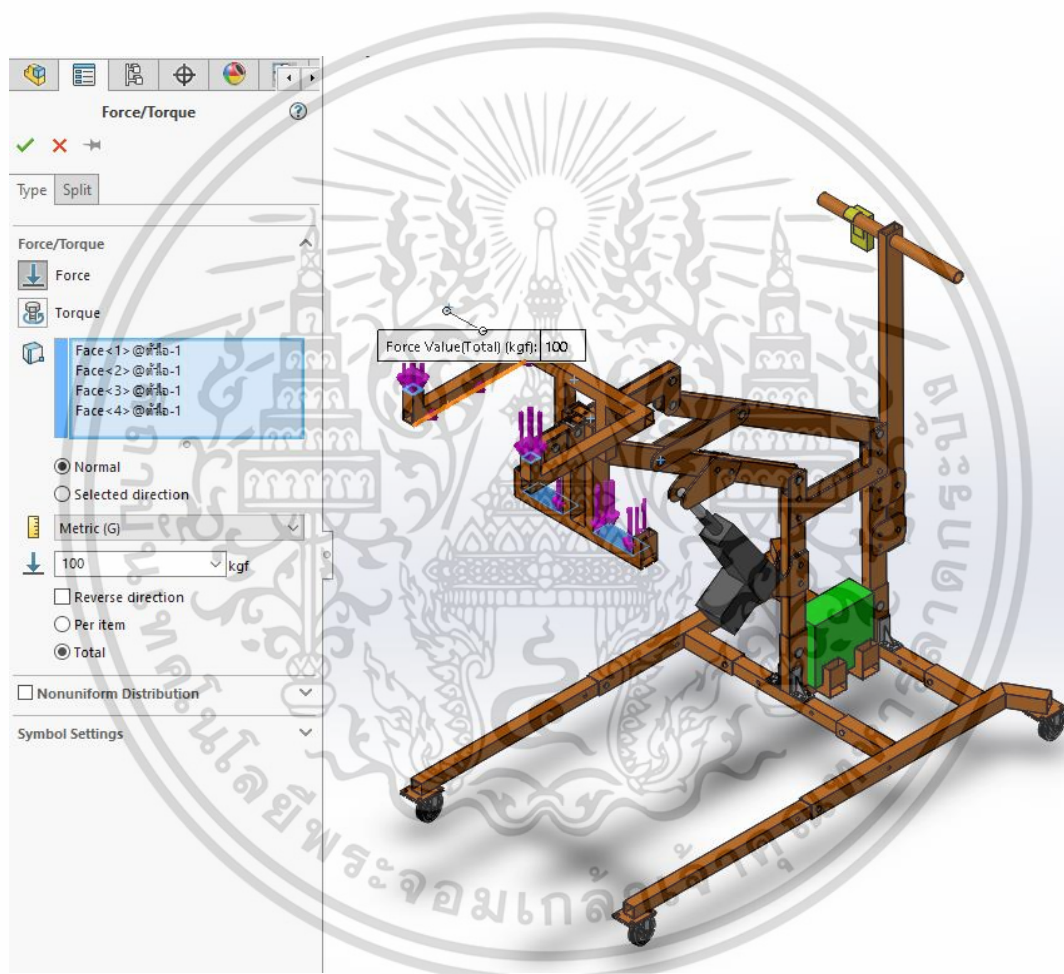
รูปที่ 5.7 แสดงการเลือกจุดจับยึด

(3)การใส่แรงกระทำทั้งหมดที่มีผลต่อโครงสร้างของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใส่แรงนี้จะมีแรงกระทำ 2 อย่างที่มีผลต่อโครงสร้างคือ แรงที่เกิดจากน้ำหนักของผู้ป่วย และแรงที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก

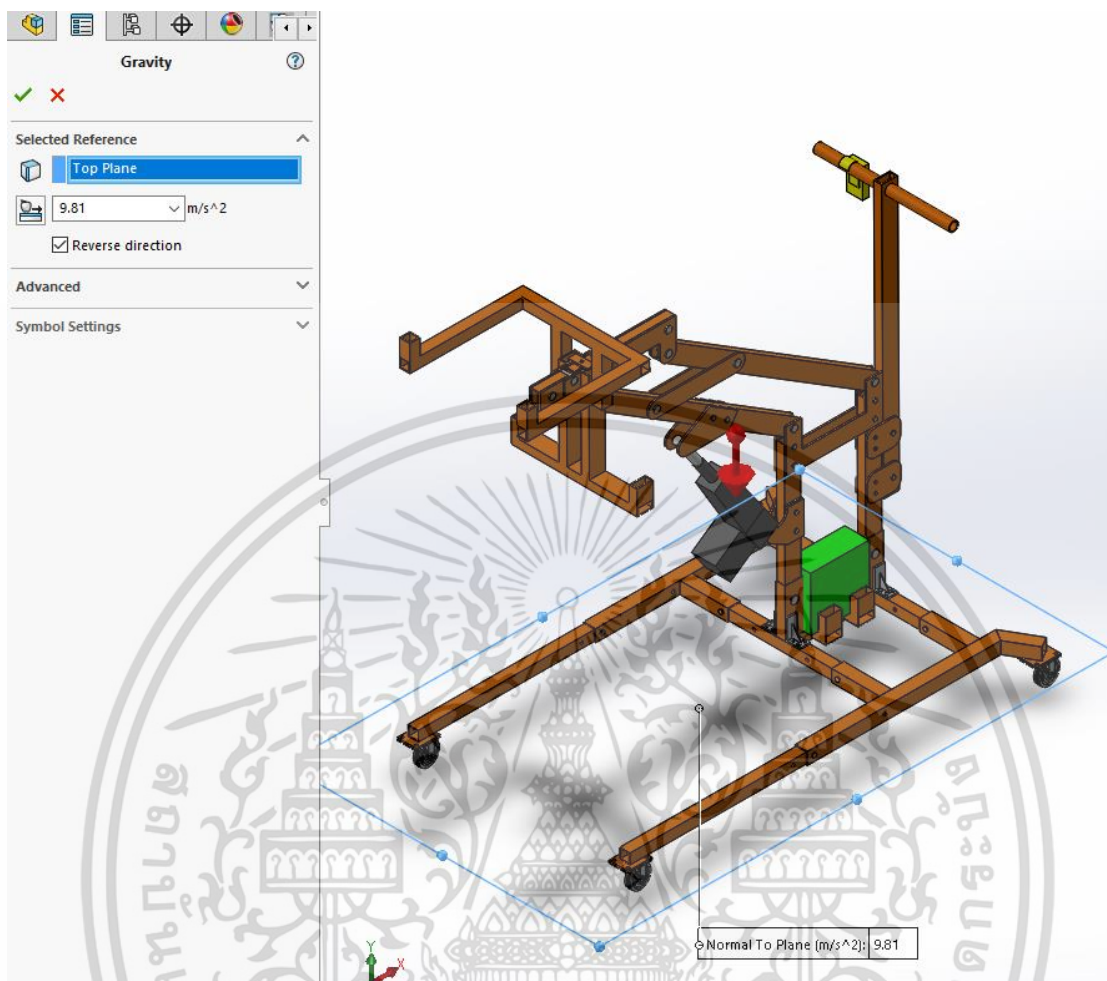
โดยแรงที่เกิดจากน้ำหนักของผู้ป่วยสามารถทำได้ดังนี้ คลิกขวาที่คำสั่ง External Loads > Force... > เลือกระนาบพื้นผิวที่แรงกระทำ > เปลี่ยนหน่วยของแรงเป็น Metric (G) > กำหนดแรงขนาด 100 kgf > เลือก Total จากนั้นเลือกเครื่องหมายถูกสีเขียว



รูปที่ 5.8 แสดงการระบุแรงที่เกิดจากน้ำหนักของผู้ป่วย

ส่วนการระบุแรงที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลกสามารถทำได้ดังนี้ คลิกขวาที่คำสั่ง External Loads > Gravity > เลือกทิศทางของแรงโน้มถ่วง ในกรณีนี้ให้เลือก Top Plane จากนั้นเลือกเครื่องหมายถูกสีเขียว

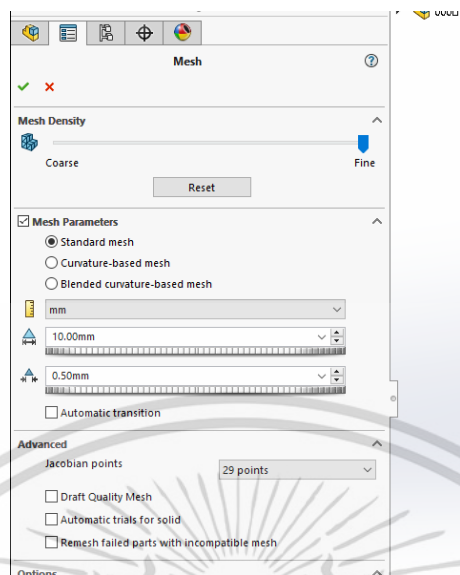
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



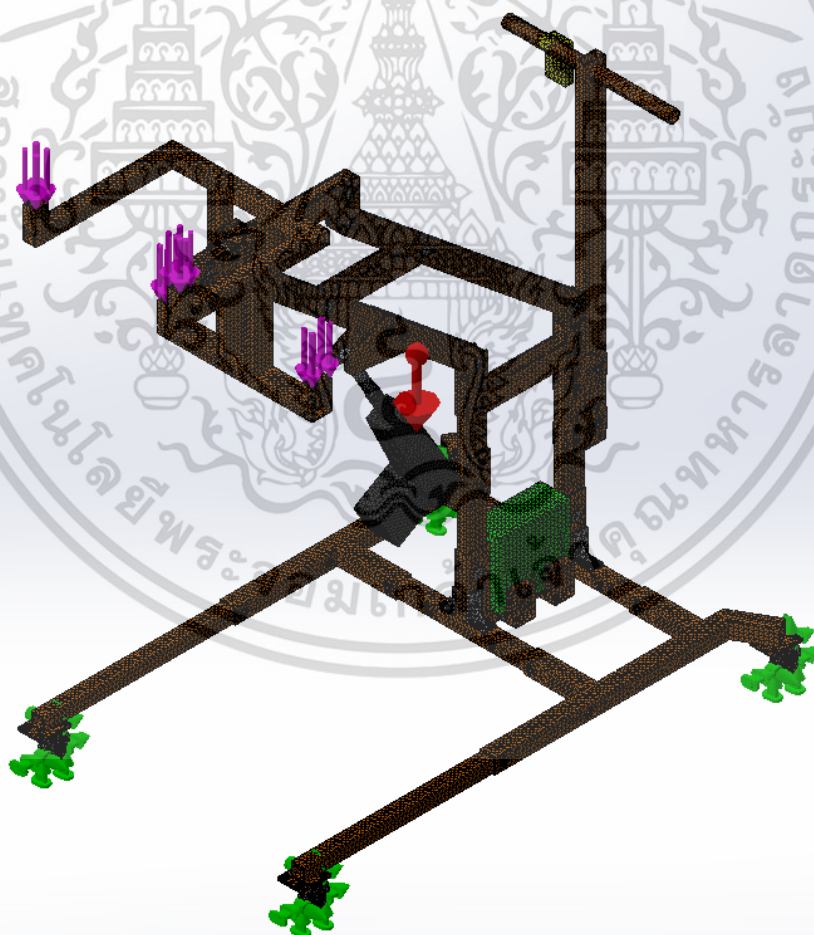
รูปที่ 5.9 แสดงการระบุแรงที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก

(4)การกำหนดขนาดของ Mesh เพื่อทำการทดสอบชิ้นงาน โดยมีขั้นตอนดังนี้ คลิกขวาที่ Mesh > Create Mesh... > เลื่อนแถบความละเอียดไปด้าน Fine > Standard Mesh > ปรับขนาดความละเอียดให้เป็น 10 มิลลิเมตร เพื่อความแม่นยำในการทดสอบชิ้นงาน > ปรับ Jacobian point เป็น 29 points จากนั้นเลือกเครื่องหมายถูกสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



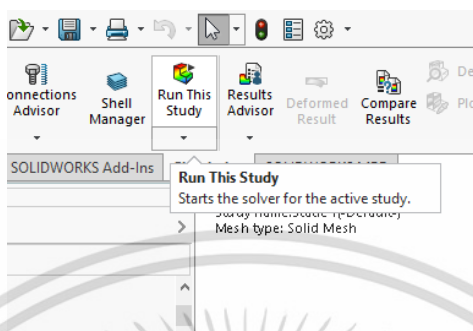
รูปที่ 5.10 แสดงขั้นตอนการ Mesh



รูปที่ 5.11 แสดงผลลัพธ์ของการ Mesh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5)การ Run แบบจำลองเพื่อดูผลลัพธ์ ทำได้ดังนี้ เลือก Run This Study เพื่อดูผลลัพธ์



รูปที่ 5.12 วิธีการ Run แบบจำลองเพื่อทดสอบแรง

5.2 ผลการทดสอบแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากการทดสอบแรงที่ได้ทำไปข้างต้นให้ผลลัพธ์ดังนี้ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะนำมาพิจารณาทั้งหมด 4 อย่าง ประกอบไปด้วย ค่า Stress, ค่า Stain, ค่า Displacement และ ค่า Factor of Safety

5.2.1 ผลการทดสอบที่แสดงความเค้น (Stress)

ค่า Stress คือ แรงต้านทานภายในเนื้อวัสดุที่มีผลต่อแรงภายนอกที่มากกระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ แต่เนื่องจากความไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติและความยากในการวัดหาค่านี้ เราจึงมักจะพูดถึงความเค้นในรูปของแรงภายนอกที่มากกระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ด้วยเหตุผลที่ว่า แรงกระทำภายนอกมีความสมดุลกับแรงต้านทานภายใน การหาค่าความเค้น สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

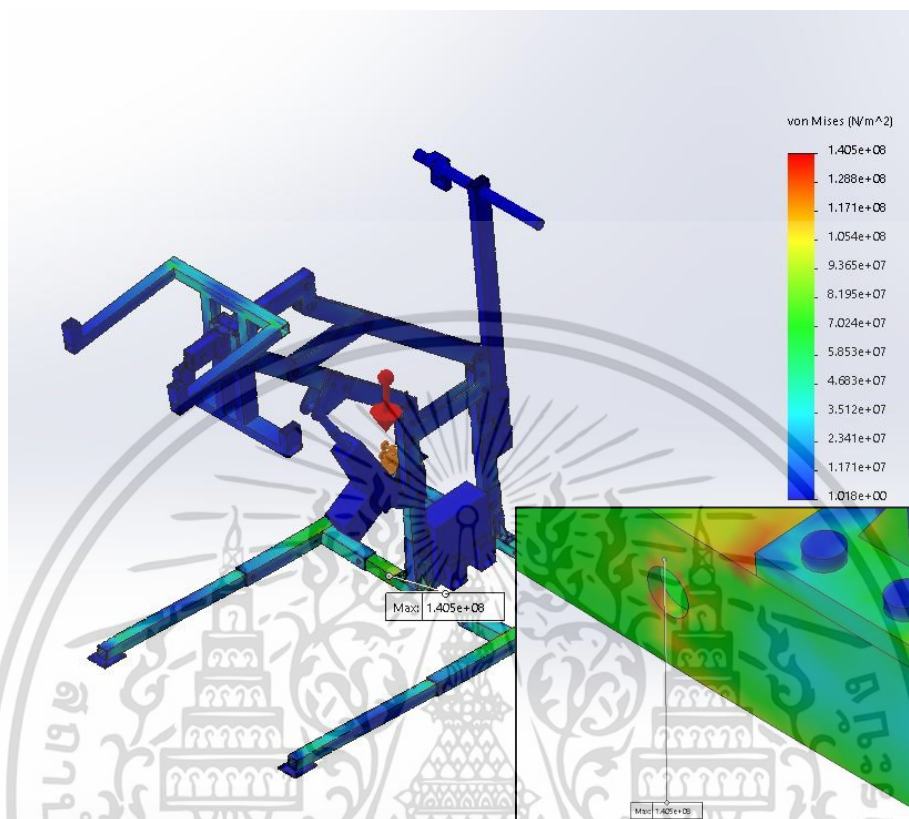
$$\sigma = \frac{F}{A}$$

เมื่อ σ = ความเค้น (Stress) มีหน่วยเป็นปาสกาล (Pa, 1 Pa = 1N/m²) หรือ kgf/mm² หรือ psi (lbf/in²)

P = แรงภายนอกที่มากกระทำ มีหน่วยเป็น N หรือ kgf หรือ lbf

A = พื้นที่ภาคตัดขวางที่แรงกระทำ มีหน่วยเป็น m² หรือ mm² หรือ in²

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



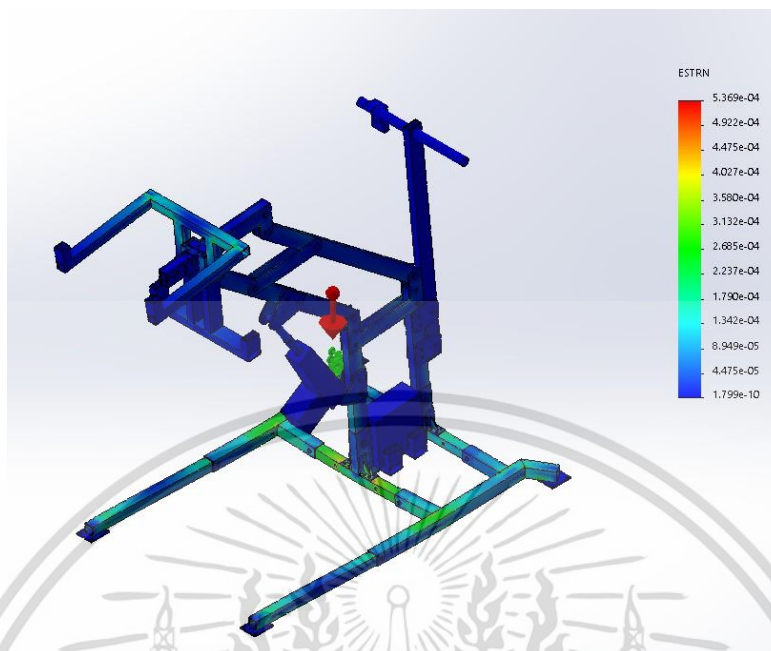
รูปที่ 5.13 แสดงผลการทดสอบในรูปของความเค้นและจุดที่มีความเค้นสูงสุด

จากผลการทดสอบ จะพบว่า ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นมีขนาด 140.5 MPa ในขณะที่ ค่า Yield strength ของวัสดุ AISI 1045 steel มีค่า 530 MPa ซึ่งมีค่ามากกว่ามาก จึงสรุปได้ว่าวัสดุไม่มีการเสียรูป ทั้งนี้ทำให้ทราบว่า ชิ้นงานนี้สามารถลดขนาดลงให้เล็กกว่านี้ได้ เพราะยังคงมีความแข็งแรงอยู่ เพื่อลดน้ำหนักและงบประมาณในการผลิตได้

5.2.2 ผลการทดสอบที่แสดงความเครียด (Strain)

ค่า Strain คือ ผลของการกระทำของแรงภายนอกต่อวัสดุ ไม่เพียงแต่ทำให้เกิดการต้านทานของแรงภายในของวัสดุเท่านั้น แต่ยังมีผลทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปไปด้วย นั่นคือวัสดุจะยืดตัวเมื่อรับแรงดึง และหดตัวเมื่อรับแรงอัด ส่วนที่เปลี่ยนรูป(Deformation)ไปนี้ ไม่ว่าจะเป็นการยืดตัวหรือหดตัวเราเรียกว่าส่วนยืดหด (Elongation)

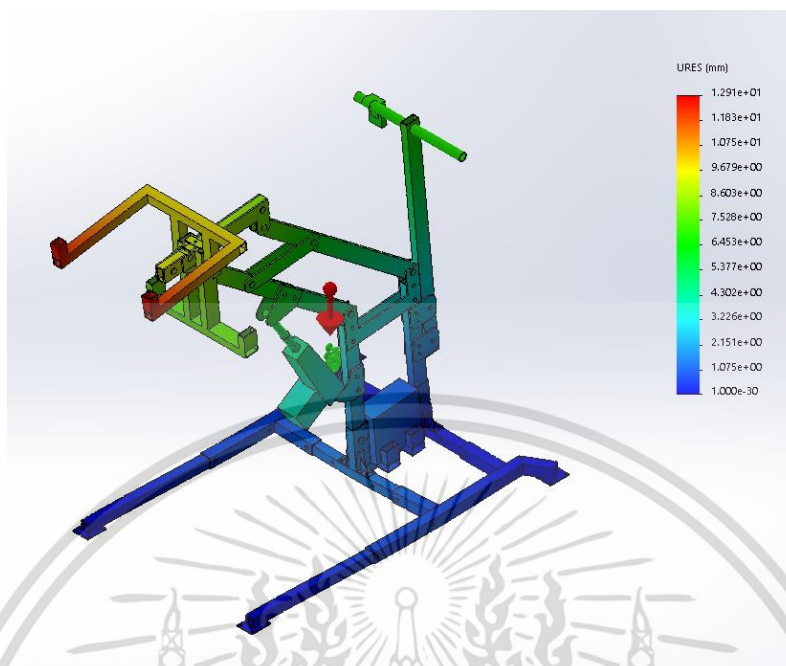
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 แสดงผลการทดสอบในรูปของความเครียด

5.2.3 ผลการทดสอบที่แสดงการกระจัด (Displacement)

ค่า Displacement คือ การเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ เป็นปริมาณที่บอกว่า ณ ช่วงเวลาๆหนึ่ง วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไปเท่าใด หาก displacement มีค่ามาก แสดงว่ามีการลดระดับหรือเพิ่มระดับจากจุดเริ่มต้นมาก อาจจะแสดงว่าวัตถุนั้นมีความยืดหยุ่นสูงหรือมีสภาพที่เข้าใกล้ความเสียรูป

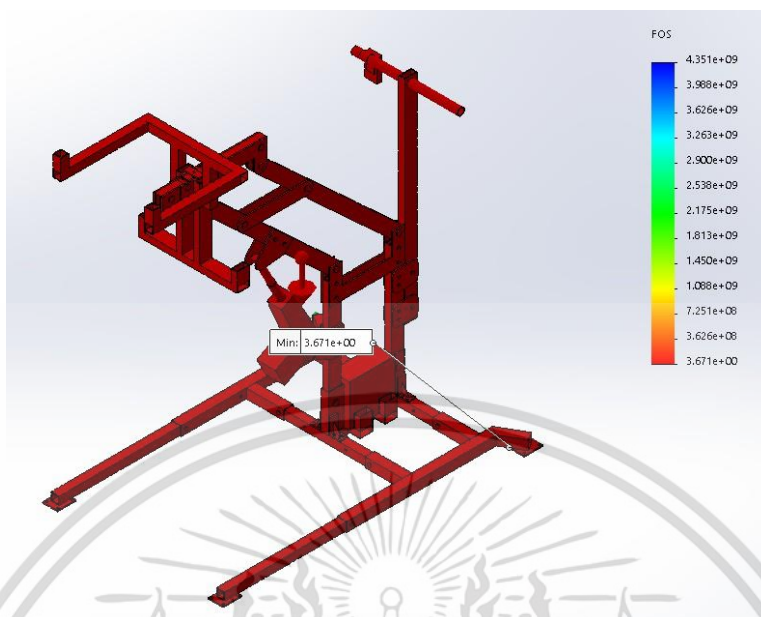


รูปที่ 5.15 แสดงผลการทดสอบในรูปของการกระจัด

จากผลการทดสอบ พบว่า ค่าการกระจัดสูงสุดหรือค่าที่บ่งบอกว่าวัตถุยืดไปเท่าใดสูงสุด มีค่า 12.9 มิลลิเมตรซึ่งถือว่ามิต้าน้อยมากเมื่อเทียบขนาดของอุปกรณ์ทั้งหมด จึงสรุปได้ว่าอุปกรณ์นี้ ไม่ยืดไปจากระยะเดิม

5.2.4 ผลการทดสอบที่แสดงค่าความปลอดภัย (Factor of Safety)

ค่า Factor of Safety คือ ค่าความปลอดภัย เป็นค่าที่เพื่อไว้สำหรับการออกแบบอุปกรณ์ เครื่องมือหรือเครื่องจักร ยิ่งมีค่ามากแสดงว่า อุปกรณ์สามารถรับแรงได้มากกว่าปกติ ค่าเพื่อนี้จำเป็นต่อความปลอดภัยของการใช้งานอุปกรณ์ เมื่อออกแบบควรมีการเผื่อค่าความปลอดภัยให้มาก แต่ยิ่งเผื่อมากก็จะทำให้ต้องใช้งบประมาณในการก่อสร้างสูงขึ้น ดังนั้นจึงควรคำนึงถึงความปลอดภัยและงบประมาณให้เหมาะสม



รูปที่ 5.16 แสดงผลการทดสอบในรูปแบบของค่าความปลอดภัย (Factor of Safety)

จากผลการทดสอบ พบว่าอุปกรณ์มีค่าความปลอดภัย มีค่า 3.67 ซึ่งถือว่ามีความพอ ดังนั้นเราจึงสามารถลดค่าความปลอดภัยลงได้อีก เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณในการสร้าง เพื่อลดน้ำหนักรวมของอุปกรณ์ลงได้อีก

บทที่ 6

วิจารณ์และสรุปผล

6.1 สรุปผลการทดลอง

ในการดำเนินงานออกแบบสามารถต่อบัตุประสงค์โดยสามารถออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายผู้สูงอายุหรือผู้พิการจากรถเข็นไปสู่รถยนต์ โดยผลที่ได้จากการคำนวณจากทฤษฎีมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการจำลองผลด้วยวิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์อีลีเมนต์และชิ้นงานที่ออกแบบมาสามารถพัฒนาและแก้ไขให้มีคุณสมบัติได้ตามต้องการนั่นคือ ใช้งานง่าย สามารถที่จะนำขึ้นรถยนต์ไปใช้งานนอกสถานที่ได้และรับน้ำหนักได้ 100 กิโลกรัม โดยมีค่าความปลอดภัย (Factor of Safety) อยู่ที่ 3.67 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ในส่วนของค่าใช้จ่ายของวัสดุชิ้นนั้น หลังจากการสืบค้นราคาและวัสดุอุปกรณ์ที่มาใช้นั้นไม่ว่าจะเป็น ลิเนียร์มอเตอร์ โลหะต่างๆ แบตเตอรี่ รีโมทควบคุมวงจรและอื่นๆ โดยราคารวมทั้งหมดประมาณ 5,600 บาท ซึ่งจากการคำนวณราคาขายจากต้นทุนคาดว่าจะสามารถขายได้ในราคาประมาณ 15,600 บาท โดยจากการสำรวจสินค้าที่มีอยู่ตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศจะมีราคาอยู่ประมาณ 20,000-70,000 บาท

6.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

- 1) จากวิกฤต COVID-19 ทำให้ไม่สามารถประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อนำมาทดสอบและบันทึกผลว่าสามารถใช้งานจริงได้หรือไม่ได้ เนื่องจากปัญหาเรื่องอุปกรณ์และสถานที่ที่ไม่พร้อม
- 2) งบประมาณที่มีค่อนข้างจำกัด ทำให้การออกแบบส่วนต่างๆต้องทำให้สอดคล้องและเพียงพอกับงบประมาณที่มีอยู่ด้วย

6.3 ข้อเสนอแนะ

- 1) การเลือกซื้อวัสดุควรเลือกดูจากหลายๆร้านค้า โดยเปรียบเทียบทั้งทางด้านราคาและคุณภาพ เพื่อที่จะได้วัสดุที่มีความคุ้มค่ามากที่สุด
- 2) การสั่งอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการสร้างชิ้นงานนั้น ควรเผื่อเวลาการส่งสินค้าเพราะอุปกรณ์บางชิ้นที่ใช้ในการสร้างนั้นไม่มีบริษัทที่รับผลิตหรือจัดจำหน่ายในไทย ทำให้ต้องสั่งจากต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Shenzhen mai kangxin medical robot co. ltd. รถเข็นเคลื่อนย้ายผู้ป่วยเอนกประสงค์ iMOVE อุปกรณ์ดูแลผู้ป่วยติดเตียง ผู้สูงอายุ. ค้นหาเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2562 จาก <https://www.imovepatientlift.com/#homemain>
- [2] MGR Online. อุปกรณ์ยกอัตโนมัติเคลื่อนย้ายคนแก่-ผู้พิการฝีมือเด็กไทย. ค้นหาเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2562 จาก <https://mgronline.com/science/detail/9560000134667>
- [3] Donkey Review. เครื่องเคลื่อนย้ายผู้ป่วยติดเตียง. ค้นหาเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2562 จาก <https://medium.com/@donkeyreview>
- [4] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. ต้นทุนการผลิต และวิธีการลดต้นทุนการผลิต. ค้นเมื่อวันที่ 13 เมษายน 2563. จาก <https://bsc.dip.go.th/th/category/sale-marketing/sm-productioncost>
- [5] ธนาคารกสิกรไทย. ทำธุรกิจชนะ ด้วยการตั้งราคาขาย. ค้นเมื่อวันที่ 13 เมษายน 2563 จาก <https://www.kasikornbank.com/th/business/sme/KSMEKnowledge/article/FinancialTips/Pages/Business-win-by-pricing-strategy.aspx>
- [6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานอุตสาหกรรมท่อเหล็กคาร์บอนสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป. ค้นหาเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2562 จาก https://www.tisi.go.th/data/standard/pdf_files/tis/a107-25XX.pdf
- [7] U.S. Food&drug Admistration. Patient lift . ค้นหาเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2562 จาก <https://www.fda.gov/medical-devices/general-hospital-devices-and-supplies/patient-lifts>
- [8] แมคคาชอป.ลิเนียร์แอกทูเอเตอร์ ลิเนียร์มอเตอร์ 200mm Electric linear actuator 12/24V DC motor 3000N 6000N 8000N.ค้นหาเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2563 จาก <http://www.mechashop.com/store/product>
- [9] Russell C.Hibbeler (2010). Equilibrium of rigid body. Engineering Mechanics Statics , Ed.12 , หน้าที่ 199-223.
- [10] Russell C.Hibbeler (2011). Stress . Mechanics of Material, Ed.8 , หน้าที่ 3-47.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] Richard G. Budynas & J. Keith Nisbett (2006). Failures resulting from static loading, Shigley's Mechanical engineering design, Ed.8, หน้าที่ 209-246



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การคำนวณเพื่อหาราคาขาย

การคำนวณเพื่อหาราคาขายเราได้ใช้การคำนวณราคาขายจากต้นทุนรวม โดยองค์ประกอบของการคำนวณราคาขายประกอบด้วย ดังนี้

1) ต้นทุนวัสดุ

สำหรับต้นทุนวัสดุ เราไม่คำนึงถึงราคาของสกรูเพราะราคาของสกรูมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆ โดยมีราคาไม่ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ของราคาวัสดุทั้งหมดจึงสามารถตัดออกไปได้ โดยต้นทุนการผลิตนั้นสามารถหาได้โดยคำนวณจากตารางนี้

วัสดุอุปกรณ์	ขนาด	ราคาต่อ1ชิ้น	ราคาต่อ1เมตร	จำนวน(ชิ้น)/ ความยาว (เมตร)	ราคารวม
สีทาเหล็กกันสนิม	3.785ลิตร	609		0.5	304.5
เหล็กกล่อง	25*50		50.00	5.29	264.5
เหล็กกล่อง	60*30		58.33	0.3	17.5
เหล็กกล่อง	32*32		30.00	2.8	84
เหล็กกล่อง	38*38		33.33	2.1	70
เหล็กทรงกระบอก	D30		68.00	0.4	27.2
เหล็กแผ่นทำขึ้นส่วนอื่นๆ	1m*1m	1000		1	1000
ลิเนียแอนด์คูเลเตอร์		3000		1	3000
อุปกรณ์ควบคุม		700		1	700
รวมราคาวัสดุอุปกรณ์สำหรับสร้างหนึ่งเครื่อง					5467.70

2) ต้นทุนแรงงาน

สมมติให้ช่างงานหนึ่งชิ้นสร้างได้ด้วยคนงาน 2 คน โดยใช้เวลาในการสร้าง 2 ชั่วโมง แสดงว่าใน 1 วัน คนงาน 2 คนสามารถสร้างชิ้นงานได้ 4 เครื่อง (เวลาทำงานตามกฎหมายกำหนด 8 ชั่วโมงต่อวัน) โดยที่ค่าแรงของคนงาน คือ 500 บาทต่อวัน แสดงว่าต้นทุนแรงงานในการสร้างเครื่องจักร 1 เครื่องคือ นั่นคือ ใน 1 เดือนจะมีค่าใช้จ่ายแรงงาน 30,000 บาทต่อเดือน

3) ต้นทุนอื่นๆ

สำหรับต้นทุนอื่นๆจะเป็นต้นทุนคงที่ ในที่นี้หมายถึงต้นทุนโรงงาน ต้นทุนการผลิตหรือค่าใช้จ่ายต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นค่าเช่าโรงงาน ค่าเครื่องมือเครื่องจักร ค่าไฟฟ้า ค่าดำเนินการ ค่าใช้จ่ายในการค้า ค่าใช้จ่ายในการบริหาร ค่าแรงของผู้ประกอบการ ค่าแรงของผู้ดำเนินการที่ไม่ใช่แรงงานที่ได้รับค่าแรงขั้นต่ำ ค่าบำรุงรักษาเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักร ซึ่งข้อมูลทั้งหมดนี้ยากต่อการตีค่าออกมาเป็นตัวเลข ดังนั้นจึงขอประมาณให้มีค่าเป็น 100,000 บาทต่อเดือน

4) กำไรที่ต้องการ

ส่วนต่างที่เกิดขึ้นเนื่องจากการนำ “รายได้รวม” กับ “ค่าใช้จ่ายรวม” ซึ่งมักจะเรียกอย่างเป็นทางการว่า “กำไรสุทธิ” ของธุรกิจ ในที่นี้กำหนดให้กำไรที่ต้องการคือ 30% ของต้นทุนรวม

หลังจากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาไปใส่ในแผนภูมิแท่งเพื่อคำนวณราคาขาย โดยสมมติว่าจะสามารถขายได้ 20 เครื่อง/เดือน

จะได้ ค่าแรงงานทางตรงต่อเครื่องเป็น 1500 บาท

ค่าวัสดุทางตรงต่อเครื่องเป็น 5500 บาท

และ ต้นทุนอื่นๆต่อเครื่องเป็น 5000 บาท

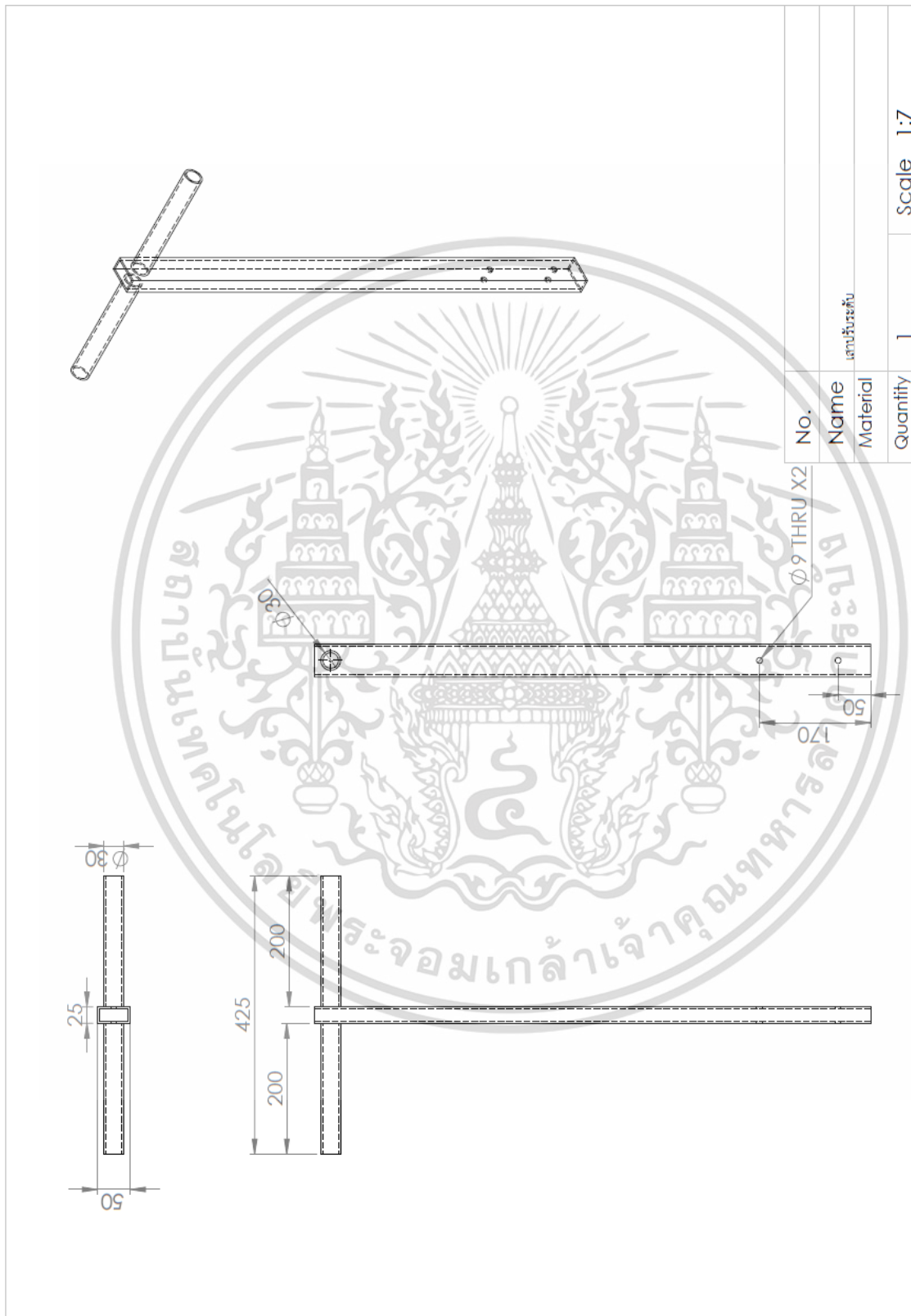
จะได้แผนภูมิแท่งออกมาเป็น

		กำไร 30% ของต้นทุนรวม	
	ต้นทุนอื่น 5000 บาท/เครื่อง	ต้นทุนรวม 12000 บาท/เครื่อง	ราคาขาย 15600 บาท/เครื่อง
ค่าแรงงานทางตรง 1500 บาท/เครื่อง	ต้นทุนขั้นต้น		
ค่าวัสดุทางตรง 5500 บาท/เครื่อง	7000 บาท/เครื่อง		

ดังนั้น ราคาขายของเครื่องจะอยู่ประมาณ 15,600 บาทต่อเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบร่างของชิ้นส่วนต่างๆของอุปกรณ์ที่ออกแบบมา

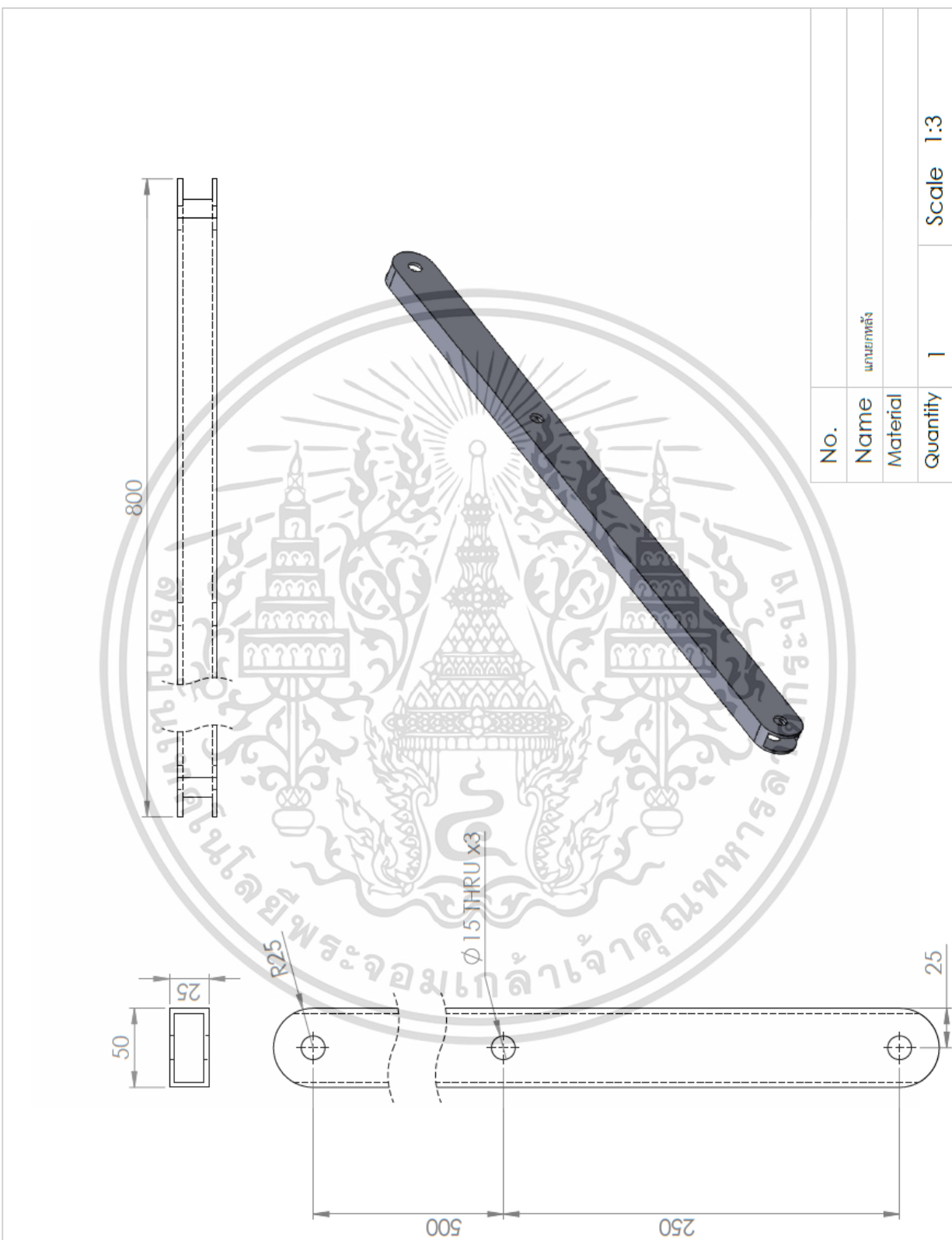


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

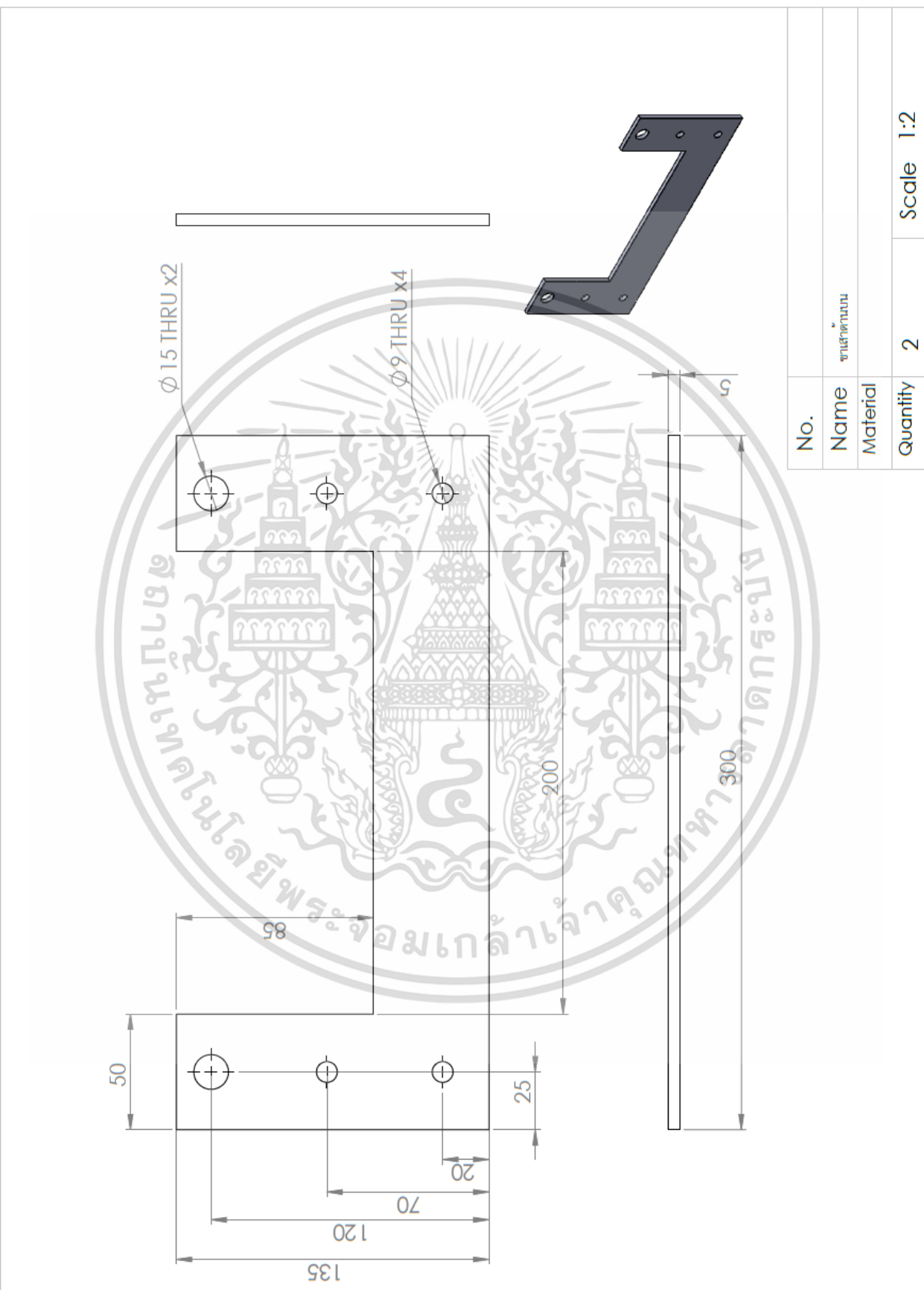


No.	แบบยกหน้า	Scale	1:5
Name			
Material			
Quantity	1		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

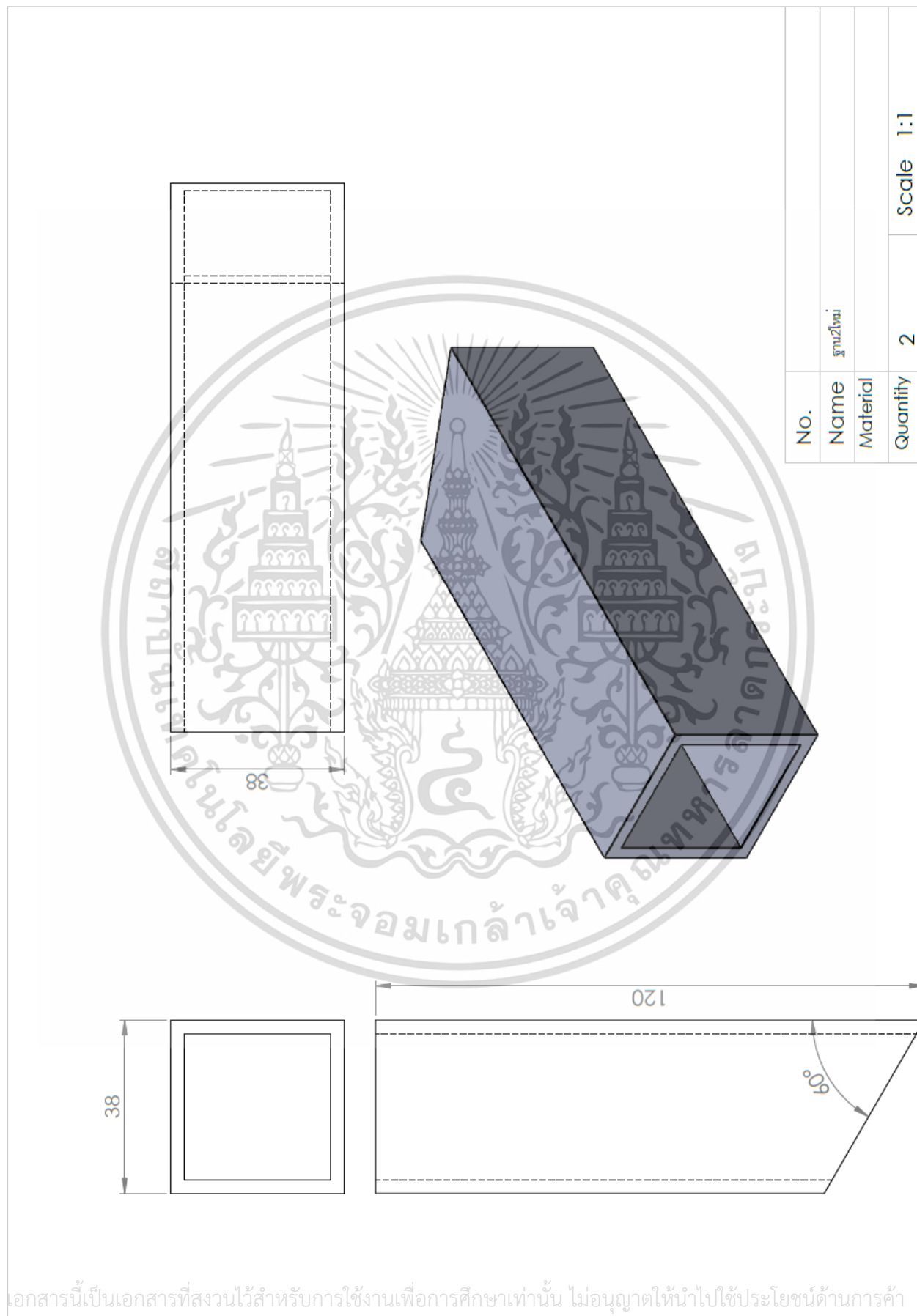


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



No.	ชาน้ำดื่ม		Scale 1:2
Name	Material		
Quantity	2		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

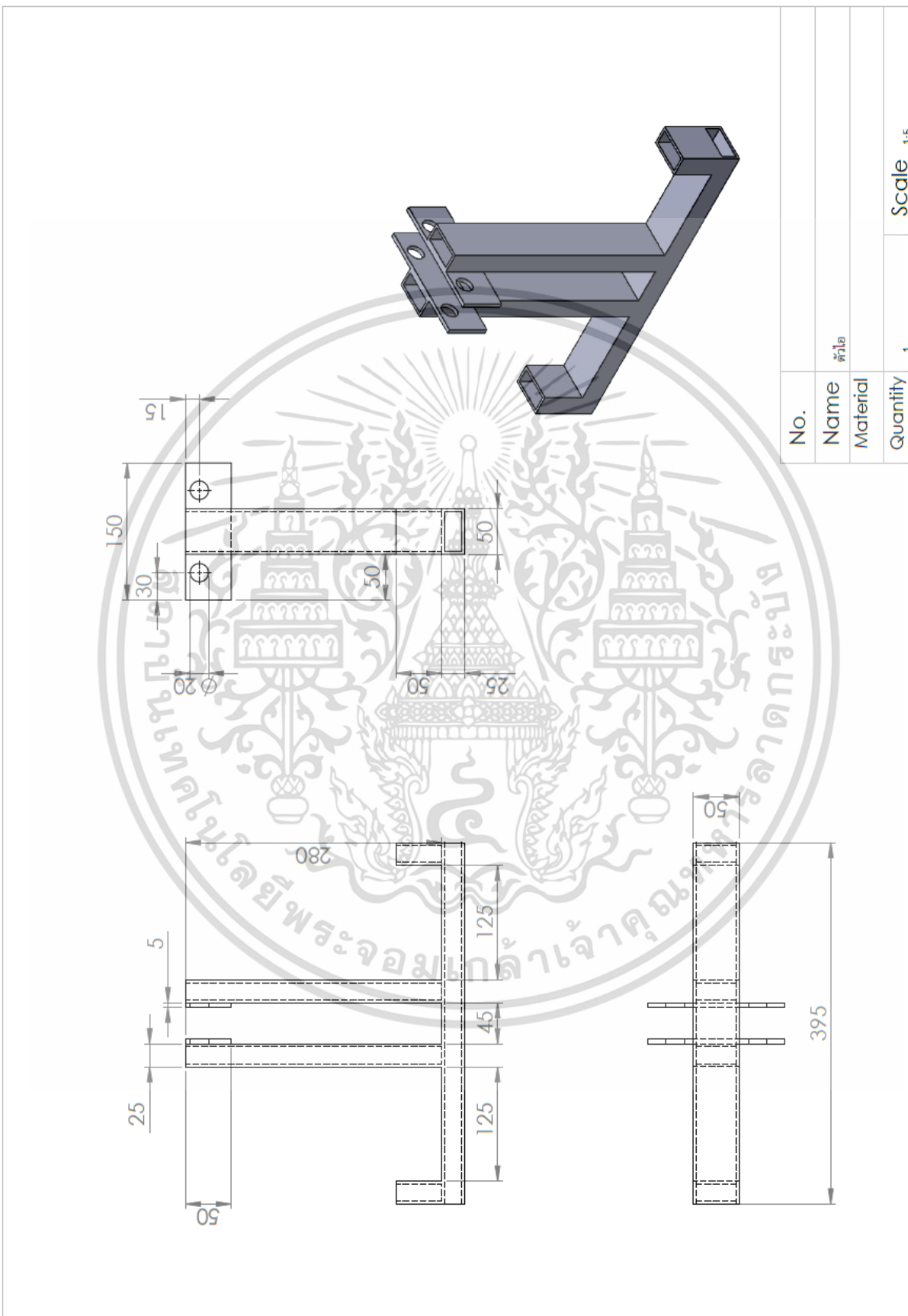


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

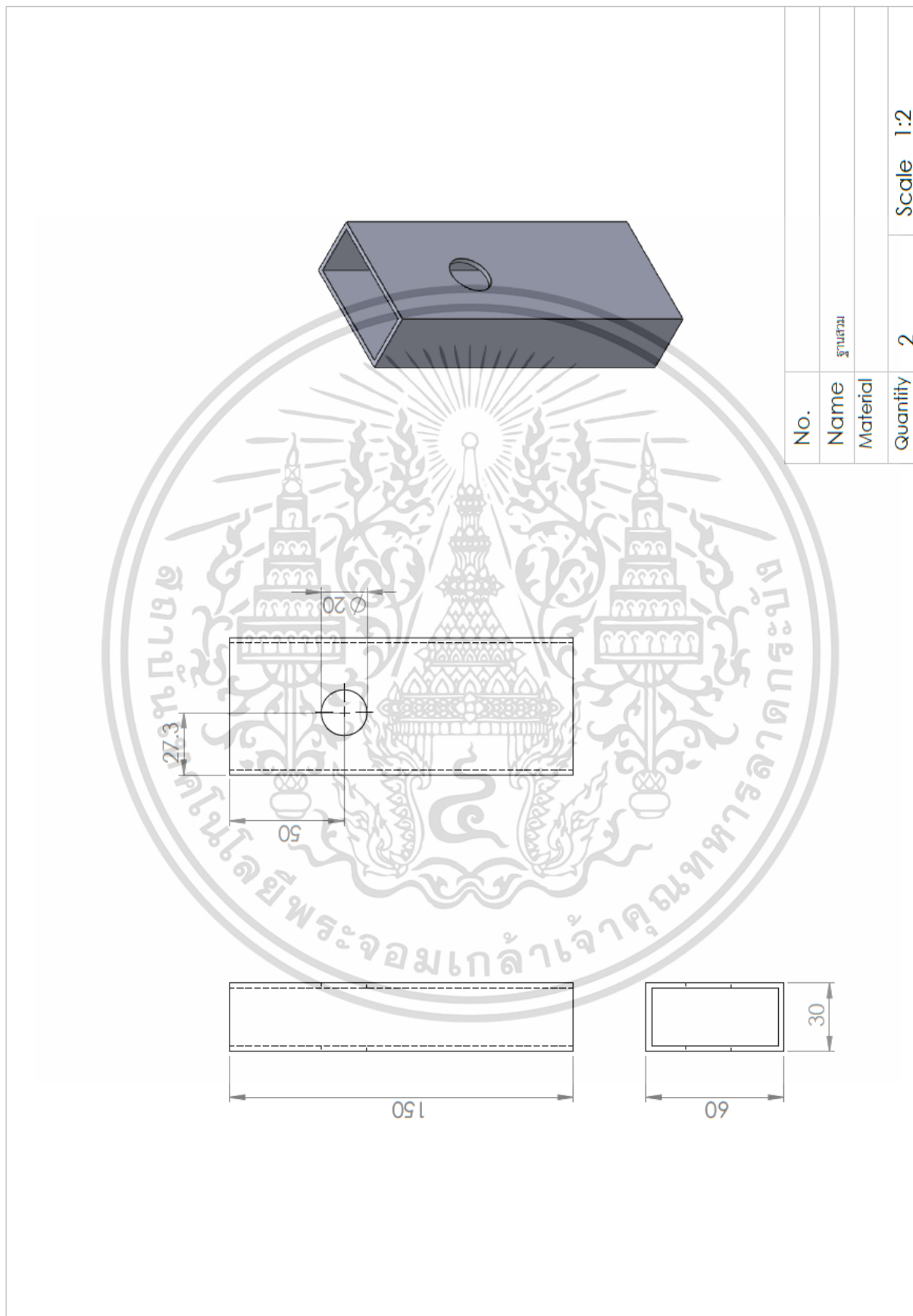


No.	ประจักษ์	Scale	1:2
Name	ประจักษ์	Quantity	2
Material			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

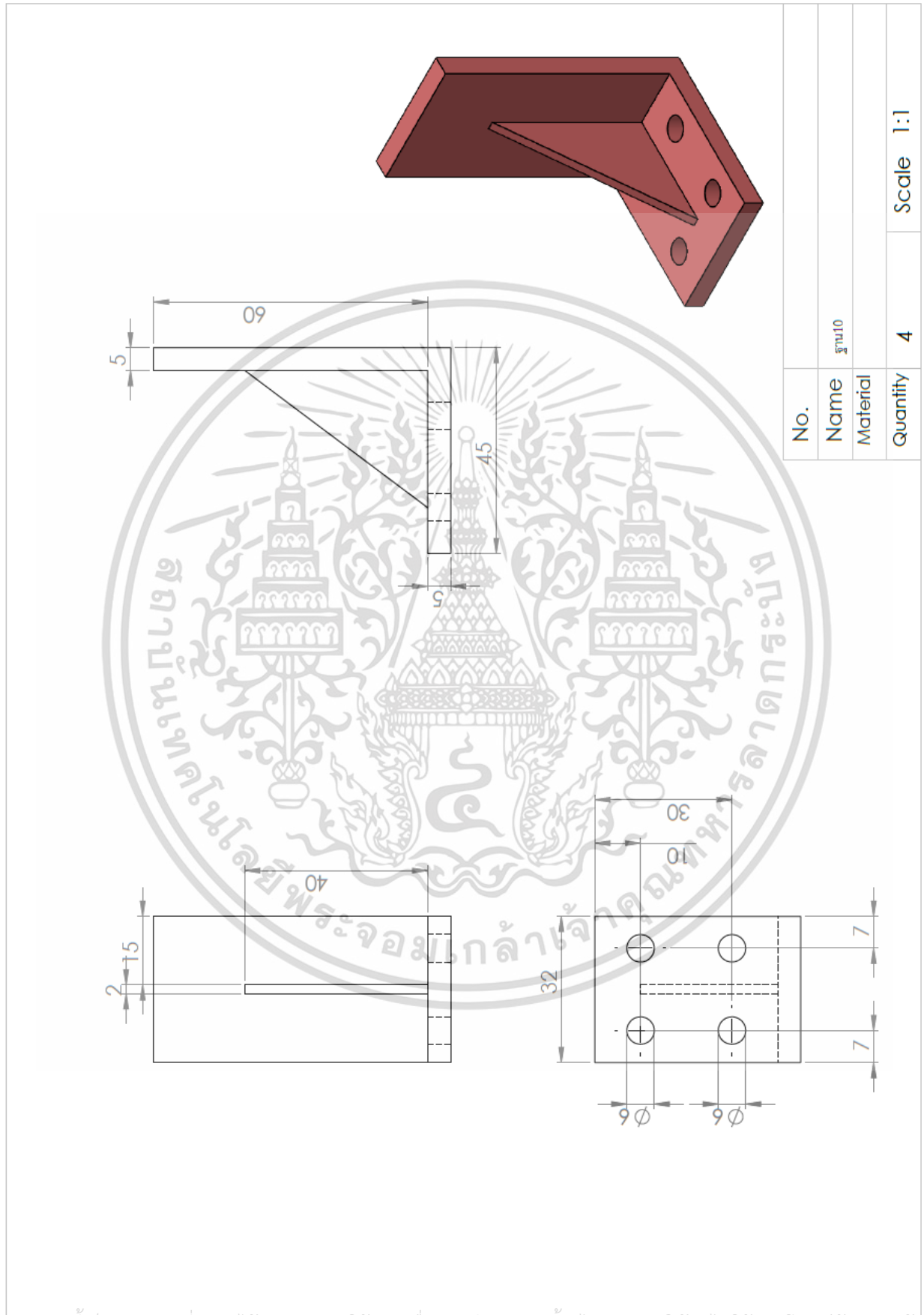


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

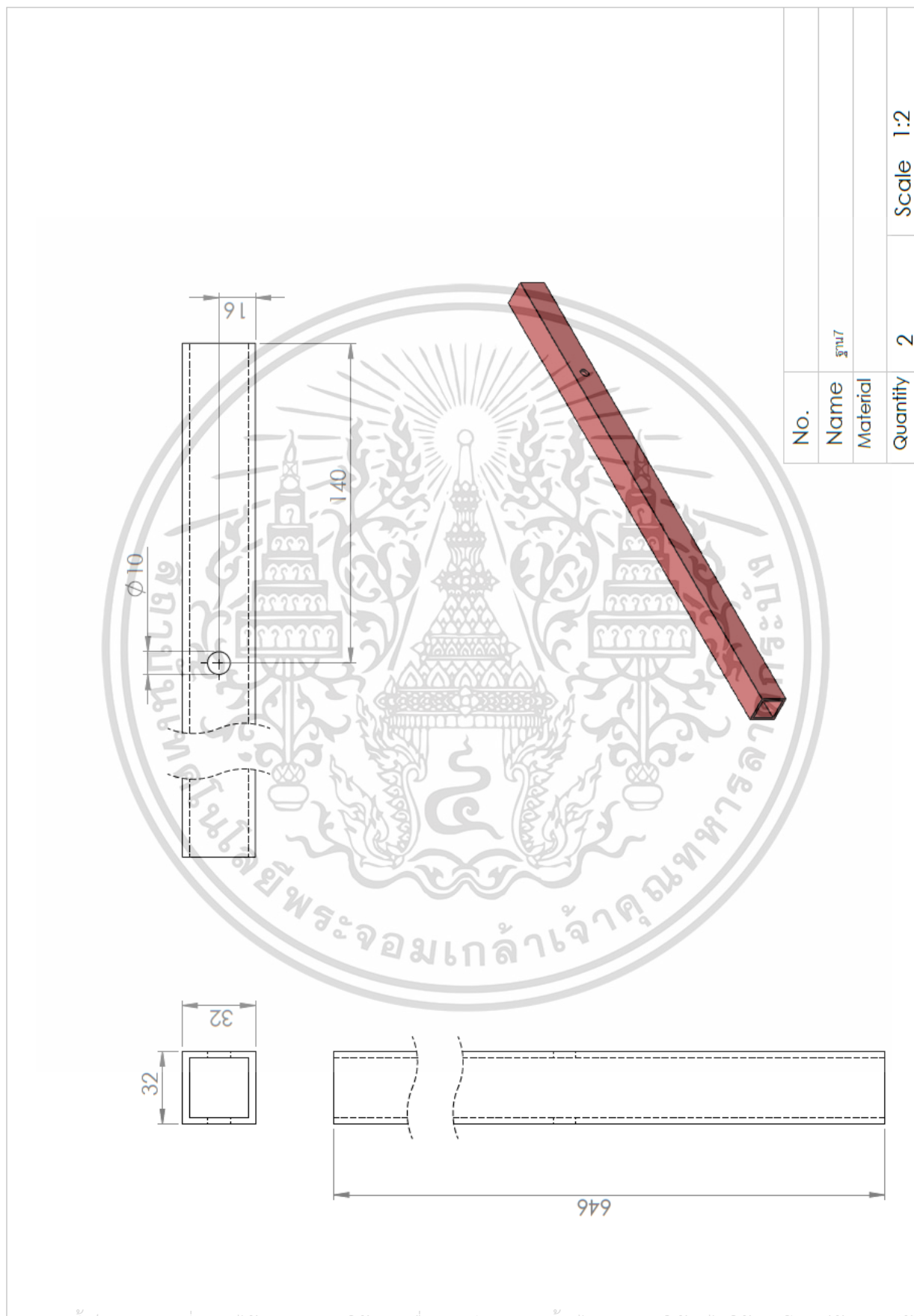


No.			
Name	ฐานสวน		
Material			
Quantity	2	Scale	1:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

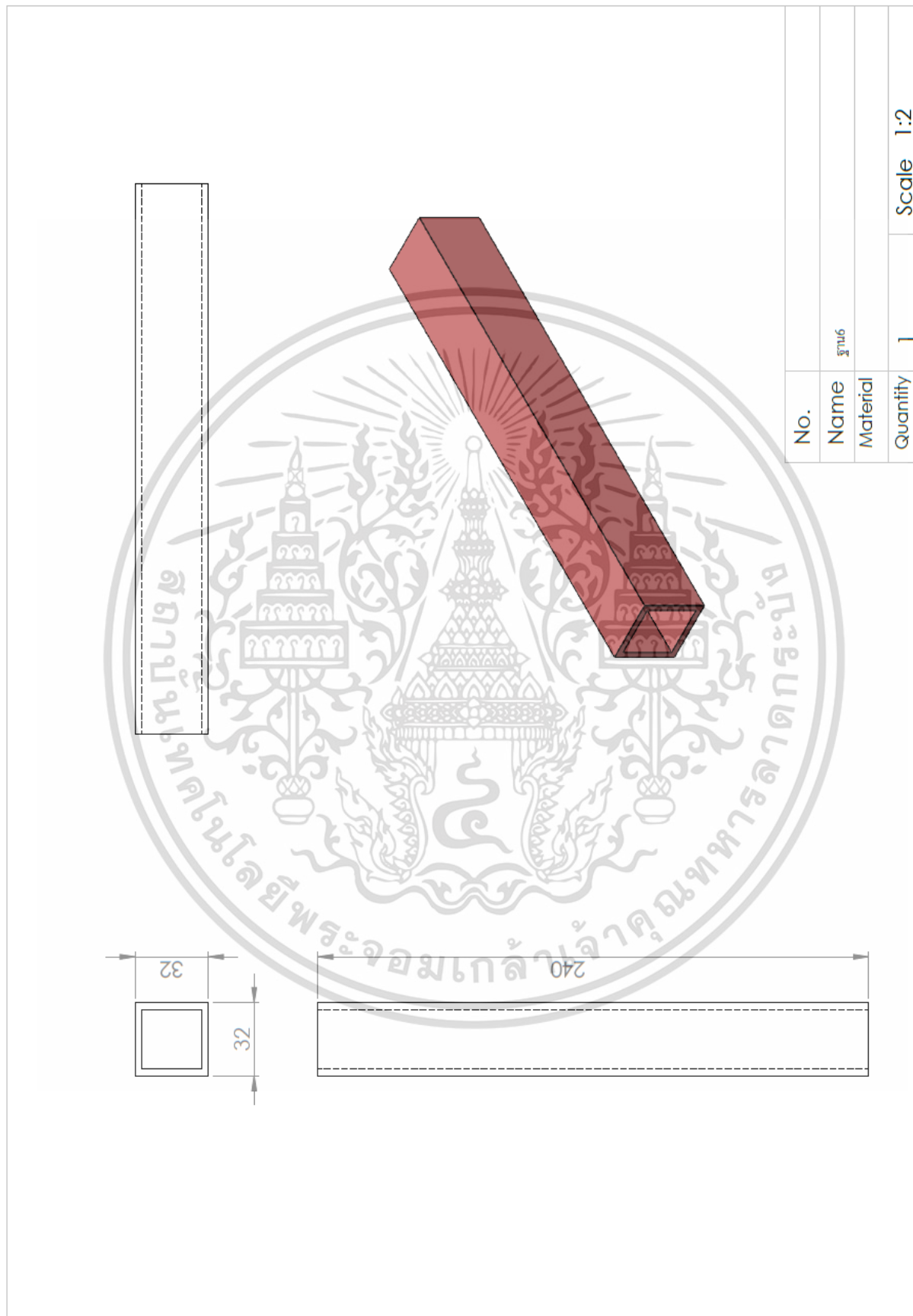


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

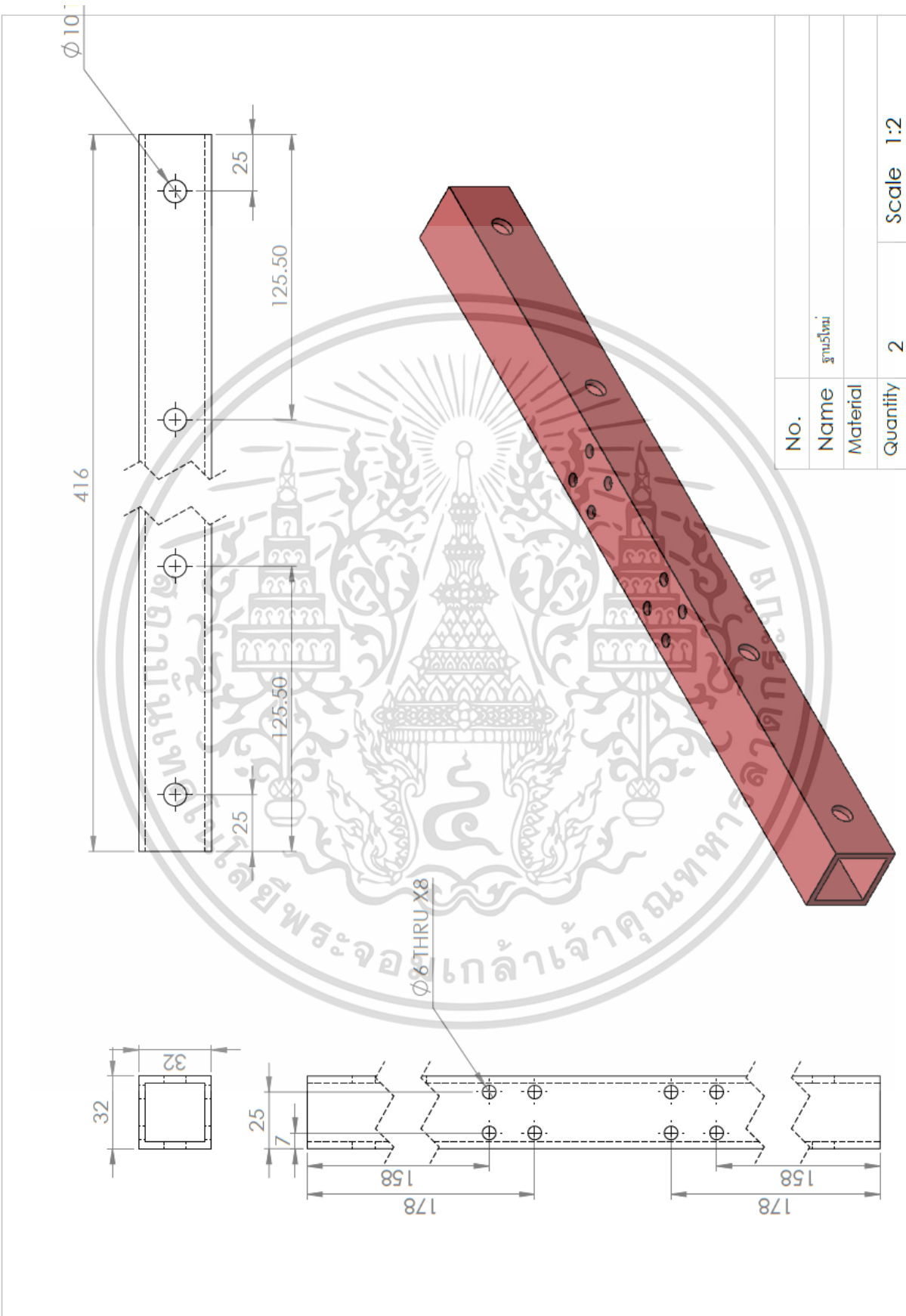


No.			
Name	ฐาน 7		
Material			
Quantity	2	Scale	1:2

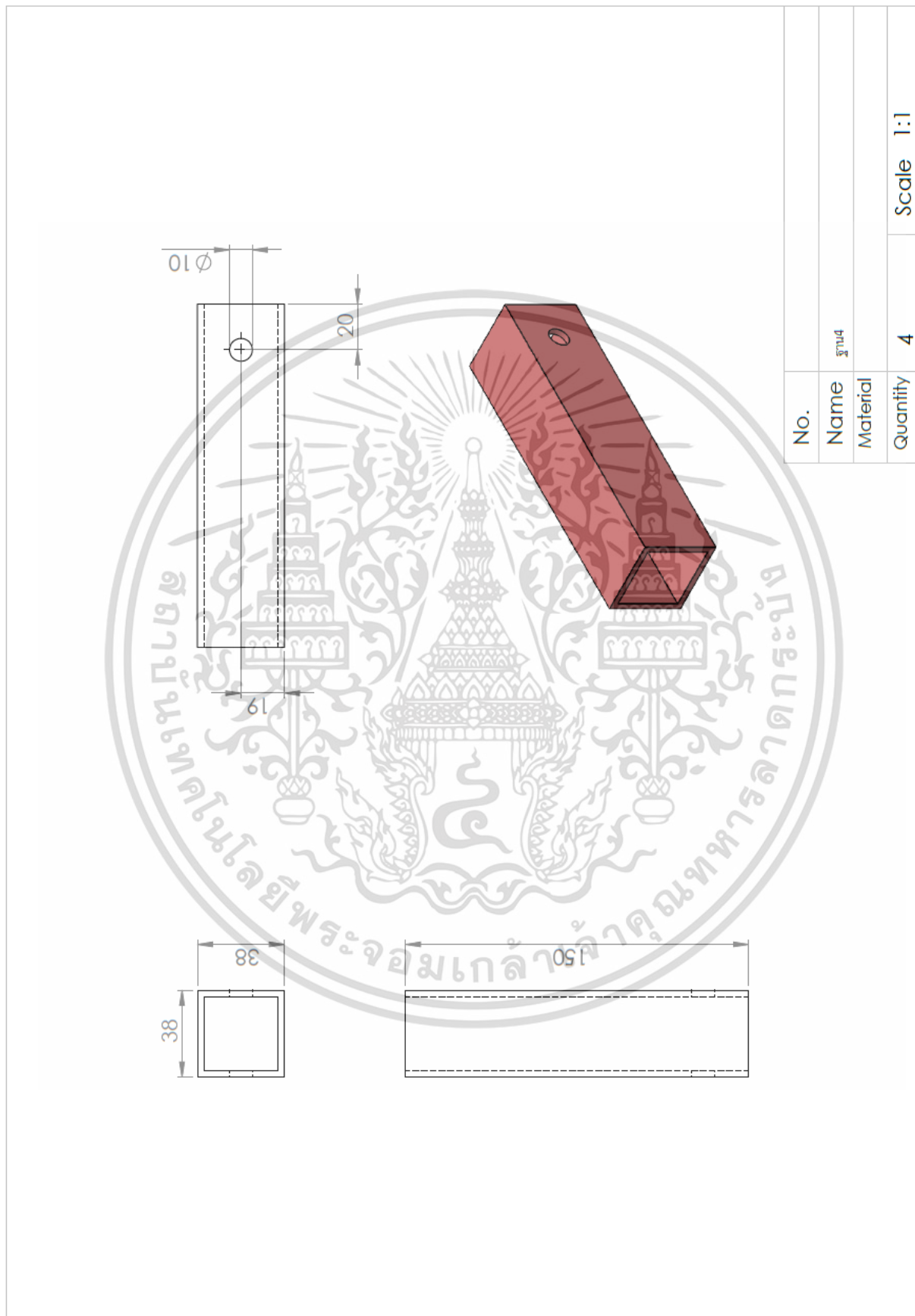
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



No.	Name	Material	Quantity	Scale
	รูปที่ 4		4	1:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



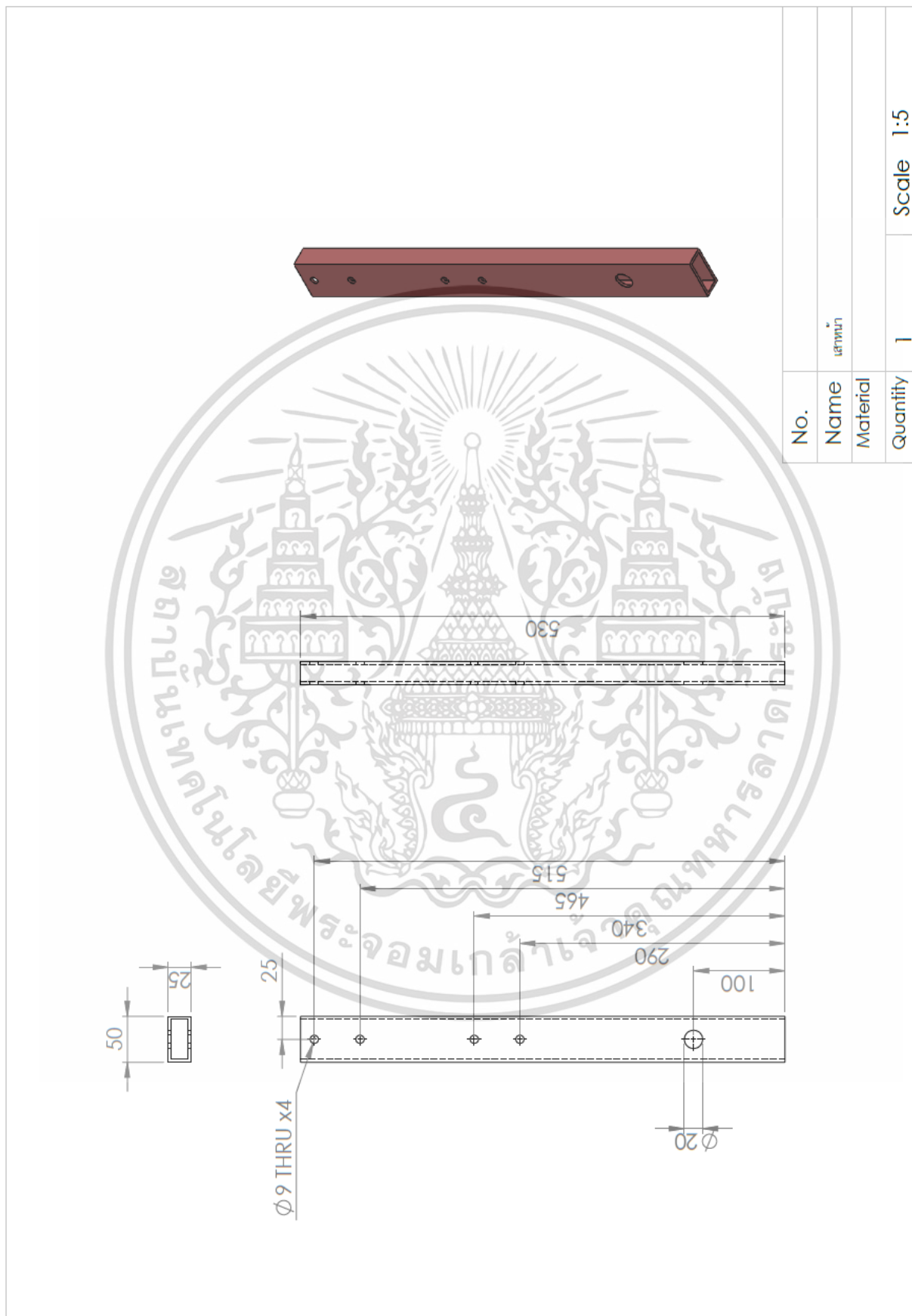
No.	แผ่นรองรับ		
Name			
Material			
Quantity	2	Scale	1:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

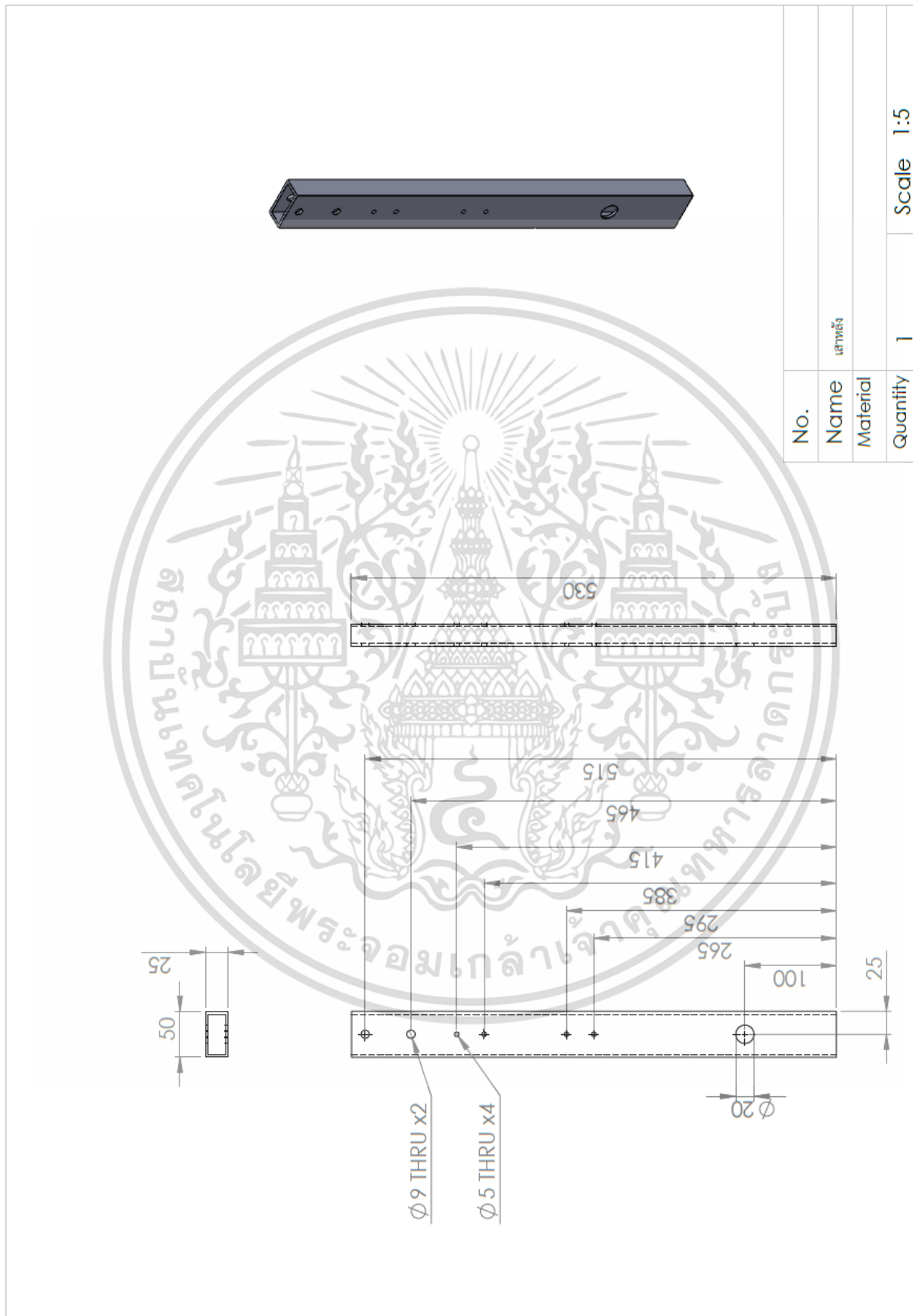
Technical drawing of a rectangular plate with a hole. The drawing includes a perspective view of a grey plate with a hole, a top view showing dimensions 60 and 25, and a side view. A hole is labeled with a diameter of 9 and a depth of 3. The background features a watermark of the Rajabhat Buriram logo.

No.	ชื่อวัสดุ
Name	
Material	
Quantity	2
Scale	1:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

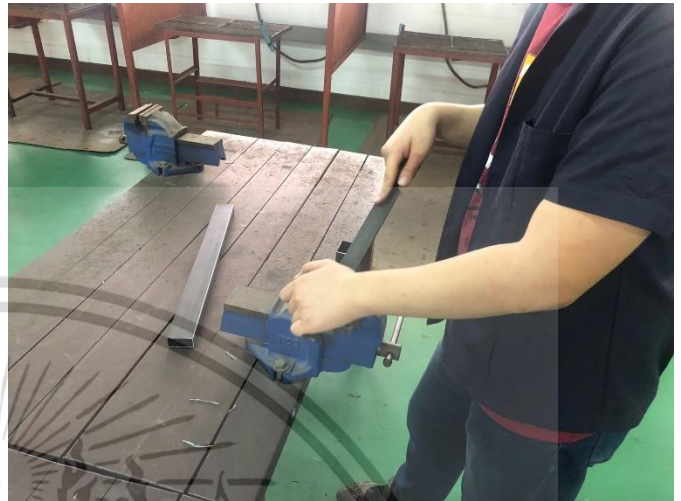


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

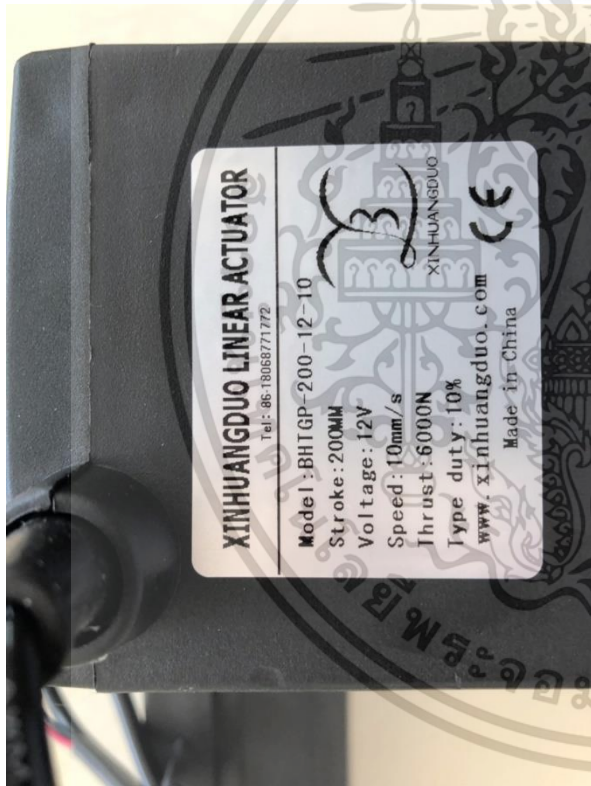
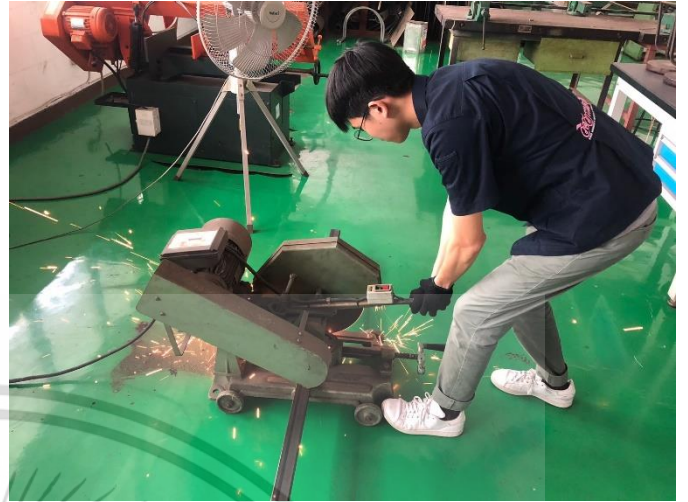


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ภาพการดำเนินการสร้างชิ้นงานที่สร้างไปแล้วบางส่วน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้