



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุง Hanger สำหรับกระบวนการประกอบหลังคารถ
Improvement Hanger for the car roof assembly process

นายพิชัยยุทธ มูลมั่ง

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การปรับปรุง Hanger สำหรับกระบวนการประกอบหลังคารถ

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายพิชัยยุทธ มุลมั่ง

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ เตไปวา

ชื่อสกุล ผู้นิเทศงาน นาย ทศพร จันทเมธี

สถานประกอบการ บริษัท นิสสัน มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

ปฏิญานិพนธ์เล่มนี้ นำเสนอความเป็นไปได้ในการปรับปรุง Hanger ที่ใช้ในสายการผลิตในกระบวนการประกอบหลังคาเข้ากับตัวถังรถ ปัญหาที่พบคือแขนเชื่อมต่อของ Hanger เกิดความเสียหายและฐานด้านล่างไม่สมดุลมีอาการเอียง ปฏิญานิพนธ์เล่มนี้ได้ นำความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดความเสียหายของแขนเชื่อมต่อ และใช้ในการออกแบบแขนเชื่อมต่อและฐานด้านล่างของ Hanger ใหม่ เพื่อให้แขนเชื่อมต่อของ Hanger มีความแข็งแรงและมีฐานด้านล่างที่สมดุล โดยใช้โปรแกรม Solidworks และ โปรแกรม Adams ในการวิเคราะห์และจำลองการทำงาน ของ Hanger ผลการศึกษาพบว่า 1. สาเหตุที่ทำให้แขนเชื่อมต่อหักอาจเกิดจากความบกพร่องในรอยเชื่อมที่เชื่อมบนแขนเชื่อมต่อ หรือเกิดจากการที่ฐานด้านล่างเอียงจึงทำให้แขนเชื่อมต่อเกิดการติดขัดกันขึ้นขณะทำงานทำให้แขนเชื่อมต่อเกิดความเสียหาย 2.ฐานด้านล่างเอียงเกิดจากการที่มีการดัดแปลงทำให้ฐานด้านล่างไม่สมดุล 3.แขนเชื่อมต่อที่ออกแบบใหม่มีความแข็งแรงสามารถใช้แทนตัวเดิมได้ 4.ฐานด้านล่างที่ออกแบบใหม่มีความสมดุล

Cooperative Title: improvement Hanger for the car roof assembly process

Student intern name: Pichaiyut Moonmang

Faculty: Engineering **Department:** Mechanical Engineering

Advisor name: Asst. Prof. Dr. Nattawoot Depaiwa

Mentor name: Mr. Tossapond Janthamethi

Company: Nissan Motor Thailand

ABSTRACT

This thesis presents the feasibility study to improve the hanger used in the production line in the process of assembly the car roof into the car body. The problem is the arm link of the Hanger is damaged and the bottom base is unbalanced. This thesis applies engineering knowledge to analyze the root cause of arm link damage and used to design the new arm link and new the bottom base of the Hanger to make arm link of the Hanger strong and have a balanced bottom base by using Solidworks program and Adams program for analysis and simulation of the Hanger. The result are obtained. First, the reason that the arm link damage can be caused by a defect in the welding point. Second, the bottom base is tilt because the bottom base of the hanger was modified causing the bottom base to become unbalanced. Third, the newly designed arms link are strong and can be used to replace the original arms link. Fourth, The new design bottom base is balanced.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์เรื่องนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก บริษัท นิสสัน มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ เดไปวา และ นายทศพร จันทเมธี ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ที่ช่วยให้คำแนะนำแนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ

ขอขอบคุณบริษัท นิสสัน มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในศึกษาการจัดทำปริญญาานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณพนักงานและเจ้าหน้าที่ของบริษัท นิสสัน มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลและศึกษากระบวนการทำงานเพื่อทำปริญญาานิพนธ์ในครั้งนี้

พิชัยยุทธ มูลมั่ง



สารบัญ

บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 คุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด	5
2.2 คุณสมบัติและกำลังของเหล็กโครงสร้าง.....	6
2.3 ทฤษฎี Distortion energy	6
2.4 การหาค่าความเค้นในคานดัด.....	7
2.5 ทฤษฎีความเค้นดึง	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ทฤษฎีการหาโมเมนต์ความเฉื่อย	8
2.7 ตัวประกอบความปลอดภัย.....	8
2.8 ทฤษฎีตำหนิในงานเชื่อม	8
2.8.1 ประเภทของรอยบกพร่อง.....	9
2.8.1.1 รอยแตกร้าวที่หน้า (Cracks).....	9
2.8.1.1.1 การแตกร้าวจากสะเก็ดรอยอาร์ค (Arc strike cracking)	9
2.8.1.1.2 การแตกร้าวเย็น (Cold cracking).....	9
2.8.1.1.3 การแตกร้าวแบบแคเรเตอร์ (Crater crack)	10
2.8.1.1.4 การแตกร้าวแบบ Hat (Hat crack).....	10
2.8.1.1.5 การแตกร้าวร้อน (Hot cracking).....	10
2.8.1.1.6 การแตกร้าวใต้แนวเชื่อม (Underbead crack).....	10
2.8.1.1.7 การแตกร้าวแนวยาว (Longitudinal crack).....	11
2.8.1.1.8 การแตกร้าวเมื่อได้รับความร้อนซ้ำ (Reheat cracking)	11
2.8.1.1.9 การแตกร้าวที่ราก (Root cracks).....	11
2.8.1.1.10 การแตกร้าวแนวขวาง (Transverse crack).....	12
2.8.1.2 การบิดเสียรูป.....	12
2.8.1.3 แก๊สฝังใน (Gas inclusion).....	12
2.8.1.4 การซึมลึกไม่สมบูรณ์ (Incomplete penetration).....	12
2.8.1.5 ลามลาร์ แทร็ง (Lamellar tearing).....	12
2.8.1.6 รอยกัดขอบ (Undercut).....	13
2.9 ทฤษฎีจุดศูนย์กลางมวล (Center of mass)	13
2.10 โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง	14
2.10.1 โปรแกรม Solidworks.....	14
2.10.2 โปรแกรม Adams.....	14
2.11 ทฤษฎี Finite Element Method (FEM)	14
2.12 การเลือกขนาดแขนเชื่อมต่อ.....	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	17
3.1 ส่วนประกอบของ Hanger	17

สารบัญ (ต่อ)

3.2 ขั้นตอนทำงานของ Hanger	18
3.3 ปัญหาของ Hanger.....	19
3.3.1 แขนเชื่อมต่อของ Hanger หัก.....	19
3.3.1.1 วิเคราะห์การรับแรงของแขนเชื่อมต่อของ Hanger	20
3.3.2 ฐานด้านล่างของ Hanger เอียง.....	24
3.3.2.1 วิเคราะห์หาสาเหตุการเอียงของ Hanger.....	25
3.4 สรุปสาเหตุปัญหาของ Hanger.....	26
3.5 แนวทางการแก้ปัญหา	26
3.6 การออกแบบแขนเชื่อมต่อ.....	27
3.7 ออกแบบฐานด้านล่างของ Hanger	28
บทที่ 4 ผลการออกแบบ	29
4.1 ส่วนประกอบของ Hanger ที่ออกแบบใหม่	29
4.2 จำลองการรับแรงของแขนเชื่อมต่อที่ออกแบบใหม่	30
4.3 การวิเคราะห์ Center of mass ของฐานด้านล่างที่ออกแบบใหม่	33
4.3.1 วิเคราะห์ขนาดของรอกไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการตั้งฐานด้านล่างที่ออกแบบใหม่	34
4.4 เปรียบเทียบก่อนและหลังการออกแบบ.....	35
บทที่ 5 สรุปผลการออกแบบ และข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผลการออกแบบ	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	36
บรรณานุกรม.....	37
ภาคผนวก	38

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของเหล็ก.....	6
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของเหล็กกลางแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....	16



สารบัญภาพ

รูปที่ 1.1 แสดงแผนภาพ OEE ของโรงงานประกอบ 2.....	1
รูปที่ 1.2 แสดงการสูญเสียทั้งหมดที่โรงงานประกอบตัวถังรถ 2.....	2
รูปที่ 1.3 แสดงแผนภาพการสูญเสียเวลาของเครื่องจักรแต่ละชนิดภายในโรงงานประกอบตัวถังรถ 2.....	2
รูปที่ 1.4 แสดงแผนภาพปัญหาทั้งหมดของ HANGER	3
รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้นกับความเครียด.....	2
รูปที่ 2.2 แผนภาพความเค้นแบบต่างๆที่กระทำต่อวัตถุ.....	6
รูปที่ 2.3 แสดงแรงเฉือนที่กระทำต่อวัตถุ	7
รูปที่ 2.4 แสดงภาพตัดของท่อสี่เหลี่ยมเจาะรู	8
รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของการบดพร่องจากการเชื่อม	9
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะการบิดเสียรูปเนื่องจากการเชื่อม	12
รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของจุดศูนย์กลางมวล	13
รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม SOLIDWORKS.....	14
รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม ADAM.....	14
รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์การรับแรงของโครงสร้างเหล็กด้วย FINITE ELEMENT METHOD	15
รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบหลักของ HANGER.....	6
รูปที่ 3.2 แสดงแผนภาพลำดับการทำงานของ HANGER	18
รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของการหักของแขนเชื่อมต่อของ HANGER	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3.4 แสดงแบบของแขนเชื่อมต่อของ HANGER.....	19
รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะภายนอกและแสดงภาพตัดที่จุดหมุนของแขนเชื่อมต่อ.....	20
รูปที่ 3.6 แสดงแขนเชื่อมต่อชั้นบนสุดที่รับแรงมากที่สุด	20
รูปที่ 3.7 แสดงขนาดแรงที่กระทำที่จุด COINCIDENT 134	21
รูปที่ 3.8 แสดงขนาดแรงที่กระทำที่จุด COINCIDENT 137	21
รูปที่ 3.9 แสดงขนาดแรงที่กระทำที่จุด COINCIDENT 139	22
รูปที่ 3.10 แสดงขนาดแรงที่กระทำที่จุด COINCIDENT 150.....	22
รูปที่ 3.11 แสดงขนาดแรงที่กระทำที่จุด COINCIDENT 151.....	23
รูปที่ 3.12 แสดงแผนภาพอิสระของแขนเชื่อมต่อ	23
รูปที่ 3.13 แสดงการวิเคราะห์ความแข็งแรงของแขนเชื่อมต่อชั้นที่รับแรงสูงสุด	24
รูปที่ 3.14 ลักษณะการเอียงของ HANGER.....	24
รูปที่ 3.15 แสดงลักษณะฐานด้านล่างของ HANGER และแสดงส่วนที่มีการดัดแปลงเพิ่มเข้ามาในฐาน ด้านล่าง	25
รูปที่ 3.16 แสดงแบบฐานด้านล่างของ HANGER.....	25
รูปที่ 3.17 แสดง CENTER OF MASS ของฐานด้านล่างและหลังคาของ NISSAN TERRA.....	26
รูปที่ 3.18 แสดงแบบของแขนเชื่อมต่อที่ออกแบบใหม่.....	27
รูปที่ 3.19 แสดงแสดงภาพตัดของแขนเชื่อมต่อที่ตำแหน่งจุดหมุน.....	27

รูปที่ 3.20 แสดงลักษณะฐานด้านล่างของ HANGER ที่ออกแบบใหม่.....	28
รูปที่ 3.21 แสดงแบบของฐานด้านล่างของ HANGER ที่ออกแบบใหม่	29
รูปที่ 4.1 แสดงการจำลองการประกอบชิ้นส่วนที่ออกแบบใหม่.....	18
รูปที่ 4.2 แสดงแกนเชื่อมต่อชิ้นที่รับแรงสูงสุด	30
รูปที่ 4.3 แสดงขนาดแรงที่กระทำบนจุด COINCIDENT 247.....	30
รูปที่ 4.4 แสดงขนาดแรงที่กระทำบนจุด CONCENTRIC 25.....	31
รูปที่ 4.5 แสดงขนาดแรงที่กระทำบนจุด COINCIDENT 23.....	31
รูปที่ 4.6 แสดงขนาดแรงที่กระทำบนจุด COINCIDENT 441.....	31
รูปที่ 4.7 แสดงขนาดแรงที่กระทำบนจุด COINCIDENT 335.....	32
รูปที่ 4.8 แสดงแผนภาพอิสระของแกนเชื่อมต่อ.....	32
รูปที่ 4.9 แสดงการจำลองความแข็งแรงของแกนเชื่อมต่อที่ออกแบบใหม่	33
รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะตำแหน่ง CENTER OF MASS ด้านข้างของฐานด้านล่างที่ออกแบบใหม่	33
รูปที่ 4.11 แสดงตำแหน่ง CENTER OF MASS ด้านหน้าของฐานด้านล่างที่ออกแบบใหม่.....	34
รูปที่ 4.12 แสดงขนาดแรงที่ใช้ในการตั้งฐานด้านล่างของ HANGER	34
รูปที่ 4.13 แสดงแผนภาพก่อนและหลังการออกแบบแกนเชื่อมต่อและฐานด้านล่างใหม่.....	35
รูปที่ ก.1 ภาพแสดงลักษณะของ HANGER ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน.....	39
รูปที่ ก.2 ภาพแสดงลักษณะฐานด้านล่างของ HANGER ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน.....	40
รูปที่ ก.3 ภาพแสดงลักษณะแกนเชื่อมต่อของ HANGER ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่ ก.4 แสดงลักษณะของ HANGER ที่ออกแบบแขนเชื่อมต่อและฐานด้านล่างใหม่	42
รูปที่ ก.5 ภาพแสดงลักษณะแขนเชื่อมต่อของ HANGER ที่ออกแบบใหม่	43
รูปที่ ก.6 ภาพแสดงลักษณะฐานด้านล่างของ HANGER ที่ออกแบบใหม่	44



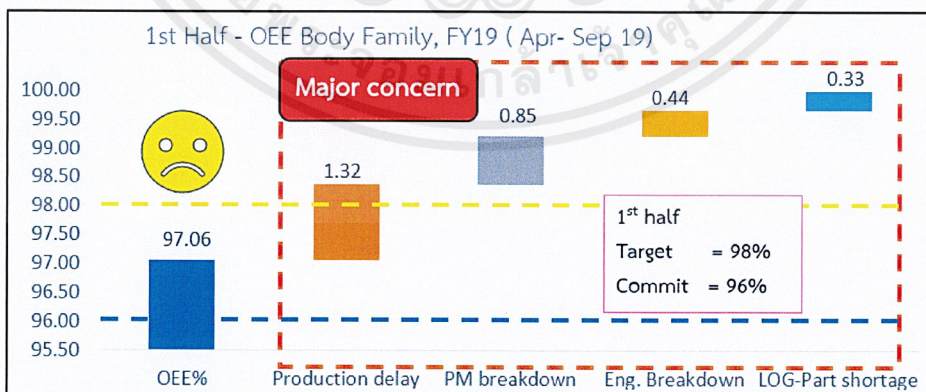
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

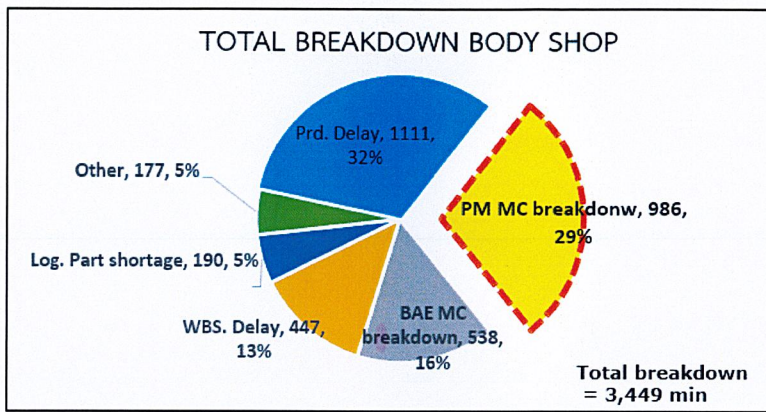
บริษัท นิสสัน มอเตอร์ จำกัด เป็นบริษัทที่เป็นผู้นำด้านยานยนต์ของโลก ก่อตั้งขึ้นครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่น มีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่นิซึกุ เมืองโยโกฮาม่า โดยนิสสันได้จำหน่ายรถยนต์ภายใต้ยี่ห้อนิสสัน อินฟินิตีและดัตสัน พร้อมกับรถยนต์ที่ถูกปรับแต่งสมรรถนะชื่อนิสโม ปัจจุบันได้กระจายฐานการผลิตไปหลายประเทศรวมทั้งประเทศไทยด้วย นิสสัน เริ่มดำเนินธุรกิจในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ.2495 ภายใต้ชื่อ บริษัท สยามนิสสัน ออโตโมบิล จำกัด โดยผลิตทั้งรถยนต์ที่นึ่งส่วนบุคคลและรถยนต์เพื่อการพาณิชย์ ต่อมาได้มีการเปลี่ยนชื่อเป็นบริษัท นิสสัน มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งแต่วันที่ 21 เมษายน พ.ศ. 2552 ปัจจุบันกลุ่มบริษัท นิสสัน ประเทศไทย มีบริษัทในเครือ 5 บริษัท และมีฐานการผลิตรถยนต์ 2 แห่ง แบ่งเป็นโรงงานประกอบ 1 และโรงงานประกอบ 2 และมีศูนย์บริการรถยนต์ และเครือข่ายมากกว่า 200 แห่ง อีกทั้งยังมีศูนย์ซ่อมสี และตัวถังอีก 80 กว่าแห่งทั่วประเทศ โดยประเทศไทยเป็นศูนย์กลางสำคัญในการผลิตรถยนต์ เช่น X-TRAIL, TEANA, SYLPHY, PULSAR, NAVARA, MARCH, ALMERA, NOTE

ในการฝึกงานที่แผนกซ่อมบำรุงเครื่องจักรในส่วนของโรงประกอบตัวถังโรง 2 จากวันที่ 4 สิงหาคม 2562 ถึงวันที่ 29 พฤศจิกายน 2562 พบว่า ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรของโรงประกอบตัวถังโรง 2 (OEE - Overall Equipment Effectiveness) ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนกันยายนยังไม่บรรลุเป้าหมายที่ 98% ซึ่งเกิดจากการสูญเสียในแผนกต่าง ๆ รวมทั้งแผนกซ่อมบำรุงด้วย ดังรูปที่ 1.1



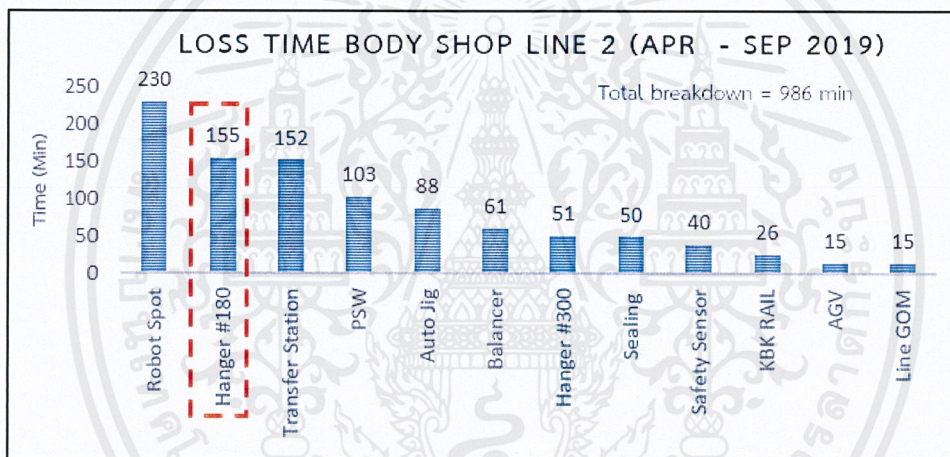
รูปที่ 1.1 แสดงแผนภาพ OEE ของโรงงานประกอบ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



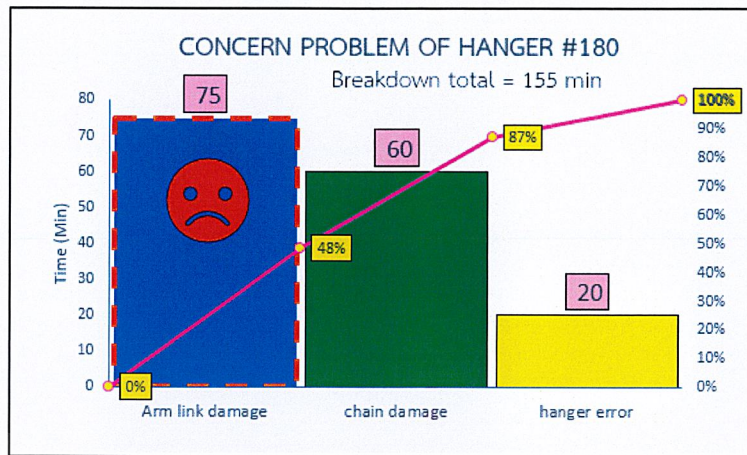
รูปที่ 1.2 แสดงการสูญเสียทั้งหมดที่โรงงานประกอบตัวถังรถ 2

จากรูปที่ 1.2 แสดงการสูญเสียภายในโรงงานประกอบตัวถังรถ 2 ซึ่งการสูญเสียในแผนกซ่อมบำรุงคิดเป็น 29% แบ่งเป็นการสูญเสียจากเครื่องจักรต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 1.3 แสดงแผนภาพการสูญเสียเวลาของเครื่องจักรแต่ละชนิดภายในโรงงานประกอบตัวถังรถ 2

จากรูปที่ 1.3 พบว่า Robot spot มีการสูญเสียเวลาสูงสุดแต่ผู้ศึกษาไม่ได้เลือกปรับปรุงเพราะว่าปัญหาเกี่ยวกับ Robot spot ได้รับการปรับปรุงเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้ศึกษาจึงเลือกปรับปรุง Hanger หมายเลข 180



รูปที่ 1.4 แสดงแผนภาพปัญหาทั้งหมดของ Hanger

จากรูปที่ 1.4 แสดงปัญหาทั้งหมดของ Hanger หมายเลข 180 ซึ่ง Hanger หมายเลข 180 เป็นเครื่องจักรที่ใช้ยกหลังคาร์ดไปประกอบเข้ากับตัวถังรถ เกิดการสูญเสียเวลาทั้งหมด 155 นาทีแบ่งเป็น 3 สาเหตุคือ 1.แขนเชื่อมต่อเกิดความเสียหาย 2.โซ่ของรอกไฟฟ้าขาด 3.Hanger ทำงานผิดพลาด ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับ Hanger ที่ต้องใช้เวลาในการแก้ไขนานที่สุดคือ แขนเชื่อมต่อของ Hanger หัก ใช้เวลาซ่อม 75 นาที จึงเลือกแก้ปัญหาแขนเชื่อมต่อของ hanger หักเป็นอันดับแรก สาเหตุที่ทำให้แขนเชื่อมต่อหักคาดว่าเกิดจากการที่มีการตัดแปลงตัว Hanger ทำให้โครงสร้างรับแรงมากเกินไป และการวางแนวของเครื่องจักรมีลักษณะไม่สมดุลซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของ Hanger ซึ่งหาก Hanger เกิดปัญหาขึ้นจะทำให้ทั้งระบบการผลิตหยุดชะงักทันทีปัญหาที่เกิดขึ้นจึงมีความสำคัญที่จะต้องแก้ไข

ปริญญานิพนธ์นี้มุ่งเน้นการแก้ปัญหาแขนเชื่อมต่อของ Hanger เสียหายและฐานด้านล่างของ Hanger เอียง โดยออกแบบแขนเชื่อมต่อและฐานด้านล่างของ Hanger ใหม่เพื่อให้ Hanger สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 วิเคราะห์โครงสร้างของ Hanger เพื่อหาสาเหตุของการเกิดความเสียหายในแขนเชื่อมต่อของ Hanger

1.2.2 วิเคราะห์โครงสร้างของ Hanger เพื่อหาสาเหตุฐานด้านล่างของ Hanger เอียง

1.2.3 ออกแบบแขนเชื่อมต่อของ Hanger ให้มีความแข็งแรงเพื่อแก้ปัญหาแขนเชื่อมต่อของ Hanger เกิดความเสียหาย

1.2.4 ออกแบบฐานด้านล่างของ Hanger ให้มีการจัดวางแนวที่สมดุลเพื่อแก้ปัญหาฐานด้านล่างของ Hanger เอียง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การออกแบบ Hanger ให้มีระยะยึด 3400 มิลลิเมตร

1.3.2 การออกแบบ Hanger ให้สามารถยกหลังคารถมวล 20.066 กิโลกรัมได้

1.3.3 การออกแบบ Hanger ให้สามารถยกหลังคารถขนาด 1150 × 2350 มิลลิเมตรได้

1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของเหล็กขนาดต่าง ๆ ที่มีขายในท้องตลาดเพื่อเลือกขนาดของเหล็กที่เหมาะสม

1.4.2 ศึกษาทฤษฎีความบกพร่องในรอยเชื่อมเพื่อหาสาเหตุของการเกิดความเสียหายในแขนเชื่อมต่อของ Hanger

1.4.3 ศึกษาทฤษฎีความเสียหายของวัสดุในการคำนวณออกแบบและหาสาเหตุของการเกิดความเสียหายในแขนเชื่อมต่อของ Hanger

1.4.4 ศึกษาทฤษฎีจุดศูนย์กลางของมวลเพื่อการออกแบบชิ้นส่วนใหม่ให้มีความเหมาะสม

1.4.5 ออกแบบแขนเชื่อมต่อของ Hanger และออกแบบฐานด้านล่างของ Hanger ให้มีความเหมาะสมด้วยโปรแกรม Solidworks

1.4.6 จำลองการทำงานของ Hanger ที่ออกแบบชิ้นส่วนใหม่ด้วยโปรแกรม MSC ADAMS

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 Hanger ที่ออกแบบแขนเชื่อมต่อและฐานด้านล่างใหม่จะไม่เกิดปัญหาแขนเชื่อมต่อหักและฐานด้านล่างเอียงอีกต่อไป

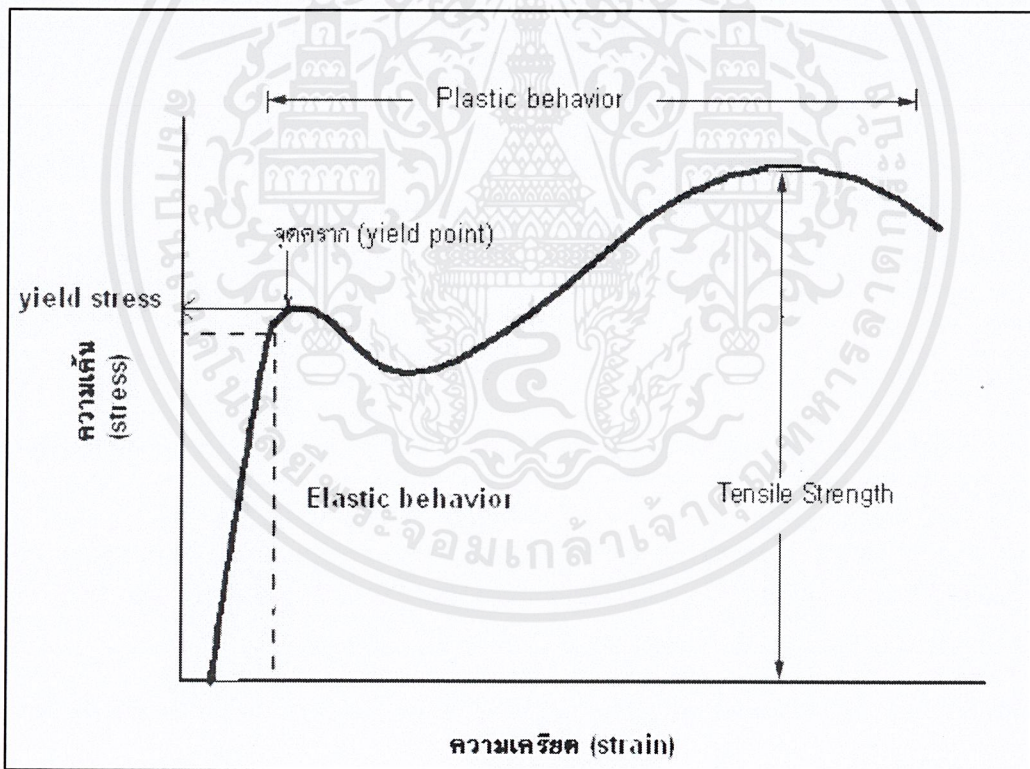
1.5.2 สามารถลดต้นทุนในกระบวนการประกอบรถยนต์ได้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบลิฟท์กรรไกรแบบแขนต้องอาศัยหลักการทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องจักรต่างๆ เพื่อที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 คุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด

ในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดในที่นี้เราจะใช้เส้นโค้งความเค้น-ความเครียด (Stress-Strain Curve) ซึ่งได้จากการทดสอบแรงดึง (Tensile Test) เป็นหลัก โดยจะพลอตค่าของความเค้นในแกนตั้งและความเครียดในแกนนอนดังรูป การทดสอบแรงดึงนอกจากจะให้ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดแล้ว ยังจะแสดงความสามารถในการรับแรงดึงของวัสดุ ความเปราะ ความเหนียวของวัสดุ (Brittleness and Ductility) และบางครั้งอาจใช้บอกความสามารถในการขึ้นรูปของวัสดุ (Formability) ได้อีกด้วย



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้นกับความเครียด

2.2 คุณสมบัติและกำลังของเหล็กโครงสร้าง

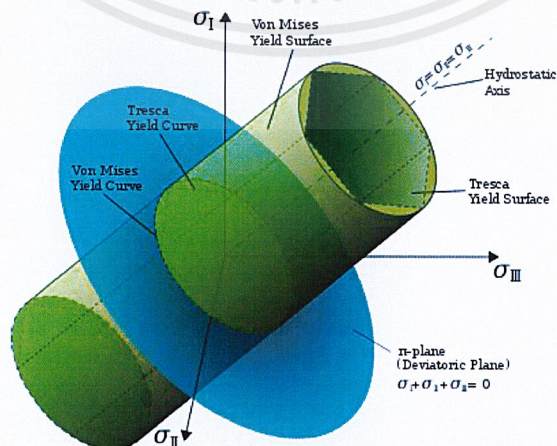
คุณสมบัติและกำลังของเหล็กโครงสร้าง (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก 1227-2539)

ชนิด	ชื่อ	หน่วยแรง คราก* (MPa)	กำลังดึง* (MPa).	ความยืด ต่ำสุด* ร้อยละ	คุณสมบัติ
เหล็กกล้า คาร์บอน	SM400	235-245	400-	18-23	
	SM490	315-325	510	17-22	
	SM520	355-365	490-	15-19	
	SM570	450-469	610	19-26	
	SS400	235-245	520-	17-21	
	SS490	275-285	640	15-19	
	SS540	390-400	570-	13-17	
			720		
			400-		
			510		
			490-		
			610		
			540		
			ต่ำสุด		

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของเหล็ก

2.3 ทฤษฎี Distortion energy

ทฤษฎี Distortion energy ทำนายว่าการครากจะเริ่มเกิดเมื่อ distortion strain energy per unit volume ของจุดใด ๆ มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า distortion strain energy per unit volume ที่ได้จากการทดสอบ Tension-test หรือ Compression-test ของวัสดุชนิดเดียวกับวัสดุที่กำลังพิจารณาขณะเกิดการคราก



รูปที่ 2.2 แผนภาพความเค้นแบบต่างๆที่กระทำต่อวัตถุ

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_3\sigma_1} \quad (1)$$

โดยที่ขึ้นงานนั้นจะเกิด Yield ก็ต่อเมื่อ

$$\sigma' \geq S_y \quad (2)$$

เมื่อ σ' คือ ความเค้นรวมสูงสุดที่เกิดขึ้น (Pa)

S_y คือ ความเค้นคราก (Pa)

2.4 การหาค่าความเค้นในคานดัด

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I} \quad (3)$$

เมื่อ σ_x คือ ความเค้นสูงสุดเกิดที่ตำแหน่งห่างที่สุดจากแกนสมดุล (Pa)

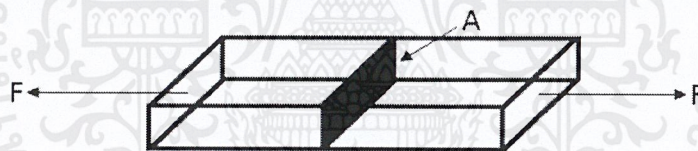
M คือ โมเมนต์ดัด

c คือ ตำแหน่งของความเค้นสูงสุดที่ห่างที่สุดจากแกนสมดุล

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย

2.5 ทฤษฎีความเค้นดึง

แรงที่ทำให้เกิดความเค้นดึงภายในพื้นที่หน้าตัดนั้นๆ แสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 แสดงแรงเฉือนที่ทำต่อวัตถุ

สมการความเค้นดึง

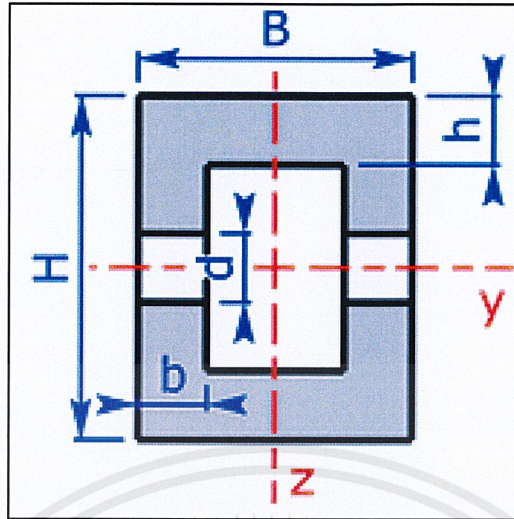
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4)$$

เมื่อ σ คือ ความเค้นดึง (Pa)

F คือ แรงที่กระทำกับวัตถุ (N)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ (m²)

2.6 ทฤษฎีการหาโมเมนต์ความเฉื่อย



รูปที่ 2.4 แสดงภาพตัดของท่อสี่เหลี่ยมเจาะรู

สมการโมเมนต์ความเฉื่อยเมื่อท่อหมุนรอบแกน y

$$I_y = \frac{(B \cdot H^3 - (B - 2b)(H - 2h)^3 - (2bd^3))}{12} \quad (5)$$

2.7 ตัวประกอบความปลอดภัย

ค่าความเค้นสูงสุดและความเค้นเฉือนสูงสุดต้องไม่เกินค่าคุณสมบัติของวัสดุที่เลือกใช้ โดยตัวประกอบความปลอดภัยต้องมากกว่า 1 ตรวจสอบการหาตัวประกอบความปลอดภัย (Safety factor, S.F.) จากสมการ

$$S.F. = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{max}} \quad (6)$$

เมื่อ σ_{max} คือ ความเค้นสูงสุดในการใช้งาน

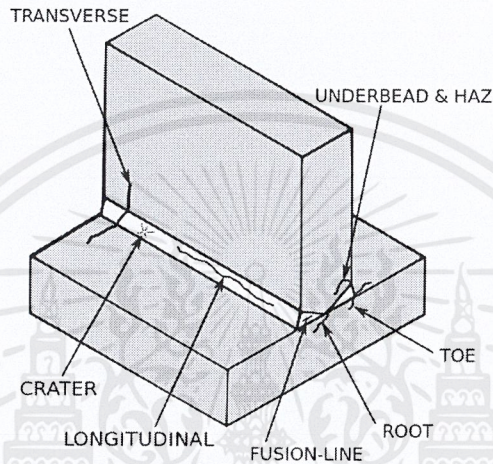
2.8 ทฤษฎีตำหนิในงานเชื่อม

ตำหนิในงานเชื่อม คือรอยบกพร่อง (flaw) ของวัสดุที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมซึ่งมีความหลากหลาย ประเภทของรอยความไม่สมบูรณ์ในงานเชื่อมมีการระบุไว้ในมาตรฐาน ISO 6520 และระบุเกณฑ์การยอมรับความไม่สมบูรณ์เหล่านี้ไว้ในมาตรฐาน ISO 5817 และ ISO 10042

สมาคมวิศวกรรมเครื่องกล สหรัฐอเมริกา(ASME) แยกย่อยรอยบกพร่องในงานเชื่อมตามสาเหตุได้ เป็น 45% มาจากการปรับตั้งค่าของกระบวนการเชื่อมไม่เหมาะสม 32% มาจากความผิดพลาดของ ผู้ปฏิบัติงาน 12% มาจากการใช้เทคนิควิธีการที่ไม่ถูกต้อง 10% มาจากการเลือกใช้ลวดเชื่อมไม่เหมาะสม และ 5% มาจากการเตรียมรอยต่อก่อนการเชื่อมที่ไม่ดีพอ

2.8.1 ประเภทของรอยบกพร่อง

2.8.1.1 รอยแตกร้าวที่หน้า (Cracks)



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของการบกพร่องจากการเชื่อม

2.8.1.1.1 การแตกร้าวจากสะเก็ดรอยอาร์ค (Arc strike cracking)

สะเก็ดรอยอาร์ค (Arc strike cracking) นี้เกิดขึ้นเพราะบริเวณเฉพาะที่ใดๆ ของผิวงาน ได้รับความร้อนสูงกว่าระดับอุณหภูมิวิกฤติของวัสดุนั้นๆ จากนั้นเกิดการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วทำให้เกิดโครงสร้างมาร์เทนไซต์ในเนื้อวัสดุ ซึ่งมีความแข็งและเปราะ เป็นสาเหตุนำไปสู่ความเสี่ยงต่อการเกิดการแตกร้าวระดับจุลภาค โดยทั่วไปถ้าสะเก็ดรอยอาร์คนี้ไปเกิดขึ้นหรือตกลงไปในแนวเชื่อมมักจะไม่มีสร้างปัญหา แต่ถ้าหากสะเก็ดกระเด็นไปตกนอกแนวเชื่อม อาจก่อให้เกิดปัญหาได้ ทำโดยการเชื่อมทับหรือการทำกระบวนการทางความร้อนหลังการเชื่อมจะแก้ปัญหานี้ได้ ตัวอย่าง การกระบวนการทางความร้อนได้แก่ การให้ความร้อนจากหัวทอร์ชการเชื่อมออกซิเจนจากนั้นทำให้บริเวณที่นั้นเย็นตัวอย่างช้าๆ

2.8.1.1.2 การแตกร้าวเย็น (Cold cracking)

ความเค้นตกค้างทำให้ความแข็งแรงของวัสดุลดลงได้ และทำให้เกิดความเสียหายโดยการแตกร้าวเย็น (Cold cracking) ได้ การแตกร้าวเย็นนี้เกิดขึ้นกับเฉพาะโลหะกลุ่มเหล็กกล้า มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดโครงสร้างมาร์เทนไซต์ในเนื้อวัสดุเนื่องจากอัตราการเย็นตัวของแนวเชื่อม การแตกร้าวจะเกิดขึ้นที่บริเวณกระหน่ำร้อน หรือบริเวณรอบๆ แนวเชื่อมที่เนื้อวัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางจุลภาคอันเนื่องมาจากความร้อนจากกระบวนการเชื่อม การจำกัดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ชิ้นงาน จะทำให้ความเค้นตกค้างเกิดขึ้นน้อยลงและเกิดการบิดเสียรูป
น้อยลง การวางลำดับกระบวนการเชื่อมเป็นเทคนิคหนึ่งที่ทำให้ความร้อนเข้าสู่ชิ้นงานน้อยลง เช่น
การเชื่อมเป็นช่วงๆ แทนการเชื่อมต่อเนื่องตลอดความยาวของชิ้น

2.8.1.1.3 การแตกร้าแบบแครเตอร์ (Crater crack)

การแตกร้าแบบแครเตอร์ (Crater Crack) เกิดขึ้นจุดกึ่งกลางของบ่อหลอมของเนื้อเชื่อม
เกิดรูและไม่ถูกเติมเนื้อเชื่อมลงไปให้เต็ม ก่อนที่จะหยุดให้ความร้อน หรือดับเปลวอาร์ค จากนั้น
บริเวณรอบๆ ของจุดศูนย์กลางบ่อหลอมเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับจุดศูนย์กลางบ่อหลอม
การเย็นตัวอย่างที่แตกต่างกันนี้ หากมีความแตกต่าง และเย็นตัวอย่างรวดเร็วมากเพียงพอ ทำให้
เกิดความเค้นซึ่งก่อให้เกิดการแตกร้าในรูปแบบตามยาว ตามขวาง และตามแนวรัศมี แบบใดแบบ
หนึ่ง หรือเกิดร่วมกัน รอบๆ จุดศูนย์กลางบ่อหลอมที่เกิดแครเตอร์ได้

2.8.1.1.4 การแตกร้าแบบ Hat (Hat crack)

รอยแตกร้า Hat เป็นรอยแตกร้าที่เมื่อนำแนวเชื่อมมาตัดขวาง แล้วมองไปที่
ภาพตัดขวางนั้น รอยแตกจะเป็นลักษณะเหมือนหมวกปีก รอยแตกนี้เริ่มต้นที่ขอบบ่อหลอม แล้ว
ลามเข้าสู่เนื้อเชื่อมด้านใน สาเหตุหลักคือศักย์ไฟฟ้าขณะเชื่อมสูงเกินไป หรือการเดินแนวเชื่อมช้า
เกินไป

2.8.1.1.5 การแตกร้าร้อน (Hot cracking)

การแตกร้าร้อน (Hot Cracking) หรือการแตกร้าขณะกำลังแข็งตัว (Solidification
Cracking) เกิดขึ้นได้กับการเชื่อมโลหะทุกชนิด เกิดขึ้นในบริเวณบ่อหลอม การลดระดับ การจับยึด
ตรึง หรือให้แรงจากภายนอกแก่วัสดุขณะเชื่อมที่ทำให้เกิดความเค้นขณะวัสดุขยายตัวเนื่องจาก
ความร้อน จะทำให้แนวเชื่อมเกิดการแตกร้าร้อนน้อยลง นอกจากนี้ ยังมีอีกหลายปัจจัยที่ทำให้
เกิดความเสียหายต่อการแตกร้าร้อน เช่น การเลือกใช้ลวดเชื่อมไม่เหมาะสม กระแสไฟฟ้าขณะเชื่อม
ที่สูงเกินไป การออกแบบรอยต่อการเชื่อมที่ไม่เหมาะสม การเจ็บบนจากธาตุที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ
เช่นกำมะถัน และฟอสฟอรัส การให้ความร้อนก่อนการเชื่อมแก่ชิ้นงานไม่เพียงพอ การเดินแนว
เชื่อมที่เร็วเกินไป ระยะอาร์คที่มากเกินไป เป็นต้น

2.8.1.1.6 การแตกร้าใต้แนวเชื่อม (Underbead crack)

รอยแตกร้าใต้แนวเชื่อม หรือ รอยแตกร้าบริเวณกระทบร้อน (heat-affected zone
(HAZ) crack) คือรอยแตกร้าที่เกิดขึ้นจาก ณ ตำแหน่งใกล้ๆ กับเส้นรอยต่อระหว่างบ่อหลอม ใต้
แนวเชื่อม เกิดขึ้นในการเชื่อมโลหะเจือต่ำ และโลหะเจือสูง สาเหตุของการเกิดรอยแตกร้านี้ยังไม่
เป็นที่ชัดเจน แต่เป็นที่รับรู้ว่ารอยแตกร้านี้มีการละลายของอะตอมไฮโดรเจนอยู่ และปัจจัยปัจจัย
อื่นที่มีผล ที่ทำให้เกิดการแตกร้านี้คือ ความเค้นภายในซึ่งเป็นผลมาจากการเย็นตัว การหดตัวที่ไม่
สมดุลกันระหว่างเนื้อวัสดุและบ่อหลอม ความเค้นที่มีอยู่แล้วภายในตัวเนื้อวัสดุเอง ความเค้นที่เกิด
จากการก่อตัวของโครงสร้างมาร์เทนไซต์ และความเค้นที่เกิดจากการรวมตัวของไฮโดรเจนในเนื้อ
วัสดุ

2.8.1.1.7 การแตกร้าวแนวยาว (Longitudinal crack)

รอยแตกร้าวแนวยาววางไปในทางเดียวกับกับความยาวของแนวเชื่อม แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ check root และ full centerline รอยแตกร้าวตามยาวแบบ check สามารถมองเห็นได้ที่ผิวและมีบางส่วนของรอยแตกร้าวยาวเข้าไปในเนื้อเชื่อม รอยแตกร้าวนี้เกิดจากความเค้นที่เกิดจากการหดตัวของเนื้อวัสดุ หรือเกิดการแตกตามกลไกของการแตกร้าวร้อน รอยแตกร้าวตามยาวแบบ root เริ่มต้นจากราก หรือส่วนใต้ล่างสุดของแนวเชื่อม แล้วลามเข้าสู่เนื้อเชื่อม เป็นรอยแตกร้าวตามยาวที่พบมากที่สุด เป็นผลมาจากแนวเชื่อมที่มีขนาดเล็กของแนวเชื่อมชั้นแรก หากมีการเชื่อมแนวต่อมาทับลงไป รอยแตกร้าวนี้สามารถลุกลามออกมาจากชั้นล่างจนถึงชั้นบนสุดของแนวเชื่อม เกิดเป็นรอยแตกร้าวแบบ full centerline

2.8.1.1.8 การแตกร้าวเมื่อได้รับความร้อนซ้ำ (Reheat cracking)

การแตกร้าวเมื่อได้รับความร้อนซ้ำ (Reheat cracking) คือการแตกร้าวที่เกิดขึ้นกับเหล็กกล้าเจือต่ำความแข็งแรงสูง (HSLA) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับเหล็กกล้าที่มีส่วนผสมของโครเมียม โมลิบดีนัม และ วานาเดียม การแตกร้าวเกิดขึ้นระหว่างการปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะ ด้วยกระบวนการความร้อนหลังการเชื่อมเสร็จ (Post weld heat treat, PWHT) นอกจากนี้การแตกร้าวเมื่อได้รับความร้อนซ้ำ ยังเกิดขึ้นกับเหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มออสเทนนิติกด้วย สาเหตุเป็นเพราะวัสดุกลุ่มนี้มีคุณสมบัติเรื่องความเหนียวที่อุณหภูมิสูง (creep ductility) ไม่ดีในบริเวณกระแทกร้อน (HAZ) หากมีรอยตำหนิ รอยบาก ในบริเวณ HAZ ที่มีคุณสมบัติดังกล่าวไม่ดี รอยตำหนิจะกลายเป็นเป็นจุดกำเนิดของรอยแตก การหลีกเลี่ยงปัญหานี้ในกระบวนการให้ความร้อนหลังการเชื่อม ทำโดยการให้ความร้อนแก่วัสดุด้วยอุณหภูมิไม่สูงมากเป็นระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นเพิ่มความร้อนอย่างรวดเร็ว จนวัสดุมีอุณหภูมิสูง เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงอุณหภูมิวิกฤติ โดยให้วัสดุสัมผัสช่วงอุณหภูมิวิกฤติในระยะเวลาสั้นที่สุด นอกจากนี้ การเจียรผิวเพื่อลดความเค้นที่หนาแน่น การเคาะคลายตัวที่ตีนแนวเชื่อมเพื่อลดความเค้นทางดึง หรือการใช้เทคนิคการเชื่อม 2 ชั้นเพื่อปรับปรุงโครงสร้างเกรนของบริเวณกระแทกร้อน ก็ช่วยลดปัญหานี้

2.8.1.1.9 การแตกร้าวที่ราก (Root cracks)

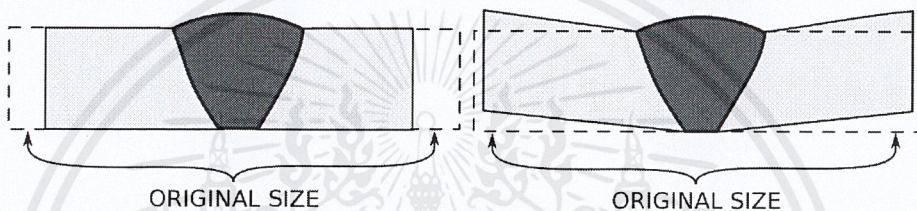
รอยแตกร้าวที่ราก เกิดขึ้นโดยแนวเชื่อมที่รากส่วนล่างสุดของการเตรียมรอยต่อของวัสดุ แล้วยาวเข้ามาสู่เนื้อเชื่อม สาเหตุมาจากกระแสไฟตอนเริ่มต้นการเชื่อมต่ำเกินไป และการเลือกใช้ขนาดและชนิดของลวดเติมอย่างไม่เหมาะสม ซึ่งทำให้เกิดการเปราะเนื่องจากไฮโดรเจน รอยแตกร้าวนี้สามารถป้องกันได้ด้วยการใช้กระแสเริ่มต้นที่สูง และการเลือกใช้ลวดเชื่อมที่เหมาะสม รอยแตกร้าวที่ตีนเกิดจากความชื้นในบริเวณที่เชื่อม เป็นรอยแตกร้าวที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงปัญหานี้ได้ด้วยการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานก่อนเชื่อม และการเตรียมรอยต่อของชิ้นงานอย่างเหมาะสม

2.8.1.1.10 การแตกร้าวแนวขวาง (Transverse crack)

การแตกร้าวแนวขวาง คือการแตกร้าวที่ตั้งฉากกับทิศทางของแนวเชื่อม โดยทั่วไปรอยแตกร้าวนี้เป็นผลมาจากการความเค้นจากการหดตัวในแนวยาวของชิ้นงานที่กระทำต่อแนวเชื่อมที่มีความเหนียวต่ำ (มีความเปราะสูง)

2.8.1.2 การบิดเสียรูป

การเชื่อมที่มีการหลอมเนื้อโลหะ มีความเสี่ยงต่อการหดตัวเมื่อโลหะที่หลอมเกิดการเย็นตัว การหดตัวทำให้เกิดความเค้นตกค้าง และการบิดเสียรูป ซึ่งการบิดเสียรูปนี้อาจก่อให้เกิดปัญหาในการใช้งาน เนื่องจากชิ้นงานไม่ได้ขนาดตามที่ออกแบบไว้ รูปดังต่อไปนี้แสดงให้เห็นลักษณะการบิดเสียรูปต่างๆ อันเนื่องมาจากการเชื่อม



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะการบิดเสียรูปเนื่องจากการเชื่อม

2.8.1.3 แก๊สฝังใน (Gas inclusion)

แก๊สฝังในเนื้อเชื่อม เป็นรอยความไม่ต่อเนื่องที่มีความหลากหลาย เช่นรูพรุน (porosity) โฟรงอากาศ (blow holes) ท่อ หรือ รูหนอน (pipes or wormholes) สาเหตุมาจากการที่แก๊สไม่สามารถออกจากแนวเชื่อมได้ทันก่อนที่แนวเชื่อมจะแข็งตัว แก๊สจึงถูกกักไว้ในเนื้อเชื่อม แก๊สเหล่านี้เกิดจากการมีกำมะถันเจือปน หรือ ความชื้น ในเนื้อวัสดุหรือลวดเติมมากเกินไป การเชื่อมโดยรักษาระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับหัวเชื่อมไม่เหมาะสม โกล่เกินไป หรือการปรับตั้งค่ากระแส และขั้วไฟฟ้า ไม่เหมาะสม เป็นต้น

2.8.1.4 การซึมลึกไม่สมบูรณ์ (Incomplete penetration)

การซึมลึกไม่สมบูรณ์คือการที่เนื้อเชื่อมไม่ได้ก่อตัวเริ่มต้นขึ้นจากรากของแนวร่องรอยต่อของชิ้นงานที่เตรียมไว้ ทำให้เกิดช่องหรือร่องที่ราก อันนำไปสู่ปัญหาใหญ่ เช่นกรณีการเชื่อมต่อท่อขนส่งของเหลว โดยการเชื่อมจากภายนอกท่อ ร่องหรือช่องที่เกิดจากการซึมลึกไม่สมบูรณ์จะทำให้ของเหลวมาติดอยู่ในบริเวณนี้ เกิดการกัดกร่อน หรือขัดขวางการไหล สาเหตุของการซึมลึกไม่สมบูรณ์คือการปรับตั้งค่ากระแสไม่เหมาะสม ระยะอาร์ค มุมการเชื่อม และลักษณะการเดินแนวเชื่อม ไม่เหมาะสม

2.8.1.5 ลามลาร์ แทร็ง (Lamellar tearing)

ลามลาร์ แทร็ง คือตำหนิประเภทหนึ่งของงานเชื่อม เกิดขึ้นในเหล็กแผ่นรีด เมื่อเชื่อมและชิ้นงานเกิดการหดตัว โดยทิศทางการหดตัวตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นเหล็ก หากบริเวณนั้นมีรอยความไม่ต่อเนื่องหรือกำมะถันเจือปนอยู่มาก จะทำให้ความแข็งแรงภายในไม่สามารถต้านทานความเค้นดึงที่เกิดจากการหดตัวของวัสดุขณะเชื่อมได้ ทำให้เกิดการแยกชั้น สามารถหลีกเลี่ยงปัญหานี้โดยการเลือกใช้เหล็กที่มีปริมาณ

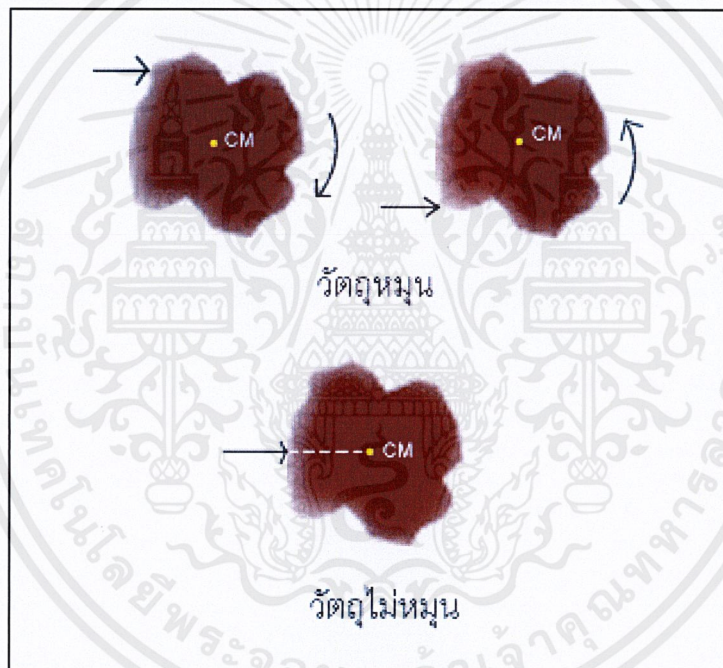
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำมะถันเจือปนต่ำ เช่น น้อยกว่า 0.005% หรือเลือกใช้เหล็กที่ไม่ได้ผลิตขึ้นด้วยวิธีการรีดขึ้นรูป เช่น การหล่อ หรือการ forged นอกจากนี้การออกแบบรอยต่อ โดยให้เกิดความเค้นทางดึงไม่ตั้งฉากกับแนวการรีดขึ้นรูปสามารถช่วยลดปัญหานี้ได้

2.8.1.6 รอยกัดขอบ (Undercut)

รอยกัดขอบ คือการที่การเชื่อมทำให้เนื้อวัสดุมีพื้นที่หน้าตัดลดลง เกิดรอยแหวนของเนื้อชิ้นงานที่ติดรอยเชื่อม ทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงลดลง เกิดจากการเชื่อมด้วยกระแสไฟฟ้าสูงเกินไป การเติมลวดไม่เพียงพอ การเลือกชนิดของลวดอย่างไม่เหมาะสม การทำมุมขณะเชื่อมไม่เหมาะสม ระยะอาร์คไกลเกินไป และ การเชื่อมที่ช้าเกินไป

2.9 ทฤษฎีจุดศูนย์กลางมวล (Center of mass)



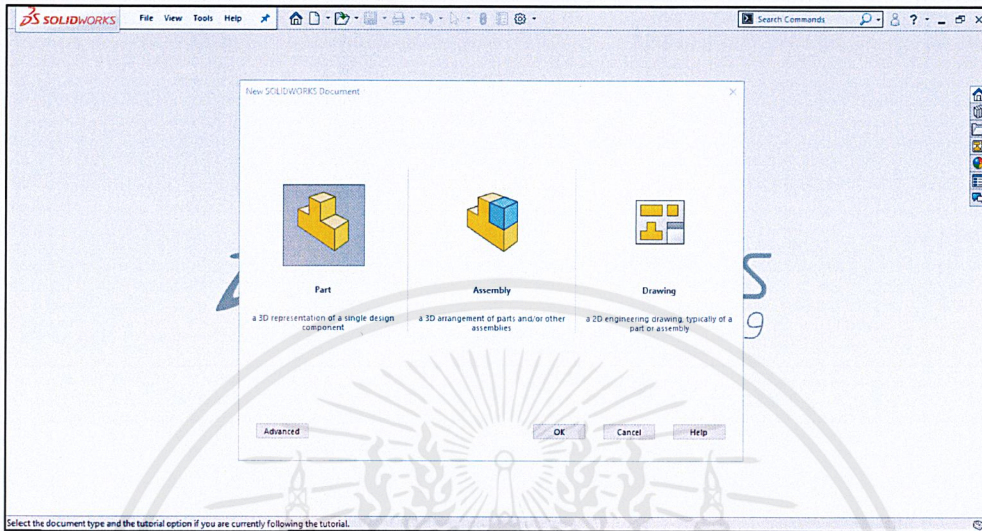
รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของจุดศูนย์กลางมวล

จุดศูนย์กลางมวล คือจุดที่เสมือนเป็นที่รวมของมวลทั้งก้อน ซึ่งจุดนี้อาจจะอยู่ในหรือนอกวัตถุก็ได้ การหาจุดศูนย์กลางมวลหาได้โดยการออกแรงกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ตามแนวแรงถ้าวัตถุไม่หมุนแสดงว่าแนวแรงนั้นผ่านจุดศูนย์กลางมวล ซึ่งระบบที่มีวัตถุหลายก้อน จุดศูนย์กลางมวลจะอยู่ระหว่างวัตถุเหล่านั้น โดยจะค่อนไปก้าน ที่มีมวลมากกว่าถ้าออกแรงกระทำกับวัตถุ โดยแนวแรงไม่ผ่านจุด จุดศูนย์กลางมวลวัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่และเคลื่อนที่แบบหมุนด้วย ถ้าออกแรงกระทำกับวัตถุ โดยให้แนวแรงผ่านจุด C.M. วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่เพียงอย่างเดียววัตถุจะไม่หมุน

2.10 โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

2.10.1 โปรแกรม Solidworks

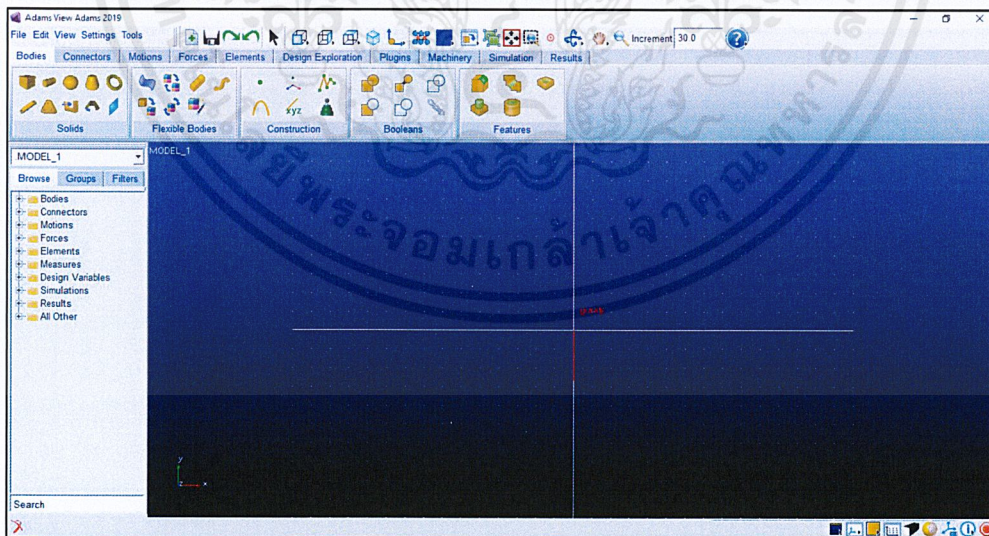
เป็นโปรแกรมเขียนแบบและออกแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในงาน ออกแบบผลิตภัณฑ์ออกแบบเฟอร์นิเจอร์และออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล 3 มิติ



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม Solidworks

2.10.2 โปรแกรม Adams

เป็นโปรแกรมสำหรับการออกแบบเครื่องจักรกล และสามารถวิเคราะห์การทำงานของเครื่องจักรได้อย่างละเอียด



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม Adam

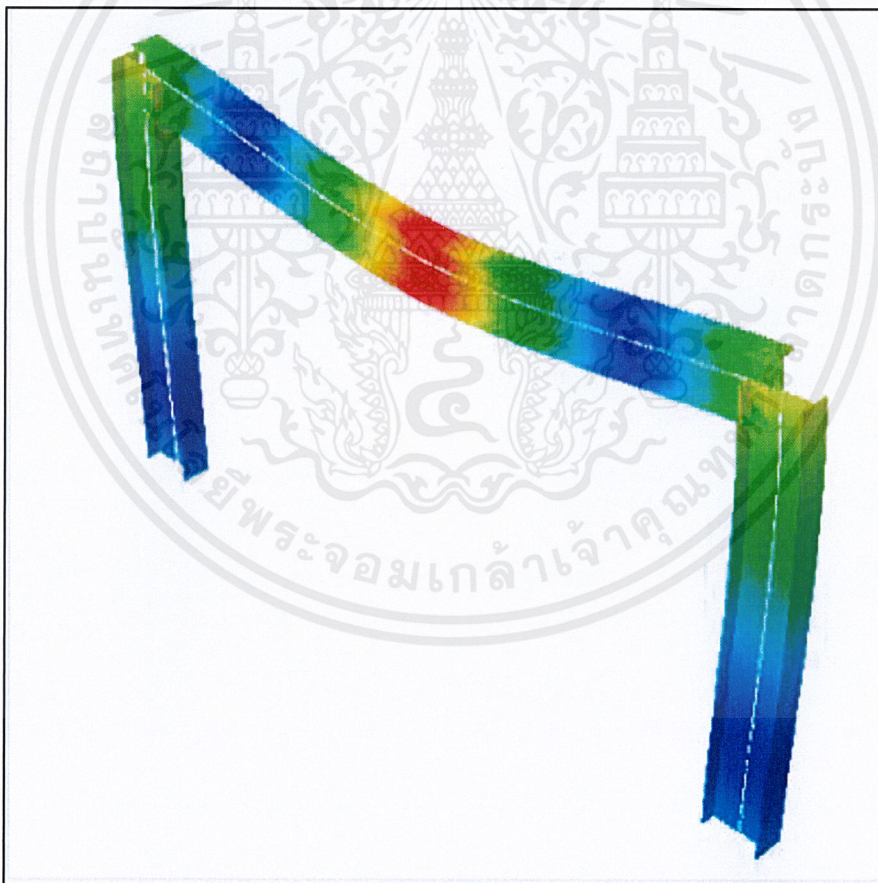
2.11 ทฤษฎี Finite Element Method (FEM)

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method, finite element analysis: FEM) คือระเบียบวิธีการเชิงตัวเลขสำหรับการหาคำตอบโดยประมาณของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยพร้อมกับสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริพันธ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากระเบียบวิธีนี้มีพื้นฐานมาจากการกำจัดสมการเชิงอนุพันธ์อย่างสมบูรณ์ (สำหรับปัญหาที่อยู่ในสภาวะคงที่) หรือการปรับแก้สมการเชิงอนุพันธ์ให้กลายเป็นระบบโดยประมาณของสมการเชิงอนุพันธ์สามัญซึ่งเป็นปริพันธ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการใช้เทคนิคมาตรฐานทางคณิตศาสตร์เช่น Euler method Runge–Kutta methods

ในการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยนั้น ปัญหาพื้นฐานคือการสร้างสมการที่สามารถประมาณค่าสมการที่กำลังสนใจศึกษาแต่มีความแน่นอนทางตัวเลข ซึ่งหมายความว่าความคลาดเคลื่อนในข้อมูลนำเข้า (input) และการคำนวณระหว่างกลางจะไม่ถูกรวมเข้าไป และและส่งผลให้ข้อมูลส่งออก (output) ไร้ความหมาย ซึ่งวิธีการนั้นมีหลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป FEM เป็นทางเลือกที่ดีในการแก้ปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยในขอบเขตที่ซับซ้อน (complex domains) (เช่นในรถยนต์หรือท่อส่งน้ำมัน) เมื่อขอบเขตมีการเปลี่ยนแปลง (เช่นในช่วงปฏิกิริยาโซลิตสเตจที่ขอบเขตมีการเคลื่อนที่ (solid state reaction with a moving boundary)) หรือเมื่อผลแม่นยำที่ต้องการมีการเปลี่ยนแปลงตลอดขอบเขต หรือเมื่อผลลัพธ์ไม่มีความราบเรียบ



รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์การรับแรงของโครงสร้างเหล็กด้วย Finite Element Method

2.12 การเลือกขนาดแขนเชื่อมต่อ

แขนเชื่อมต่อเป็นชิ้นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างฐานด้านล่างกับส่วนด้านบนของ Hanger ทำหน้าที่ประคองฐานด้านล่างขณะฐานด้านล่างเลื่อนลงเลื่อนขึ้น ปัจจัยที่นำมาพิจารณาในการเลือกขนาดของแขนเชื่อมต่อคือแขนเชื่อมต่อต้องมีความสามารถในการรับแรงสูงสุดขณะ Hanger ทำงาน

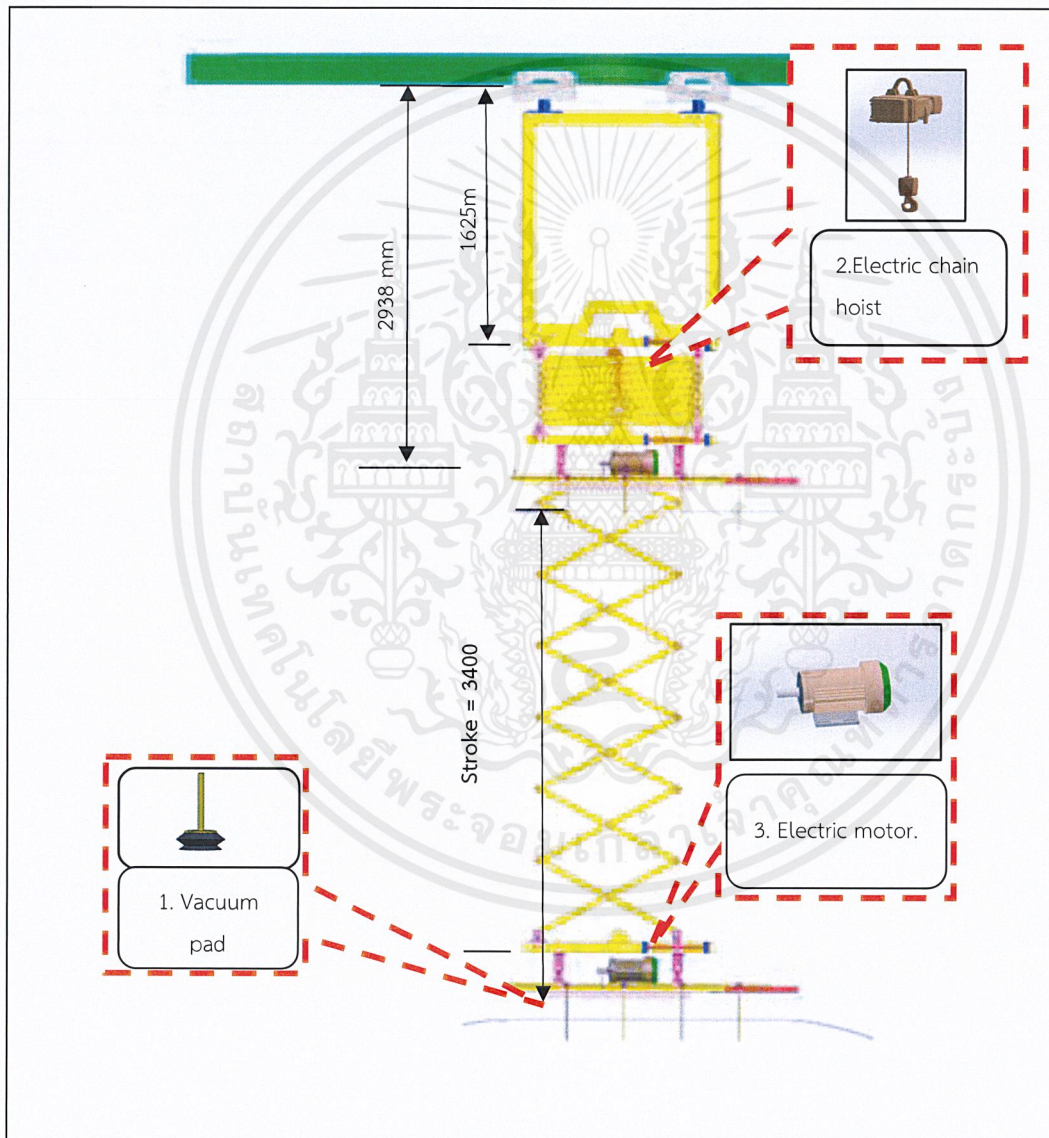
ชื่อขนาด	ความหนา	พื้นที่หน้าตัด	มวลต่อเมตร	โมเมนต์ความเฉื่อย		มอดูลัสภาคตัด		รัศมีไจเรชัน	
	mm	cm ²		cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	r _x	r _y
D × B	t	A		I _x	I _y	Z _x	Z _y	r _x	r _y
50 × 25	2.3	3.102	2.44	9.31	3.10	3.72	2.48	1.73	1.00
	3.2	4.127	3.24	11.6	3.80	4.65	3.04	1.68	0.960
60 × 30	2.3	3.792	2.98	16.8	5.63	5.61	3.76	2.11	1.22
	3.2	5.087	3.99	21.4	7.08	7.15	4.72	2.05	1.18
75 × 38	2.3	4.830	3.81	34.6	12.0	9.23	6.30	2.67	1.57
	3.2	6.539	5.15	45.0	15.4	12.0	8.09	2.62	1.53
75 × 45	2.3	5.172	4.06	38.9	17.6	10.4	7.82	2.74	1.84
	3.2	7.007	5.50	50.8	22.8	13.5	10.1	2.69	1.80
90 × 45	2.3	5.862	4.60	61.0	20.8	13.6	9.22	3.23	1.88
	3.2	7.967	6.25	80.2	27.0	17.8	12.0	3.17	1.84
100 × 50	3.2	8.027	7.01	112	38.0	22.5	15.2	3.55	2.06
	4.0	10.05	8.50	142	46.7	28.4	18.7	3.55	2.03
	4.5	12.17	9.55	147	48.9	29.3	19.5	3.47	2.00
125 × 50	3.2	10.53	8.26	198	46.7	31.6	18.7	4.33	2.11
	4.0	12.95	10.2	238	55.6	38.0	22.0	4.28	2.07
	4.5	14.42	11.3	261	60.6	41.7	24.2	4.25	2.05
125 × 75	3.2	12.13	9.52	257	117	41.1	31.1	4.60	3.10
	4.0	14.85	11.7	311	141	49.7	37.5	4.56	3.07
	4.5	16.67	13.1	342	155	54.8	41.2	4.53	3.04
150 × 80	4.5	19.37	15.2	563	211	75.0	52.9	5.39	3.30
	6.0	25.23	19.8	710	264	94.7	66.1	5.31	3.24
150 × 100	4.5	21.17	16.6	658	352	87.7	70.4	5.58	4.08
	6.0	27.63	21.7	835	444	111	88.8	5.50	4.01
200 × 100	4.5	25.67	20.1	1330	455	133	90.9	7.20	4.21
	6.0	33.63	26.4	1700	577	170	115	7.12	4.14

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของเหล็กทรงแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

Hanger หมายเลข 180 เป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการขนส่งหลังคาระหว่างสถานีประกอบรถยนต์ในโรงงานประกอบตัวถังรถโรงงาน 2

3.1 ส่วนประกอบของ Hanger



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบหลักของ Hanger

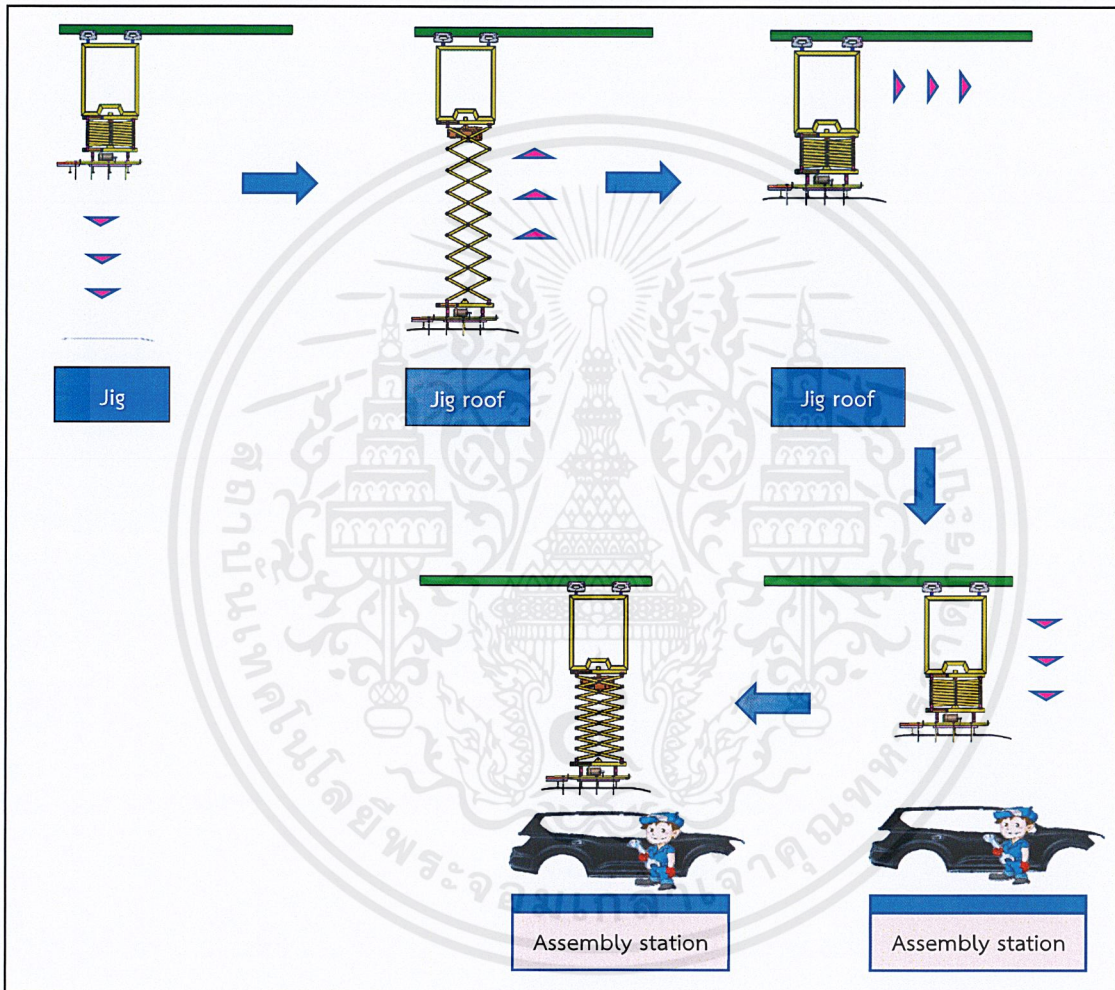
จากรูปที่ 3.1 แสดงลักษณะและส่วนประกอบของ Hanger ประกอบด้วย

1. Vacuum pad ทำหน้าที่ยึดหลังคารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Electric chain hoist ขนาด 1000 กิโลกรัม ทำหน้าที่ตั้งฐานด้านล่างให้เลื่อนขึ้น
เลื่อนลง
3. มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า ทำหน้าที่ขับเคลื่อนแกนล้อยกด้านล่างเมื่อยกขึ้นส่วน
หลังคารถ

3.2 ขั้นตอนการทำงานของ Hanger



รูปที่ 3.2 แสดงแผนภาพลำดับการทำงานของ Hanger

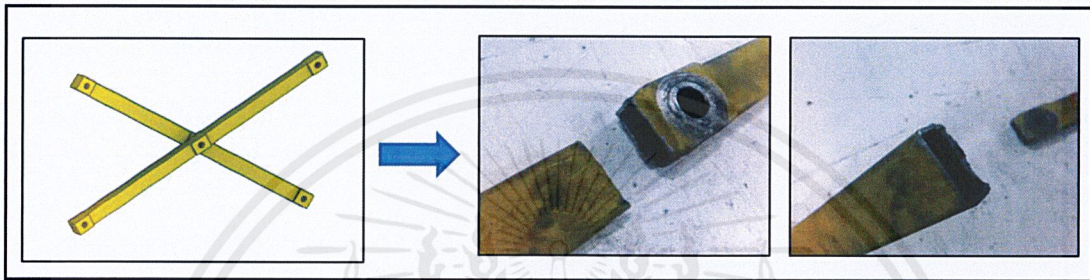
จากรูปที่ 3.2 แสดงการทำงานของ Hanger โดยเริ่มจาก Hanger เลื่อนลงมาเป็นระยะ 3400 มิลลิเมตรเพื่อจับชิ้นส่วนหลังคารถแล้วยกหลังคารถขึ้น จากนั้น Hanger จะเคลื่อนไปยังสถานีประกอบหลังคารถแล้วเลื่อนลงเพื่อวางชิ้นส่วนหลังคารถลงไปในตัวถังรถเพื่อประกอบต่อไป โดยชิ้นส่วนหลังคารถที่ Hanger ตัวนี้ยกนั้นมี 2 รุ่นด้วยกัน ดังนี้

1. หลังคาของรถรุ่น Nissan Navara ขนาด $115 \times 130 \times 0.4$ เซนติเมตร น้ำหนัก 16.075 กิโลกรัม

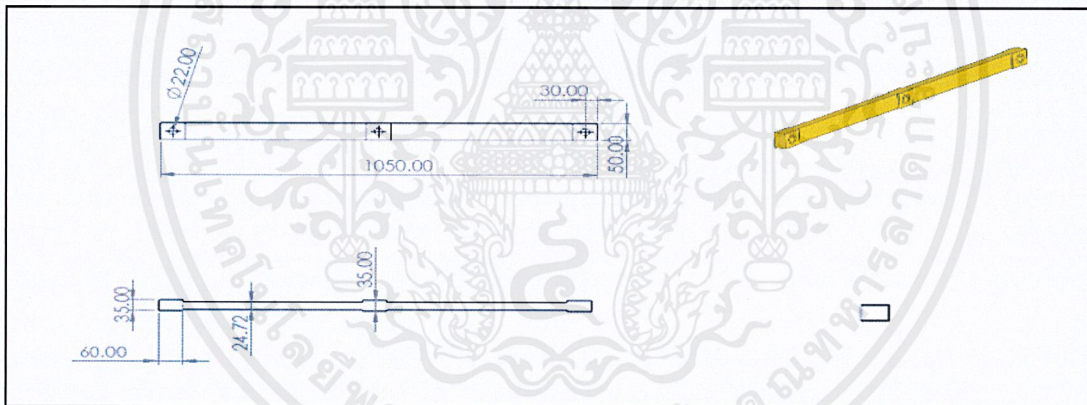
2. หลังคาของรถรุ่น Nissan Terra ขนาด $115 \times 235 \times 0.4$ เซนติเมตร น้ำหนัก 20.066 กิโลกรัม

3.3 ปัญหาของ Hanger

3.3.1 แขนเชื่อมต่อของ Hanger หัก

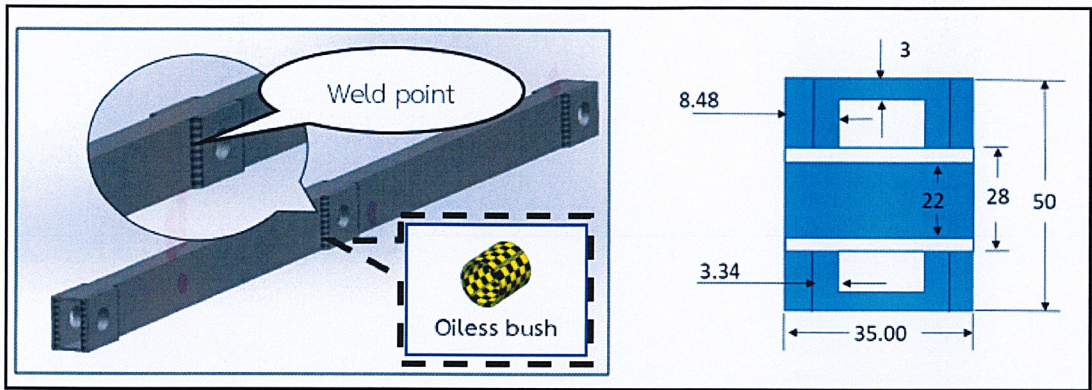


รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของการหักของแขนเชื่อมต่อของ Hanger



รูปที่ 3.4 แสดงแบบของแขนเชื่อมต่อของ Hanger

จากรูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของการหักของแขนเชื่อมต่อของ Hanger การหักเกิดขึ้นที่รอยเชื่อมที่จุดหมุนตรงกลางของแขนเชื่อมต่อ



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะภายนอกและแสดงภาพตัดที่จุดหมุนของแขนเชื่อมต่อ

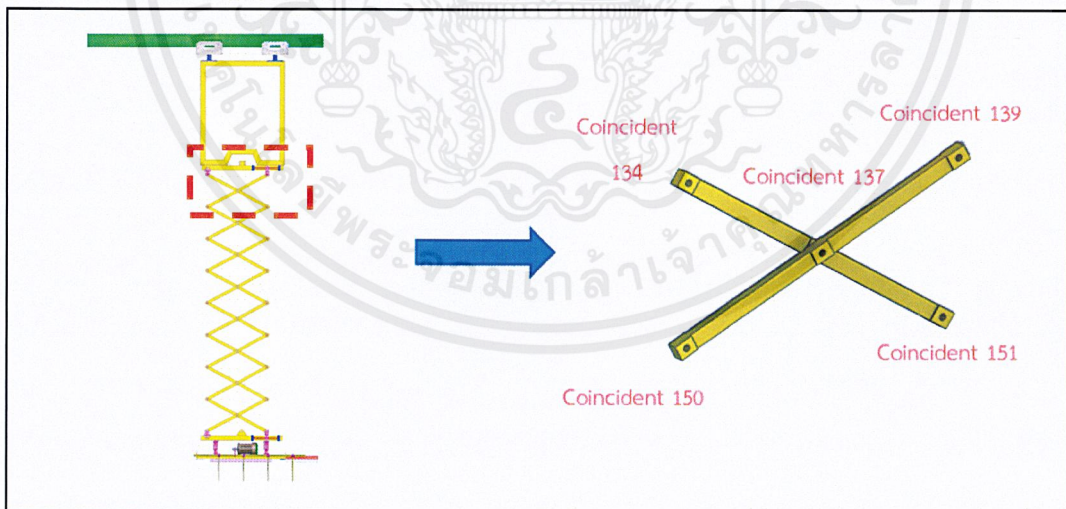
จากรูปที่ 3.5 แสดงภาพตัดและลักษณะทางกายภาพของแขนเชื่อมต่อซึ่งที่จุดหมุนได้ใช้ Oilless bush ในการรับแรง และที่จุดหมุนมีการเชื่อมแผ่นเหล็กติดกับตัวแขนเชื่อมต่อเพื่อเพิ่มความหนาของแขนเชื่อมต่อที่จุดหมุน

วัสดุของแขนเชื่อมต่อของ Hanger : Steel SS400

น้ำหนักของแขนเชื่อมต่อของ Hanger : 4.454 กิโลกรัม / 1 แขน

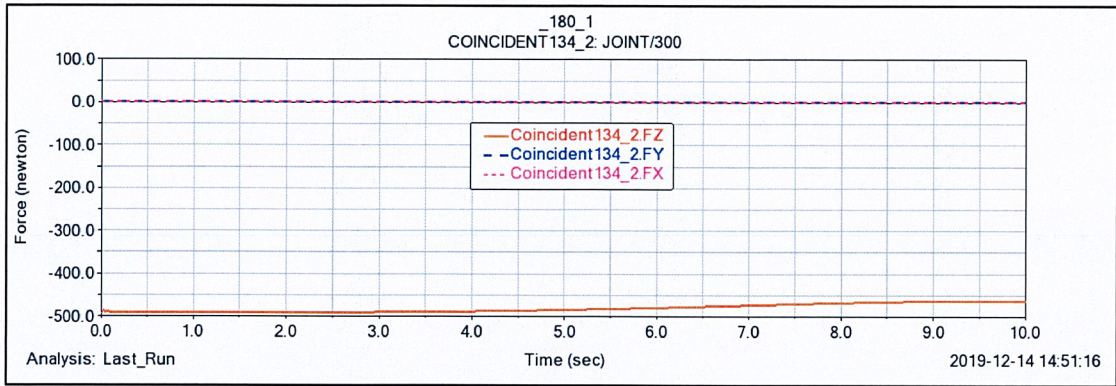
3.3.1.1 วิเคราะห์การรับแรงของแขนเชื่อมต่อของ Hanger

วิเคราะห์การรับแรงของแขนเชื่อมต่อโดยวิเคราะห์ชั้นที่รับแรงสูงสุดโดยใช้โปรแกรม ADAMS เพื่อหาสาเหตุการหักของแขนเชื่อมต่อ



รูปที่ 3.6 แสดงแขนเชื่อมต่อชั้นบนสุดที่รับแรงมากที่สุด

จากรูปที่ 3.6 แสดงแขนเชื่อมต่อชั้นที่รับแรงมากที่สุดนำมาวิเคราะห์การรับแรงในแต่ละจุดเชื่อมต่อด้วยโปรแกรม Adams เพื่อนำมาวิเคราะห์ความแข็งแรงสูงสุด ได้ดังนี้



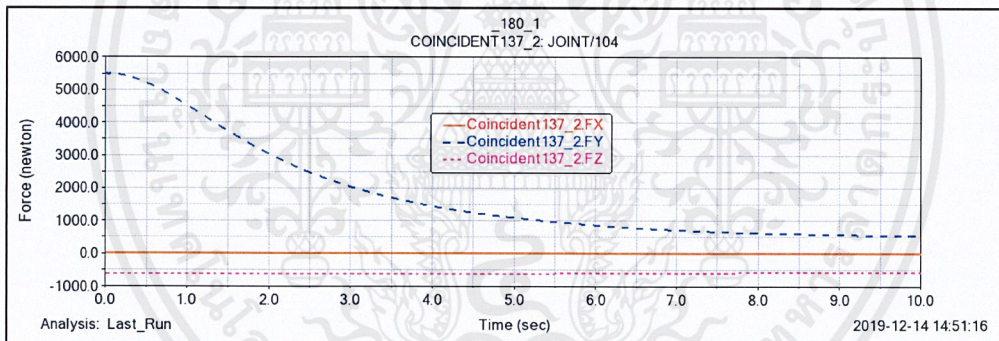
รูปที่ 3.7 แสดงขนาดแรงที่กระทำที่จุด Coincident 134

จากรูปที่ 3.7 แสดงขนาดของแรงที่กระทำต่อจุด Coincident 134 ขณะฐานด้านล่างเลื่อนลง ขนาดแรงที่มากที่สุดที่วินาทีที่ 0 มีขนาดดังนี้

$$F_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_y = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_z = 495.235 \text{ นิวตัน}$$



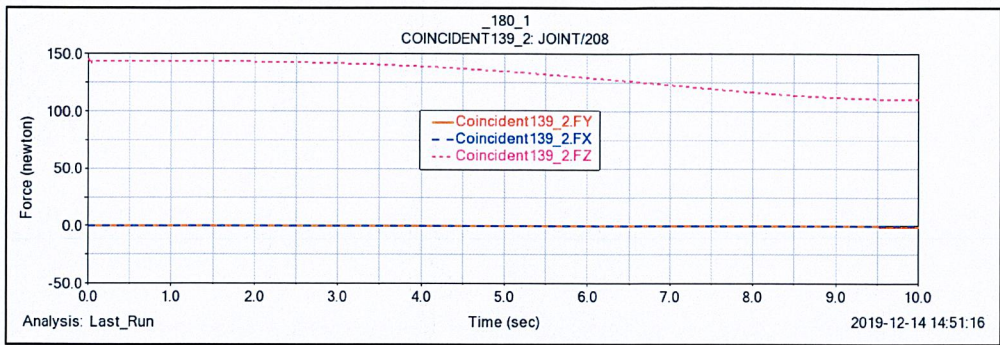
รูปที่ 3.8 แสดงขนาดแรงที่กระทำที่จุด Coincident 137

จากรูปที่ 3.8 แสดงขนาดของแรงที่กระทำต่อจุด Coincident 137 ขณะฐานด้านล่างเลื่อนลง ขนาดแรงที่มากที่สุดที่วินาทีที่ 0 มีขนาดดังนี้

$$F_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_y = 5538.710 \text{ นิวตัน}$$

$$F_z = 640.974 \text{ นิวตัน}$$



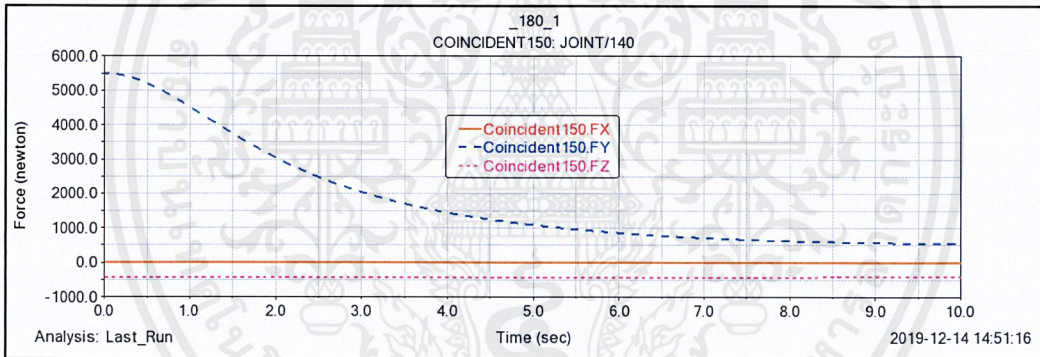
รูปที่ 3.9 แสดงขนาดแรงที่กระทำที่จุด Coincident 139

จากรูปที่ 3.9 แสดงขนาดของแรงที่กระทำต่อจุด Coincident 139 ขณะฐานด้านล่างเลื่อนลง ขนาดแรงที่มากที่สุดที่วินาทีที่ 0 มีขนาดดังนี้

$$F_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_y = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_z = 145.739 \text{ นิวตัน}$$



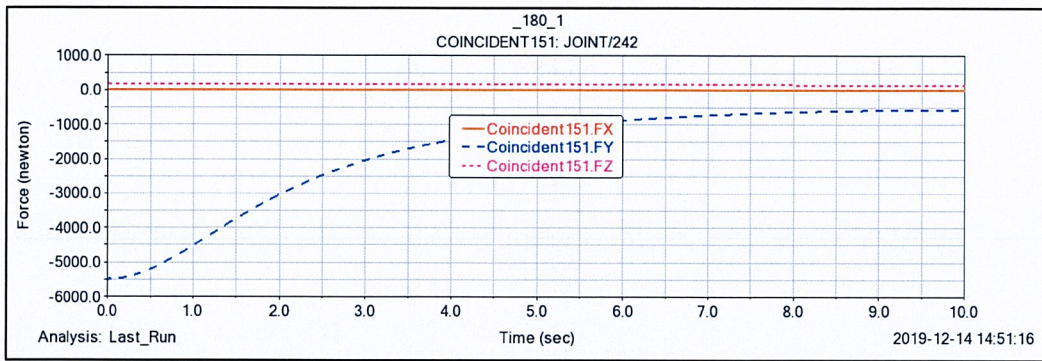
รูปที่ 3.10 แสดงขนาดแรงที่กระทำที่จุด Coincident 150

จากรูปที่ 3.10 แสดงขนาดของแรงที่กระทำต่อจุด Coincident 150 ขณะฐานด้านล่างเลื่อนลง ขนาดแรงที่มากที่สุดที่วินาทีที่ 0 มีขนาดดังนี้

$$F_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_y = 5538.7096 \text{ นิวตัน}$$

$$F_z = 451.548 \text{ นิวตัน}$$



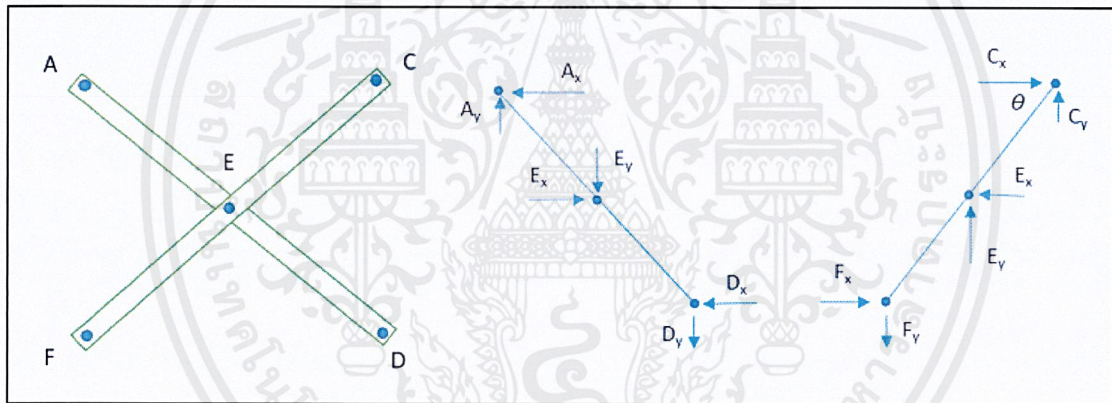
รูปที่ 3.11 แสดงขนาดแรงที่กระทำที่จุด Coincident 151

จากรูปที่ 3.11 แสดงขนาดของแรงที่กระทำต่อจุด Coincident 151 ขณะฐานด้านล่างเลื่อนลง ขนาดแรงที่มากที่สุดที่วินาทีที่ 0 มีขนาดดังนี้

$$F_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_y = 5538.7096 \text{ นิวตัน}$$

$$F_z = 189.426 \text{ นิวตัน}$$



รูปที่ 3.12 แสดงแผนภาพอิสระของแขนเชื่อมต่อ

รูปที่ 3.12 แสดงแผนภาพอิสระของแขนเชื่อมต่อ โดยแรงที่กระทำต่อจุดต่างๆมีค่าสูงสุดที่ $t = 0$ วินาที จะได้ดังนี้

$$\theta = 3.25^\circ$$

$$A_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$A_y = 495.235 \text{ นิวตัน}$$

$$C_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$C_y = 145.739 \text{ นิวตัน}$$

$$D_x = 5538.7096 \text{ นิวตัน}$$

$$D_y = 189.426 \text{ นิวตัน}$$

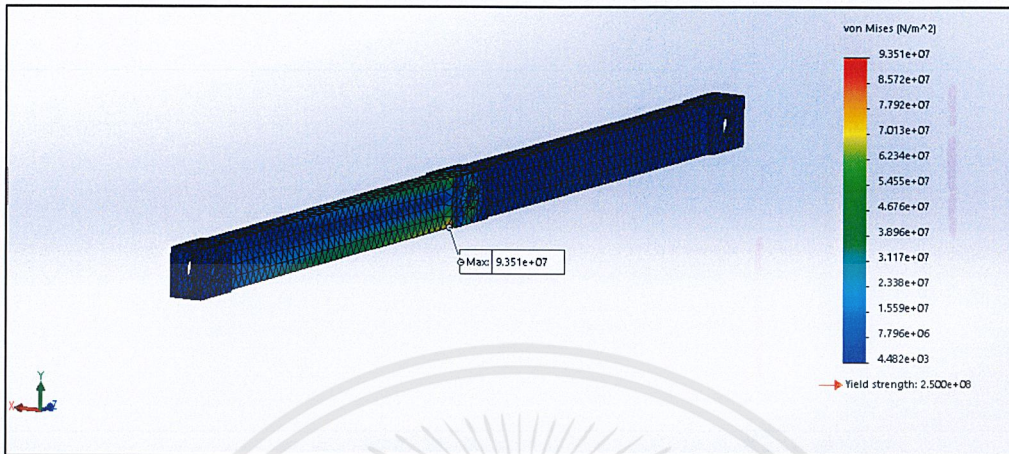
$$E_x = 5538.710 \text{ นิวตัน}$$

$$E_y = 640.974 \text{ นิวตัน}$$

$$F_x = 5538.7096 \text{ นิวตัน}$$

$$F_y = 451.548 \text{ นิวตัน}$$

วิเคราะห์ความแข็งแรงของแขนเชื่อมต่อด้วยการนำแรงที่ได้จาก โปรแกรม Adams มา วิเคราะห์ ด้วยโปรแกรม Solidworks ได้ดังนี้

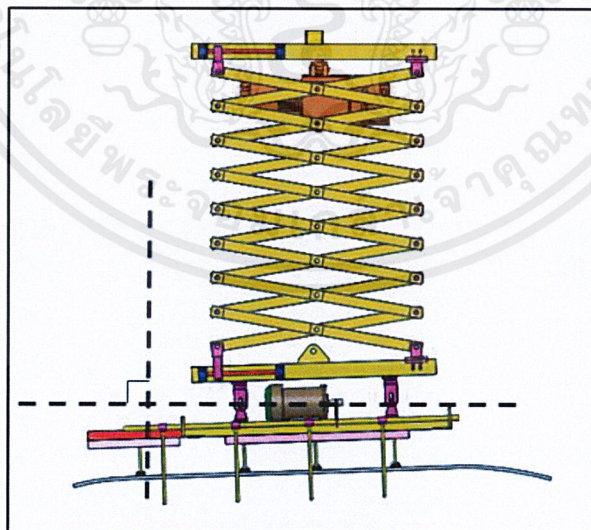


รูปที่ 3.13 แสดงการวิเคราะห์ความแข็งแรงของแขนเชื่อมต่อชิ้นที่รับแรงสูงสุด

จากรูปที่ 3.13 แสดงการวิเคราะห์ความแข็งแรงของแขนเชื่อมต่อพบว่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 93.507 MPa ซึ่งมีค่าไม่เกินค่า Yield strength ของ Steel SS400 ที่ 250 MPa จึงสรุปได้ว่าสาเหตุการหักของแขนเชื่อมต่อไม่ได้เกิดจากการที่แขนเชื่อมต่อนับรับแรงมากเกินไปจนจุดสูงสุดที่รับได้

3.3.2 ฐานด้านล่างของ Hanger เอียง

Hanger มีอาการเอียงไม่สมดุลในขณะที่ทำงานทั้งขณะยกและไม่ได้ยกหลังการถ

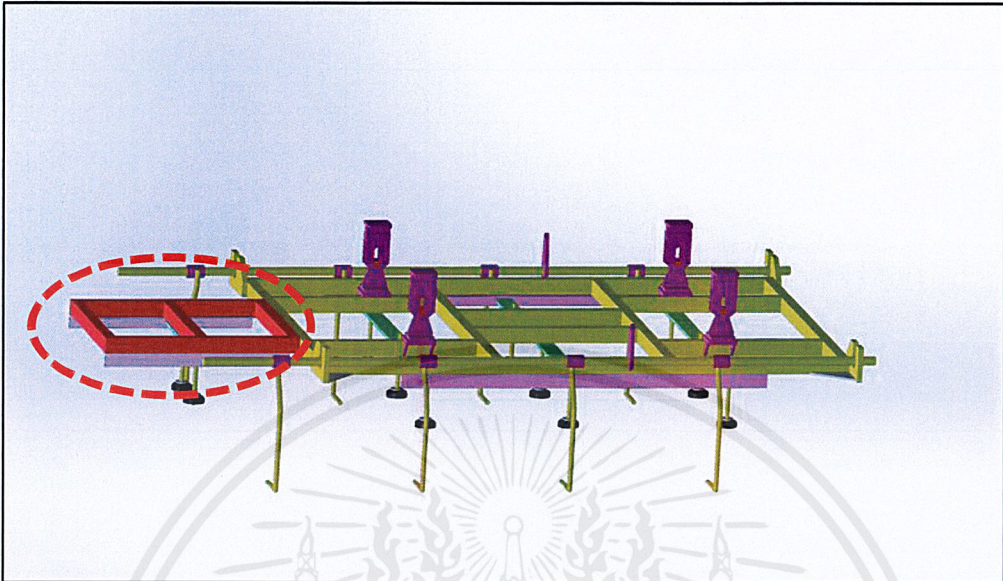


รูปที่ 3.14 ลักษณะการเอียงของ Hanger

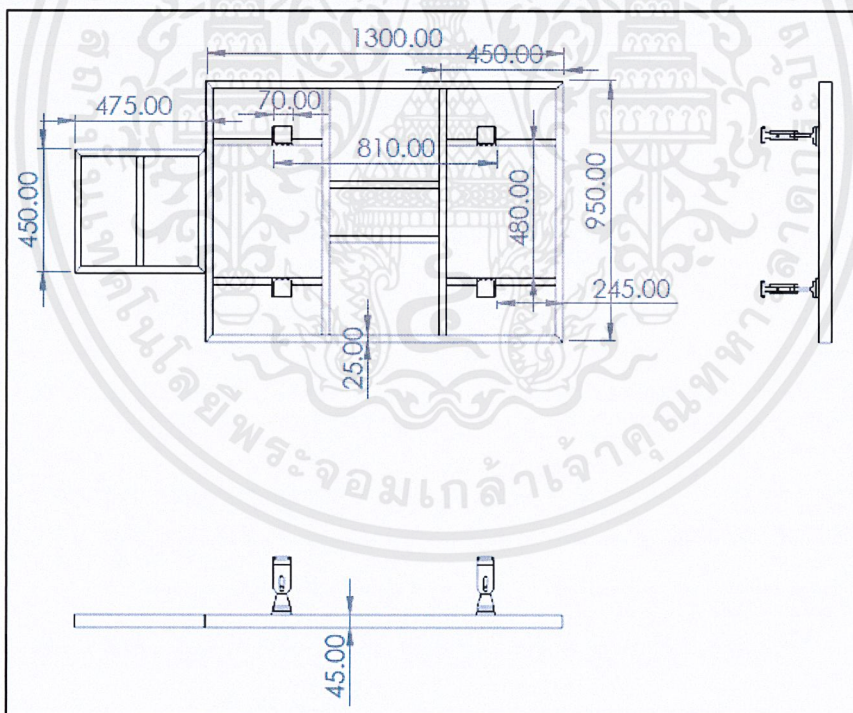
จากรูปที่ 3.14 Hanger มีอาการเอียงโดยเอียงลงไปทางด้านของฐานด้านล่างส่วนที่มีการตัดแปลง

3.3.2.1 วิเคราะห์หาสาเหตุการเอียงของ Hanger

วิเคราะห์หาสาเหตุการเอียงของ Hanger โดยการตรวจสอบการจัดวางแนวของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของ Hanger ด้วยการจำลองด้วยโปรแกรม Solidworks



รูปที่ 3.15 แสดงลักษณะฐานด้านล่างของ Hanger และแสดงส่วนที่มีการตัดแปลงเพิ่มเข้ามาในฐานด้านล่าง



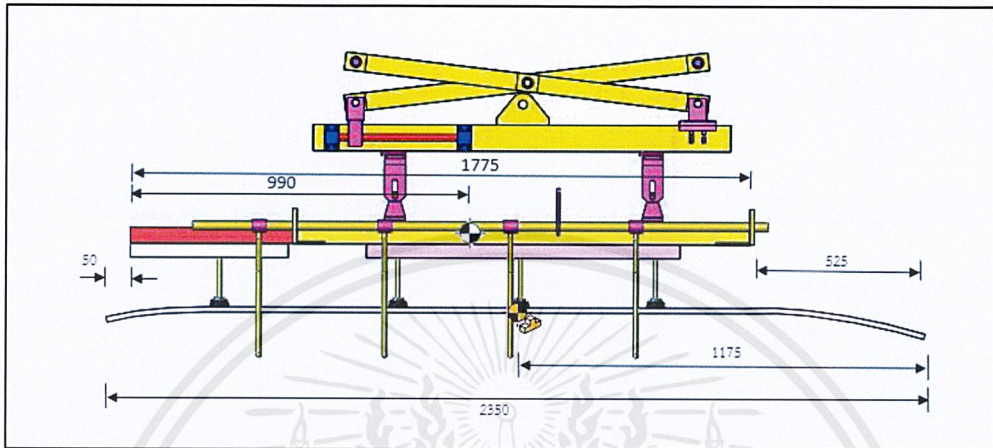
รูปที่ 3.16 แสดงแบบฐานด้านล่างของ Hanger

จากรูปที่ 3.15 แสดงลักษณะฐานด้านล่างของ hanger ที่มีการตัดแปลงเชื่อมชิ้นส่วนเพิ่มเข้ามาเพื่อทำให้ฐานด้านล่างยาวขึ้นเนื่องจากเดิมที Hanger ถูกออกแบบมาสำหรับยกหลังคารถรุ่น Nissan Navara เท่านั้น แต่ภายหลังมีการประกอบรถรุ่น Nissan Terra จึงได้ทำการตัดแปลง

ฐานด้านล่างดังกล่าวให้ยาวขึ้นเพื่อให้สามารถยกหลังคารถรุ่น Nissan Terra ที่มีความยาวมากกว่า Nissan Navara ได้

วัสดุ : Steel SS400

มวลของฐานด้านล่าง : 87.8 กิโลกรัม



รูปที่ 3.17 แสดง Center of mass ของฐานด้านล่างและหลังคาของ Nissan Terra

จากรูปที่ 3.17 แสดงตำแหน่ง Center of mass ของฐานด้านล่างที่ได้จากการ Simulation ด้วยโปรแกรม Solidworks พบว่า Center of mass ของฐานด้านล่างไม่อยู่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างจุดยึดระหว่างฐานด้านล่างกับแกนเชื่อมต่อด้านบน ส่งผลให้ฐานด้านล่างเอียง

3.4 สรุปสาเหตุปัญหาของ Hanger

จากการวิเคราะห์การรับแรงของแกนเชื่อมต่อในหัวข้อ 3.2.1.1 พบว่าแรงที่แกนเชื่อมต่อรับนั้นไม่เกินค่าสูงสุดที่รับได้ เพราะฉะนั้นสาเหตุที่แกนเชื่อมต่อหักจึงไม่ได้เกิดจากการรับแรงเกินจุดที่รับได้ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้แกนเชื่อมต่อหักที่เป็นไปได้มีดังนี้

1. หักเพราะเกิดความบกพร่องในรอยเชื่อมที่เชื่อมเหล็กประกบเข้ากับจุดหมุนทั้งสามจุด
2. เกิดจากการที่ฐานด้านล่างเอียงและแกว่งไปมาทำให้แกนเชื่อมต่อทั้งสองด้านรับแรงไม่เท่ากันจึงทำให้มีโอกาสที่ ขณะ Hanger ทำงาน แกนเชื่อมต่อเกิดติดขัดกันแต่รอยยังตั้งฐานด้านล่างขึ้นลงจึงทำให้แกนเชื่อมต่อหัก

3.5 แนวทางการแก้ปัญหา

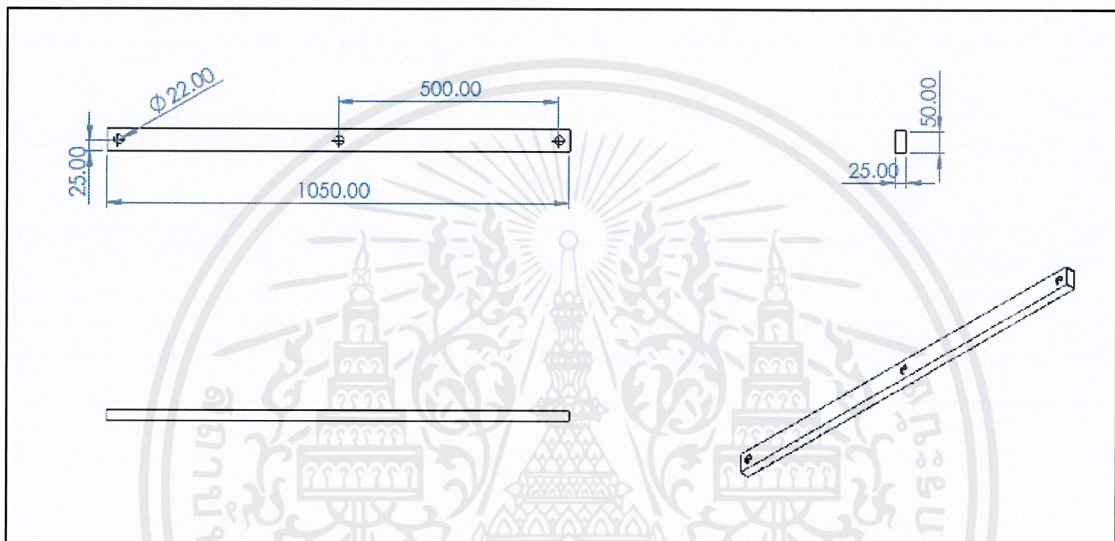
จากการวิเคราะห์พบว่าสาเหตุของการหักของแกนเชื่อมต่อที่เป็นไปได้มี 2 กรณี ผู้ศึกษามีแนวทางการแก้ปัญหาทั้ง 2 กรณี ดังนี้

1. ออกแบบแกนเชื่อมต่อใหม่โดยออกแบบไม่ให้มีรอยเชื่อมบนแกนเชื่อมต่อ

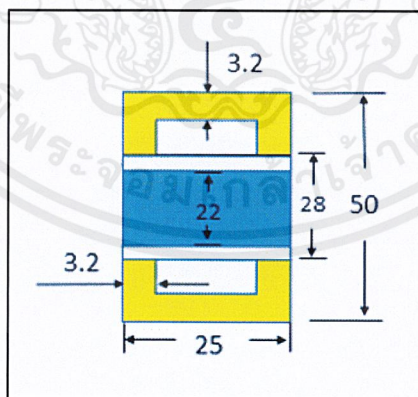
2. ออกแบบฐานด้านล่างใหม่ให้ Center of mass ของฐานด้านล่างอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างจุดยึดระหว่างฐานด้านล่างกับแขนเชื่อมต่อด้านบน เพื่อให้ Hanger มีความสมดุลมากที่สุด

3.6 การออกแบบแขนเชื่อมต่อ

ออกแบบแขนเชื่อมต่อให้มีความแข็งแรงโดยไม่มีรอยเชื่อมบนแขนเชื่อมต่อเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการเกิดความบกพร่องบนรอยเชื่อมซึ่งเป็นสาเหตุทำให้แขนเชื่อมต่อเสียหายได้ โดยออกแบบแขนเชื่อมต่ออ้างอิงกับแขนเชื่อมต่อที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันเพื่อให้สามารถใช้ชิ้นส่วนเดิมบางชิ้นได้โดยออกแบบ ดังนี้



รูปที่ 3.18 แสดงแบบของแขนเชื่อมต่อที่ออกแบบใหม่



รูปที่ 3.19 แสดงแสดงภาพตัดของแขนเชื่อมต่อที่ตำแหน่งจุดหมุน

จากรูปที่ 3.18 และรูปที่ 3.19 แสดงแบบของแขนเชื่อมต่อที่ออกแบบใหม่และแสดงภาพตัดของแขนเชื่อมต่อที่ตำแหน่งจุดหมุน โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1. แขนเชื่อมต่อ

วัสดุ : Steel SS400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด : 50 × 25 × 3.2 มิลลิเมตร ความยาว 1050 มิลลิเมตร

มวล : 3.862 กิโลกรัม / 1 ชิ้น

2.Oiless bush

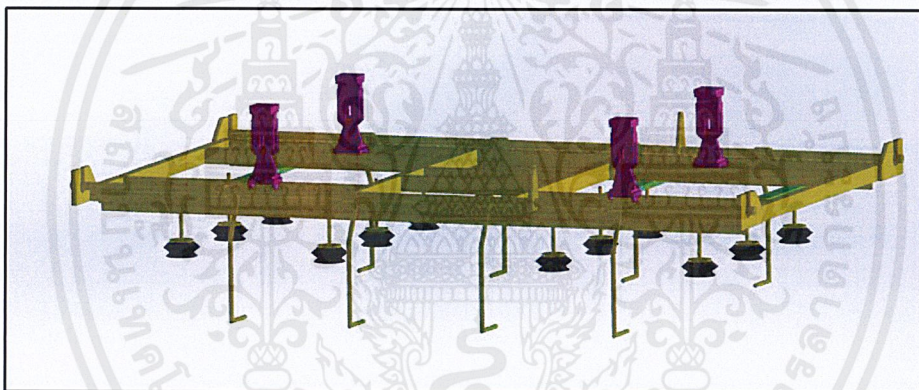
แขนเชื่อมที่ออกแบบใหม่มีมวลน้อยกว่าแขนเชื่อมต่อเดิมจึงใช้ bush ชนิดเดิม

วัสดุ : ทองเหลือง

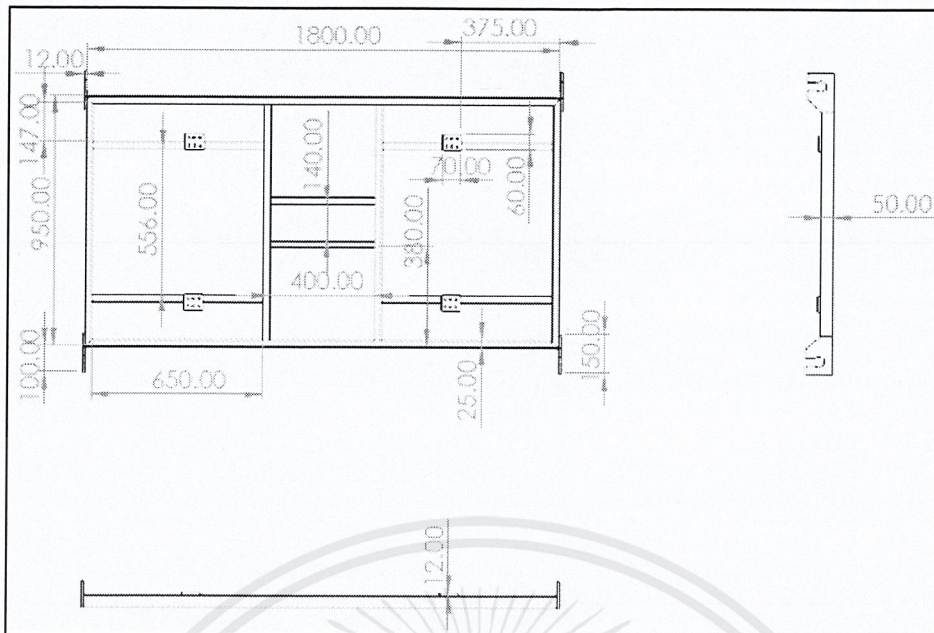
ขนาด : เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 28 มิลลิเมตรและเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 22 มิลลิเมตร

3.7 ออกแบบฐานด้านล่างของ Hanger

ออกแบบฐานด้านล่างของ Hanger ใหม่เพื่อแก้ปัญหาฐานด้านล่างของ Hanger มีอาการเอียงและแกว่ง โดยออกแบบให้ตำแหน่งของ Center of mass อยู่ในตำแหน่งกลางของฐานด้านล่าง



รูปที่ 3.20 แสดงลักษณะฐานด้านล่างของ Hanger ที่ออกแบบใหม่



รูปที่ 3.21 แสดงแบบของฐานด้านล่างของ Hanger ที่ออกแบบใหม่

จากรูปที่ 3.20 และ 3.21 แสดงลักษณะและแบบของฐานด้านล่างของ Hanger ที่ออกแบบใหม่โดยฐานด้านล่างที่ออกแบบใหม่มีคุณสมบัติ ดังนี้

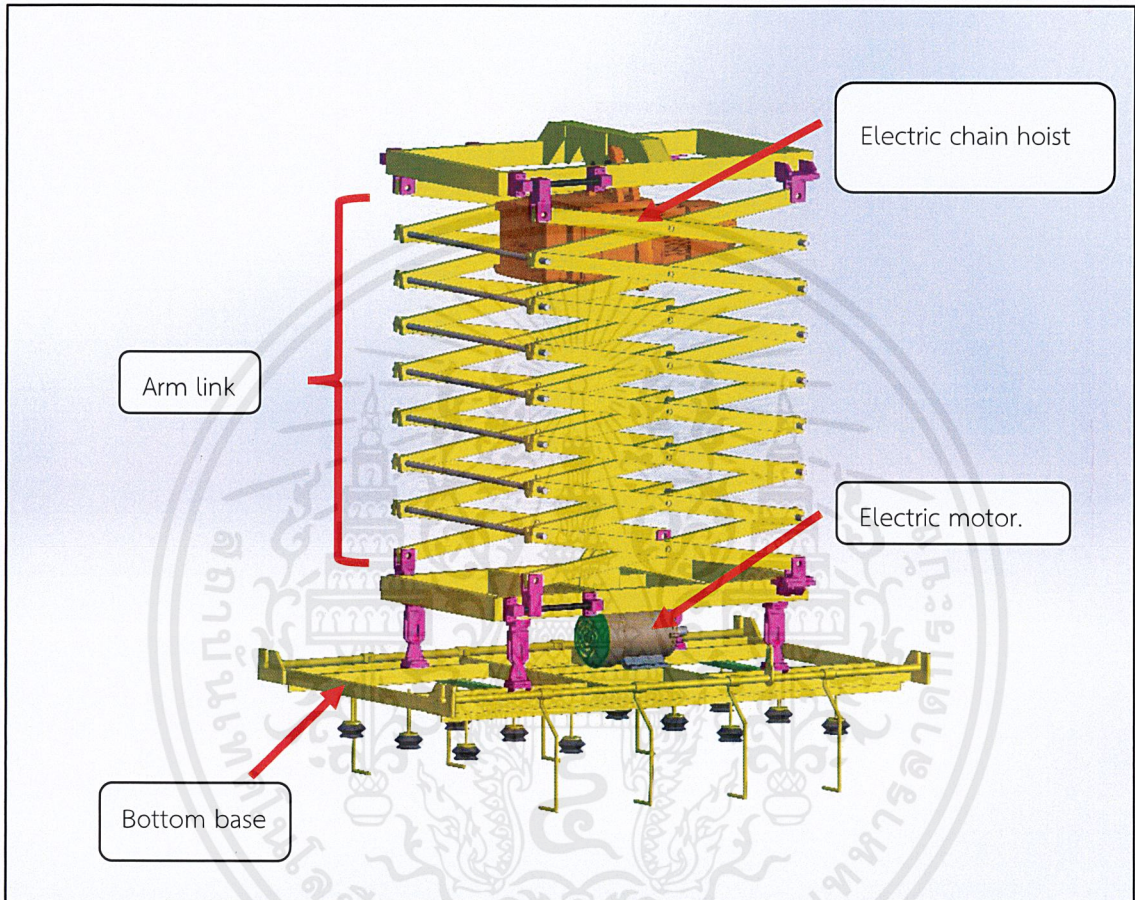
วัสดุ : Steel SS400

มวล : 94.2 กิโลกรัม

บทที่ 4

ผลการออกแบบ

4.1 ส่วนประกอบของ Hanger ที่ออกแบบใหม่

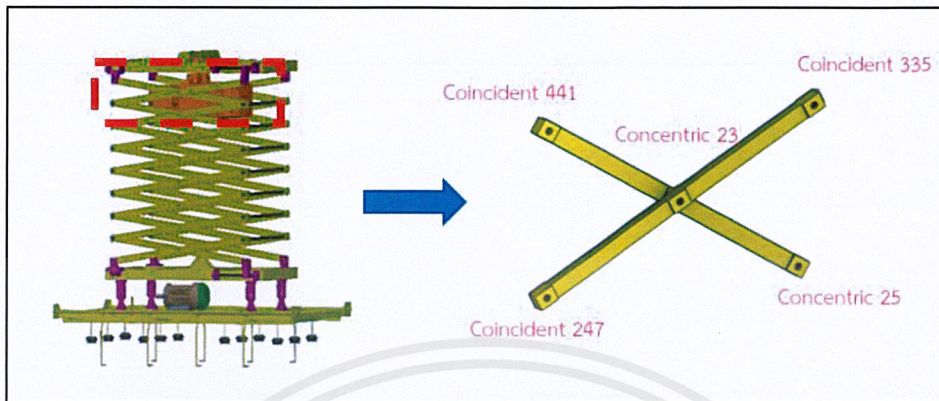


รูปที่ 4.1 แสดงการจำลองการประกอบชิ้นส่วนที่ออกแบบใหม่

จากรูปที่ 4.1 แสดงการจำลองการประกอบแขนเชื่อมต่อและฐานด้านล่างของ Hanger ที่ออกแบบใหม่ด้วยโปรแกรม Solidworks เพื่อตรวจสอบการจัดวางแนวของชิ้นส่วนต่าง ๆ พบว่าส่วนแขนเชื่อมต่อและฐานด้านล่างที่ออกแบบมาใหม่สามารถประกอบเข้ากับตัว Hanger ได้ไม่ติดขัด และเพื่อนำไปจำลองการทำงานต่อไป

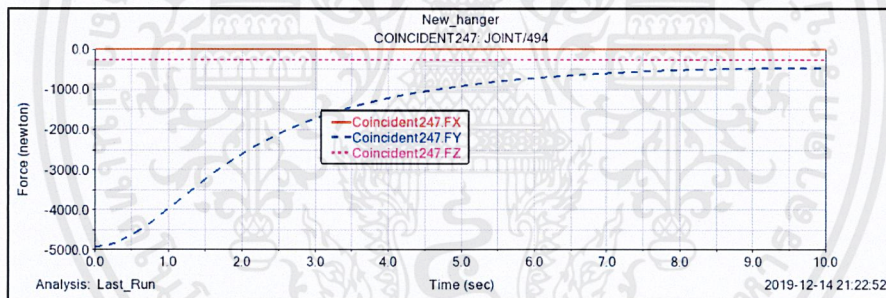
4.2 จำลองการรับแรงของแขนเชื่อมต่อที่ออกแบบใหม่

วิเคราะห์การรับแรงของแขนเชื่อมต่อโดยวิเคราะห์ชั้นที่รับแรงสูงสุดโดยใช้โปรแกรม Adams



รูปที่ 4.2 แสดงแขนเชื่อมต่อชั้นที่รับแรงสูงสุด

จากรูปที่ 4.2 แสดงแขนเชื่อมต่อชั้นที่รับแรงมากที่สุดนำมาวิเคราะห์การรับแรงในแต่ละจุดเชื่อมต่อด้วยโปรแกรม Adams เพื่อนำมาวิเคราะห์ความแข็งแรงของแขนเชื่อมต่อ ได้ดังนี้



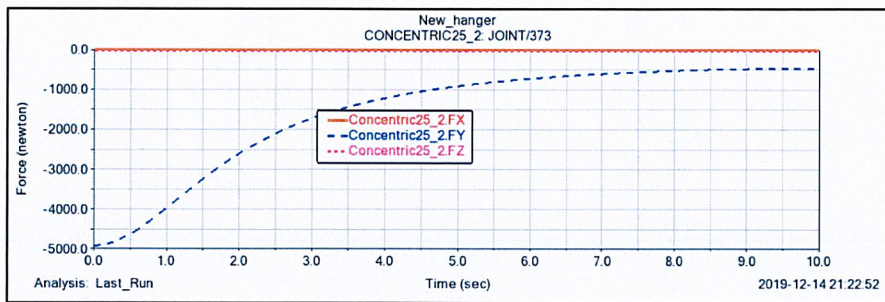
รูปที่ 4.3 แสดงขนาดแรงที่กระทำบนจุด Coincident 247

จากรูปที่ 4.3 แสดงขนาดของแรงที่กระทำต่อจุด Coincident 247 ขณะฐานด้านล่างเลื่อนลงขนาดแรงที่มากที่สุดที่วินาทีที่ 0 มีขนาดดังนี้

$$F_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_y = 4917.955 \text{ นิวตัน}$$

$$F_z = 253.761 \text{ นิวตัน}$$



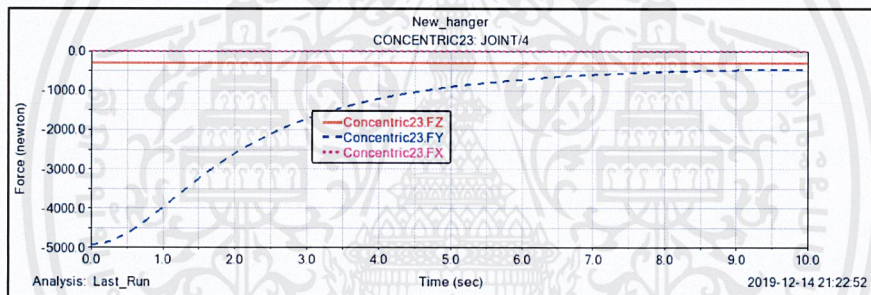
รูปที่ 4.4 แสดงขนาดแรงที่กระทำบนจุด Concentric 25

จากรูปที่ 4.4 แสดงขนาดของแรงที่กระทำต่อจุด Concentric 25 ขณะฐานด้านล่างเลื่อนลง ขนาดแรงที่มากที่สุดที่วินาทีที่ 0 มีขนาดดังนี้

$$F_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_y = 4917.955 \text{ นิวตัน}$$

$$F_z = 41.75 \text{ นิวตัน}$$



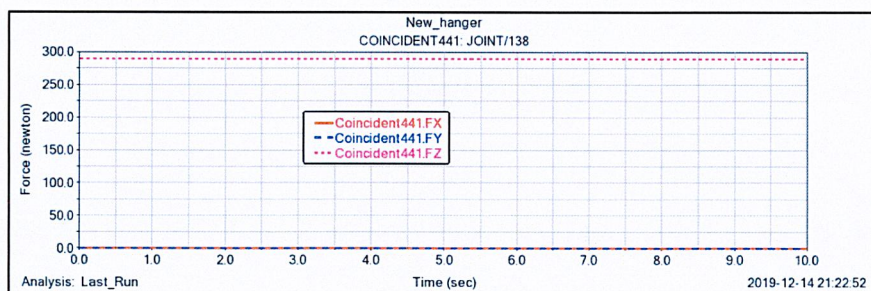
รูปที่ 4.5 แสดงขนาดแรงที่กระทำบนจุด Coincident 23

จากรูปที่ 4.5 แสดงขนาดของแรงที่กระทำต่อจุด Coincident 23 ขณะฐานด้านล่างเลื่อนลง ขนาดแรงที่มากที่สุดที่วินาทีที่ 0 มีขนาดดังนี้

$$F_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_y = 4917.955 \text{ นิวตัน}$$

$$F_z = 295.584 \text{ นิวตัน}$$



รูปที่ 4.6 แสดงขนาดแรงที่กระทำบนจุด Coincident 441

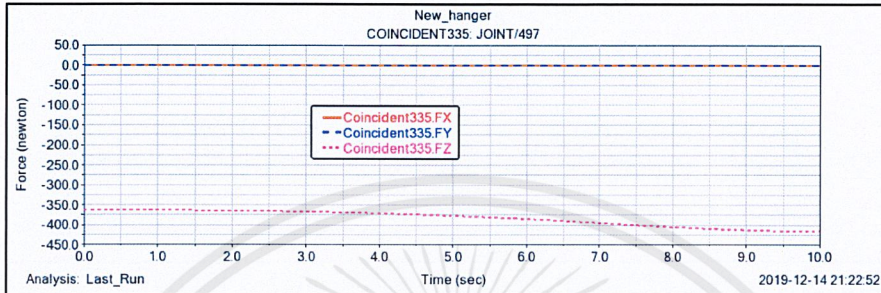
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 แสดงขนาดของแรงที่กระทำต่อจุด Coincident 441 ขณะฐานด้านล่างเลื่อนลง ขนาดแรงที่มากที่สุดที่วินาทีที่ 0 มีขนาดดังนี้

$$F_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_y = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_z = 289.213 \text{ นิวตัน}$$



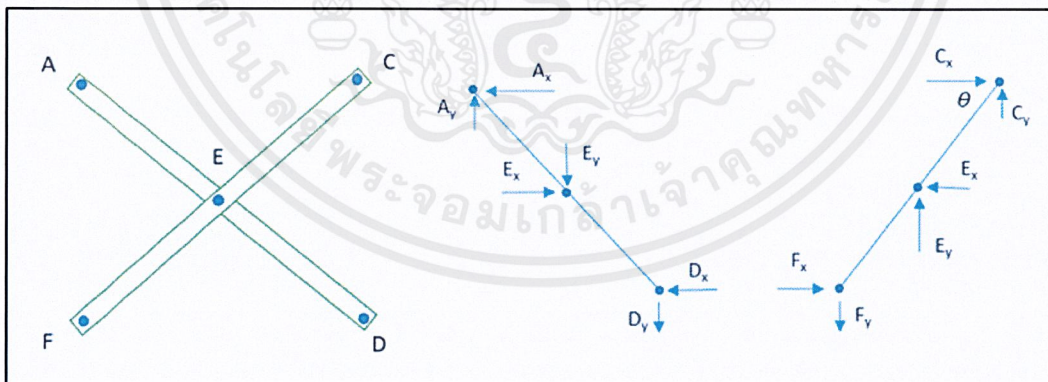
รูปที่ 4.7 แสดงขนาดแรงที่กระทำบนจุด Coincident 335

จากรูปที่ 4.7 แสดงขนาดของแรงที่กระทำต่อจุด Coincident 335 ขณะฐานด้านล่างเลื่อนลง ขนาดแรงที่มากที่สุดที่วินาทีที่ 0 มีขนาดดังนี้

$$F_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_y = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$F_z = 363.344 \text{ นิวตัน}$$



รูปที่ 4.8 แสดงแผนภาพอิสระของแขนเชื่อมต่อ

จากรูปที่ 4.8 แสดงแผนภาพอิสระของแขนเชื่อมต่อแสดงทิศทางของแรงที่กระทำต่อจุดต่าง ๆ ของแขนเชื่อมต่อ มีขนาดดังนี้

$$\theta = 3.25^\circ$$

$$A_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$A_y = 289.213 \text{ นิวตัน}$$

$$C_x = 0 \text{ นิวตัน}$$

$$C_y = 363.344 \text{ นิวตัน}$$

$$D_x = 4917.955 \text{ นิวตัน}$$

$$D_y = 253.761 \text{ นิวตัน}$$

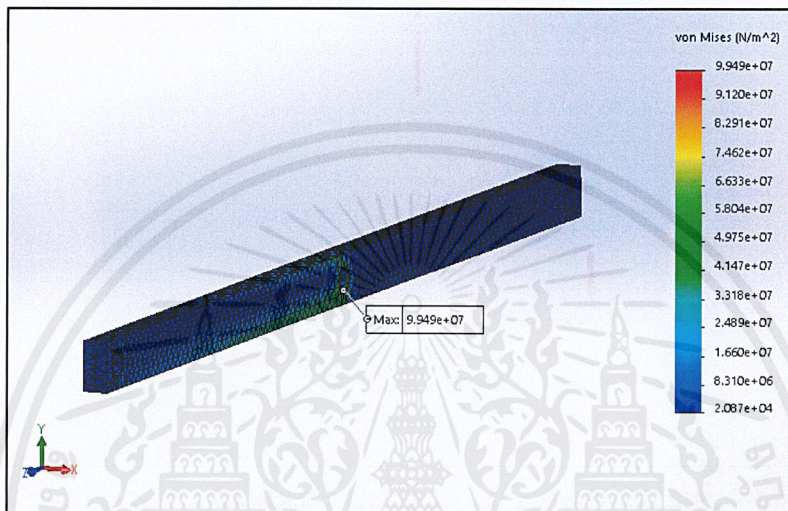
$$E_x = 4917.955 \text{ นิวตัน}$$

$$E_y = 295.584 \text{ นิวตัน}$$

$$F_x = 4917.955 \text{ นิวตัน}$$

$$F_y = 253.761 \text{ นิวตัน}$$

วิเคราะห์ความแข็งแรงของแขนเชื่อมต่อชิ้นที่รับแรงสูงสุดด้วยการนำแรงที่กระทำที่จุดต่าง ๆ ของแขนเชื่อมต่อที่ได้จากโปรแกรม Adams มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Solidworks ได้ดังนี้

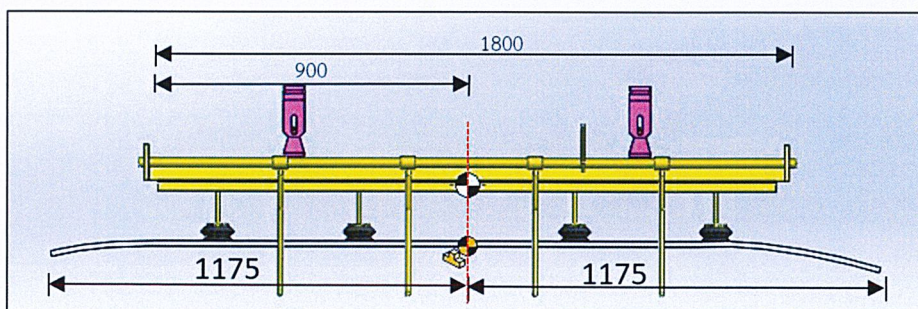


รูปที่ 4.9 แสดงการจำลองความแข็งแรงของแขนเชื่อมต่อที่ออกแบบใหม่

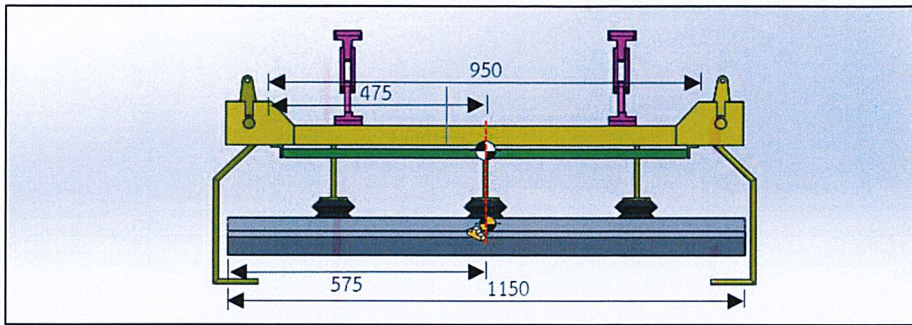
จากรูปที่ 4.9 แสดงการวิเคราะห์ความแข็งแรงของแขนเชื่อมต่อแล้วพบว่า ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 99.488 MPa ซึ่งมีค่าไม่เกินค่า Yield strength ของ Steel SS400 ที่ 250 MPa แขนเชื่อมต่อที่ออกแบบจึงมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการรับน้ำหนัก

4.3 การวิเคราะห์ Center of mass ของฐานด้านล่างที่ออกแบบใหม่

จำลองการจัดวางแนวของฐานด้านล่างด้วยโปรแกรม Solidworks เพื่อดูความสมดุลของ Hanger



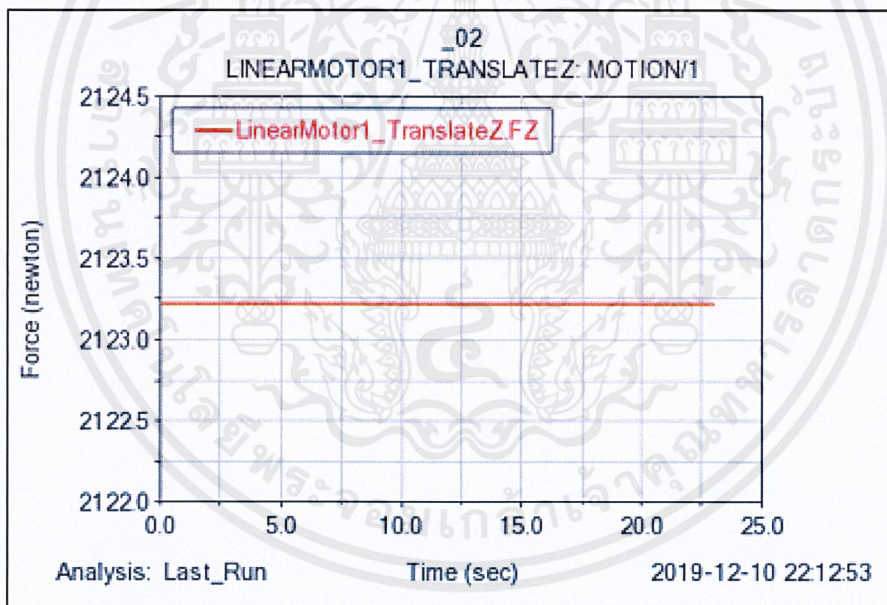
รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะตำแหน่ง Center of mass ด้านข้างของฐานด้านล่างที่ออกแบบใหม่



รูปที่ 4.11 แสดงตำแหน่ง Center of mass ด้านหน้าของฐานด้านล่างที่ออกแบบใหม่

จากรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 แสดงลักษณะและตำแหน่งของ Center of mass ด้านข้างและด้านหน้าของฐานด้านล่างที่ออกแบบใหม่พบว่า Center of mass ของฐานด้านล่างที่ออกแบบใหม่อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างจุดยึดระหว่างฐานด้านล่างกับแกนเชื่อมต่อซึ่งจะทำให้ฐานด้านล่างมีความสมดุล

4.3.1 วิเคราะห์ขนาดของรอกไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการดึงฐานด้านล่างที่ออกแบบใหม่

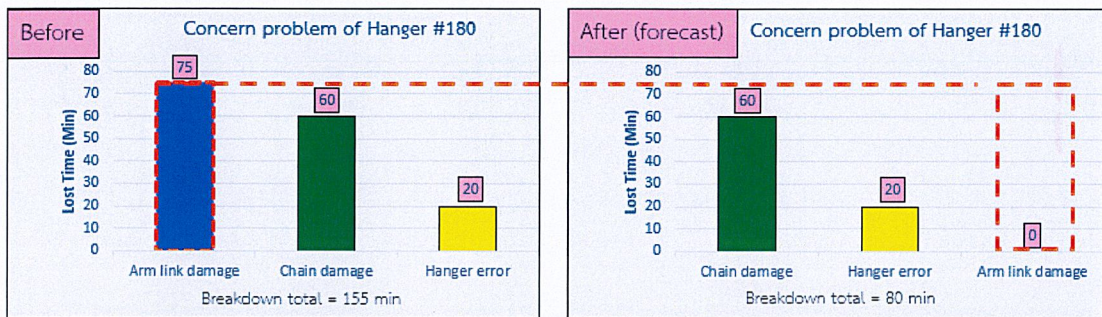


รูปที่ 4.12 แสดงขนาดแรงที่ใช้ในการดึงฐานด้านล่างของ Hanger

จากรูปที่ 4.12 แสดงการจำลองการทำงานในการเลื่อนขึ้นลงของ Hanger ที่ออกแบบขึ้นส่วนฐานด้านล่างและแกนเชื่อมต่อใหม่ พบว่ารอกไฟฟ้าต้องใช้แรงขนาด 2123 นิวตัน ในการดึงฐานด้านล่างขึ้นลง จึงสามารถใช้รอกไฟฟ้าตัวเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันขนาด 1000 กิโลกรัมได้

4.4 เปรียบเทียบก่อนและหลังการออกแบบ

เปรียบเทียบเวลาที่สูญเสียระหว่างก่อนและหลังการออกแบบแขนเชื่อมต่อและฐานด้านล่างใหม่



รูปที่ 4.13 แสดงแผนภาพก่อนและหลังการออกแบบแขนเชื่อมต่อและฐานด้านล่างใหม่

จากรูปที่ 4.13 กราฟแรก แสดงปัญหาของ Hanger ทั้งหมดมี 3 ปัญหาคือ 1. แขนเชื่อมต่อหัก 2. โซ่ขาด 3. Hanger error และกราฟถัดมา แสดงผลที่คาดว่าจะได้หลังจากการออกแบบฐานด้านล่างและแขนเชื่อมต่อใหม่คือปัญหาเกี่ยวกับแขนเชื่อมต่อของ Hanger จะไม่เกิดขึ้นอีกต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลการออกแบบ และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการออกแบบ

จากการออกแบบแกนเชื่อมต่อและฐานด้านล่างของ Hanger ใหม่ เพื่อแก้ปัญหาแกนเชื่อมต่อเกิดความเสียหายและฐานด้านล่างของ Hanger เอียง โดยเลือกใช้เหล็กขนาด $25 \times 50 \times 3.2$ มิลลิเมตร ยาว 1050 มิลลิเมตรในการออกแบบแกนเชื่อมต่อ และใช้เหล็กขนาด $25 \times 45 \times 3.2$ มิลลิเมตร ในการออกแบบฐานด้านล่างใหม่

แกนเชื่อมต่อที่ออกแบบใหม่โดยเลือกใช้เหล็กขนาด $25 \times 50 \times 3.2$ มิลลิเมตรและยาว 1050 มิลลิเมตรมีน้ำหนัก 3.862 กิโลกรัม/1ชิ้น จำนวน 32 ชิ้น เมื่อนำมาวิเคราะห์การรับแรงขณะ Hanger ทำงานด้วยโปรแกรม Adams แกนเชื่อมต่อจะรับความเค้นสูงสุดที่ 99.488 MPa ซึ่งไม่เกินค่าสูงสุดของ Steel SS400 รับได้ที่ 250 MPa โดยแกนเชื่อมต่อที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีมวล 4.454 กิโลกรัม ดังนั้นการใช้แกนเชื่อมต่อที่ออกแบบใหม่จะทำให้มวลของแกนเชื่อมต่อลดลงทั้งหมด 18.944 กิโลกรัม

ฐานด้านล่างของ Hanger ที่ออกแบบใหม่โดยใช้วัสดุ Steel SS400 ขนาด $25 \times 45 \times 3.2$ มิลลิเมตรมีมวล 94.2 กิโลกรัม โดยฐานด้านล่างของ Hanger ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีมวล 87.8 กิโลกรัม ดังนั้นฐานด้านล่างที่ออกแบบใหม่มีมวลมากกว่าตัวเดิม 6.4 กิโลกรัม

จากการจำลองการทำงานของ Hanger ที่ออกแบบแกนเชื่อมต่อและฐานด้านล่างใหม่พบว่า Hanger สามารถเลื่อนขึ้นลงเป็นระยะ 3.4 เมตรได้ และสามารถยกหลังการถ่วงน้ำหนัก 20.066 กิโลกรัมได้ และจากการจำลองการทำงานพบว่ารอกไฟฟ้าที่ใช้ในการดึงฐานด้านล่างขึ้นลงต้องออกแรง 2123 นิวตัน เพราะฉะนั้นจึงสามารถใช้รอกไฟฟ้าขนาด 1000 กิโลกรัม ตัวเดิมที่ใช้ในปัจจุบันได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ผลของการออกแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ เป็นผลที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมเท่านั้น ควรไปเก็บข้อมูลหลังติดตั้งแกนเชื่อมต่อและฐานด้านล่างใหม่ด้วย

5.2.2 ควรใช้คอมพิวเตอร์ที่มีความเหมาะสมกับการออกแบบเพื่อที่จะวิเคราะห์การทำงานของ hanger ได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

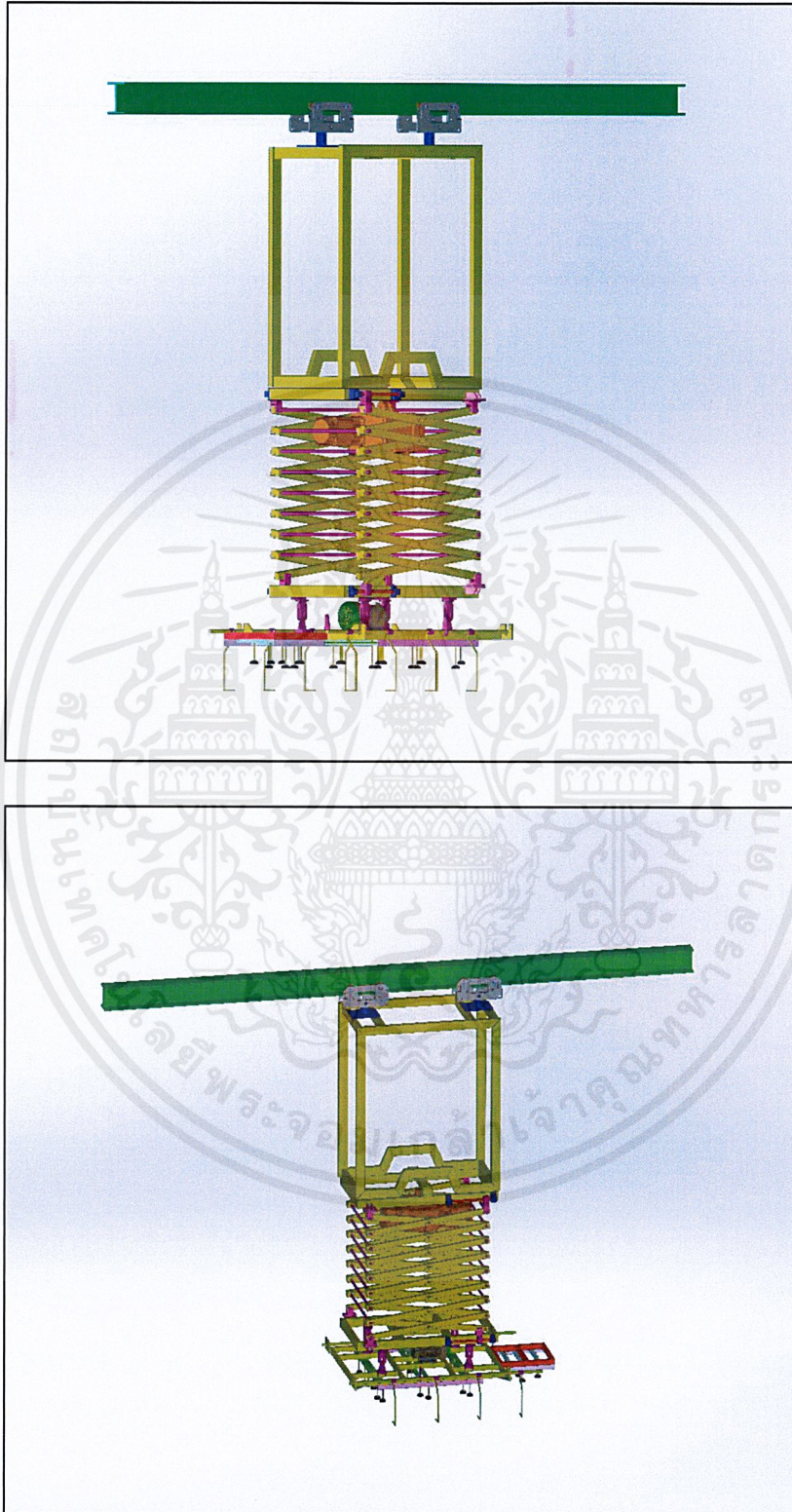
- [1] Richard G. Budynas, J. Keith Nisbett. Shigley's Mechanical Engineering Design, Tenth Edition. United states of America, McGraw-Hill Education, 2015.
- [2] Cary, Howard B.; Helzer, Scott C. 2005, Modern Welding Technology, Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, ISBN 0-13-113029-3
- [3] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวง. [Online]. Available: http://www.fio.co.th/web/tisi_fio/fulltext/TIS107-2533.pdf





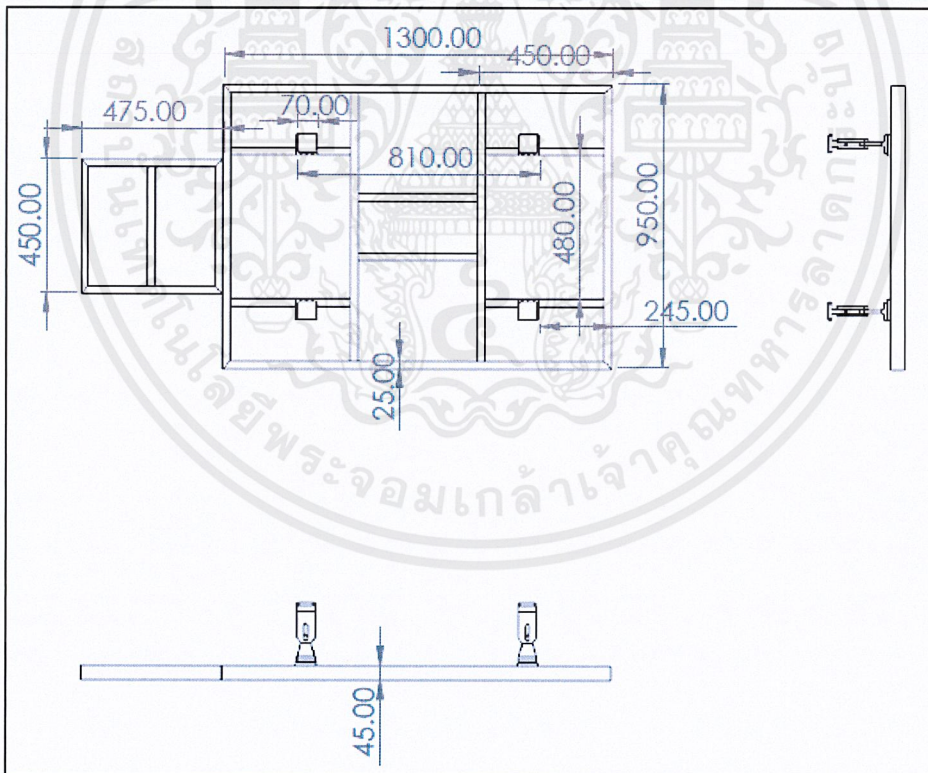
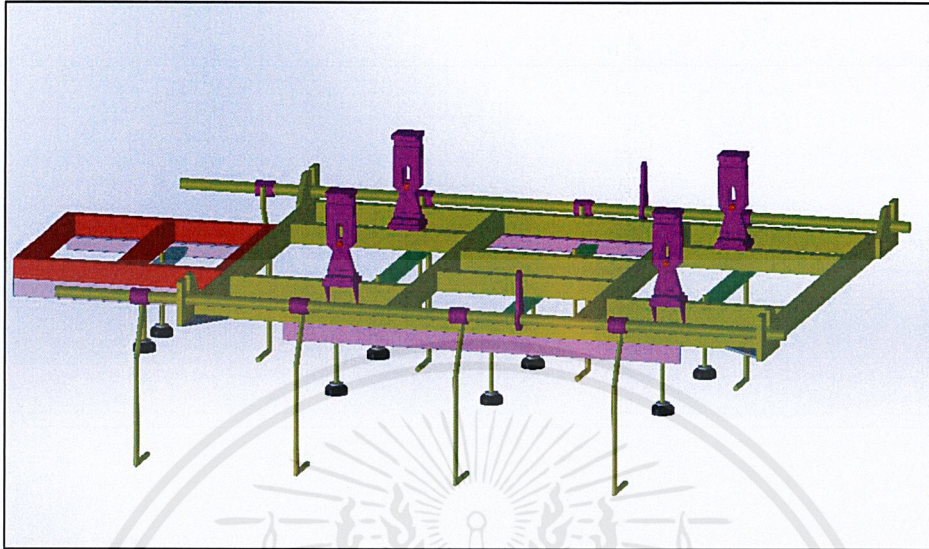
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

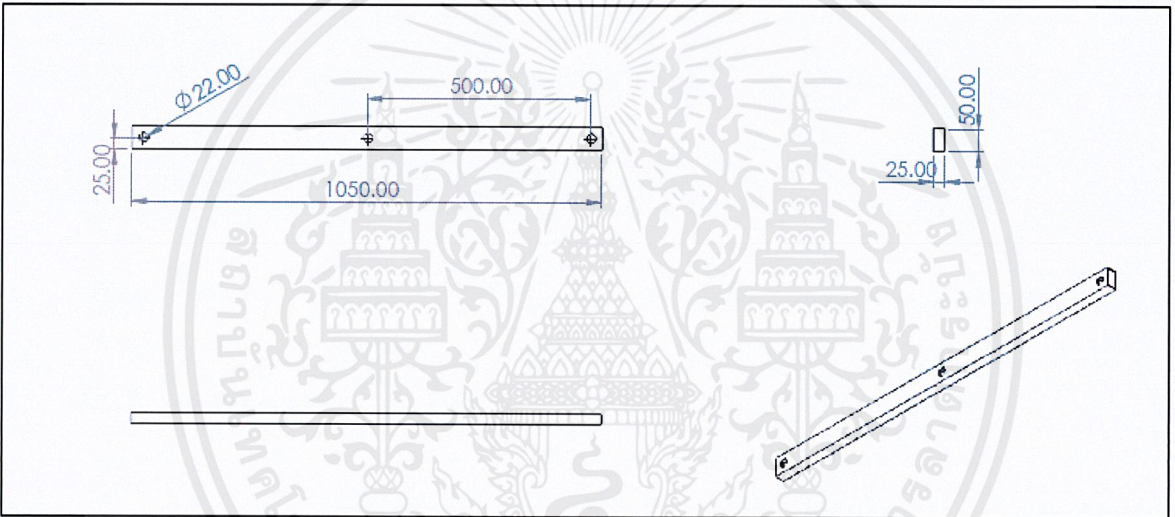
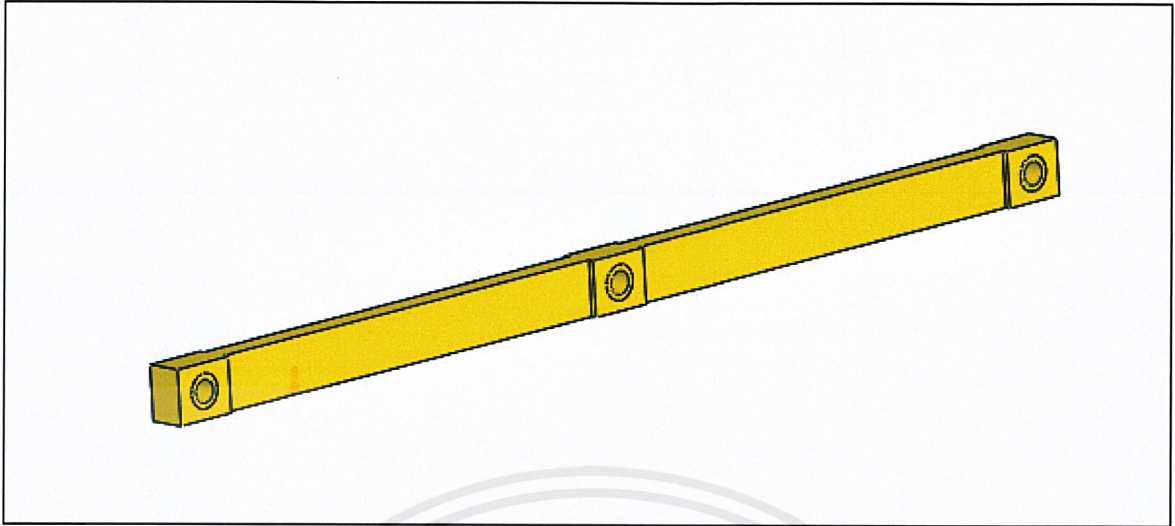


รูปที่ ก.1 ภาพแสดงลักษณะของ Hanger ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

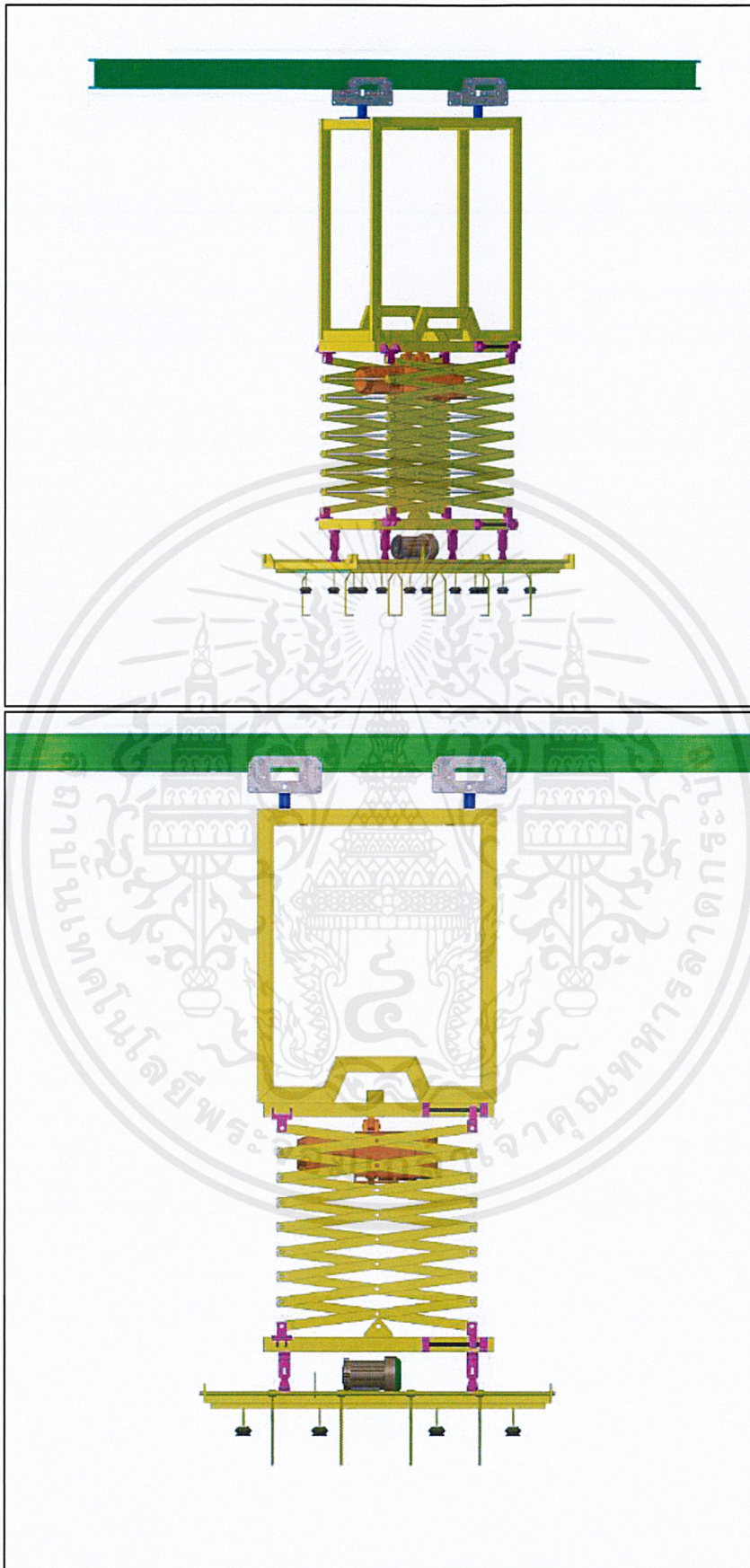
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 ภาพแสดงลักษณะฐานด้านล่างของ Hanger ที่ใช้ในปัจจุบัน

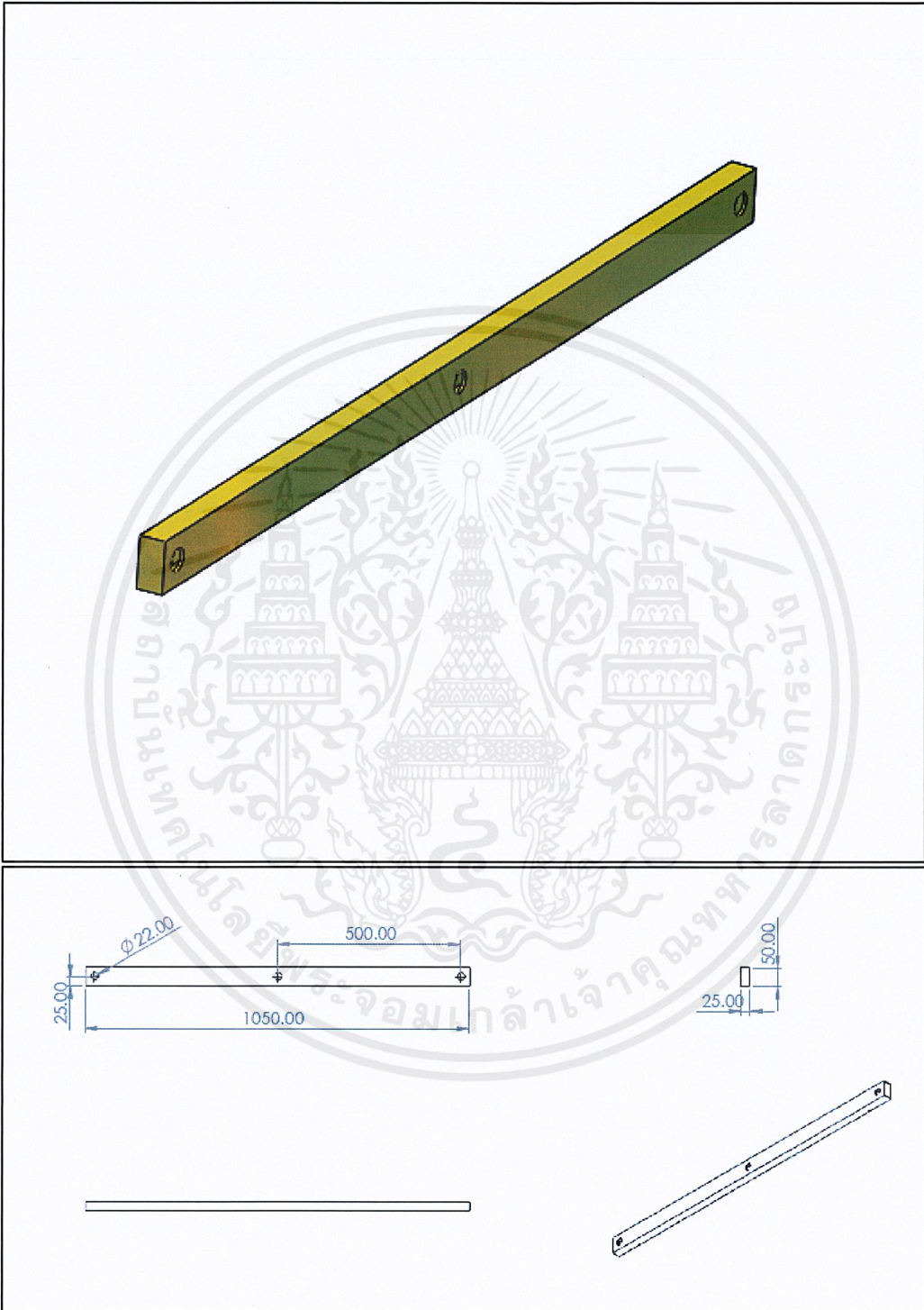


รูปที่ ก.3 ภาพแสดงลักษณะแขนเชื่อมต่อของ Hanger ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

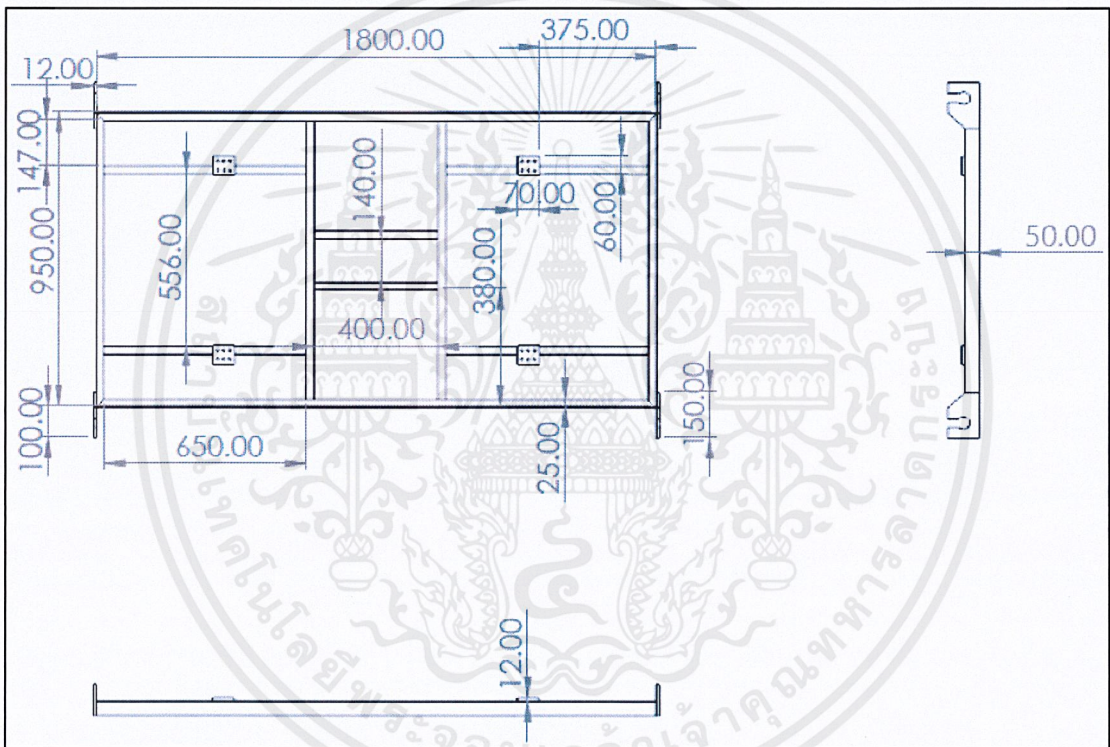
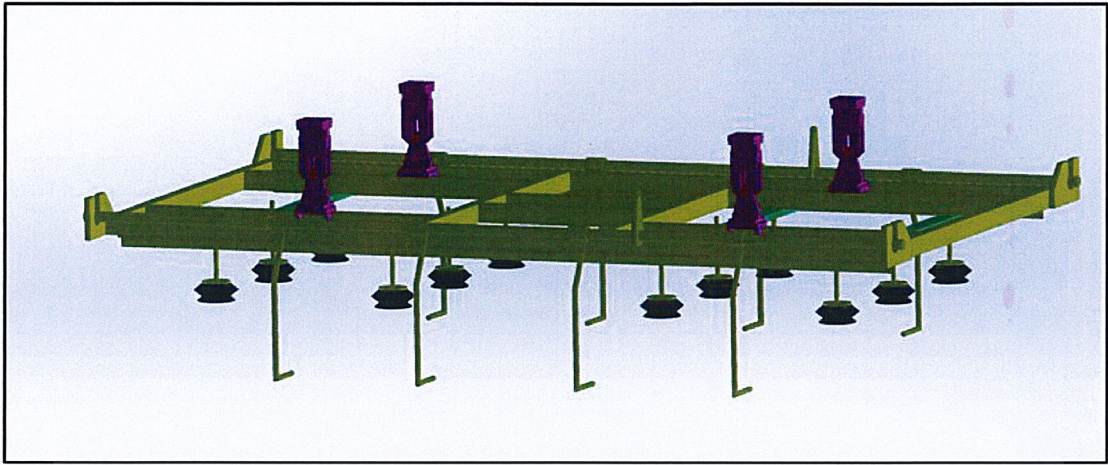


รูปที่ ก.4 แสดงลักษณะของ Hanger ที่ออกแบบแขนเชื่อมต่อและฐานด้านล่างใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 ภาพแสดงลักษณะแขนเชื่อมต่อของ Hanger ที่ออกแบบใหม่



รูปที่ ก.6 ภาพแสดงลักษณะฐานด้านล่างของ Hanger ที่ออกแบบใหม่

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ นายพิชัยยุทธ มุลมั่ง

วันเดือนปีเกิด 28 ธันวาคม 2539

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2559

ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขา
วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่อยู่

60 หมู่ 1 ต.คันทัน อ.สิรินธร จ.อุบลราชธานี 34350

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้