



**การออกแบบ สร้าง และวิเคราะห์ ชิ้นส่วนส่งถ่ายแรงในระบบกันสะเทือน
สำหรับ TSAE student formula**

**Design, construct and analyze the force transfer part in suspension
system for TSAE student formula**

นาย บรรจง เจาะจง
นาย สุทธิพงศ์ ป้อมบ้านมุง
นาย อรรถพล หงษ์หิน

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ...../...../.....
เลขทะเบียน..... 5200072
เลขเรียกหนังสือ.....
มหาวิทยาลัยธนบุรี

509779.
นค.
ย145ก.
25๕๐

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี
ปีการศึกษา 2550



ใบรับรองโครงการ

หัวข้อโครงการ : การออกแบบ สร้าง และวิเคราะห์ชิ้นส่วนส่งถ่ายแรงในระบบ
กันสะเทือน สำหรับ TSAE Student Formula
Design, construct and analyze the force transfer parts in
suspension system for TSAE student Formula

ผู้ดำเนินโครงการ : นาย บรรจง เจาะจง รหัส 47360789
นาย สุทธิพงษ์ ป้อมบ้านมุง รหัส 47360896
นาย อรรถพล หงษ์หิน รหัส 47360987

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2550

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์นพรัตน์ สีหะวงษ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปฐมศก วิไลพล)

หัวข้อโครงการ : การออกแบบ สร้าง และวิเคราะห์ชิ้นส่วนส่งถ่ายแรงในระบบ
กันสะเทือน สำหรับ TSAE Student Formula

ผู้ดำเนินโครงการ : นาย บรรจง เจาะจง รหัส 47360789
นาย สุทธิพงศ์ ป้อมบ้านมุง รหัส 47360896
นาย อรรถพล หงษ์หิน รหัส 47360987

ที่ปรึกษาโครงการ : อาจารย์ สิทธิโชค ผูกพันธ์
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2550

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของโครงการการออกแบบ สร้าง และวิเคราะห์ชิ้นส่วนส่งถ่ายแรงในระบบกันสะเทือน สำหรับ TSAE Student Formula เพื่อทำการออกแบบ สร้าง และวิเคราะห์ชิ้นส่วนส่งถ่ายแรง การออกแบบจะออกแบบรูปร่างของชิ้นส่วนรวมถึงวัสดุที่ใช้ในการสร้าง โดยใช้โปรแกรม CAD ทำการสร้างชิ้นส่วนตามที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นทำการวิเคราะห์ภาระที่กระทำต่อชิ้นส่วน การวิเคราะห์จะแยกออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ การวิเคราะห์ภาระกระทำต่อชิ้นส่วนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้คือ ค่า Static Load และค่า Dynamic Factor จะได้ค่า Equivalent load ที่กระทำแต่ละชิ้นส่วน อีกส่วนคือการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะนำค่า Equivalent load ที่กระทำต่อชิ้นส่วนมา วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะหาค่าความเสียหายของแต่ละชิ้นส่วน

จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะพบว่า ชิ้นส่วนทุกชิ้นสามารถรับแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วนได้ แต่มีบางชิ้นที่มีค่า Factor of Safety สูงมาก ทำให้ชิ้นส่วนชิ้นดังกล่าวสามารถรับแรงได้มาก แต่นั่นก็เป็นสิ่งที่เกินความจำเป็นสำหรับการออกแบบ ซึ่งค่า Factor ที่สูงนั้น จะแปรผันไปตามกับ ชนิดของวัสดุ และขนาดของชิ้นส่วนนั้น ทำให้มีขนาดที่ใหญ่เกินจำเป็น น้ำหนักมาก และสิ้นเปลืองงบประมาณในการสร้างโดยไม่จำเป็น

Project : Design, construct and analyze the force transfer parts in suspension system for TSAE student Formula

Name : Mr. Banjong JorJong
Mr. Suttipong Pombanmung
Mr. Atthapon Honghin

Project Advisor : Mr. Sithichok Pukpan

Major : Mechanical Engineering

Academic Year : 2007

Abstract

The objective of this project was to design construct and analyze the force transfer parts in suspension system for TSAE student Formula. CAD program was used to design the shape of all parts. The material was chose to appropriate constructed the parts. The analyze process had two process. The first process analyzed the force with mathematics equation. The result was the Static load and Dynamic factor. Then Equivalent load which loaded to each part of the force transfer parts in suspension system was obtained. The second process analyzed the force with analyses software. From the analyze process, all parts had high Safety factor which high enough to endure the force.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ล่วงได้เป็นอย่างดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากผู้มีพระคุณซึ่งให้การสนับสนุน ให้ข้อเสนอแนะ ให้การแนะนำ ให้คำปรึกษาต่างๆมากมาย ทางคณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความเมตตากรุณาและอนุเคราะห์จาก อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาและกรรมการคุมสอบปฏิญานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณามอบความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือในทุกด้าน การแก้ปัญหาต่างๆตลอดจนตรวจสอบปฏิญานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ปองพันธ์ โอทกานนท์ และอาจารย์นพรัตน์ สีหะวงษ์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำปรึกษา โครงการในเรื่องการ ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และการคำนวณการส่งถ่ายแรง

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้สถานที่ วัสดุรวมถึงอุปกรณ์ต่างๆในการจัดทำโครงการมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ นิสิตภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ชั้นปีที่ 4 ทุกคน ที่ได้ให้คำแนะนำในการทำรูปเล่มรายงาน

สุดท้ายนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงการ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนแก่ผู้ดำเนินโครงการมาเป็นอย่างดี ซึ่งประโยชน์และคุณค่าที่เกิดจากการจัดทำปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบเป็นกตัญญูคุณแก่ผู้คุณแก่บุพการี บุรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ด้วยความเคารพเป็นอย่างสูง ไว้ ณ ที่นี้

นาย บรรจง เจาะจง
นาย สุทธิพงษ์ ป้อมบ้านมุง
นาย อรรถพล หงษ์หิน

สารบัญ

ใบรับรองโครงการวิจัย	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ก
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
ลำดับสัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของ โครงการงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขต	2
1.4 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 สถานที่ทำการทดลอง	3
1.7 งบประมาณที่ใช้	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 โครงกรอบและเครื่องจักรกล (Frames and Machines)	4
2.2 การวิเคราะห์ภาระกระทำต่อตัวรถ (Load Analysis)	6
2.3 ทฤษฎีทางไฟไนต์เอลิเมนต์	12
2.4 การวิเคราะห์หาค่าความปลอดภัย	13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	14
3.1 การออกแบบ	16

สารบัญ(ต่อ)

3.2 การวิเคราะห์ภาระที่กระทำต่อชิ้นส่วน	22
- 3.2.1 การวิเคราะห์การคำนวณแรงทาง Static	22
- 3.2.2 การคำนวณแรงทาง Dynamic	36
 บทที่ 4 วิธีการดำเนินงานสร้าง	 42
 บทที่ 5 ผลการดำเนินงาน และการวิเคราะห์	 51
5.1 การวิเคราะห์ด้วย โปรแกรมวิเคราะห์ทาง ไฟไนต์เอลิเมนต์	51
5.2 การทดสอบ และการแข่งขัน	73
 บทที่ 6 บทสรุป	 75
6.1 สรุปผลการทดสอบ	75
6.2 ข้อเสนอแนะ	76
 บรรณานุกรม	 77
 ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ตัวอย่างการวิเคราะห์ชิ้นส่วนด้วย โปรแกรม Solid Work	79
ภาคผนวก ข. ตารางแสดงค่า Factor of Safety	92
ภาคผนวก ค. ประมวลผลการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2007	94
ภาคผนวก ง. แบบในการสร้างชิ้นส่วน	97
 ประวัติผู้ทำโครงการ	 118

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 แสดงค่า Factor of Safety ที่ได้จากการวิเคราะห์แรงทางDynamic

41



สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 การรับน้ำหนักของรถยนต์ที่มี 4 ล้อ	6
รูปที่ 2.2 กรณีรถขับเคลื่อนล้อหลัง	7
รูปที่ 2.3 แรงเนื่องจากการเบรก	8
รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเมื่อรถเลี้ยว	8
รูปที่ 2.5 การหาความสูงของจุดศูนย์ถ่วงของรถยนต์โดยยกเพลาท้าย	10
รูปที่ 2.6 การหาความสูงของจุดศูนย์ถ่วงโดยวิธียกค้ำข้าง	11
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน	15
รูปที่ 3.2 รูป Front-view ของคุมล้อหน้า	16
รูปที่ 3.3 รูป Top-view ของปีกนกหน้าบน	17
รูปที่ 3.4 รูป Front-view ของปีกนกหน้าล่าง	17
รูปที่ 3.5 รูป 3D-view ของก้านกค ไซ้คหน้า	18
รูปที่ 3.6 รูป Top-view ของตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า	18
รูปที่ 3.7 รูป Front-view ของคุมล้อหลัง	19
รูปที่ 3.8 รูป Top-view ของปีกนกหลังบน	20
รูปที่ 3.9 รูป Front-view ของปีกนกหลังล่าง	20
รูปที่ 3.10 รูป 3D-view ของก้านกคหลัง	21
รูปที่ 3.11 รูปside-view ของตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง	21
รูปที่ 3.12 รูปเปรียบเทียบคุมหน้าจริงกับการออกแบบ	23
รูปที่ 3.13 ผังวัตถุอิสระของตัวจับล้อ(Front view)	23
รูปที่ 3.14 ผังวัตถุอิสระของคุมล้อหน้า (Front view)	24
รูปที่ 3.15 รูปเปรียบเทียบปีกนกจริงกับการออกแบบ	25
รูปที่ 3.16 ผังวัตถุอิสระของปีกนกหน้าบน (Top view)	25
รูปที่ 3.17 รูปเปรียบเทียบปีกนกจริงกับการออกแบบ	26
รูปที่ 3.18 ผังวัตถุอิสระของปีกนกหน้าล่าง (Front view)	26
รูปที่ 3.19 ผังวัตถุอิสระของปีกนกหน้าล่าง (Top view)	26
รูปที่ 3.20 รูปเปรียบเทียบก้านกคจริงกับการออกแบบ	27
รูปที่ 3.21 ผังวัตถุอิสระของก้านกค ไซ้คหน้า (3D view)	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3.22 รูปเปรียบเทียบตัวเปลี่ยนทิศทางจริงกับการออกแบบ	28
รูปที่ 3.23 ผังวัดดูอิสระของตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า (Side view)	28
รูปที่ 3.24 รูปเปรียบเทียบคุมหลังจริงกับการออกแบบ	29
รูปที่ 3.25 ผังวัดดูอิสระของเพลลา (Front view)	29
รูปที่ 3.26 ผังวัดดูอิสระของคุมล้อหลัง (Front view)	30
รูปที่ 3.27 รูปเปรียบเทียบปีกนกหลังจริงกับการออกแบบ	31
รูปที่ 3.28 ผังวัดดูอิสระของปีกนกหลังบน (Top view)	31
รูปที่ 3.29 รูปเปรียบเทียบปีกนกหลังล่างจริงกับการออกแบบ	32
รูปที่ 3.30 ผังวัดดูอิสระของปีกนกหลังล่าง (Front view)	32
รูปที่ 3.31 ผังวัดดูอิสระของปีกนกหลังล่าง (Top view)	33
รูปที่ 3.32 รูปเปรียบเทียบก้านคคหลังจริงกับการออกแบบ	34
รูปที่ 3.33 ผังวัดดูอิสระของก้านคคหลัง (3D-view)	34
รูปที่ 3.34 รูปเปรียบเทียบตัวเปลี่ยนทิศทางหลังจริงกับการออกแบบ	35
รูปที่ 3.35 ผังวัดดูอิสระของตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง (Side view)	35
รูปที่ 3.36 การรับน้ำหนักของรถยนต์ที่มี 4 ล้อ	37
รูปที่ 3.37 รูปแสดงการชั่งน้ำหนักของล้อหน้าเมื่อยกสูงจากพื้น	37
รูปที่ 3.38 การหาความสูงของจุดศูนย์กลางของรถยนต์	38
รูปที่ 3.39 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	39
รูปที่ 4.1.1 ตัวคุม	42
รูปที่ 4.1.2 เพลลาสวมชุดจับล้อ	42
รูปที่ 4.1.3 ภาพประกอบคุม	42
รูปที่ 4.1.4 การตัดชิ้นงานด้วยแก๊ส	43
รูปที่ 4.2.1 ตัวยึด Rod end หน้าคุม	43
รูปที่ 4.2.2 โครงปีกนก	43
รูปที่ 4.2.3 บูทยึด Rod end	43
รูปที่ 4.2.4 Rod end	43
รูปที่ 4.2.5 ตัวยึดก้านคค	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 4.2.6 แสดงการบากท่อ	44
รูปที่ 4.2.7 แบบ โครงปีกนก	44
รูปที่ 4.2.8 จุดเชื่อมรูปที่ 4.2.3 กับตำแหน่ง A และ B	44
รูปที่ 4.2.9 การตัดเหล็กด้วยเครื่องตัด	44
รูปที่ 4.2.10 ปีกนกหน้าบน	44
รูปที่ 4.2.10 ปีกนกล่าง	45
รูปที่ 4.3.1 Steel pipe	45
รูปที่ 4.3.2 บุทยึด Rod End	45
รูปที่ 4.3.3 Rod End POS10(R)	45
รูปที่ 4.3.5 ก้านกดหน้า	46
รูปที่ 4.3.6 ก้านกดหลัง	46
รูปที่ 4.3.4 จุดเชื่อมบุทยึด Rod End	46
รูปที่ 4.4.1 ตัวยึด Rod end หน้าคุม	46
รูปที่ 4.4.2 โครงปีกนก	46
รูปที่ 4.4.3 บุทยึด Rod end	47
รูปที่ 4.4.4 Rod end	47
รูปที่ 4.4.5 ตัวยึดก้านกด	47
รูปที่ 4.4.6 แบบ โครงปีกนก	47
รูปที่ 4.4.7 จุดเชื่อมบุทยึด Rod End	47
รูปที่ 4.4.8 ปีกนกหลังบน	48
รูปที่ 4.4.9 ตัวยึดก้านกดหลัง	48
รูปที่ 4.4.10 ปีกนกหลัง	48
รูปที่ 4.5.1 ตัวเปลี่ยนทิศทาง	48
รูปที่ 4.5.1 เสื่อลูกปืนตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า	48
รูปที่ 4.5.1 ตัวยึดตัวเปลี่ยนทิศทาง 2 ตัว	49
รูปที่ 4.5.1 เสื่อลูกปืนตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า	49
รูปที่ 4.5.5 ตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า	49
รูปที่ 4.5.6 ตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 4.6.1 ตัวคุมหลัง	50
รูปที่ 4.6.2 หูจับปีกนกหลัง	50
รูปที่ 4.6.3 ตัวคุมหลังปลอกลูกปืนสวมเพลลา	50
รูปที่ 4.6.4 คุมหลัง	50
รูปที่ 5.1 รูปแสดงค่าคุณสมบัติของเหล็ก AISI 1010	52
รูปที่ 5.2 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของคุมหน้า	53
รูปที่ 5.3 Von mises stress ของคุมหน้า	53
รูปที่ 5.4 Factor of safety, Yield strength และ Von mises stress ของคุมหน้า	54
รูปที่ 5.5 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของคุมหลัง	55
รูปที่ 5.6 Von mises stress ของคุมหลัง	55
รูปที่ 5.7 Factor of safety, Yield strength และ Von mises stress ของคุมหลัง	56
รูปที่ 5.8 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของปีกนกหน้าบน	57
รูปที่ 5.9 Von mises stress ของปีกนกหน้าบน	57
รูปที่ 5.10 Factor of safety, Yield strength และ Von mises stress ของปีกนกหน้าบน	58
รูปที่ 5.11 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของปีกนกหน้าล่าง	59
รูปที่ 5.12 Von mises stress ของปีกนกหน้าล่าง	59
รูปที่ 5.13 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของปีกนกหน้าล่าง	60
รูปที่ 5.14 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของปีกนกหลังบน	61
รูปที่ 5.15 Von mises stress ของปีกนกหลังบน	61
รูปที่ 5.16 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของปีกนกหลังบน	62
รูปที่ 5.17 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของปีกนกหลังล่าง	63
รูปที่ 5.18 Von mises stress ของปีกนกหลังล่าง	63
รูปที่ 5.19 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของปีกนกหลังล่าง	64
รูปที่ 5.20 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของก้านคคหน้า	65
รูปที่ 5.21 Von mises stress ของก้านคคหน้า	65
รูปที่ 5.22 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของก้านคคหน้า	66
รูปที่ 5.23 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของก้านคคหลัง	67
รูปที่ 5.24 Von mises stress ของก้านคคหลัง	67

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 5.25 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของก้านคดหลัง	68
รูปที่ 5.26 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า	69
รูปที่ 5.27 Von mises stress ของตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า	69
รูปที่ 5.28 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า	70
รูปที่ 5.29 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง	71
รูปที่ 5.30 Von mises stress ของตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง	71
รูปที่ 5.31 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง	72
รูปที่ 5.32 การทดสอบขับสราญลม	74
รูปที่ 5.33 ทดสอบเบรก Test	74



ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
W	น้ำหนัก	N
G	จุดศูนย์กลางถ่วง (center of gravity)	
a	ระยะทางจากเพลลาของล้อหน้าถึงจุดศูนย์กลางถ่วง	cm
b	ระยะทางจากเพลลาของล้อหลังถึงจุดศูนย์กลางถ่วง	cm
c	ระยะทางจากเพลลาของล้อหน้าถึงจุดศูนย์กลางถ่วงในขณะที่ยกหน้ารถ	cm
d	ระยะทางจากเพลลาของล้อหลังถึงจุดศูนย์กลางถ่วงในขณะที่ยกหน้ารถ	cm
L	ความยาวของช่วงล้อหน้าถึงหลัง	m
R_F	แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำกับล้อหน้า	N
R_R	แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำกับล้อหลัง	N
M	มวลของรถ	kg
h	ความสูงของจุดศูนย์กลางถ่วง	cm
μ	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับยาง	
g	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง	N/m
θ	มุมองศาที่เกิดจากการยกหน้ารถ	
H	ความสูงที่เกิดจากการยกหน้ารถ	cm
R_3	แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำกับล้อหน้าในขณะที่ยกหน้ารถ	N
R_4	แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำกับล้อหลังในขณะที่ยกหน้ารถ	N
r	รัศมีความโค้งของหน้ายาง	cm
β	มุมที่รถชนต์ถูกยกตะแคงจนอยู่ในลักษณะสมดุล	

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

เนื่องจากทางสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทย ได้จัดการแข่งขัน TSAE Auto challenge 2007 (student formula) โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- ส่งเสริม สนับสนุน การพัฒนาทักษะวิศวกรรมยานยนต์
- เสริมสร้าง บุคลากรด้านยานยนต์ ในประเทศไทย
- สนับสนุนการออกแบบ การสร้างยานยนต์ และการจัดการอย่างครบวงจร
- ส่งเสริมให้เกิดนวัตกรรม ด้านยานยนต์ โดยฝีมือคนไทย
- เพื่อนำไปสู่การแข่งขันระดับโลก

ทางนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของโครงการนี้ จึงได้จัดทีมเพื่อเข้าร่วมแข่งขัน เนื่องจากเวลาที่กระชั้นชิดจึงไม่สามารถทำการวิเคราะห์ภาระที่กระทำชิ้นส่วนต่างๆ ได้ทันก่อนการแข่งขัน และเพื่อเป็นข้อมูลให้นิสิตรุ่นต่อไปได้นำไปประยุกต์ใช้ ดังนั้นโครงการนี้จึงได้เลือกออกแบบ สร้าง และวิเคราะห์ชิ้นส่วนของระบบที่มีผลต่อรถมากที่สุดคือ ชิ้นส่วนส่งถ่ายแรงในระบบกันสะเทือน ซึ่งเป็นระบบที่จะส่งถ่ายแรงทั้งหมดไปยังแชสซีส์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อทำการออกแบบ และสร้างชิ้นส่วนส่งถ่ายแรงในระบบกันสะเทือน สำหรับ TSAE student formula

1.2.2 เพื่อทำการทดสอบชิ้นส่วนส่งถ่ายแรงที่ได้ทำการสร้าง โดยเข้าแข่งขัน TSAE Auto challenge 2007

1.2.3 เพื่อทำการวิเคราะห์ชิ้นส่วนส่งถ่ายแรง ที่ได้ออกแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.3 ขอบเขต

สามารถออกแบบโดยใช้โปรแกรมช่วยในการวาดรูป ทำการสร้างชิ้นส่วนส่งถ่ายแรงในระบบกันสะเทือน เพื่อเข้าแข่งขัน TSAE Auto challenge 2007 และทำการวิเคราะห์ภาระทั้งหมดที่กระทำต่อชิ้นส่วนส่งถ่ายแรงโดยใช้ทั้งสมการทางคณิตศาสตร์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการรับภาระของชิ้นส่วนส่งถ่ายแรง

1.4 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน

รายละเอียดการดำเนินงาน	2549	2550			2551	
	พ.ย.-ธ.ค.	ม.ค.-มี.ค.	มี.ค.	เม.ย.-ต.ค.	พ.ย.-มี.ค.	เม.ย.-พ.ค.
1. ทำการออกแบบระบบส่งถ่ายแรง						
2. ทำการสร้างชิ้นส่วน						
3. ทำการทดสอบชิ้นส่วน						
4. ทำการวิเคราะห์ภาระที่กระทำต่อชิ้นส่วนด้วยสมการคณิตศาสตร์						
5. ทำการวิเคราะห์ภาระที่กระทำต่อชิ้นส่วนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์						
6. จัดทำรูปเล่มโครงการ						

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้นิสิตผู้ทำโครงการ นำข้อมูลที่ได้จากการออกแบบ วิเคราะห์และสร้าง มาประยุกต์ใช้ในการทำงานจริง และสามารถนำโครงการนี้เป็นแนวทางในการทำการวิเคราะห์ในระบบอื่นๆได้อีก เพื่อให้นิสิตรุ่นต่อไป นำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาในการแข่งขัน โครงการ TSAE Auto challenge ครั้งต่อไป

1.6 สถานที่ทำการทดลอง

- สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร
- ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
- ห้องวิจัยภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
- อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล

1.7 งบประมาณที่ใช้

- | | |
|-----------------|------------|
| 1. ค่าเช่าจ้าง | 15,000 บาท |
| 2. จัดทำรูปเล่ม | 1,000 บาท |

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 การวิเคราะห์โครงสร้างและเครื่องจักรกล

2.1.1 โครงสร้างและเครื่องจักรกล (Frames and Machines)

โครงสร้างและเครื่องจักรกลเป็นโครงสร้างอย่างง่าย ที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่มีแรงกระทำหลายแรงยึดติดกันด้วยหมุด (Pin-Connected Multiforce Members) นั่นคือ ชิ้นส่วนรับแรงมากกว่าสองแรง โครงกรอบ (Frames) โดยทั่วไปจะอยู่นิ่งและใช้รองรับน้ำหนัก ในขณะที่เครื่องจักรกล (Machines) จะเคลื่อนย้ายและถูกออกแบบให้ส่งผ่านหรือเปลี่ยนแปลงผลของแรง โดยปกติโครงสร้างและเครื่องจักรกลจะมีฐานรองรับหรือชิ้นส่วนที่จำเป็นต่อการป้องกันการล้ม แรงจะกระทำที่จุดต่อและฐานรองรับสามารถหาได้โดยการใช้สมการสมดุลในแต่ละชิ้นส่วน หลังจากหาแรงที่จุดต่อได้แล้วจะสามารถออกแบบขนาดของชิ้นส่วน, จุดต่อ และฐานรองรับ โดยใช้ทฤษฎีของกลศาสตร์ของวัสดุและมาตรฐานการออกแบบทางวิศวกรรม

2.1.2 ขั้นตอนในการวิเคราะห์

ผังวัตถุอิสระ (Free-Body Diagrams)

เพื่อหาแรงกระทำที่จุดต่อและฐานรองรับของโครงสร้างหรือเครื่องจักรกล จะต้องวาดผังวัตถุของส่วนต่างๆ ซึ่งมีจุดสำคัญน่าสังเกตคือ

1. แยกแต่ละส่วนโดยการวาดรูปร่างคร่าวๆ (Outline Shape) แสดงแรงและโมเมนต์แรงคู่ควบทั้งหมดที่กระทำต่อส่วนนั้นๆ กำหนดสัญลักษณ์แรงที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า รวมทั้งโมเมนต์ของแรงคู่ควบ สมการสมดุลสามารถใช้ได้ง่ายยิ่งขึ้นถ้าแรงมีลักษณะองค์ประกอบแรงพิสัยฉาก โดยปกติทิศทางของแรงหรือโมเมนต์แรงคู่ควบไม่ทราบค่าจะถูกสมมติไปก่อน

2. ระบุชิ้นส่วนสองแรงทั้งหมดในโครงสร้างและแสดงผังวัตถุอิสระที่มีแรงเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้ามกระทำที่จุดที่เกิดแนวการกระทำของแรง โดยแนวเส้นเชื่อมจุดสองจุดที่แรงกระทำ

3. แรงในชิ้นส่วนที่สัมผัสกันสองชิ้นส่วนจะกระทำโดยมีขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงกันข้าม ถ้าชิ้นส่วนสองชิ้นส่วนมีพฤติกรรมเป็นระบบของชิ้นส่วนที่ยึดติดกันแน่น คังนั้น แรงทั้งสองจะเป็นแรงภายในและไม่แสดงในผังวัตถุอิสระของระบบ อย่างไรก็ตาม ถ้าวาดผังวัตถุอิสระของแต่ละชิ้นส่วนแรงจะเป็นแรงภายนอกและแสดงในแต่ละผังวัตถุอิสระ

Equilibrium Equation

1. ตรวจสอบความเป็น determinacy ของโครงสร้าง
2. ทำรวม moment ที่จุดที่มีแรงที่ไม่ทราบค่าสองแรงมาตัดกัน เพื่อที่เราจะหาค่าของแรงที่ไม่ทราบค่าแรงที่สามได้โดยง่าย
3. ถ้าค่าแรงปฏิกิริยาที่คำนวณได้มีค่าเป็นลบแล้ว แรงปฏิกิริยาจะมีทิศตรงกันข้ามกับที่ได้สมมติไว้



2.2 การวิเคราะห์ภาระกระทำต่อชิ้นส่วนตัวรถ (Load Analysis)

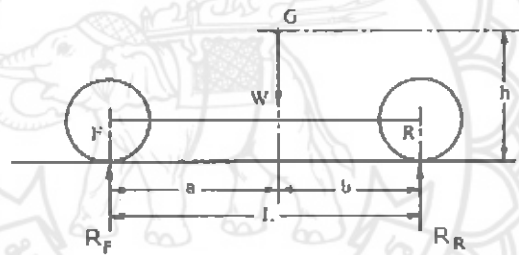
เพื่อตรวจสอบว่าชิ้นส่วนส่งถ่ายแรงต่างๆ จะเกิดการเสียหายในระหว่างการขับขี่หรือไม่ จึงต้องหาภาระกระทำต่อชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แรงที่เกิดขึ้นในระหว่างการขับขี่จะเป็นแรงที่เกิดจาก Dynamic load และ Static load

$$\text{Dynamic load} = \text{Static load} \times \text{Dynamic load factor}$$

ในการคำนวณแรงที่กระทำต่อตัวรถบางครั้งเราจะต้องใช้ ค่าความปลอดภัย (Factor of safety)

$$\text{Equivalent load} = \text{Static load} \times \text{Dynamic load factor} \times \text{Safety factor}$$

2.2.1 การรับน้ำหนักของรถยนต์



รูปที่ 2.1 การรับน้ำหนักของรถยนต์ที่มี 4 ล้อ

รถยนต์ที่มี 4 ล้อที่อยู่ในตำแหน่งดังรูปที่ 2.1 จะมีแรงด้านทานที่ล้อทั้ง 4 ล้อ แต่เพื่อพิจารณาให้ง่ายขึ้นก็ต้องพิจารณากลับว่าเป็นรถยนต์ที่มี 2 ล้อ โดยกำหนดให้

W คือ น้ำหนักของรถยนต์ (N)

a คือ ระยะทางจากเพลาของล้อหน้าถึงจุดศูนย์กลางถ่วงหรือในที่นี้คือจุด G

b คือ ระยะทางจากเพลาของล้อหลังถึงจุดศูนย์กลางถ่วง

L คือ ความยาวของช่วงล้อหน้าถึงหลัง

R_F คือ แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำกับล้อหน้า

R_R คือ แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำกับล้อหลัง

พิจารณาโมเมนต์รอบจุด R จะได้

$$R_F L = Wb$$

$$\therefore R_F = \frac{Wb}{L}$$

(2.1)

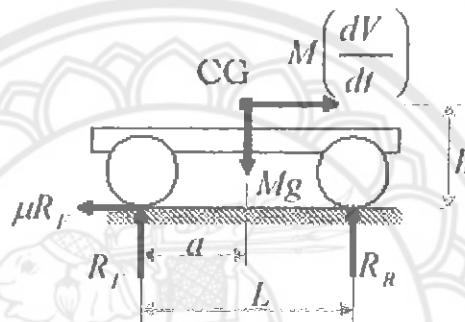
พิจารณาโมเมนต์รอบจุด F จะได้

$$\therefore R_R = \frac{Wa}{L} \quad (2.2)$$

ทั้งนี้ถ้าพิจารณา R_F และ R_R ดังสมการแล้ว ก็จะเปรียบเสมือน จุดศูนย์กลางถ่วง (center of gravity, G) อยู่ในแนวช่วงยาวระหว่างล้อ

2.2.2 แรงเนื่องจากความเร่ง

กรณีรถขับเคลื่อนล้อหลัง



รูปที่ 2.2 กรณีรถขับเคลื่อนล้อหลัง

Equilibrium equations

$$M \frac{dV}{dt} = \mu R_F$$

$$R_F + R_R = Mg$$

$$R_R L = Mga + M \frac{dV}{dt} h$$

Wheels reactions

$$R_F = \frac{Mg(L-a)}{L + \mu h} \quad (2.3)$$

$$R_R = \frac{Mg(a + \mu h)}{L + \mu h} \quad (2.4)$$

กำหนดให้

M = มวลของรถ

a = ระยะจากล้อหน้าถึงจุดศูนย์กลางถ่วง

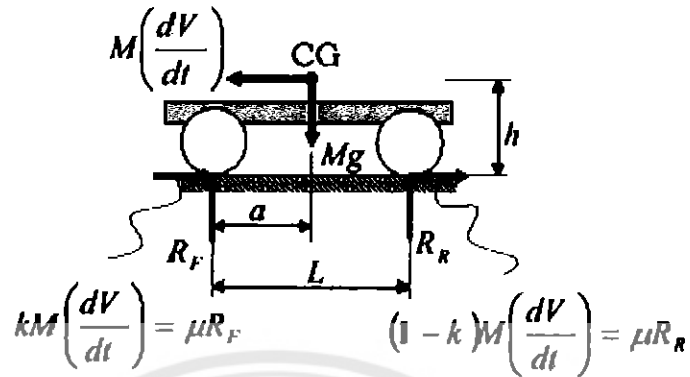
L = ระยะจากล้อหน้าถึงล้อหลัง

h = ความสูงของจุดศูนย์กลางถ่วง

R_F, R_R = แรงปฏิกิริยาที่พื้นทำกับล้อหน้าและล้อหลัง

μ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับยาง

2.2.3 แรงเนื่องจากการเบรก



รูปที่ 2.3 แรงเนื่องจากการเบรก

Equilibrium equations

$$M \frac{dV}{dt} = \mu R_F + \mu R_R$$

$$R_F + R_R = Mg$$

$$R_F L = Mga - M \frac{dV}{dt} h$$

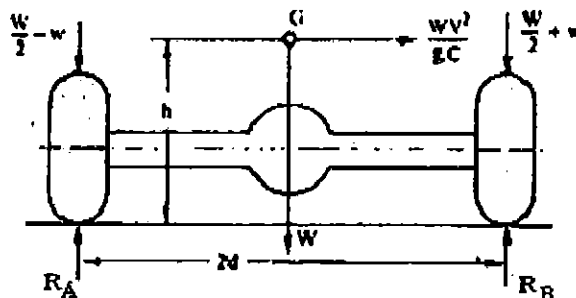
Wheel reactions

$$R_F = \frac{Mg(L - a + \mu h)}{L} \quad (2.5)$$

$$R_R = \frac{Mg(a - \mu h)}{L} \quad (2.6)$$

2.2.4 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเมื่อรถเดี่ยว

ในขณะที่รถเดี่ยวข้อมจะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่ล้อแต่ละข้าง โดยน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงนั้นจะถ่ายจากล้อด้านในไปสู่ล้อด้านนอก ในกรณีเช่นนี้ข้อมขึ้นอยู่กับน้ำหนักของรถ ความเร็ว ความสูงของจุดศูนย์กลางถ่วง ช่วงกว้างระหว่างล้อ รัศมีโค้งของถนนและมุมเอียงของถนน



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเมื่อรถเดี่ยว

ถ้ากำหนดให้

W คือ น้ำหนักของรถทั้งหมด

w คือ น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป

น้ำหนักที่ตกที่ล้อแต่ละข้างไม่ว่าจะเป็นด้านในหรือล้อด้านนอกจะมีค่า $W/2$ และถ้าพิจารณาที่ล้อด้านในของการเลี้ยวซ้าย การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่เกิดขึ้นจะได้ดังนี้

$$2Wd = \frac{WV^2}{gC} \cdot h$$

∴ น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป

$$w = \frac{WV^2 h}{2gCd} \quad (2.7)$$

2.2.5 ความสูงของจุดศูนย์ถ่วงของยานยนต์

จุดศูนย์ถ่วงมีความสำคัญต่อการทรงตัวของรถยนต์เป็นอย่างยิ่ง การคำนวณหาจุดศูนย์ถ่วงของรถยนต์จะอยู่สูงจากพื้นเท่าใดนั้นสามารถหาได้จาก ขนาดของน้ำหนักที่บรรทุก ความสูงของรถยนต์ทั้งหมด ตลอดจนลักษณะของถนน สิ่งเหล่านี้จะกำหนดตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วง โดยที่จะต้องมึลักษณะดังนี้

1. ความสูงของจุดศูนย์ถ่วงจะสูงเท่าใดก็ได้ ถ้ารถวิ่งขึ้นหรือลงจากทางลาดชัน น้ำหนักที่กระทำผ่านจุดศูนย์ถ่วงจะต้องลงไม่เกินแนวของคานหน้าหรือคานหลังของตัวรถ

2. เมื่อรถเลี้ยวด้วยความเร็วต่างๆ บนถนนที่มีความเอียงแตกต่างกัน จุดศูนย์ถ่วงจะต้องลงไม่เกินจุดสัมผัสที่ผิวถนนของล้อด้านข้าง

การหาค่าตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงหาได้ 3 วิธี

1. วิธียกเพลาด้านหน้าหรือหลัง

จากรูปที่ 2.5 พิจารณาโมเมนต์ที่จุด A

$$R_4(c + d) = Wc$$

หรือ

$$Wc = R_4 L \cos \theta$$

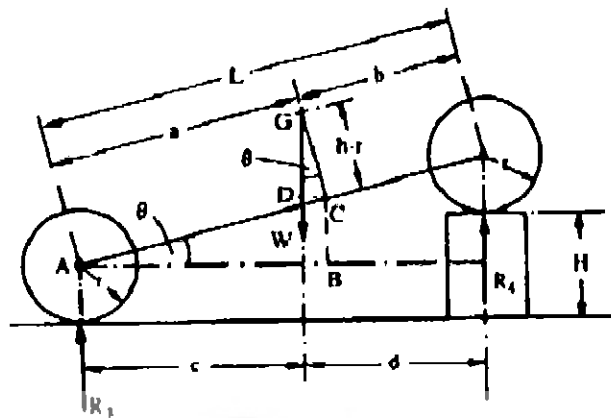
$$c = AB - CD$$

$$= a \cos \theta - (h - r) \sin \theta$$

∴

$$R_4 L \cos \theta = W a \cos \theta - W(h - r) \sin \theta$$

$$h - r = \frac{(Wa - R_4 L)}{W} \cot \theta \quad (2.8a)$$



รูปที่ 2.5 การหาความสูงของจุดศูนย์กลางถ่วงของรถยนต์โดยยกเพลาท้าย

จากรูปกำหนดให้

$$\sin \theta = \frac{H}{L} \quad (2.8b)$$

$$\operatorname{cosec}^2 \theta = 1 + \cot^2 \theta$$

$$\cot^2 \theta = \frac{1}{\sin^2 \theta} - 1 \quad (2.8c)$$

แทน (2.8b) ใน

$$\cot^2 \theta = \frac{L^2 - H^2}{H^2}$$

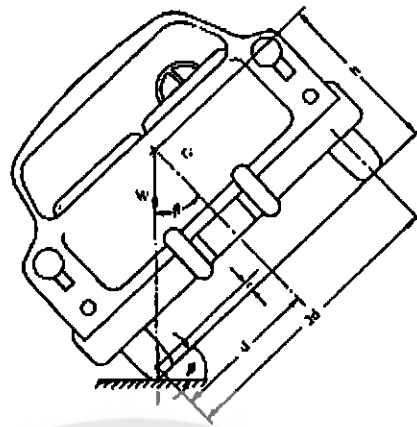
$$\cot \theta = \frac{\sqrt{L^2 - H^2}}{H}$$

จาก (2.8a) จะได้ว่า

$$h = \frac{(Wa - R_4 L) \sqrt{L^2 - H^2}}{HW} + r \quad (2.9)$$

2. วิธียกด้านข้าง

วิธีนี้จะให้รัศมีความโค้งทางด้านข้างของยางสัมผัสกับพื้นถนนพอดี เส้นแนวกึ่งกลางยางลากตัดผ่านแนวพื้นถนนเป็นจุดสัมผัส การหาจุดศูนย์กลางถ่วงโดยวิธีนี้ให้ค่าไม่แน่นอน เพราะในทางปฏิบัติยางมักจะเกิดการโก่งงอ (Deflection) ดังนั้นระยะกว้างระหว่างล้ออาจจะเปลี่ยนแปลงได้ เพราะถ้าสปริงในระบบรองรับน้ำหนักจะยุบตัว ดังนั้นจะต้องทำให้สปริงอยู่ในตำแหน่งปกติและจะต้องสมดุลยางให้แข็งกว่าเดิม



รูปที่ 2.6 การหาความสูงของจุดศูนย์กลางด้วยวิธีทางด้านข้าง

กำหนดให้ r คือ รัศมีความโค้งของหน้าข้าง (mm)
 β คือ มุมที่รถยนต์ถูกยกตะแคงจนอยู่ในลักษณะสมดุล

จากรูปที่ 2.6

$$\tan \beta = \frac{d}{h-r}$$

$$h = r + \frac{d}{\tan \beta} \quad (2.10)$$

2.3 วิธีการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ชิ้นงานเมื่อได้รับการออกแบบและเขียนแบบ จนกระทั่งนำแบบที่ได้ ไปสร้างชิ้นงานต้นแบบ เพื่อสร้างแบบชิ้นงานมาตรฐาน ในการสร้างชิ้นงานต้นแบบนี้ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการทดสอบชิ้นงาน หรือในการออกแบบและเขียนแบบ Molds ก็ยังต้องมีการคำนวณเพื่อหาคุณสมบัติของชิ้นงาน หากมีปัญหาจะทำให้เกิดการแก้ไขที่มีความยุ่งยาก ซึ่งต้องเริ่มมาตั้งแต่กระบวนการออกแบบและเขียนแบบขึ้นมาใหม่ จึงมีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการทดสอบความเสียหายที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานเมื่อได้รับแรงหรือความร้อนที่เกินพิกัดที่วัสดุจะสามารถรับได้

การวิเคราะห์ชิ้นงานภายใต้ภาระสถิตประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ

1. ส่วนกำหนดพฤติกรรมการทำงาน (Pre-processing)
2. ส่วนวิเคราะห์ผล (Processing) เป็นส่วนที่วิเคราะห์คำนวณแก้ปัญหา
3. ส่วนแสดงผล (Post-processing) การนำผลที่ได้ออกมาวิเคราะห์ หรือตรวจสอบ

โดยขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเบื้องต้นของแบบจำลอง (Pre-processing) เป็นการสร้างแบบจำลองในสภาวะการวิเคราะห์ที่สนใจมาอยู่ในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยมีขอบเขตบริเวณที่สนใจ มักทำมาจากโปรแกรมเขียนแบบชนิดต่างๆซึ่งอาจแบ่งขั้นตอนออกมาเป็นดังนี้

- การป้อนข้อมูลตัวแปรของรูปทรงเรขาคณิตแบบจำลอง เช่น ตำแหน่งพิกัด (Coordinate) ของNode เส้น(Curve) พื้นผิว(Surface) ปริมาตรของแข็ง(Solid) ชนิดของเอลิเมนต์ความถี่หรือขนาดของโครงสร้าง(Mesh)
- ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของภาระกรรม(Loads) ที่มากระทำ เช่น ขนาด ตำแหน่ง และทิศทางที่ภาระกระทำ
- เงื่อนไขขอบเขต (Boundary Conditions) ต่างๆ เช่น จุดยึด แรงหมุนของแกน เป็นต้น

จากนั้นก็ให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำการวิเคราะห์ (Processing) แบบจำลองตามธรรมชาติของระบบที่ต้องการจำลองออกมา โดยเลือกใช้กฎทางฟิสิกส์ที่สอดคล้องกัน

หลังจากวิเคราะห์แบบจำลองแล้ว ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการแสดงผลและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป โดยทั่วไปแล้วสำหรับ โปรแกรมคอมพิวเตอร์เชิงพาณิชย์จะมีความสามารถแสดงผลลัพธ์แบบกราฟิกผ่านหน้าจอ เช่น

- แสดงภาพกราฟิกและค่า Node ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (Displacement)
- แสดงภาพกราฟิกและค่าความเค้นในแต่ละเอลิเมนต์และ Node
- แสดงภาพกราฟิกโครงข่ายที่บิดไปหลังจากถูกแรงมากระทำ
- แสดงภาพเคลื่อนไหว(Animation) ของเอลิเมนต์หลังจากถูกแรงกระทำ

2.4 การวิเคราะห์หาค่าความปลอดภัย

ในการวิเคราะห์หาค่าความปลอดภัยของชิ้นส่วนที่ทำการทดสอบนั้น ควรจะทราบค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้

Yield Strength คือค่าความเค้นที่จุดคราก (Yield point) ที่วัสดุยอมให้เกิดความเค้นได้สูงสุด เมื่อมีแรงมากระทำ และจะเป็นค่าความแข็งแรงสูงสุดที่เราคงใช้ประโยชน์ได้โดยไม่เกิดการเสียหาย

Von Misses Stress คือค่าความเค้นที่สมมุติว่าจะเกิดขึ้นจริง ที่เกิดจากการคำนวณของโปรแกรม

ค่าความปลอดภัย (Safety factor) คืออัตราส่วนของค่าสูงสุดที่ชิ้นงานสามารถรองรับได้ ต่อค่าที่ใช้ในการออกแบบ

ค่า Von Misses Stress จะใช้เข้าไปคิดหาค่าความปลอดภัย (Safety factor) ซึ่งในการคำนวณค่าความปลอดภัยจะใช้ Yield Strength เปรียบเทียบกับ Von Misses Stress ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

$$\text{ค่าความปลอดภัย} = \frac{\text{ความเค้นสูงสุดที่ชิ้นงานจะยอมรับได้}}{\text{ความเค้นที่ยอมรับได้ในการใช้งาน}} = \frac{\text{Yield Strength}}{\text{Von Misses Stress}}$$

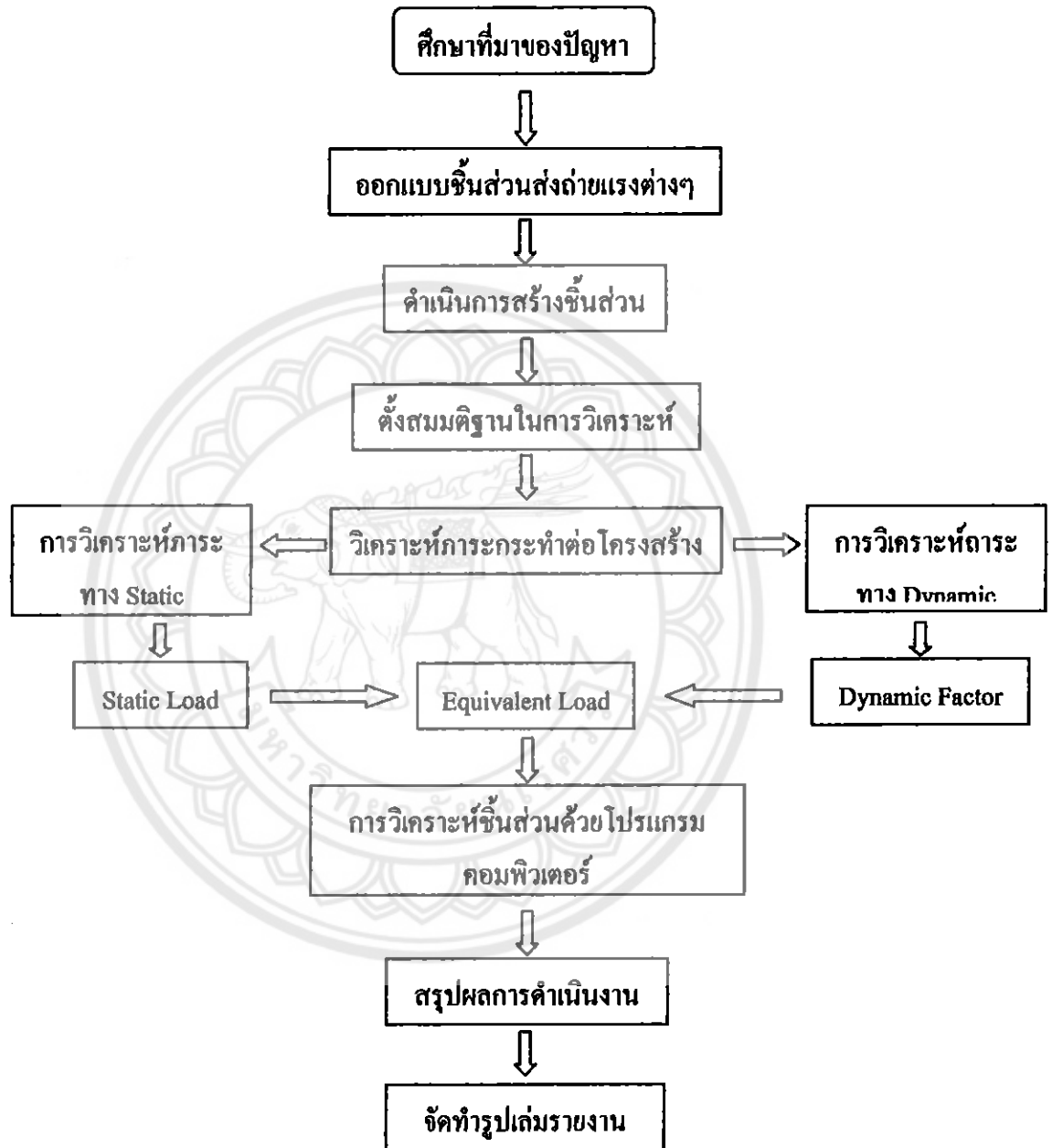
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 1 ซึ่งจะสามารถแบ่งได้เป็น 4 หัวข้อใหญ่ ดังมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. การออกแบบ จะเป็นการออกแบบรูปร่างของชิ้นส่วน รวมทั้งวัสดุที่จะใช้
 2. การสร้างชิ้นส่วน ทำการสร้างชิ้นส่วนที่ได้ออกแบบไว้
 3. การวิเคราะห์ภาระกระทำต่อชิ้นส่วนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ในขั้นตอนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ การวิเคราะห์แรงทาง Static จะเป็นการวิเคราะห์การส่งถ่ายแรงแรงในชิ้นส่วนต่างๆที่มาจากล้อ และการวิเคราะห์แรงทาง Dynamic จะเป็นการวิเคราะห์แรงในลักษณะต่างๆที่กระทำต่อล้อ ตัวอย่างเช่น แรงเนื่องจากการเบรก เพื่อที่จะหาค่า Dynamic Factor นำมาคูณกับค่า Static load และ Factor of Safety จะได้ค่า Equivalent load
 4. การวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ นำค่า Equivalent load ที่กระทำต่อชิ้นส่วนมา เพื่อที่จะหาค่าความเสียหายของแต่ละชิ้นส่วน
- จากขั้นตอนการดำเนินงานดังที่กล่าวมา จะสามารถเขียนสรุปให้อยู่ในรูปของภาพแผนผัง

ได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบ

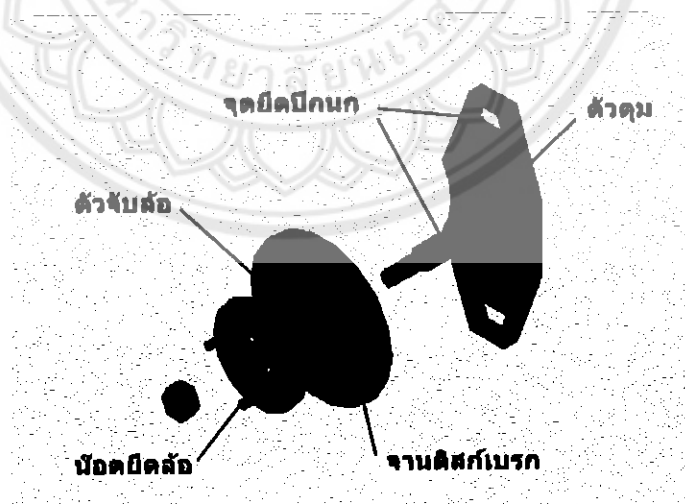
3.1.1 แนวคิดในการออกแบบ

1. พิจารณาน้ำที่ในการทำงาน
2. สามารถประกอบเข้ากับชิ้นส่วนอื่นๆ ได้ง่าย
3. ตำแหน่งที่ติดตั้งต้องสัมพันธ์กับชิ้นส่วนต่างๆ
4. สะดวกในการสร้าง
5. วัสดุที่ใช้สามารถหาได้ตามท้องตลาด

3.1.2 การออกแบบโดยใช้โปรแกรมช่วยวาดรูป

1. คุมหน้า

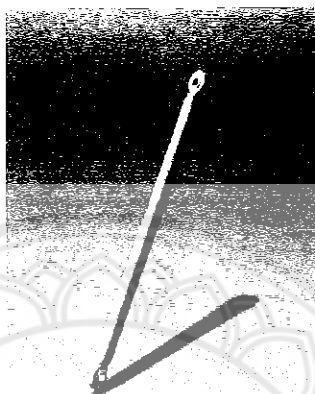
ในการออกแบบคุมหน้า ซึ่งเป็นตัวรับแรง โดยตรงจากล้อ และส่งถ่ายแรงไปยังปีกนกบน และล่าง ดังนั้นต้องมีตัวจับล้อที่ฝังสลักลูกปืนทำให้สามารถหมุนได้อย่างอิสระบนเพลลาได้ และตัวคุมสามารถหมุนในทิศทางซ้ายขวาเพื่อใช้ในการเลี้ยวได้ ในส่วนของตัวจับล้อและคิสก์เบรกจะทำการตัดแปลงจากของรถยนต์ทั่วไป ส่วนตัวคุมจะเป็นการทำขึ้นใหม่ซึ่งจะกล่าวใน บทที่4 ต่อไป



รูปที่ 3.2 แสดงการออกแบบคุมหน้า

4. ก้านกดหน้า

ก้านกดจะเป็นตัวถ่ายเทแรงจาก ปีกนกกลางไปยัง ไซค์อ็อป ดังนั้นจึงออกแบบให้เป็นเหล็กท่อตรง เพื่อให้แรงที่ถ่ายเทมาไปยัง ไซค์อ็อป โดยตรง เหล็กที่ใช้จะเป็นเหล็กท่อหนา 1.8 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.5 แสดงการออกแบบก้านกดหน้า

5. ตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า

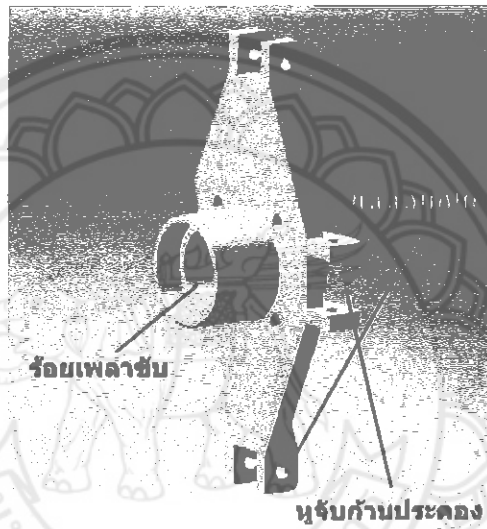
แนวคิดในการออกแบบคือ เป็นตัวเปลี่ยนทิศทางของแรงจากแกนหนึ่ง ไปยังอีกแกนหนึ่ง โดยจะมีการฝังคลัทช์ลูกปืนเพื่อให้เคลื่อนที่ได้อิสระ และมีจุดยึดก้านกดและ ไซค์อ็อป วัสดุที่ใช้จะเป็น เหล็กแผ่นและเหล็กท่อ



รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า

6. คุมหลัง

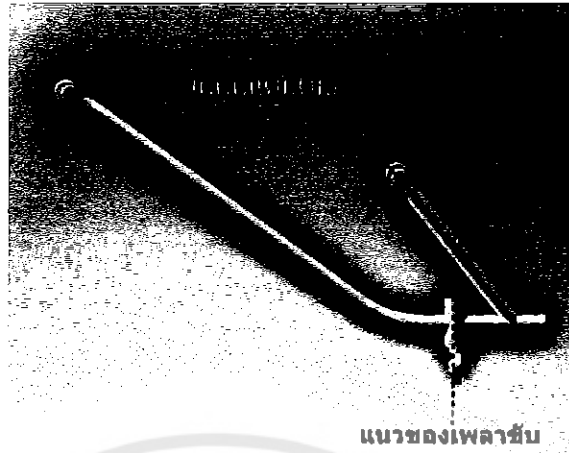
ในการออกแบบคุมหลังจะแตกต่างจากคุมหน้าคือจะมีเพลลาขับรื้อผ่านรูกกลางของคุม ยึดติดกับตัวจับล้อเพื่อขับเคลื่อนล้อ ซึ่งแตกต่างจากคุมหน้าที่มีตัวจับล้อยึดติดกับตัวคุม แต่ในส่วนของคุมหลังจะแยกออกจากกัน เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนล้อ ในตัวคุมจะฝังกลบลูกปืนลงไปเพื่อให้เพลลาที่รื้อผ่านสามารถหมุนได้อย่างอิสระ และตรงส่วนหน้าของคุมจะมีหูจับก้านประคองคุมเพื่อป้องกันไม่ให้ตัวคุมเคลื่อนที่ซ้ายขวาได้



รูปที่ 3.7 แสดงการออกแบบคุมหลัง

7. ปีกนกหลังบน

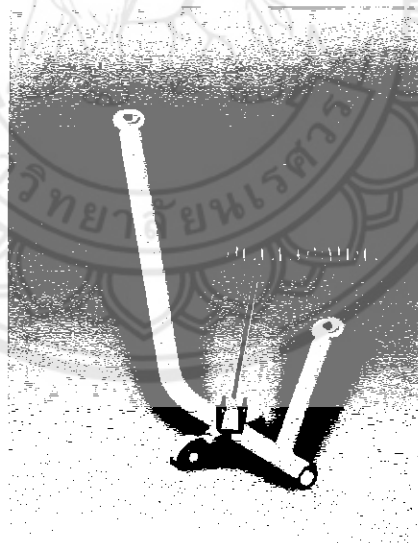
ในการออกแบบปีกหลังจะมีแนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบปีกหน้า แต่จะมีจุดแตกต่างตรงที่จุดยึดคุมของปีกหลังจะเอียงมาทางด้านหน้า เนื่องจากให้สัมพันธ์กับการวางตำแหน่งของเครื่องยนต์ เพื่อไม่ให้เพลลาขับอยู่เอียงกับตัวเครื่องยนต์มากเกินไป อันจะเกิดปัญหาการสะบัดของเพลลาขับ



รูปที่ 3.8 แสดงการออกแบบปีกนกหลังบน

8. ปีกนกหลังล่าง

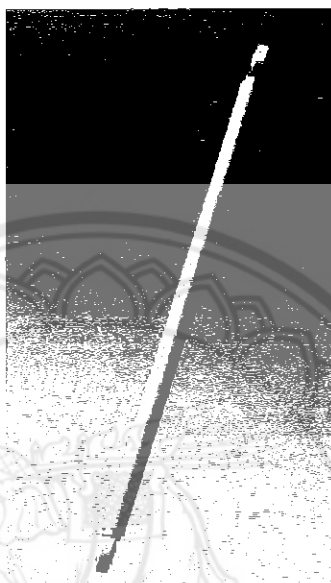
ในการออกแบบปีกนกล่างจะมีแนวคิดเดียวกับปีกนกบน แต่จะมีจุดที่ปิดกับก้านคคเพื่อส่งแรงไปยังโช้คอัพ



รูปที่ 3.9 แสดงการออกแบบปีกนกหลังล่าง

9. ก้านกดหลัง

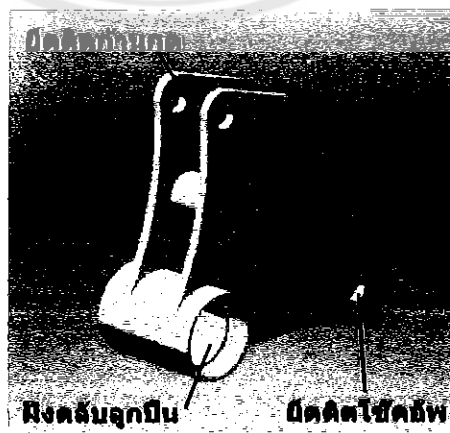
ก้านกดจะเป็นตัวถ่ายเทแรงจาก ปีกนกกลาง ไปยัง ไซค์อ็อป ดังนั้นจึงออกแบบให้เป็นเหล็กท่อตรง เพื่อให้แรงที่ถ่ายเทมา ไปยัง ไซค์อ็อป โดยตรง เหล็กที่ใช้จะเป็นเหล็กท่อหนา 1.8 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.10 แสดงการออกแบบก้านกดหลัง

10. ตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง

แนวคิดในการออกแบบคือ เป็นตัวเปลี่ยนทิศทางของแรงจากแกนหนึ่งไปยังอีกแกนหนึ่ง โดยจะมีการฝังตลับลูกปืนเพื่อให้เคลื่อนที่ได้อิสระ และมีจุดยึดก้านกดและ ไซค์อ็อป วัสดุที่ใช้จะเป็นเหล็กแผ่นและเหล็กท่อ



รูปที่ 3.11 แสดงการออกแบบตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง

3.2 การวิเคราะห์ภาระที่กระทำต่อชิ้นส่วน

การวิเคราะห์หาภาระที่กระทำต่อชิ้นส่วนแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ Static Load และ Dynamic Load โดยการวิเคราะห์แบบ Static Load คือภาระที่เกิดจากตัวรถในขณะที่รถยังไม่ได้เคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อทั้ง 4 ล้อ ส่วนการวิเคราะห์แบบ Dynamic Load คือภาระที่เกิดจากตัวรถในขณะที่เคลื่อนที่เช่นรถเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร่งเกิดจากการเบรกเป็นต้น ทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อทั้ง 4 ล้อ ซึ่งภาระที่เกิดจาก Static Load และ Dynamic Load นั้นมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงนำภาระที่ได้มาเปรียบเทียบกับเพื่อหาค่า Dynamic Factor

3.2.1 การวิเคราะห์แรงทาง Static

จากคุณสมบัติของรถ จะได้

1. น้ำหนักของรถทั้งคันเท่ากับ 640 kg
2. น้ำหนักรถที่กระทำต่อล้อด้านหน้า 2 ล้อเท่ากับ 246.52 kg
3. น้ำหนักรถที่กระทำต่อล้อด้านหลัง 2 ล้อเท่ากับ 393.48 kg
4. รถมีความยาว 2 เมตร กว้าง 1.45 m

ดังนั้น

แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อด้านหน้า 2 ล้อเท่ากับ 2,418.36 N

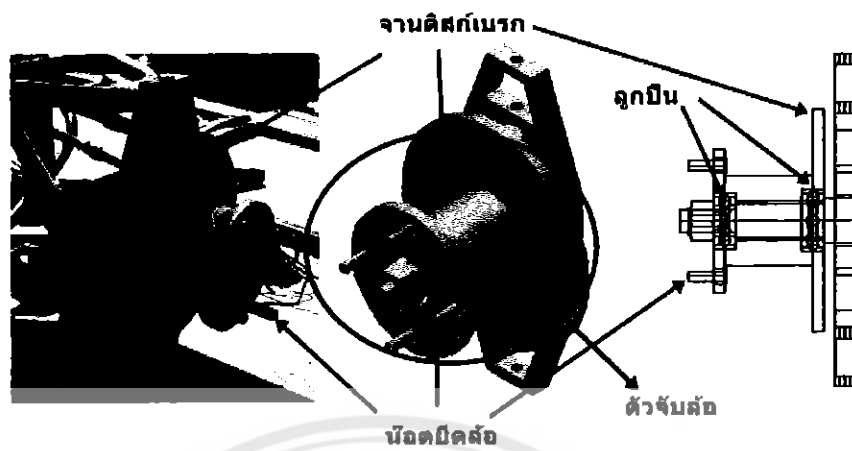
แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อด้านหลัง 2 ล้อเท่ากับ 3,860.04 N

สมมติฐาน

1. แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อด้านหน้าซ้ายและขวามีค่าเท่ากันเท่ากับ 1,209.18 N
2. แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อด้านหน้าซ้ายและขวามีค่าเท่ากันเท่ากับ 1,930.02 N
3. วิ่งด้วยความเร็ว 40 Km/hr
4. รัศมีการเลี้ยวโค้ง 20 m

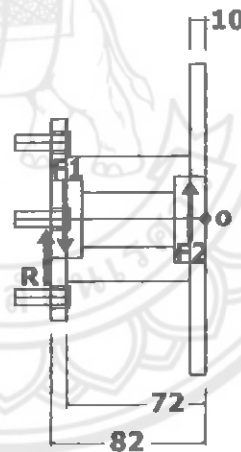
1. คุมล้อหน้า

เนื่องจากส่วนเพลของคุมหน้า ไม่ได้รับแรงจากล้อโดยตรงแต่จะถูกส่งผ่านมาทางลูกปืนที่ถ่ายแรงมาจากล้อ



รูปที่ 3.12 รูปเปรียบเทียบคัมพหน้าจริงกับการออกแบบ

เมื่อพิจารณาที่ตัวจับล้อ แรงจากล้อ(R) คือ 1209 นิวตัน จะส่ง ไปยังน็อตยึดล้อเป็นแรง
เฉือน แล้วจะถูกส่งผ่านมายังลูกปืนทั้งสอง (F_1, F_2)



รูปที่ 3.13 ศังวัตถุอิสระของตัวจับล้อ(Front view)

$$\text{จาก } \sum F = 0; \quad R - F_1 + F_2 = 0$$

$$F_1 - F_2 = 1209 \quad (1)$$

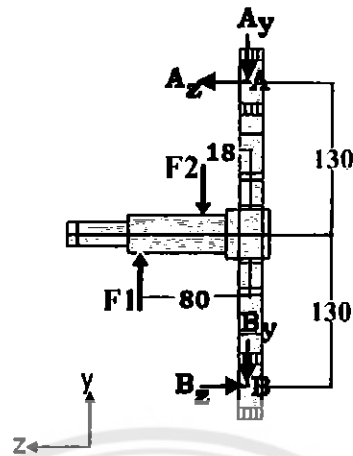
$$\sum M_o = 0; \quad -1209(0.082) + F_1(0.072) - F_2(0.01) = 0$$

$$0.072F_1 - 0.01F_2 = 99.138 \quad (2)$$

\therefore

$$F_1 = 1404N$$

$$F_2 = 195N$$



รูปที่ 3.14 ผังวัตถุอิสระของคานล้อหน้า (Front view)

จากการวิเคราะห์ลักษณะในการรับแรงของคานล้อหน้าแล้ว ที่จุด B ซึ่งเป็นจุดที่ติดกับส่วนปีกนกต่าง ที่มีก้านกดส่งถ่ายแรงไปยังโช้คอยู่ จะทำให้ที่จุด B มีแรงกระทำมากกว่าจุด A ซึ่งเป็นตัวประกอบคาน ดังนั้นจึงกำหนดให้ $A_y = 0$ เพื่อให้เกิดสมดุลในตัวคาน

$$\sum F_z = 0; \quad A_z - B_z = 0$$

$$\sum F_y = 0; \quad F_1 - F_2 - A_y - B_y = 0$$

$$1404 - 195 - 0 - B_y = 0$$

$$B_y = 1209N$$

$$\sum M_A = 0; \quad B_z(0.26) - 1404(0.08) + 195(0.018) = 0$$

$$B_z = 418.5N$$

จาก $\sum F_z = 0; \quad A_z - B_z = 0$

$$A_z = 418.5N$$

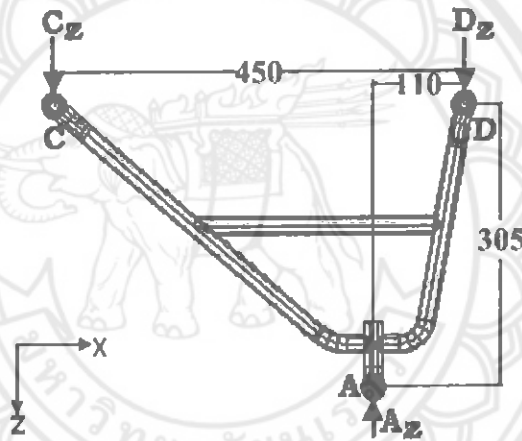
15093739.

มศ
ม145ก
มรศ.

2. ปีกนกหน้าบน



รูปที่ 3.15 รูปเปรียบเทียบปีกนกจริงกับการออกแบบ



รูปที่ 3.16 ศังวัตดุลอิสระของปีกนกหน้าบน (Top view)

เนื่องจากปีกนกเป็นชิ้นส่วนที่รับแรงในแนวแกน z ก็เป็นชิ้นส่วนที่ประกอบคูดัด
ดังนั้น จึงไม่มีแรงในแนวแกน x, y จะได้

หา C_z, D_z

$$\sum F_z = 0; \quad C_z - D_z - A_z = 0$$

$$\sum M_C = 0; \quad A_z(0.34) - D_z(0.45) = 0$$

$$418.5(0.348) - D_z(0.447) = 0$$

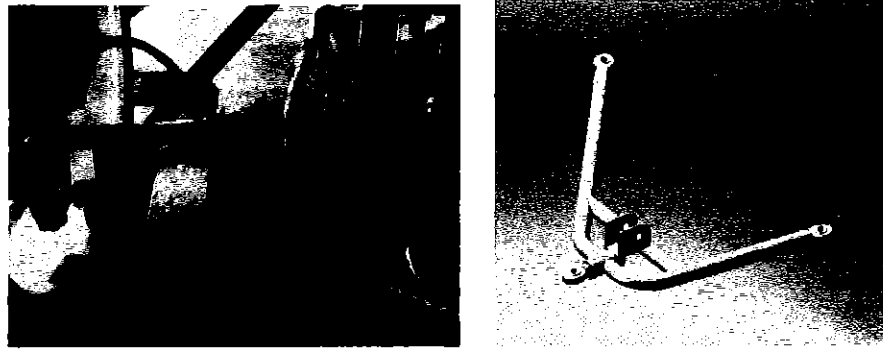
$$D_z = 316.2N$$

จาก

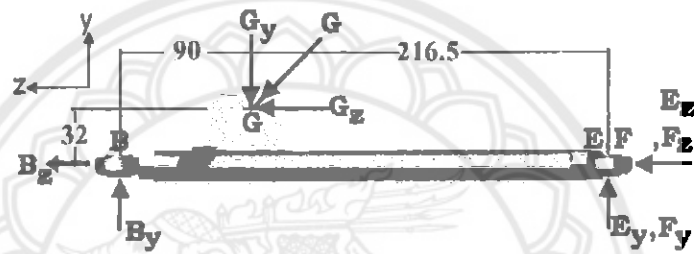
$$\sum F_z = 0;$$

$$C_z = 102.3N$$

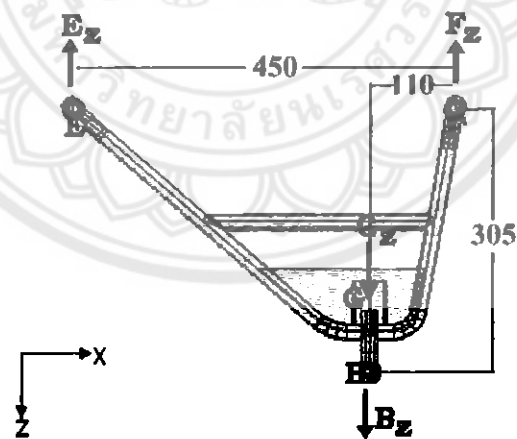
3. ปีกนกหน้าล่าง



รูปที่ 3.17 รูปเปรียบเทียบปีกนกจริงกับการออกแบบ



รูปที่ 3.18 ผังวัตถุอิสระของปีกนกหน้าล่าง (Front view)



รูปที่ 3.19 ผังวัตถุอิสระของปีกนกหน้าล่าง (Top view)

การคำนวณจะแยกคิดออกเป็น 2 View คือ Top-view และ Front-view จาก Front-view เนื่องจากมองเห็นทางด้านหน้าทำให้ จุด E, F อยู่ในแนวเดียวกัน ดังนั้น $E_y = F_y$ จะได้

และ $G_y = G \sin 47^\circ$

$G_z = G \cos 47^\circ$

$$\begin{aligned}\sum M_{E,F} = 0; & -B_y(0.305) + G_y(0.215) + G_z(0.032) = 0 \\ & -1209(0.305) + G \sin 47^\circ(0.215) + G \cos 47^\circ(0.032) = 0\end{aligned}$$

$$G = 2062.33N$$

$$\begin{aligned}\sum F_y = 0; & B_y - G_y + E_y + F_y = 0 \\ & 1209 - 2062.33 \sin 47^\circ + 2E_y = 0\end{aligned}$$

$$E_y = 149.65N = F_y$$

จาก Top-view

$$\sum F_z = 0; B_z - E_z - F_z + G_z = 0$$

$$\sum M_F = 0; B_z(0.11) + G_z(0.11) - E_z(0.45) = 0$$

$$344(0.11) + 2062.33 \cos 47^\circ(0.11) - E_z(0.45) = 0$$

$$E_z = 446.112N$$

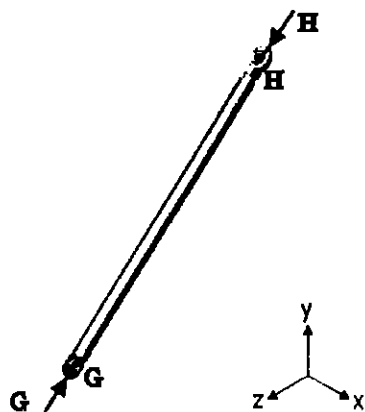
$$\sum F_z = 0; 418.5 - 446.112 + F_z + 2062.33 \cos 47^\circ = 0$$

$$F_z = -1378.89N$$

4. ก้านกดใช้คาน้ำ



รูปที่ 3.20 รูปเปรียบเทียบก้านกดจริงกับการออกแบบ



รูปที่ 3.21 พังวัตถุอิสระของก้านคด โค้งหน้า (3D view)

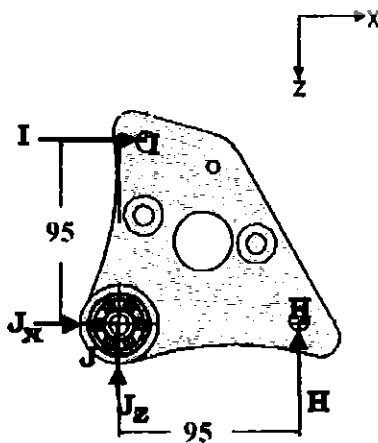
เนื่องจากเป็นแรง two fore member ดังนั้น $G = H$ แต่ทิศตรงข้ามกัน

$$H = 2,062.33N$$

5. ตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า



รูปที่ 3.22 รูปเปรียบเทียบตัวเปลี่ยนทิศทางจริงกับการออกแบบ



รูปที่ 3.23 พังวัตถุอิสระของตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า (Side view)

วิธีการคิดจะใช้การยกระนาบของตัวเปลี่ยนทิศทางให้ทำมุม 47 องศา จากระนาบเดิม

จาก Top-view

$$\sum F_z = 0; J_z - H = 0$$

$$J_z = 2062.33N$$

$$\sum M_J = 0; H(0.095) - I(0.095) = 0$$

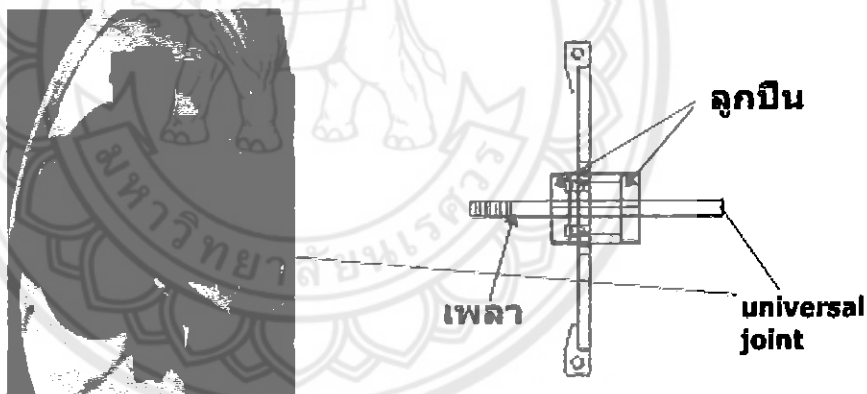
$$I = -2062.33N$$

$$\sum F_x = 0; I + J_x = 0$$

$$J_x = 2062.33N$$

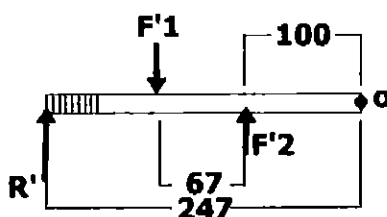
6. คุมล้อหลัง

ส่วนของคุมหลังจะมีวิธีการคิดต่างจากคุมหน้า โดยจะมีเพลลาเป็นส่วนรับแรงโดยตรง



รูปที่ 3.24 รูปเปรียบเทียบคุมหลังจริงกับการออกแบบ

พิจารณาส่วนของเพลลาจะมีแรงจากล้อกระทำที่ส่วนปลายของเพลลา และส่งแรงไปยังคุม โดยผ่านทางลูกปืน



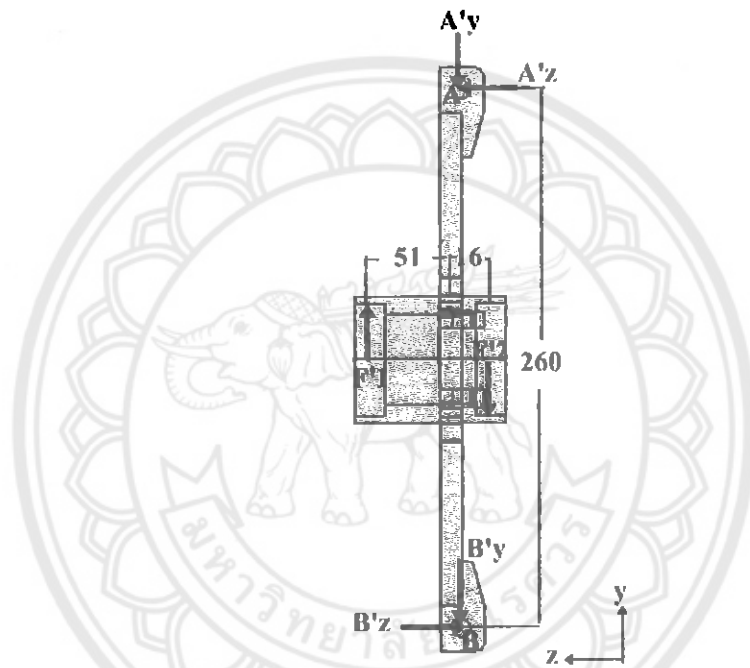
รูปที่ 3.25 ผังวัตถุอิสระของเพลลา (Front view)

$$\begin{aligned} \text{จาก } \sum F = 0; \quad R' - F'1 + F'2 = 0 \\ F'1 - F'2 = 1930 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \sum M_o = 0; \quad -1930(0.247) + F'1(0.167) - F'2(0.1) = 0 \\ 0.167F'1 - 0.1F'2 = 476.7 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\therefore F'1 = 2304.5N$$

$$F'2 = 4234.5N$$



รูปที่ 3.26 ผังวัตถุอิสระของคุมล้อหลัง (Front view)

จากการวิเคราะห์ลักษณะในการรับแรงของคุมล้อหลังแล้ว ที่จุด B' ซึ่งเป็นจุดที่ติดกับส่วนปีกนกต่าง ที่มีก้านกดส่งถ่ายแรงไปยังโช้คอยู่ จะทำให้ที่จุด B' มีแรงกระทำมากกว่าจุด A' ซึ่งเป็นตัวประกอบคุม ดังนั้นจึงกำหนดให้ $A'_y = 0$ เพื่อให้เกิดสมดุลในตัวคุม

$$\sum F_z = 0; \quad A'_z - B'_z = 0$$

$$\sum F_y = 0; \quad F'1 - F'2 - A'_y - B'_y = 0$$

$$1930 - 0 - B'_y = 0$$

$$B'_y = 1930N$$

$$\sum M_{A'} = 0; \quad -4234.5(0.051) - 2304.5(0.016) + B'_z(0.26) = 0$$

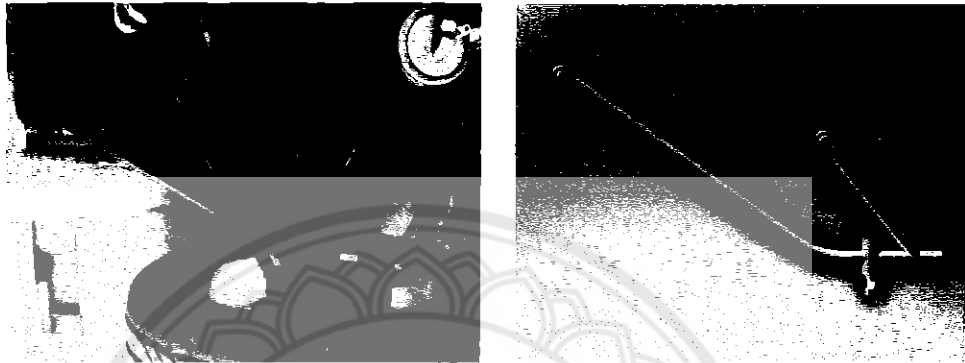
$$B'_z = 972.43N$$

$$\text{จาก } \sum F_z = 0; \quad A'_z - B'_z = 0$$

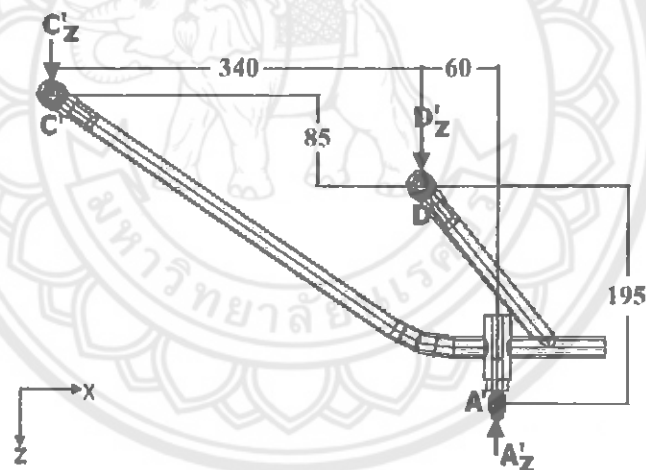
$$A'_z - 972.43 = 0$$

$$A'_z = 972.43N$$

7. ปีกนกหลังบน



รูปที่ 3.27 รูปเปรียบเทียบปีกนกหลังจริงกับการออกแบบ



รูปที่ 3.28 ศังวัดฤติสระของปีกนกหลังบน (Top view)

เนื่องจากปีกนกหลังบนเป็นชิ้นส่วนที่ใช้รับแรงในแนวแกน z คือเป็นชิ้นส่วนที่ระคองคุม
ถ้อย คั้งนั้น จึงไม่มีแรงในแนวแกน x, z

หา C'_z, D'_z

$$\sum F_z = 0 ; \quad C'_z - D'_z - A'_z = 0$$

$$\sum M_C = 0 ; \quad A'_z(0.4) - D'_z(0.34) = 0$$

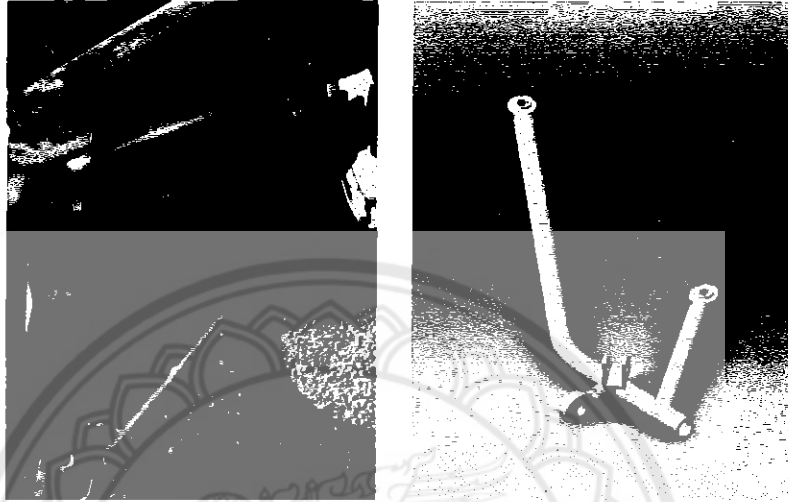
$$972.43(0.4) - D'_z(0.34) = 0$$

$$D'_z = 1144.035N$$

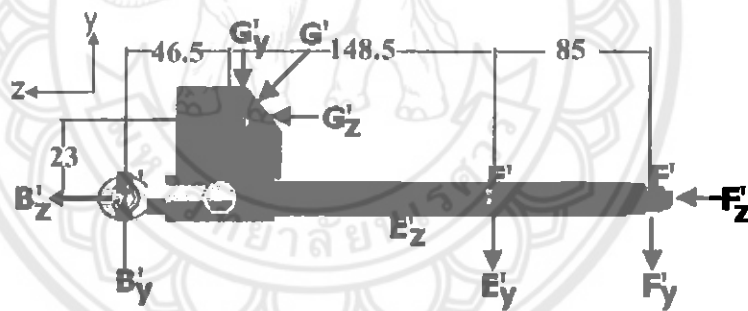
จาก

$$\sum F_z = 0; C'_z = -171.605N$$

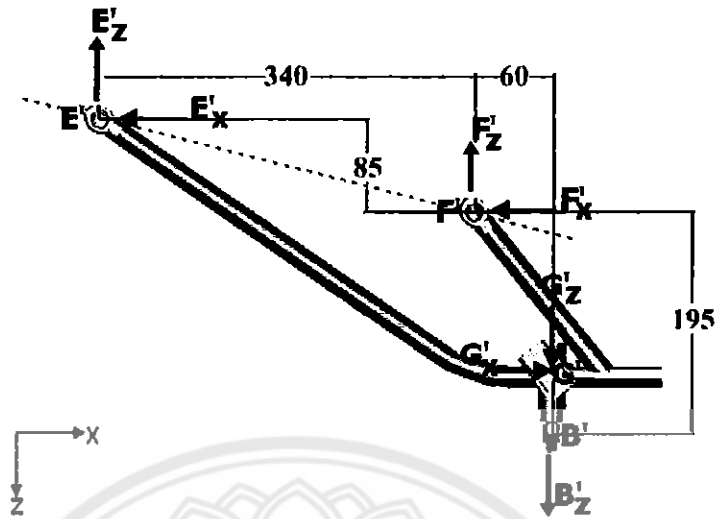
8. ปีกนกหลังต่ำ



รูปที่ 3.29 รูปเปรียบเทียบปีกนกหลังต่ำจริงกับการออกแบบ



รูปที่ 3.30 พังค์วัตถุอิสระของปีกนกหลังต่ำ (Front view)



รูปที่ 3.31 ผังวัตถุอิสระของปีกนกหลังล่าง (Top view)

จาก Front-view กำหนดให้

$$G'_y = G' \cos 50^\circ$$

$$G'_z = G' \cos 50^\circ \cos 39^\circ$$

$$\sum F_y = 0; B'_y - E'_y - F'_y - G'_y = 0$$

$$\sum F_z = 0; -B'_z + E'_z + F'_z + G'_z = 0$$

ทำการ Take Moment รอบแกน $E'F'$

$$\sum M_{EF'} = 0; G'_y(0.125) + G'_z(0.023) - B'_y(0.179) = 0$$

$$G' \cos 50^\circ(0.125) + G' \cos 50^\circ \cos 39^\circ(0.023) - 1930(0.179) = 0$$

$$G' = 3775.63N$$

ทำการ Take Moment รอบจุด F' อีกครั้ง

$$\sum M_{F'} = 0; G'_y(0.234) + G'_z(0.023) + E'_y(0.085) - B'_y(0.28) = 0$$

$$3775.63 \cos 50^\circ(0.234) + 3775.63 \cos 50^\circ \cos 39^\circ(0.023) - E'_y(0.085) - 1930(0.28) = 0$$

$$E'_y = -833.88N$$

จาก $\sum F_y = 0; 1930 - E'_y - F'_y - 3775.63 \cos 50^\circ = 0$

$$F'_y = 336.95N$$

จาก Top-View

หาอัตราส่วนระหว่าง E'_z และ F'_z โดยทฤษฎีทางโมเมนต์ จะได้

$$E'_z = \frac{F'_z}{6.67}, E'_x = \frac{F'_x}{1.44}$$

$$\sum F_z = 0; B'_z - E'_z - F'_z + G' \cos 50^\circ \cos 39^\circ = 0$$

$$972.43 - \frac{F'_z}{6.67} - F'_z + 3775.63 \cos 50^\circ \cos 39^\circ = 0$$

$$F'_z = 2485.66 \text{ N}$$

∴

$$E'_z = 372.66 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0; -F'_x - E'_x + G'_x = 0; G'_x = G' \cos 50^\circ \cos 51^\circ$$

$$-\frac{F'_x}{1.44} - F'_x + 3775.63 \cos 50^\circ \cos 51^\circ = 0$$

$$F'_x = 903.73 \text{ N}$$

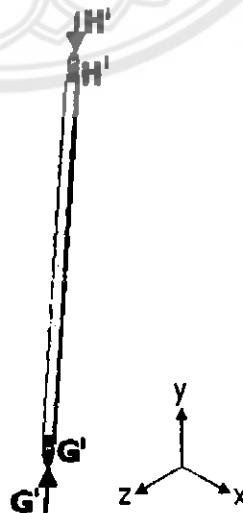
∴

$$E'_x = 627.59 \text{ N}$$

9. กำหนด ใช้คหลัง และตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง



รูปที่ 3.32 รูปเปรียบเทียบก้านคหลังจริงกับการออกแบบ



รูปที่ 3.33 มังวัดอุทิศระของก้านคหลัง (3D-view)

$$H' = G' = 3,775.63 \text{ N}$$



รูปที่ 3.34 รูปเปรียบเทียบตัวเปลี่ยนทิศทางหลังจริงกับการออกแบบ



รูปที่ 3.35 ฟังวัดอุทธรระของตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง (Side view)

$$\sum M_{J'} = 0; -H' \cos 50^\circ (0.082) - H' \sin 50^\circ (0.047) + I' (0.078) = 0$$

$$I' = 4294N$$

แรงในแกน x, y, z ของจุด J' คือ

$$J'_x = -G' \cos 50^\circ \cos 51^\circ = -1527.3N$$

$$J'_y = G' \cos 50^\circ = 2426.9N$$

$$J'_z = -G' \cos 50^\circ \cos 39^\circ = -1886.08N$$

3.2.2 การวิเคราะห์แรงทาง Dynamic

เพื่อที่จะหาค่า Dynamic Factor ที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ จะต้องหาแรงทาง Dynamic ต่างๆ ที่กระทำต่อตัวรถ

สมมติฐาน

1. ไม่คิดแรงต้านอากาศ เนื่องจากรถมีการถูกลมและใช้ความเร็วไม่มาก
2. รถวิ่งในสภาพถนนเรียบและแห้ง

จากคุณสมบัติของรถ จะได้

1. น้ำหนักของรถทั้งคันเท่ากับ 640 kg
2. น้ำหนักรถที่กระทำต่อล้อด้านหน้า 2 ล้อเท่ากับ 246.52 kg
3. น้ำหนักรถที่กระทำต่อล้อด้านหลัง 2 ล้อเท่ากับ 393.48 kg
4. รถมีความยาว 2 เมตร กว้าง 1.45 m
5. วิ่งที่ความเร็ว 40 km/hr
6. รัศมีการเลี้ยวโค้ง 20 m

ดังนั้น

แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อด้านหน้า 2 ล้อเท่ากับ 2,418.36 N

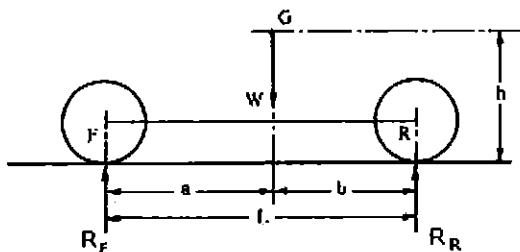
แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อด้านหลัง 2 ล้อเท่ากับ 3,860.04 N

สมมติฐาน

กำหนดให้แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อด้านหน้าซ้ายและขวามีค่าเท่ากันเท่ากับ 1,209.18 N (R_p)

กำหนดให้แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อด้านหน้าซ้ายและขวามีค่าเท่ากันเท่ากับ 1,930.02 N (R_r)

การหาค่าแห่งของจุดศูนย์ถ่วงของรถ



รูปที่ 3.36 การรับน้ำหนักของรถยนต์ที่มี 4 ล้อ

จากสมการ 2.2 จะได้

$$R_1 = \frac{Wb}{L}$$

$$246.52 \times 9.81 = \frac{640 \times 9.81 b}{200}$$

$$b = 77.03 \text{ cm}$$

รถยาว 200 cm. ดังนั้น

$$a + b = 200$$

$$a = 122.97 \text{ cm}$$

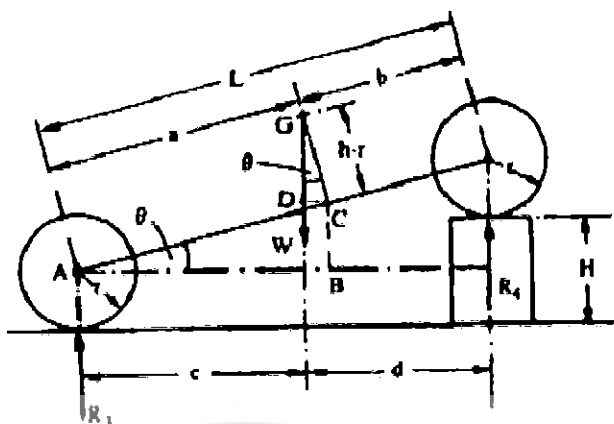
ดังนั้น ระยะจากล้อหน้าถึงจุดศูนย์ถ่วงเท่ากับ 122.97 cm และระยะจากล้อหลังถึงจุดศูนย์ถ่วงเท่ากับ 77.03 cm

การหาความสูงของจุดศูนย์ถ่วง

โดยวิธีการยกเพลาน้ำ



รูปที่ 3.37 รูปแสดงการชั่งน้ำหนักของล้อหน้าเมื่อยกสูงจากพื้น



รูปที่ 3.38 การหาความสูงของจุดศูนย์กลางถ่วงของรถยนต์

จากการทดสอบจะได้

ความสูงของล้อที่ยก (H) = 55 cm

น้ำหนักของล้อที่ยก (R_4) = 225 kg

รัศมีของล้อ (r) = 27.5 cm

จากสมการ 2.10 จะได้

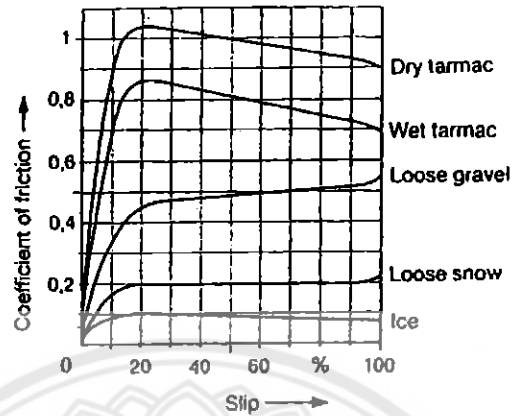
$$h = \frac{(Wb - R_4 L) \sqrt{L^2 - H^2}}{HW} + r$$

$$h = \frac{[(640 \times 77.03) - (225 \times 200)] \sqrt{200^2 - 55^2}}{55 \times 640} + 27.5$$

$$h = 50.985 \text{ cm}$$

ดังนั้นความสูงของจุดศูนย์กลางถ่วงของรถคือ 50.985 cm

แรงเนื่องจากความเร่ง



รูปที่ 3.39 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน
(ที่มา: Jornsens and Helmut, the Automotive Chassis, 1996)

จากรูปที่ 3. กำหนดให้พื้นแห้งและมีเปอร์เซ็นต์การไถล 10 % ดังนั้นจะได้สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับยาง (μ) ≈ 1

1. แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อคู่หน้า

จากสมการ 2.4 จะได้

$$R_F = \frac{Mg(L-a)}{L + \mu h}$$

$$R_F = \frac{640 \times 9.81(2 - 1.2297)}{2 + (1 \times 0.50985)}$$

$$R_F = 1,926.9N$$

เมื่อเปรียบเทียบกับแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อคู่หน้ากรณีอยู่นิ่งคือ 2,418.36 N จะได้ค่า

$$\text{Factor} = 0.7$$

2. แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อคู่หลัง

จากสมการ 2.5 จะได้

$$R_R = \frac{Mg(a + \mu h)}{L + \mu h}$$

$$R_R = \frac{640 \times 9.81(1.2297 + (1 \times 0.50985))}{2 + 0.50985}$$

$$R_R = 4,351.49N$$

เมื่อเปรียบเทียบกับแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อคู่หลังกรณีอยู่นิ่งคือ 3,860.04 N จะได้ว่า

$$\text{Factor} = 1.13$$

แรงเนื่องจากการบรรทุก

1. แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อคู่หน้า

จากสมการ 2.6 จะได้ว่า

$$R_F = \frac{Mg(L - a + \mu h)}{L}$$

$$R_F = \frac{640 \times 9.81(2 - 1.2297 + 0.50985)}{2}$$

$$R_F = 4,018.65 \text{ N}$$

เมื่อเปรียบเทียบกับแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อคู่หน้ากรณีอยู่นิ่งคือ 2,418.36 N จะได้ว่า

$$\text{Factor} = 1.66$$

2. แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อคู่หลัง

จากสมการ 2.7 จะได้ว่า

$$R_R = \frac{Mg(a - \mu h)}{L}$$

$$R_R = \frac{640 \times 9.81(1.2297 - 0.50985)}{2}$$

$$R_R = 2,259.75 \text{ N}$$

เมื่อเปรียบเทียบกับแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อคู่หลังกรณีอยู่นิ่งคือ 3,860.04 N จะได้ว่า

$$\text{Factor} = 0.585$$

การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเมื่อรถเฉี่ยว

จากสมการ 2.8 จะได้ว่า

$$w = \frac{WV^2 h}{2gCd}$$

$$w = \frac{640 \times 9.81 \times 11.11^2 \times 0.50985}{2 \times 9.81 \times 20 \times 0.725}$$

$$w = 1,388.84 \text{ kg}$$

เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักทั้งหมดของรถ คือ 640 Kg จะได้ว่า Factor = 2.17

ตารางที่ 3.1 นี้แสดงถึงการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แรงทาง Dynamic ที่กระทำต่อล้อ กับค่าแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อในขณะหยุดนิ่ง ซึ่งค่าที่เปรียบเทียบได้จะเป็นค่า Dynamic Factor

ตารางที่ 3.1 แสดงค่า Factor of Safety ที่ได้จากการวิเคราะห์แรงทาง Dynamic

แรงทาง Dynamic	ค่าที่ได้	ตัวเปรียบเทียบ(Static)	ค่าเปรียบเทียบ	Factor
แรงเนื่องจากความเร่งที่กระทำต่อล้อคู่หน้า	1926.9 N	แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อคู่หน้า	2,418.36 N	0.7
แรงเนื่องจากความเร่งที่กระทำต่อล้อคู่หลัง	4,351.5 N	แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อคู่หลัง	3,860.04 N	1.13
แรงเนื่องจากการเบรกที่กระทำต่อล้อคู่หน้า	4,018.6 N	แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อคู่หน้า	2,418.36 N	1.66
แรงเนื่องจากการเบรกที่กระทำต่อล้อคู่หลัง	2,259.8 N	แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อล้อคู่หลัง	3,860.04 N	0.585
การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเมื่อรถเลี้ยว	1,388.8kg	น้ำหนักทั้งหมดของรถ	640 Kg	2.17

จากการวิเคราะห์แรงทาง Dynamic จะได้ค่า Factor ที่สูงที่สุดคือ 2.17 เป็น Factor จากการเปลี่ยนน้ำหนักเมื่อรถเลี้ยว จึงใช้ค่า Dynamic Factor = 2.5 และค่า Safety Factor = 2
ดังนั้น

$$\text{Equivalent Load} = \text{Static Load} \times \text{Dynamic Factor} \times \text{Safety Factor}$$

$$\text{Equivalent Load} = \text{Static Load} \times 5$$

ดังนั้น แรงทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์ ด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะต้องคูณด้วยค่า

Factor เท่ากับ 5

บทที่ 4 วิธีการดำเนินงานสร้าง

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบ กระบวนการต่อไปจะเป็นการสร้างชิ้นงานตามแบบที่ได้ ออกแบบไว้ ซึ่งกระบวนการสร้างจะไม่มี ความยุ่งยากและซับซ้อน เนื่องจากก่อนการออกแบบได้ สํารวจอุปกรณ์และเครื่องมือที่จะใช้ในการดำเนินงานสร้างให้มีความเหมาะสมซึ่งกันและกัน โดย การสร้างชิ้นส่วนทั้ง 10 ชิ้น จะมีวิธีการดังนี้

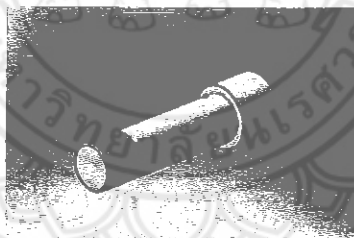
4.1 การสร้างคุมหน้า

หลังจากที่ได้ออกแบบชิ้นส่วนของคุมหน้า โดยคำนึงถึงการติดตั้งและการใช้งานร่วมกับ อุปกรณ์ชิ้นอื่นทำให้ได้รูปแบบที่จะมาใช้สร้างชิ้นงาน โดยการประกอบคุมหน้าจะมีวิธีการและ ขั้นตอนในการสร้างเป็นลำดับดังนี้

1.1) เนื่องจากคุมหน้ามีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วนด้วยกันคือ



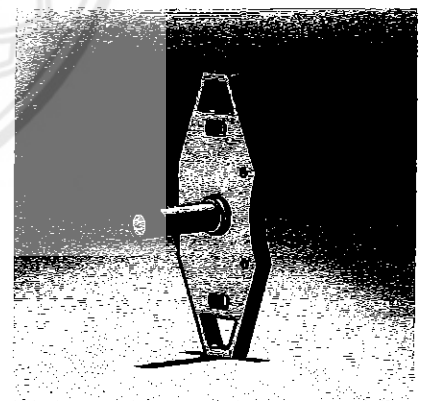
รูปที่ 4.1.1 ตัวคุม



รูปที่ 4.1.2 เฟลาสวมชุดจับล้อย

1.2) ทำการปรับแบบในรูปที่ 4.1.1 โดยทำการปรับที่

Scale 1:1 ลงกระดาษที่มีความเหมาะสม แล้วนำกระดาษ ที่ปรับมาทากาวแล้วติดที่แผ่นสังกะสีแผ่นเรียบที่มีความแข็งแรง พอดี พร้อมทำการตัดแผ่นสังกะสีตามแบบ



รูปที่ 4.1.3 ภาพประกอบคุม

1.3) หลังจากที่ได้เลือกวัสดุเป็น AISI 1010 Steel , hot rolled bar ซึ่งมีความหนา 6/8 นิ้วเป็น วัสดุที่ใช้ทำคุมหน้า นำแบบที่เป็นสังกะสีมาวางลงบนแผ่นเหล็กแล้วใช้อุปกรณ์ตัดเหล็กด้วยแก๊ส ดังรูปที่ 4.1.4 ในการตัดเหล็กตามแบบ แล้วทำการเจาะส่วนที่เป็นรูตามแบบในส่วนภาคผนวกที่

แบบส่วนประกอบ Plate1/1 ทำการกลึงเพลาดังรูปที่ 4.1.2 ตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบ ส่วนประกอบ Plate1/2 แล้วทำการประกอบ โดยการเชื่อมทั้ง 2 ชิ้นเข้าด้วยกันเมื่อ ประกอบแล้วจะเป็นดังรูปที่ 4.1.3

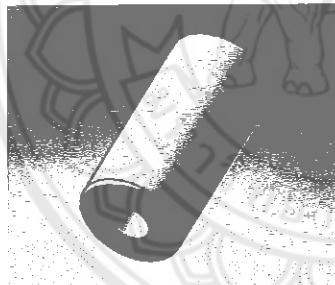


รูปที่ 4.1.3 การตัดชิ้นงานด้วยแก๊ส

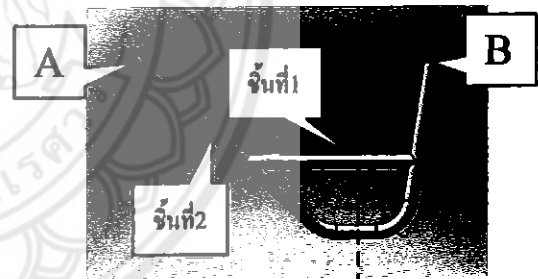
4.2 การสร้างปีกนกหน้าบนและล่าง

หลังจากที่ได้ออกแบบชิ้นส่วนของปีกนกหน้าบนและล่าง โดยคำนึงถึงการติดตั้งและการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ชิ้นอื่นทำให้ได้รูปแบบที่จะมาใช้สร้างชิ้นงาน โดยการประกอบปีกนกหน้าบนและล่างจะมีวิธีการและขั้นตอนในการสร้างเป็นลำดับดังนี้

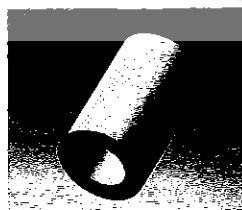
2.1) เนื่องจากการสร้างปีกนกหน้าบนและล่างมีส่วนประกอบหลักอยู่ 5 ส่วนด้วยกันคือ



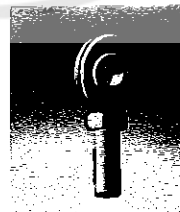
รูปที่ 4.2.1 ตัวขีด Rod end หน้าคุด



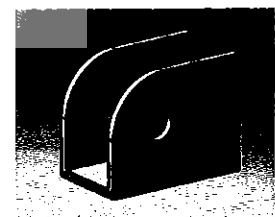
รูปที่ 4.2.2 โครงปีกนก



รูปที่ 4.2.3 บุทขีด Rod end



รูปที่ 4.2.4 Rod end

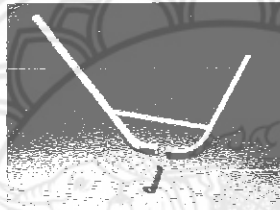


รูปที่ 4.2.5 ตัวขีดก้านกด

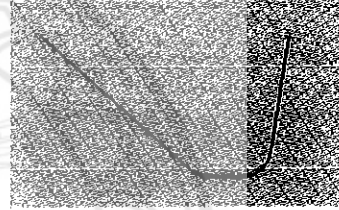
2.2) ทำการกลึงชิ้นงานและตีแปกลีขตามรูปที่ 4.2.1 ตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบ ส่วนประกอบ Plate2/1 จำนวน 4 ชิ้นเพื่อใช้ในการสร้างปีกนกหน้าบนและล่างทั้งซ้ายและขวา และ ทำการกลึงชิ้นงานและตีแปกลีขตามรูปที่ 4.2.3 ตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบส่วนประกอบ Plate2/2 จำนวน 8 ชิ้นเพื่อใช้ในการสร้างปีกนกหน้าบนและล่างทั้งซ้ายและขวา

2.3) ทำการสร้างโครงสร้างของปีกนกตามรูปที่ 4.2.2 ตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบส่วนประกอบ Plate 2/3 เริ่มจากการนำลวดทองแดงหรือเหล็กเส้นที่มีความแข็ง ไม่มากนักมาตัดตามรูปที่ 4.2.7 โดยทำการปรีนแบบในรูปที่ 4.2.7 โดยทำการปรีนที่ Scale 1:1 ลงกระดาษที่มีความเหมาะสมแล้วทำการคัดลวดทองแดงหรือเหล็กเส้นตามแบบที่ปรีน หลังจากนั้นนำลวดที่ตัดไปเป็นแบบในการตัดเหล็กซึ่งวัสดุเป็น CARBON STEEL PIPE 3/4 นิ้ว thickness 1.8 mm. AISI 1010 Steel , hot rolled bar ดังรูปที่ 4.2.5

2.4) ทำการตัดเหล็กในรูปที่ 4.2.2 ชั้นที่ 2 ตามเส้นประแล้วทำการบากท่อในส่วนที่ตัดให้โค้งรับกับรูปที่ 4.2.1 ดังรูปที่ 4.2.6 แล้วทำการตัดและบากเหล็กชั้นที่ 1 ในรูปที่ 4.2.2 ตามระยะที่กำหนดในแบบตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบส่วนประกอบ Plate 2/3 แล้วทำการเชื่อมชิ้นงานเข้าด้วยกัน

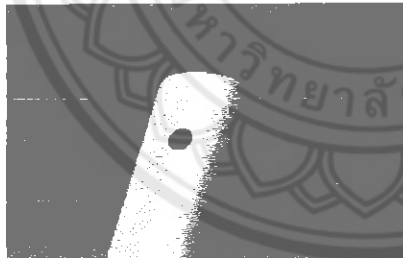


รูปที่ 4.2.6 แสดงการบากท่อ

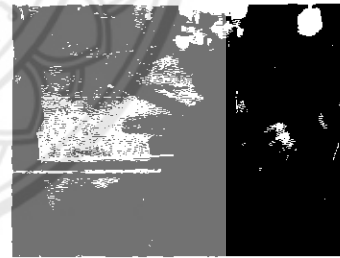


รูปที่ 4.2.7 แบบ โครงปีกนก

2.5) นำชิ้นงานในรูปที่ 4.2.3 ที่ทำในขั้นตอนที่ 2.2 มาสวมใส่ที่ตำแหน่ง A และ B แล้วทำการเชื่อมในรูปที่ได้ทำการเจาะดังรูปที่ 4.2.8 แล้วทำการเชื่อมตกแต่งชิ้นงาน

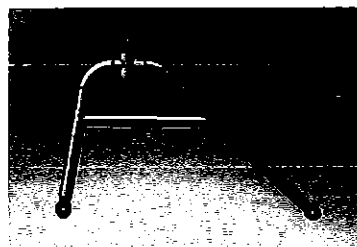


รูปที่ 4.2.8 จุดเชื่อมรูปที่ 4.2.3 กับตำแหน่ง A และ B



ดังรูปที่ 4.2.9 การตัดเหล็กด้วยเครื่องตัด

2.6) นำ Rod End POS10(R) ดังรูปที่ 4.2.4 มาประกอบใส่กับปีกนกที่ทำการเชื่อมแล้วจะได้ปีกนกบนที่สมบูรณ์ตามแบบดังรูปที่ 4.2.8



รูปที่ 4.2.10 ปีกนกหน้าบน

2.7) สำหรับการสร้างปีกนกหน้าล่างจะมีโครงสร้างเหมือนกับปีกนกบน แตกต่างตรงที่จุดยึดก้านคดปีกนกดังรูปที่ 4.2.10 สำหรับการสร้างตัวยึดก้านคดดังรูปที่ 4.2.5 จะมีรูปแบบการสร้างตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบส่วนประกอบ Plate2/4 เมื่อสร้างเสร็จแล้ว นำมาประกอบกับปีกนกโดยการเชื่อมและใช้ระยะตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบส่วนประกอบ Plate2/5 จะได้ชิ้นงานดังรูปที่4.2.10

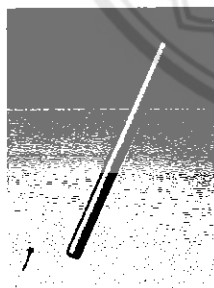


รูปที่4.2.10 ปีกนกลาง

4.3 การสร้างก้านคดหน้าและหลัง

หลังจากที่ได้ออกแบบชิ้นส่วนของก้านคดหน้าและหลัง โดยคำนึงถึงการติดตั้งและการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ชิ้นอื่นทำให้ได้รูปแบบที่จะมาใช้สร้างชิ้นงาน โดยการประกอบก้านคดหน้าและหลังจะมีวิธีการและขั้นตอนในการสร้างเป็นลำดับดังนี้

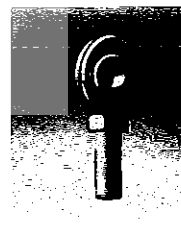
3.1) เนื่องจากการสร้างก้านคดหน้าและหลังมีส่วนประกอบหลักอยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ



รูปที่4.3.1 Steel pipe



รูปที่4.3.2 นูทยึด Rod End



รูปที่ 4.3.3 Rod End POS10(R)

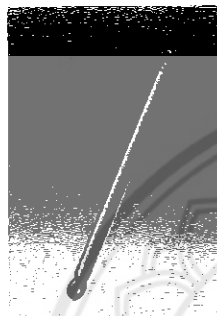
3.2 จากรูปที่ 4.3.1 เลือกวัสดุเป็น CARBON STEEL PIPE 3/4 นิ้ว thickness 1.8 mm. AISI 1010 Steel , hot rolled bar ทำการตัดชิ้นงานสำหรับก้านคดหน้า 2 ชิ้นและก้านคดหลัง 2 ชิ้น ตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบส่วนประกอบ Plate3/1-2

3.3) จากรูปที่4.3.2 นูทยึด Rod End ทำการกลึงและตัดแปดเกลียวตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบส่วนประกอบ Plate 2/2 จำนวน 8 ชิ้น

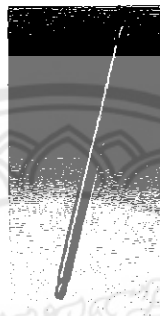
3.3) จากรูปที่4.3.2 นูทยึด Rod End ทำการกลึงและตัดปลายเกลียวตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบส่วนประกอบ Plate 2/2 จำนวน 8 ชิ้น

3.4) ทำการประกอบโดยการนำนูทยึด Rod End ใส่บริเวณทางด้านปลายของเหล็กที่ตัดไว้ทั้งสองด้านในข้อ 3.2 แล้วทำการเชื่อมทั้ง 2 ชิ้นเข้าด้วยกันตรงจุดที่ได้เจาะรูเอาไว้ดังรูปที่ 4.3.4

3.5) ทำการนำ Rod End POS10(R) ใส่ชิ้นงานที่ประกอบจาก ข้อ3.4 ดังรูป4.3.5 และ4.3.6



รูปที่4.3.5 ก้านกดหน้า



รูปที่4.3.6 ก้านกดหลัง



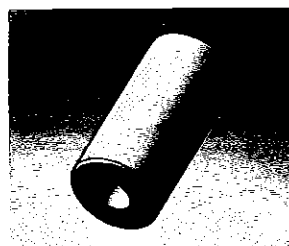
รูปที่4.3.4 จุดเชื่อมนูทยึด Rod End

3.6) ก้านกดหน้าและก้านกดหลังมีข้อแตกต่างตรงที่การวางทิศทางของ Rod End ซึ่งก้านกดหน้ามีการวางในทิศทางที่ตั้งฉากซึ่งกันและกันส่วนก้านกดหลังจะการวางตัวของ Rod End ในแนวเดียวกัน

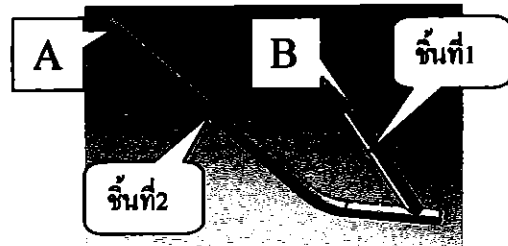
4.4 การสร้างปีกนกหลังบนและล่าง

หลังจากที่ได้ออกแบบชิ้นส่วนของปีกนกหลังบนและล่าง โดยคำนึงถึงการติดตั้งและการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ชิ้นอื่นทำให้ได้รูปแบบที่จะมาใช้สร้างชิ้นงาน โดยการประกอบปีกนกหลังบนและล่างจะมีวิธีการและขั้นตอนในการสร้างเป็นลำดับดังนี้

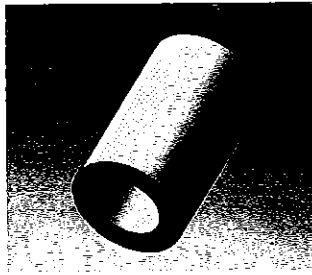
4.1) เนื่องจากการสร้างปีกนกหลังบนและล่างมีส่วนประกอบหลักอยู่ 5 ส่วนด้วยกันคือ



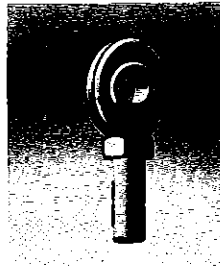
รูปที่4.4.1 ตัวยึด Rod end หน้าคุม



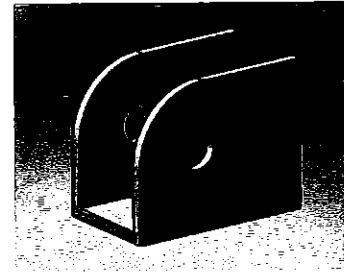
รูปที่4.4.2 โครงปีกนก



รูปที่ 4.4.3 บูทยึด Rod end



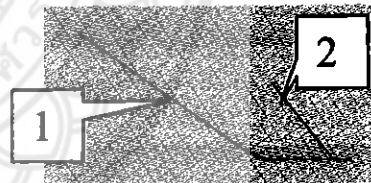
รูปที่ 4.4.4 Rod end



รูปที่ 4.4.5 ตัวยึดก้านกด

4.2) ทำการกลึงชิ้นงานและตัดปลายเกลียวตามรูปที่ 4.4.1 ตามแบบในส่วนภาคผนวกแบบ ส่วนประกอบ Plate 2/1 จำนวน 4 ชิ้นเพื่อใช้ในการสร้างปีกนกบนและล่างทั้งซ้ายและขวา และทำการกลึงชิ้นงานและตัดปลายเกลียวตามรูปที่ 4.4.3 ตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบส่วนประกอบ Plate 2/2 จำนวน 8 ชิ้นเพื่อใช้ในการสร้างปีกนกบนและล่างทั้งซ้ายและขวา

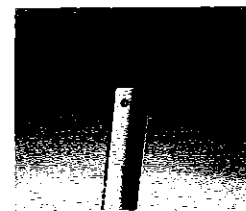
4.3) ทำการสร้างโครงสร้างของปีกนกตามรูปที่ 4.4.2 ตามแบบในส่วนภาคผนวกแบบ ส่วนประกอบ Plate 4/1 โดยทำการปรับแบบในรูปที่ 4.4.6 โดยทำการปรับที่ Scale 1:1 ลงกระดาษที่มีความเหมาะสมแล้วทำการคัดลวดทองแดงหรือเหล็กเส้นตามแบบที่ปรับโดยเริ่มจากการนำลวดทองแดงหรือเหล็กเส้นที่มีความแข็งไม่มากนักมาตัดตามรูปที่ 4.4.6 ชั้นที่ 1 หลังจากนั้นนำลวดที่คัดไปเป็นแบบในการคัดเหล็กซึ่งวัสดุเป็น CARBON STEEL PIPE 3/4 นิ้ว thickness 1.8 mm. AISI 1010 Steel , hot rolled bar ดังรูปที่ 4.2.6



รูปที่ 4.4.6 แบบ โครงปีกนก

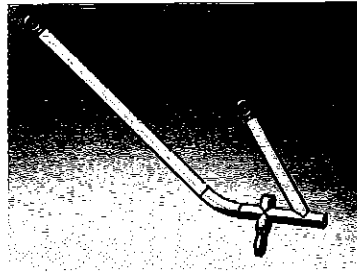
4.4) ทำการตัดเหล็กในรูปที่ 4.4.2 ชั้นที่ 2 แล้วทำการบากท่อในส่วนที่ตัดให้โค้งรับกับรูปที่ 4.4.1 ตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบส่วนประกอบ Plate 4/1 แล้วทำการตัดและบากเหล็กชั้นที่ 1 ในรูปที่ 4.4.2 ตามระยะที่กำหนดในแบบแล้วทำการเชื่อมชิ้นงานเข้าด้วยกัน

4.5) นำชิ้นงานในรูปที่ 4.4.3 ที่ทำในขั้นตอนที่ 2.2 มาสวมใส่ที่ ตำแหน่ง A และ B ในรูปที่ 4.4.2 แล้วทำการเชื่อมในรูปที่ได้ทำการเจาะดังรูปที่ 4.2.7



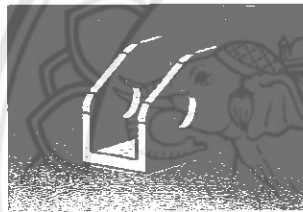
รูปที่ 4.4.7 จุดเชื่อมบูทยึด Rod End

4.6) นำ Rod End POS10(R) ดังรูปที่ 4.4.4 มาประกอบกับชิ้นงานที่ได้จาก ข้อ4.5 จะได้ ชิ้นงานดังรูปที่4.4.8

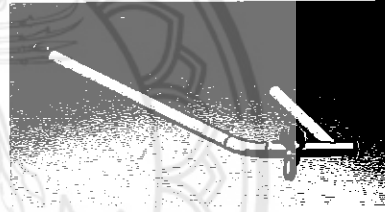


รูปที่4.4.8 ปีกนกหลังบน

4.7) ส่วนปีกนกหลังล่างจะมีส่วนที่แตกต่างจากปีกนกหน้าตรงที่มีตัวยึดจับก้านคคหลังดัง รูปที่4.4.9 สามารถสร้างตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แนบส่วนประกอบ Plate 4/2 เมื่อนำมา ประกอบกับปีกนกโดยการเชื่อมจะได้ดังรูปที่ 4.4.10



รูปที่4.4.9 ตัวยึดก้านคคหลัง

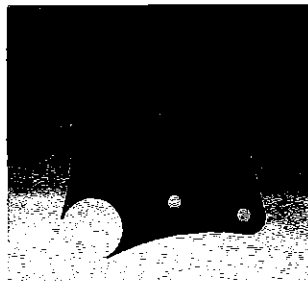


รูปที่4.4.10 ปีกนกหลัง

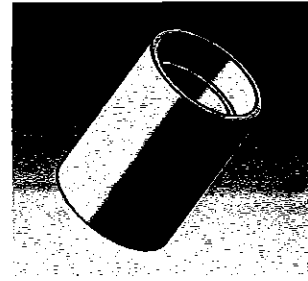
4.5 การสร้างตัวเปลี่ยนทิศทางหน้าและหลัง

หลังจากที่ได้ออกแบบชิ้นส่วนของตัวเปลี่ยนทิศทางหน้าและหลัง โดยคำนึงถึงการติดตั้ง และการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ชิ้นอื่นทำให้ได้รูปแบบที่จะมาใช้สร้างชิ้นงาน โดยการประกอบตัว เปลี่ยนทิศทางหน้าและหลังจะมีวิธีการและขั้นตอนในการสร้างเป็นลำดับดังนี้

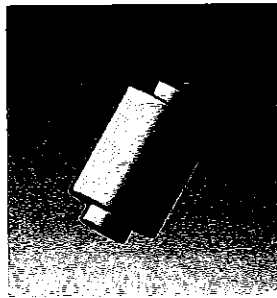
5.1) เนื่องจากตัวเปลี่ยนทิศทางหน้าและหลังมีส่วนประกอบหลักอยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ



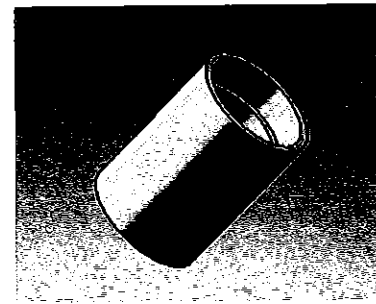
รูปที่4.5.1 ตัวเปลี่ยนทิศทาง



รูปที่4.5.1 เสื้อลูกปืนตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า



รูปที่ 4.5.1 ตัวยึดตัวเปลี่ยนทิศทาง



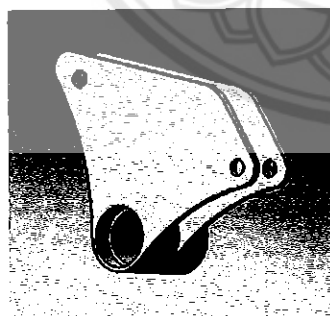
รูปที่ 4.5.1 เสื้อลูกปืนตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง

5.2) ทำการปรีนแบบในรูปที่ 4.5.1 โดยทำการปรีนที่ Scale 1:1 ลงบนกระดาษที่มีความเหมาะสม แล้วนำกระดาษที่ปรีนมาทากาวแล้วติดที่แผ่นสังกะสีที่มีความแข็งพอสมควร พร้อมทำการตัดแผ่นสังกะสีตามแบบ

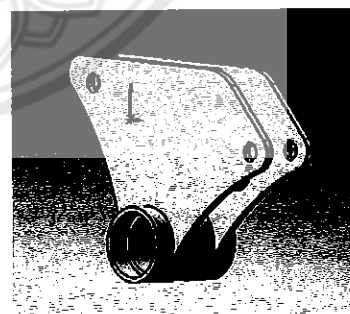
5.3) หลังจากที่ได้เลือกวัสดุเป็น AISI 1010 Steel , hot rolled bar ซึ่งมีความหนา 4 mm. เป็นวัสดุที่ใช้ทำตัวเปลี่ยนทิศทาง นำแบบที่เป็นสังกะสีมาวาดลงบนแผ่นเหล็กแล้วใช้อุปกรณ์ตัดแก๊ส ดังรูปที่ 4.1.4 ในการตัดเหล็กตามแบบ แล้วทำการเจาะส่วนที่เป็นรูตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบส่วนประกอบ Plate 5/1

5.4) ทำการกลึงชิ้นงานดังรูปที่ 4.5.2 จำนวน 2 ชิ้น , 4.5.3 จำนวน 8 ชิ้น และ 4.5.4 จำนวน 2 ชิ้น ตามแบบในส่วนภาคผนวกที่แบบส่วนประกอบ Plate 5/2-3

5.5) ทำการประกอบชิ้นงานทั้งหมดเข้าด้วยกันโดยการเชื่อม จะได้ชิ้นงานดังรูปที่ 4.5.5 และรูปที่ 4.5.6



รูปที่ 4.5.5 ตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า

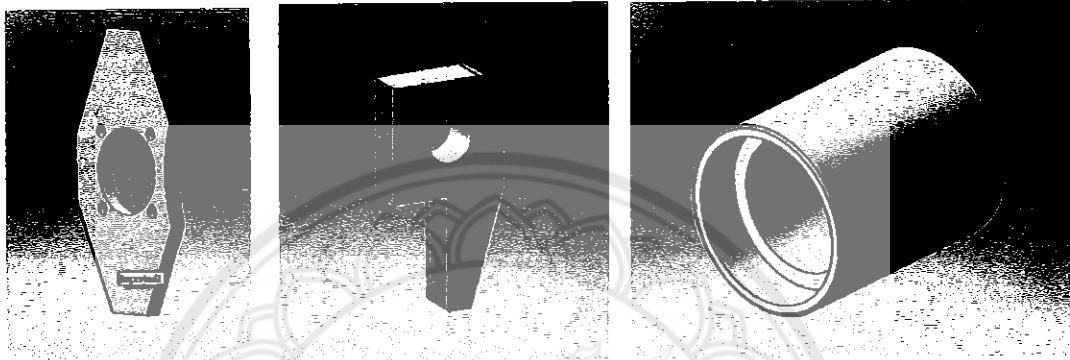


รูปที่ 4.5.6 ตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง

4.6 การสร้างคุมหลัง

หลังจากที่ได้ออกแบบชิ้นส่วนของคุมหลัง โดยคำนึงถึงการติดตั้งและการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นทำให้ได้รูปแบบที่จะมาใช้สร้างชิ้นงาน โดยการประกอบคุมหลังจะมีวิธีการและขั้นตอนในการสร้างเป็นลำดับดังนี้

6.1) เนื่องจากคุมหลังมีส่วนประกอบหลักอยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ



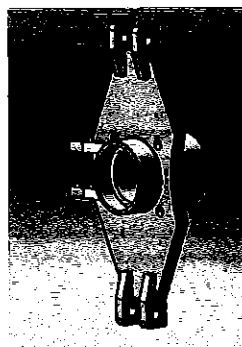
รูปที่ 4.6.1 ตัวคุมหลัง รูปที่ 4.6.2 หูจับปีกนกหลัง รูปที่ 4.6.3 ตัวคุมหลังปลอกลูกปืนสวมเพลลา

6.2) ทำการปรับแบบในรูปที่ 4.6.1 และรูปที่ 4.6.2 โดยทำการปรับที่ Scale 1:1 ลงกระดาษที่มีความเหมาะสม แล้วนำกระดาษที่ปรับมาทากาวแล้วติดที่แผ่นสังกะสีแผ่นเรียบที่มีความแข็งพอสมควร พร้อมทำการตัดแผ่นสังกะสีตามแบบ

6.3) หลังจากที่ได้เลือกวัสดุเป็น AISI 1010 Steel , hot rolled bar ซึ่งมีความหนา 6/8 นิ้ว สำหรับตัวคุมหลังและ 3/8 นิ้วสำหรับหูจับปีกนกหลังเป็นวัสดุที่ใช้งาน นำแบบที่เป็นสังกะสีจากข้อ 6.1 มาวางลงบนแผ่นเหล็กแล้วใช้อุปกรณ์ตัดเหล็กด้วยแก๊สดังรูปที่ 4.1.4 ในการตัดเหล็กตามแบบโดยตัดตัวคุมหลัง 2 ชิ้น และหูจับปีกนก 12 ชิ้น แล้วทำการเจาะส่วนที่เป็นรูตามแบบในสัณฐานภาพที่ แบบส่วนประกอบ Plate 6/1-2

6.4) ทำการกรึงชิ้นงานในรูปที่ 4.6.3 ตามแบบในสัณฐานภาพที่ แบบส่วนประกอบ Plate 6/3

6.5) ทำการประกอบชิ้นส่วนจากข้อ 6.3 และข้อ 6.4 เข้าด้วยกันโดยการเชื่อมดังรูปที่ 4.6.4



รูปที่ 4.6.4 คุมหลัง

บทที่ 5

ผลการดำเนินงาน และการวิเคราะห์

5.1 การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์ชิ้นงานภายใต้ภาระสถิตประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ

1. กำหนดคุณสมบัติและชนิดวัสดุของชิ้นงาน: Materials Editor
2. กำหนดชนิดการวิเคราะห์ และ กำหนดชนิดของ mesh
3. กำหนดจุดยึด (restraints) และ กำหนดภาระที่กระทำกับชิ้นงาน
4. กำหนด mesh option และสร้าง mesh ของการวิเคราะห์
5. สั่งประมวลผล (RUN)
6. แสดงผลภายใต้การวิเคราะห์

วัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์จะเป็นเหล็ก AISI 1010 ซึ่งเป็นเหล็กที่ร้อน มีค่าคุณสมบัติดังรูป

Material

Select material source

Use SolidWorks material

Custom defined

Center library

From library files

cosmos materials

Steel (30)

- 1023 Carbon
- 201 Anneal
- A286 Iron B
- AISI 1010 Steel, hot rolled bar**
- AISI 1015 S1
- AISI 1020
- AISI 1020 S
- AISI 1035 S
- AISI 1045 S
- AISI 304
- AISI 316 An
- AISI 316 S1
- AISI 321 An
- AISI 347 An

Properties: Tables & Curves | Fatigue SN Curves

Material Properties:

Model Type: Linear Elastic Isotropic

Units: SI

Category:

Name:

Description:

Description	Value	Units	Temp Dependency
EX Elastic modulus	2e+11	N/m ²	Constant
NUXY Poisson's ratio	0.29	NA	Constant
GXY Shear modulus	8e+10	N/m ²	Constant
DENS Mass density	7870	kg/m ³	Constant
SIGXT Tensile strength	325000000	N/m ²	Constant
SIGXC Compressive strength		N/m ²	Constant
SIGYLD Yield strength	180000000	N/m ²	Constant
ALPX Thermal expansion coefficient	1.22e-005	/Kelvin	Constant
KX Thermal conductivity	51.9	W/(m.K)	Constant
C Specific heat	448	J/(kg.K)	Constant

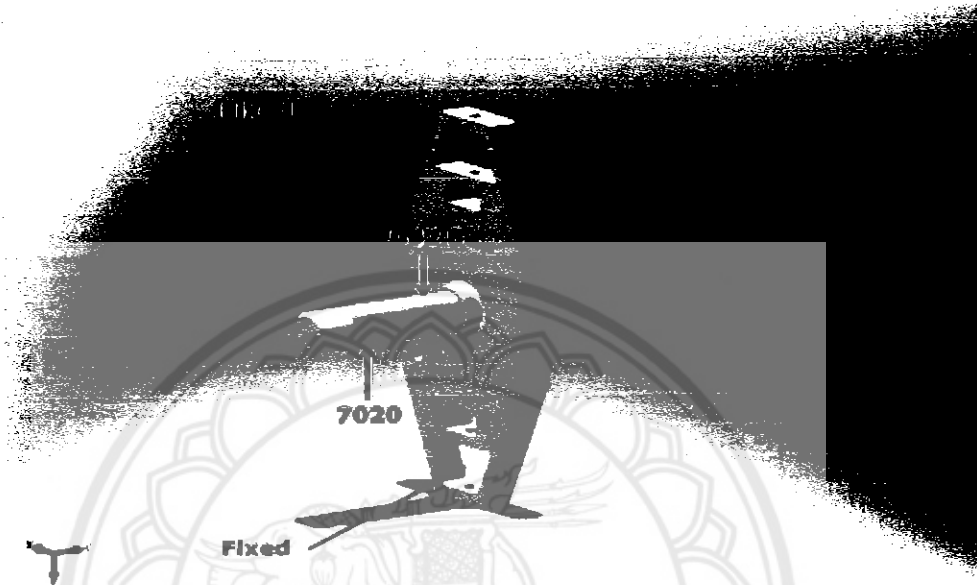
OK Cancel Edit Help

รูปที่ 5.1 รูปแสดงค่าคุณสมบัติของเหล็ก AISI 1010

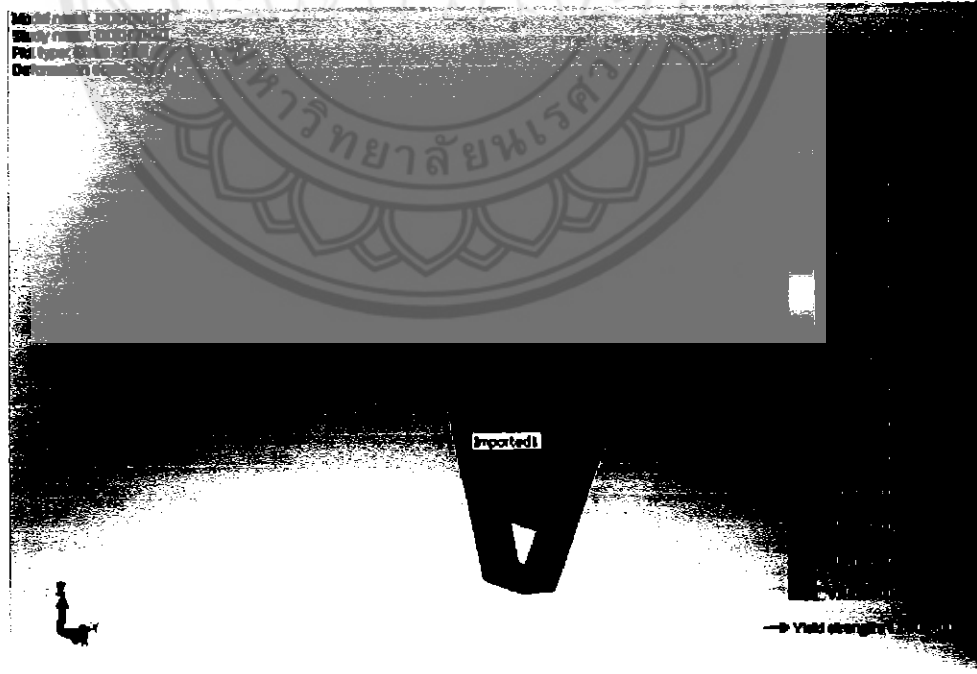
1. คุมหน้า

ขนาดแรงที่กระทำ 7020 N, 2092.5 N จุดรองรับเป็นแบบ Fixed support ที่หูจับปีกนก

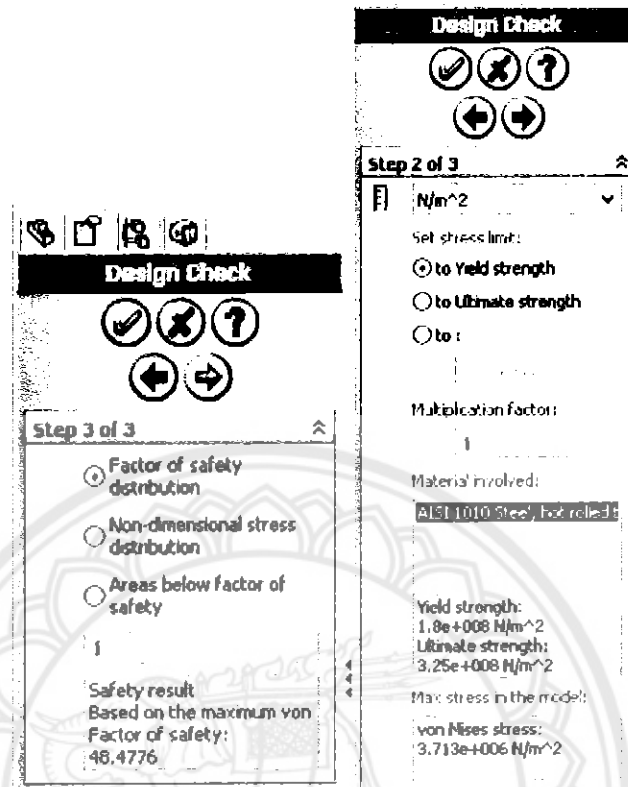
ขนาด Mesh = 50



รูปที่ 5.2 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของคุมหน้า



รูปที่ 5.3 Von mises stress ของคุมหน้า



รูปที่ 5.4 Factor of safety, Yield strength และ Von mises stress ของคานหน้า

จากการวิเคราะห์จะได้ค่า Yield Strength = 180 MPa

Von mises stress = 3.713 MPa

Factor of safety = 48.4776

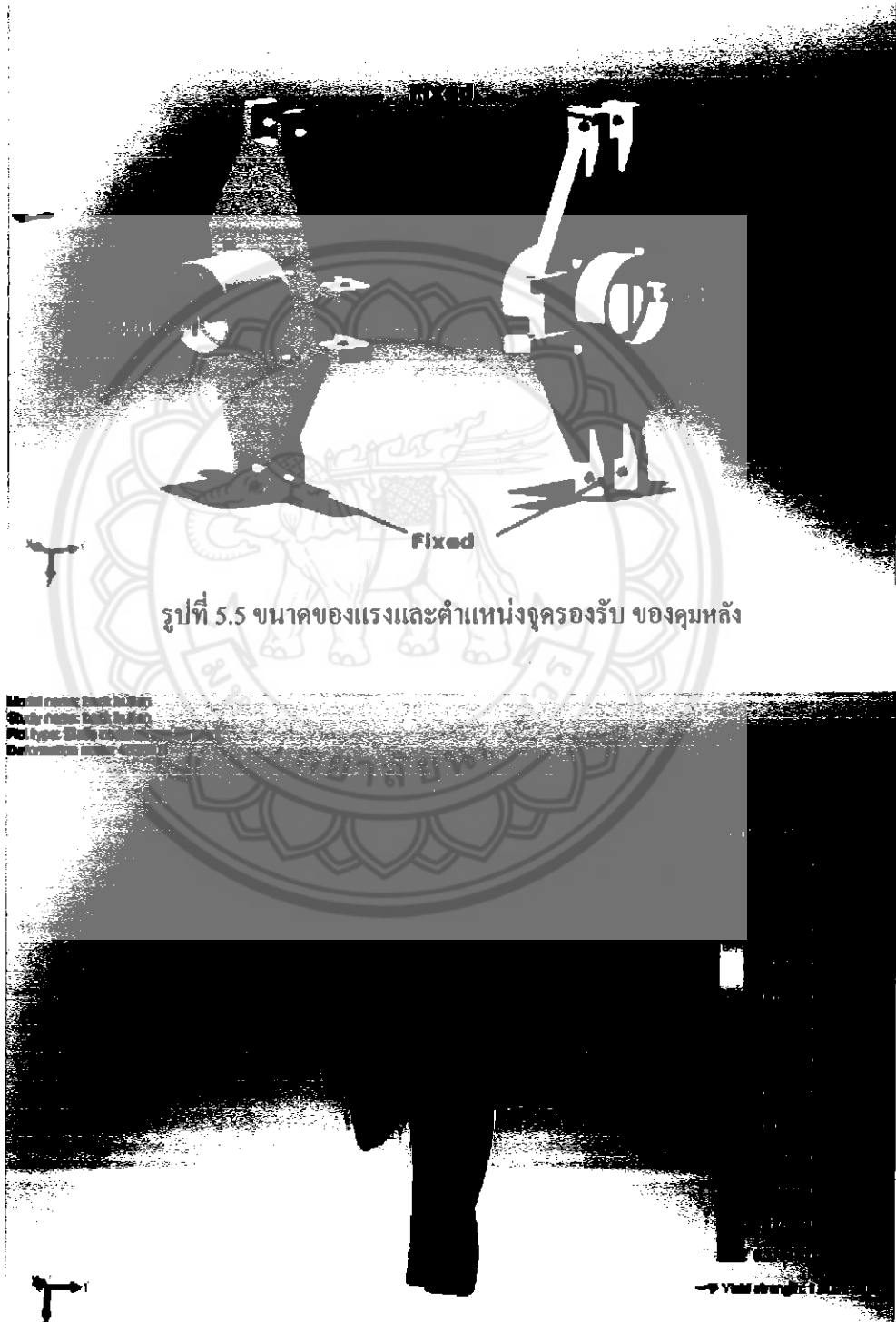
ซึ่งชิ้นส่วนคานหน้าที่ได้ออกแบบ สามารถรับแรงที่มากกระทำได้มากถึง 340,312.752 N

หรือ 34.7 ตัน

2. ดุมหลัง

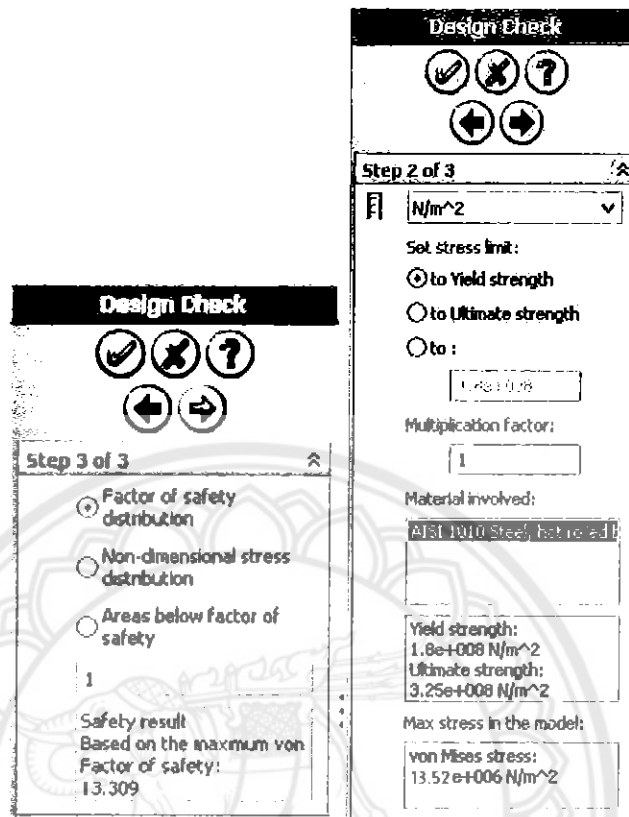
ขนาดแรงที่กระทำ 21,172 N, 11,522 N จุดรองรับเป็นแบบ Fixed support ที่หุบปีกนก

ขนาด Mesh = 50



รูปที่ 5.5 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของดุมหลัง

รูปที่ 5.6 Von mises stress ของดุมหลัง



รูปที่ 5.7 Factor of safety, Yield strength และ Von mises stress ของคุมหลัง

จากการวิเคราะห์จะได้ค่า Yield Strength = 180 MPa

Von mise stress = 13,525 MPa

Factor of safety = 13.309

ซึ่งชิ้นส่วนคุมหลังที่ได้ออกแบบ สามารถรับแรงที่มากกระทำได้มากถึง 281,778.15 N หรือ

28.7 ตัน

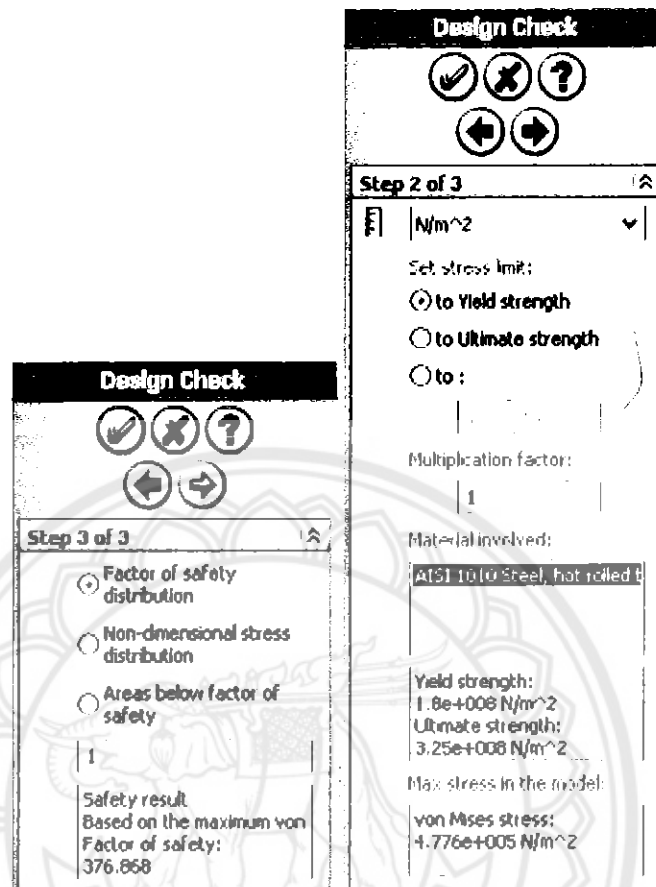
3. ปีกนกหน้าบน

ขนาดแรงที่กระทำ 2092.5 N จุดรองรับเป็นแบบ Fixed support 2 จุด ขนาด Mesh = 50



รูปที่ 5.8 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของปีกนกหน้าบน

รูปที่ 5.9 Von mises stress ของปีกนกหน้าบน



รูปที่ 5.10 Factor of safety, Yield strength และ Von mises stress ของปีกนกหน้าบน

จากการวิเคราะห์ห้จะ ได้ค่า Yield Strength = 180 MPa

Von mises stress = 0.4776 MPa

Factor of safety = 376.868

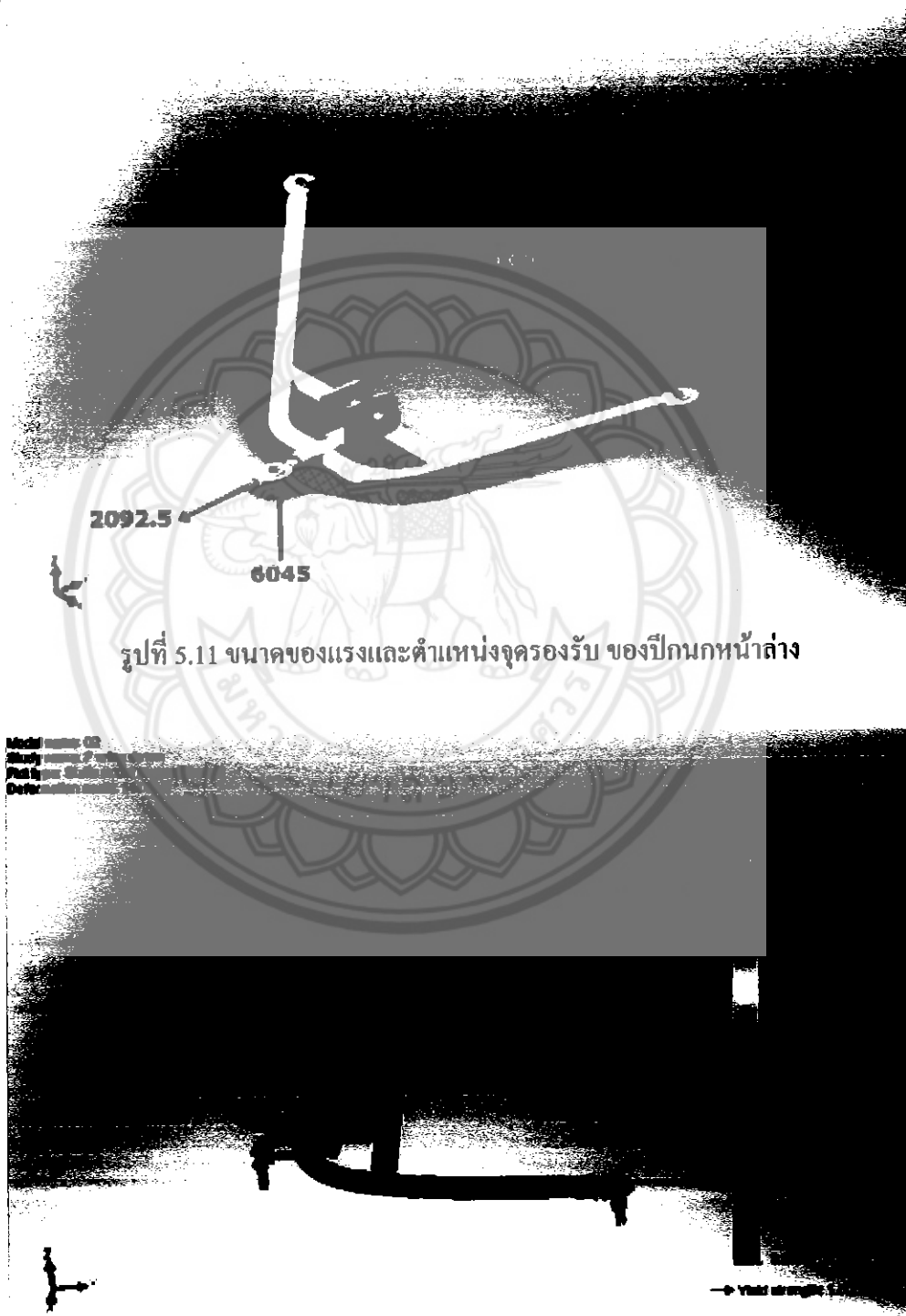
ซึ่งชิ้นส่วนปีกนกที่ได้ออกแบบ สามารถรับแรงที่มากกระทำได้มากถึง 788,596 N หรือ 80.4

ตัน

4. ปีกนกหน้าล่าง

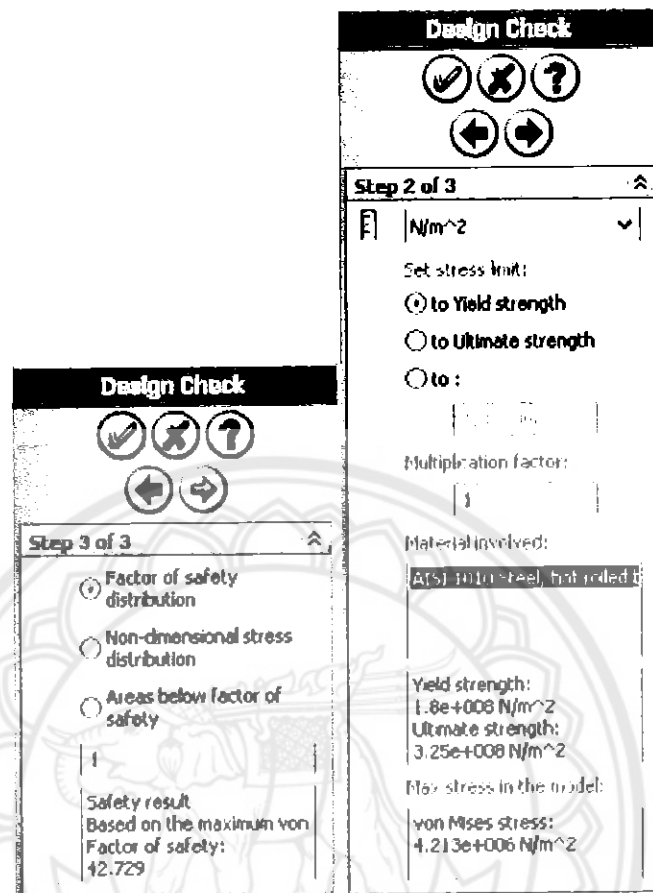
ขนาดแรงที่กระทำ 2092.5 N, 6045 N จุดรองรับเป็นแบบ Fixed support 3จุด ขนาด Mesh

= 50



รูปที่ 5.11 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของปีกนกหน้าล่าง

รูปที่ 5.12 Von mises stress ของปีกนกหน้าล่าง



รูปที่ 5.13 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของปีกนกหน้าล่าง

จากการวิเคราะห์จะได้ค่า Yield Strength = 180 MPa

Von mises stress = 4.213 MPa

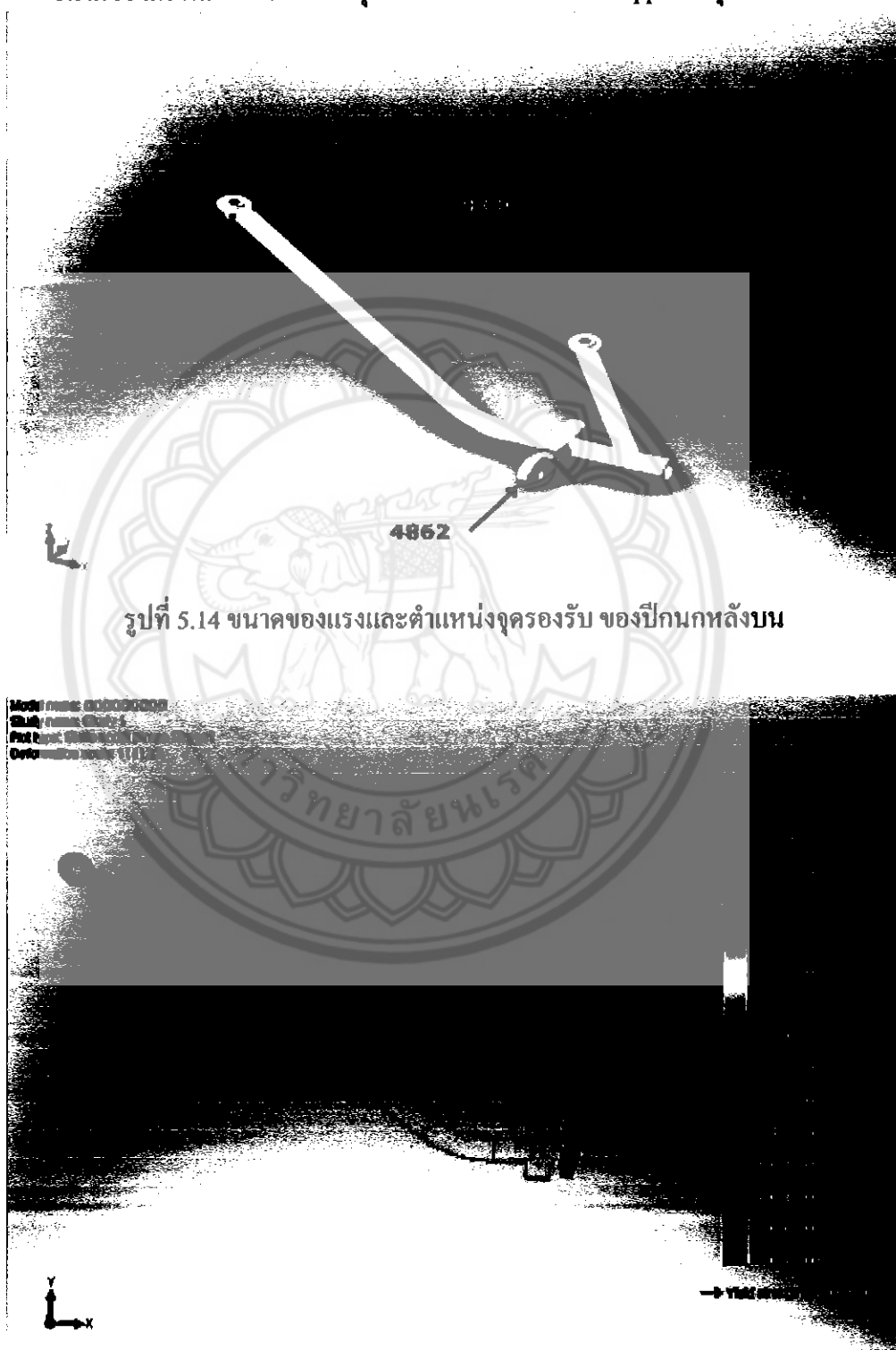
Factor of safety = 42.729

ซึ่งชิ้นส่วนปีกนกที่ได้ออกแบบ สามารถรับแรงที่มากกระทำ ได้มากถึง 258,297 N หรือ 26.3

ตัน

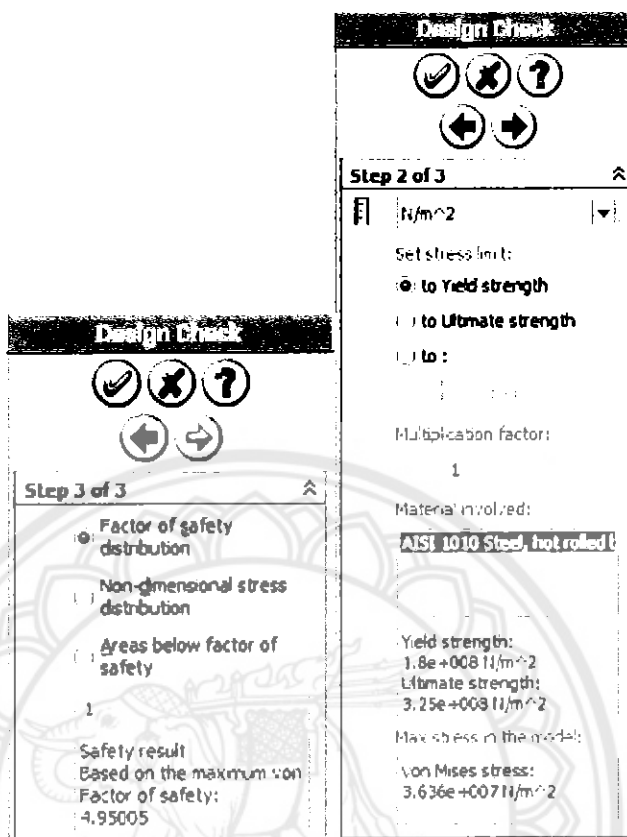
5. ปีกนกหลังบน

ขนาดของแรงที่กระทำ 4862N จุดรองรับเป็นแบบ Fixed support 2 จุด ขนาด Mesh = 50



รูปที่ 5.14 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของปีกนกหลังบน

รูปที่ 5.15 Von mises stress ของปีกนกหลังบน



รูปที่ 5.16 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของปีกนกหลังบน

จากการวิเคราะห์จะได้ค่า Yield Strength = 180 MPa

Von mises stress = 36.36 MPa

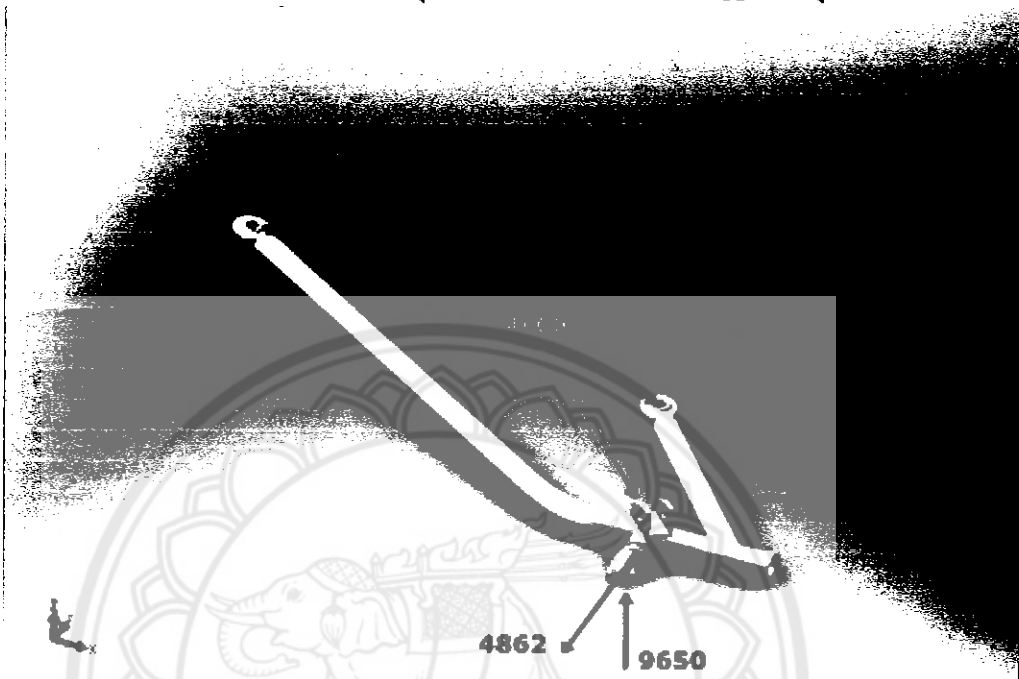
Factor of safety = 4.95005

ซึ่งชิ้นส่วนปีกนกที่ได้ออกแบบ สามารถรับแรงที่มากกระทำได้มากถึง 24,067 N หรือ 2.4

ตัน

6. ปีกนกหลังต่าง

ขนาดของแรงที่กระทำ 4862 N, 9650 N จุดรองรับเป็นแบบ Fixed support 3 จุด ขนาด Mesh = 50

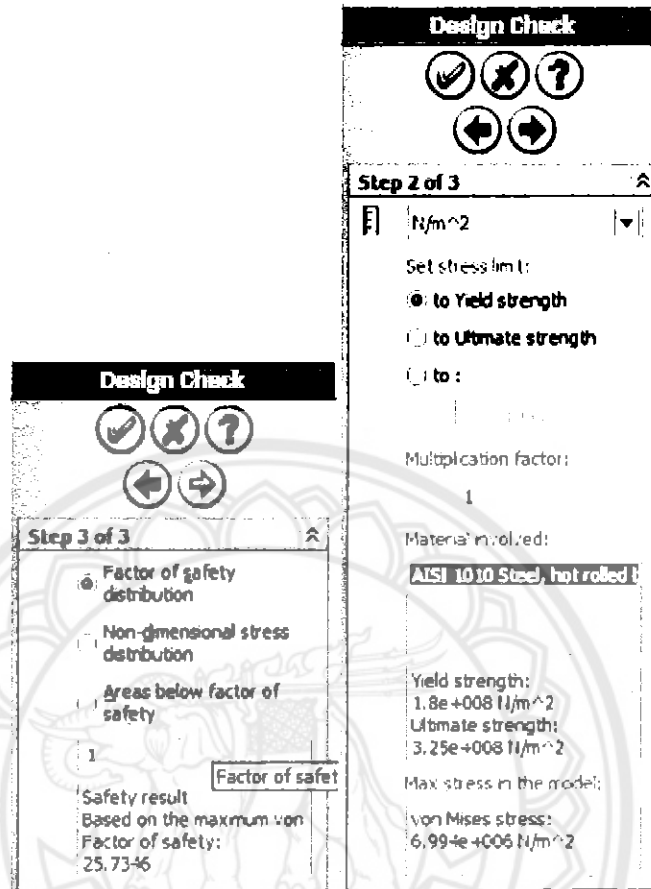


รูปที่ 5.17 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของปีกนกหลังล่าง

Model name: 001
Study name: Study 1
File name: 001_001_001_001_001
Deformation name: 1



รูปที่ 5.18 Von mises stress ของปีกนกหลังล่าง



รูปที่ 5.19 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของปีกนกหลังล่าง

จากการวิเคราะห์จะได้ค่า Yield Strength = 180 MPa

Von mises stress = 6.994 MPa

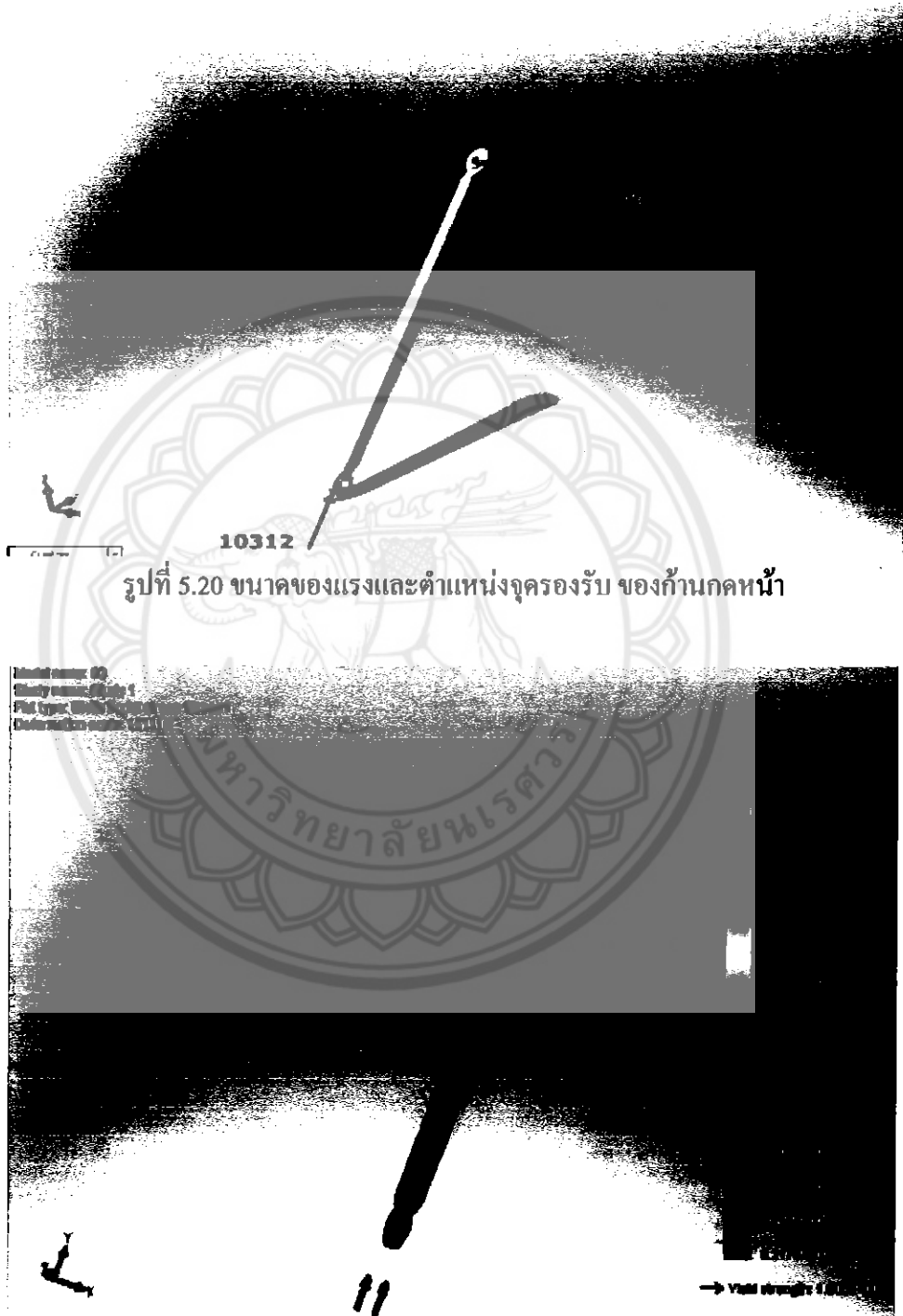
Factor of safety = 25.7346

ซึ่งชิ้นส่วนปีกนกที่ได้ออกแบบ สามารถรับแรงที่มากระทำได้มากถึง 248,339 N หรือ 25

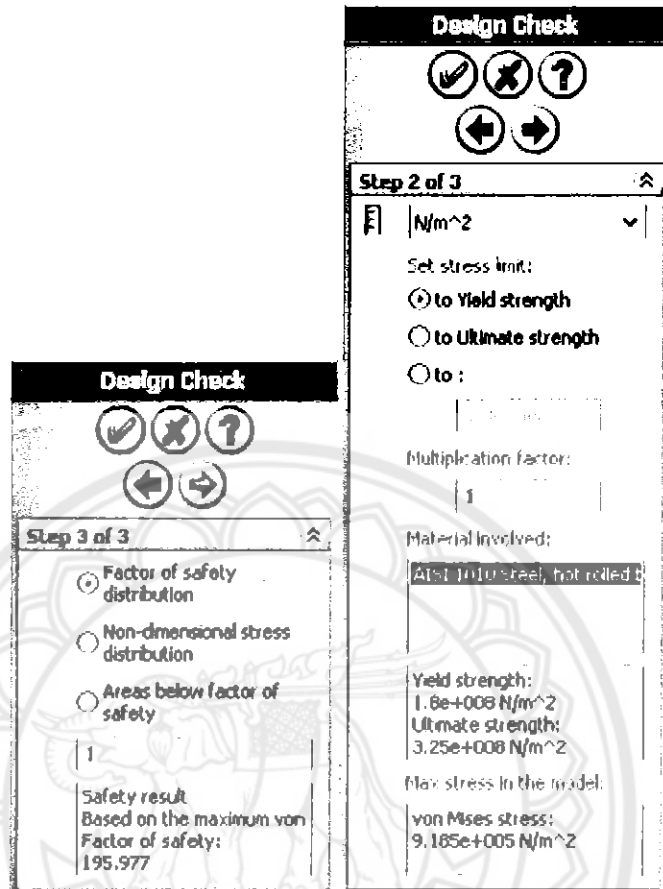
ตัน

7. ก้านคคหน้า

ขนาดของแรงที่กระทำ 10312 N จุดรองรับเป็นแบบ Fixed support 1 จุด ขนาด Mesh = 50



รูปที่ 5.21 Von mises stress ของก้านคคหน้า



รูปที่ 5.22 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของก้านคาน้ำ

จากการวิเคราะห์จะได้ค่า Yield Strength = 180 MPa

Von mises stress = 0.9185 MPa

Factor of safety = 195.977

ซึ่งชิ้นส่วนก้านคาน้ำได้ออกแบบ สามารถรับแรงที่มากกระทำได้มากถึง 2,020,914 N หรือ

206 ตัน

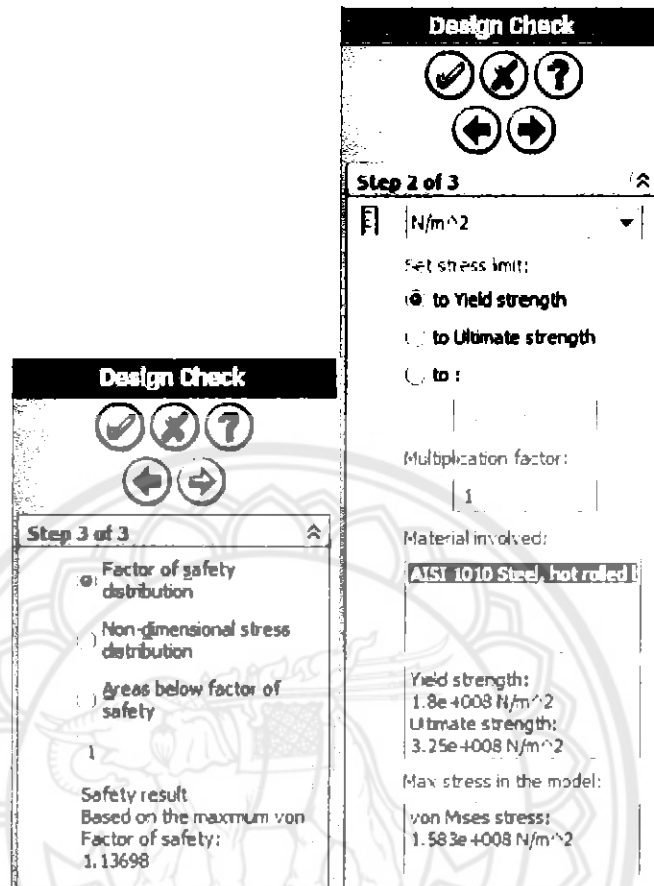
8. ก้านกดหลัง

ขนาดของแรงที่กระทำ 18878 N จุดรองรับเป็นแบบ Fixed support 1 จุด ขนาด Mesh = 50



รูปที่ 5.23 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของก้านกดหลัง

รูปที่ 5.24 Von mises stress ของก้านกดหลัง



รูปที่ 5.25 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของก้านคดหลัง

จากการวิเคราะห์จะได้ค่า Yield Strength = 180 MPa

Von mises stress = 1.583 MPa

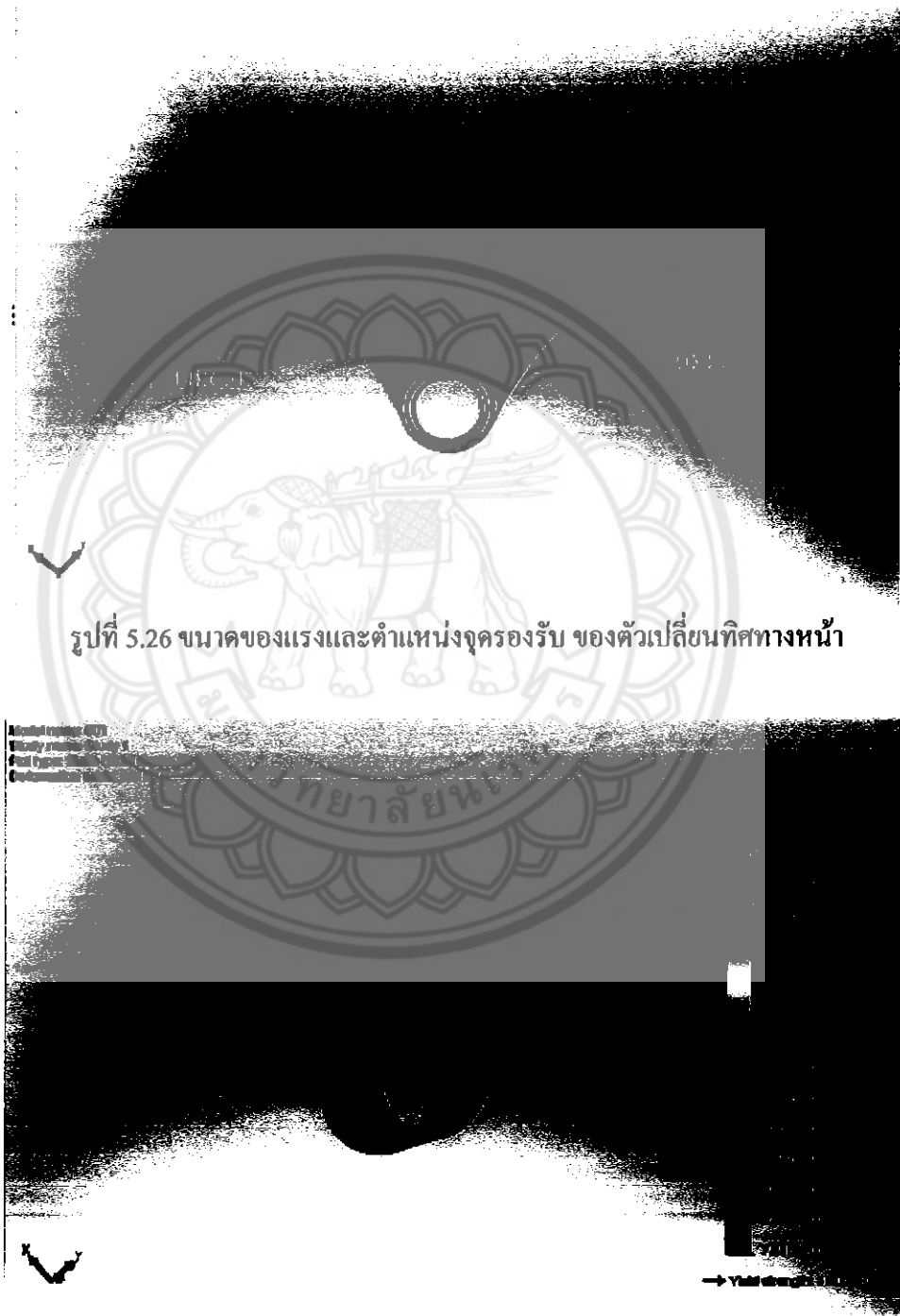
Factor of safety = 1.13698

ซึ่งชิ้นส่วนก้านคดที่ได้ออกแบบ สามารถรับแรงที่มากระทำได้มากถึง 21,464 N หรือ 2.2

ตัน

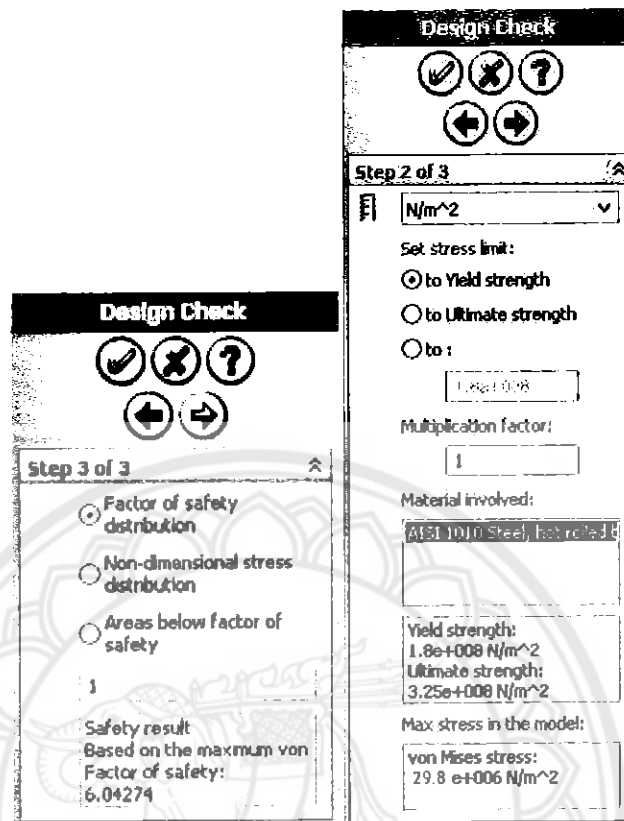
9. ตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า

ขนาดของแรงที่กระทำ 10312 N จุดรองรับเป็นแบบ Fixed support 1 จุด ขนาด Mesh = 62.0526



รูปที่ 5.26 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า

รูปที่ 5.27 Von mises stress ของตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า



รูปที่ 5.28 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า

จากการวิเคราะห์จะได้ค่า Yield Strength = 180 MPa

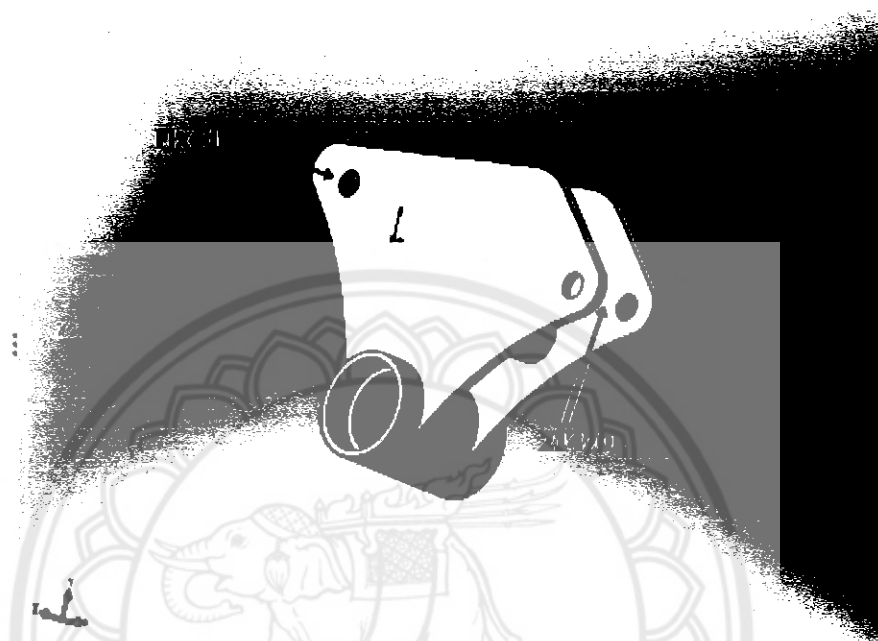
Von mises stress = 29.8 MPa

Factor of safety = 6.04274

ซึ่งชิ้นส่วนตัวเปลี่ยนทิศทางที่ได้ออกแบบ สามารถรับแรงที่มากระทำได้มากถึง 122,740 N หรือ 12.5 ตัน

10. ตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง

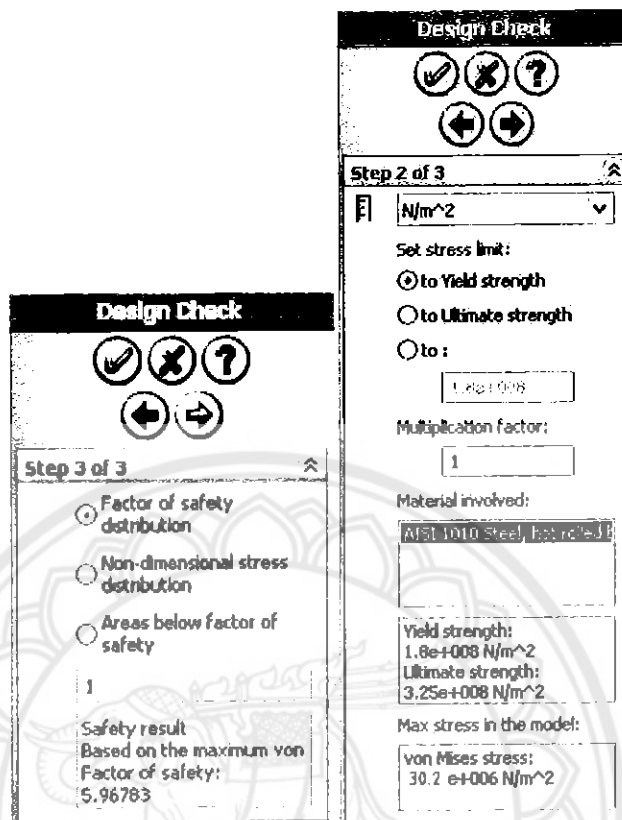
ขนาดของแรงที่กระทำ 21470 N จุดรองรับเป็นแบบ Fixed support 1 จุด ขนาด Mesh = 62.0526



รูปที่ 5.29 ขนาดของแรงและตำแหน่งจุดรองรับ ของตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง



รูปที่ 5.30 Von mises stress ของตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง



รูปที่ 5.31 Factor of safety; Yield strength และ Von mises stress ของตัวเปลี่ยนทิศทางหลัง

จากการวิเคราะห์จะได้ค่า Yield Strength = 180 MPa

Von mises stress = 30.2 MPa

Factor of safety = 5.96783

ซึ่งชิ้นส่วนตัวเปลี่ยนทิศทางที่ได้ออกแบบ สามารถรับแรงที่มากระทำได้มากถึง 128,129 N หรือ 13 ตัน

จากการทดสอบวิเคราะห์ชิ้นส่วนต่างๆทั้ง 10 ชิ้น ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แล้ว ค่า Factor of safety ของแต่ละชิ้นจะได้ดังนี้

- Factor of safety ของค้อนหน้า = 48.5
- Factor of safety ของค้อนหลัง = 13.309
- Factor of safety ของปีกนกหน้าบน = 376.868
- Factor of safety ของปีกนกหน้าล่าง = 42.73
- Factor of safety ของปีกนกหลังบน = 4.9
- Factor of safety ของปีกนกหลังล่าง = 25.7
- Factor of safety ของก้านค้อนหน้า = 196

- Factor of safety ของก้านคคหลัง = 1.14
- Factor of safety ของตัวเปลี่ยนทิศทางหน้า = 6.043

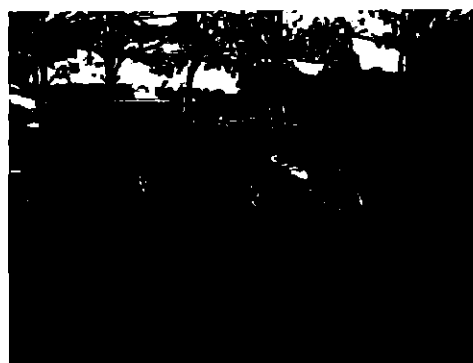
5.2 การทดสอบ และการแข่งขัน

จากที่ทำการสร้างรถเสร็จแล้ว ก่อนการแข่งขันได้นำรถไปทดสอบการขับขี่โดยการทดสอบจะแบ่งเป็น

1. วิ่งทางตรง ความเร็วสูงสุดประมาณ 140 กม./ชม.
2. เข้าโค้งด้วยความเร็วประมาณ 80 กม./ชม. ที่รัศมีความโค้ง 50 เมตร
3. ขับสลาลมระยะกรวย 6 เมตร
4. ทดสอบเบรก Test ที่ความเร็ว 60 กม./ชม. จนรถหยุดนิ่ง โดยรวมแล้วใช้เวลาในการทดสอบประสิทธิภาพประมาณ 50 ชั่วโมง



รูปที่ 5.32 การทดสอบขับสลาลม



รูปที่ 5.33 ทดสอบเบรก Test

การทดสอบประสิทธิภาพจากการขับในลักษณะต่างๆ โดยรวมแล้วใช้เวลาในการทดสอบ ประสิทธิภาพประมาณ 50 ชั่วโมง ผลปรากฏว่าชิ้นส่วนที่ได้ออกแบบไม่เกิดการเสียหายแม้แต่ชิ้น เดียว การแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2007 จัดขึ้นในวันที่ 17-18 มีนาคม 2550 ณ สนามทดสอบ ยางบริดจสโตน จังหวัด สระบุรี โดยมีผู้เข้าร่วมแข่งขันจาก 17 สถาบันทั่วประเทศ ภาพการแข่งขัน จะกล่าวในส่วนภาคผนวก



บทที่ 6

บทสรุป

6.1 สรุปผลการทดสอบ

โครงการนี้จะศึกษาเกี่ยวกับ การออกแบบ สร้าง และวิเคราะห์ชิ้นส่วนส่งถ่ายแรง โดยการออกแบบจะออกแบบรูปร่างของชิ้นส่วนรวมถึงวัสดุที่ใช้ในการสร้าง โดยใช้โปรแกรมช่วยวาดรูป ทำการสร้างชิ้นส่วนตามที่ได้ออกแบบไว้ และทำการวิเคราะห์ภาระที่กระทำต่อโครงสร้าง ส่วนการวิเคราะห์จะแยกออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ การวิเคราะห์ภาระกระทำต่อชิ้นส่วนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้คือ ค่า Static Load และค่า Dynamic Factor และเมื่อนำค่า Dynamic Factor นำมาคูณกับค่า Static load และ Factor of Safety จะได้ค่า Equivalent load ที่กระทำแต่ละชิ้นส่วน อีกส่วนคือการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะนำค่า Equivalent load ที่กระทำต่อชิ้นส่วนมา วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะหาค่าความเสียหายของแต่ละชิ้นส่วน

จากผลการทดสอบชิ้นส่วน โดยการนำมาใช้งาน และผลการวิเคราะห์ด้วยการ โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์ชิ้นส่วนส่งถ่ายแรงในระบบกันสะเทือน จะพบว่าชิ้นส่วนสามารถรับแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วนได้ทุกชิ้น แต่ชิ้นส่วนบางชิ้นมีค่า Factor of Safety ที่สูงมากเกินไป ซึ่งเป็นผลมาจากการนำชิ้นงานที่ได้จากการออกแบบมาสร้างโดยไม่ได้ผ่านกระบวนการทางระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ก่อน ซึ่งค่า Factor จะมีค่ามากหรือน้อยนั้นจะแปรผันไปกับ ชนิดของวัสดุ รูปแบบและขนาดของชิ้นส่วนที่ใช้งาน

ส่วนผลจากการทดสอบชิ้นส่วนโดยการนำไปใช้งานในการแข่งขัน TSAE Auto challenge 2007 ผลปรากฏว่าชิ้นส่วนที่ได้ทำการสร้างขึ้นสามารถใช้งานได้อย่างดีไม่มีการเสียหาย ซึ่งก่อนการแข่งขันได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพประมาณ 50 ชั่วโมง โดยมีการใช้ความเร็วสูงสุดประมาณ 140 กม/ชม. มีการเข้าโค้งด้วยความเร็วประมาณ 80 กม./ชม.ที่รัศมีความโค้ง 50 เมตร และทำการทดสอบเบรก Test ที่ความเร็ว 60 กม./ชม.จนรถหยุดนิ่ง ผลปรากฏว่าชิ้นงานที่ได้ออกแบบไม่เกิดการเสียหายแม้แต่ชิ้นเดียว

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานย่อมต้องประสบกับปัญหาต่างๆ ที่ทำให้เกิดความยากลำบากในการทำงาน ปัญหาที่เกิดในการทำโครงการนี้คือ

-เนื่องจากการออกแบบชิ้นส่วนสามารถรับแรงได้มากเกินความจำเป็นอันเนื่องมาจากข้อจำกัดในเรื่องของเวลาการทำงานทำให้ไม่มีเวลาที่จะนำชิ้นงานมาทำการปรับปรุงให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานและการออกแบบชิ้นส่วนใหม่โดยการเลือกวัสดุชนิดใหม่ การลดขนาดของชิ้นส่วนหรือการตัดเจาะเพื่อลดน้ำหนักให้ชิ้นส่วน มีน้ำหนักเบาลงและให้เหมาะสมกับค่า Factor of Safety จะต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการออกแบบใหม่

-ในการทำงานครั้งต่อไปควรจัดสรรเวลาในการปฏิบัติงานให้เหมาะสมเพื่อกระบวนการทำงานที่ถูกต้อง ซึ่งเริ่มจากการออกแบบ, วิเคราะห์ทางระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และกระบวนการสร้าง และที่สำคัญควรจะวางเป้าหมายในการทำงานให้ชัดเจนเช่นต้องการรถแข่งที่มีประสิทธิภาพหรือต้องการสร้าง โดยใช้งบประมาณเท่าที่มี ซึ่งรถที่มีประสิทธิภาพควรจะใช้วัสดุและกระบวนการผลิตที่ดีและผลที่ตามมาก็เป็นค่าใช้จ่ายที่สูงตาม

- เมื่อทำการ Run โปรแกรมแล้ว เกิดข้อผิดพลาดขึ้นมา (Error) ซึ่งอาจเกิดจากชิ้นส่วนที่ขีดคิดกันไม่สนิท เนื่องจากการเขียนแบบในโปรแกรมวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ อาจจะทำให้ชิ้นส่วนบางชิ้นที่ติดกัน เกิดช่องว่างขึ้นมา วิธีการแก้ปัญหา คือเขียนแบบใน โปรแกรมวาดรูป แทนการเขียนแบบในโปรแกรมวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ หลังจากนั้น ทำการ Import File เข้ามายังโปรแกรมวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

- ความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ ดังเช่น ในกระบวนการ Mesh element หากกำหนดขนาดของ mesh size เล็กเกินไป จะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานหนักเกินไป และไม่สามารถวิเคราะห์ต่อไปได้ วิธีการแก้ปัญหา คือ เพิ่มขนาดของ mesh size ให้ใหญ่ขึ้นกว่าเดิม จะเป็นการลดภาระของเครื่องคอมพิวเตอร์ลงได้ แต่จะทำให้ขาดความละเอียดของค่า Factor of Safety ที่ได้มา

บรรณานุกรม

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ วิศิษฎ์ เคชพันธ์. กลศาสตร์วิศวกรรม ภาคสถิตยศาสตร์ Engineering Mechanics Statics. กรุงเทพฯ : ไชยอน แอนด์ ซุสเคอร์ อินโดไชน่า, 2541.
- ปราโมทย์ เคชชะอำไพ. ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รศ. ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี และ สถาพร วันฉาย. Solidwork/COSMOSWork ขั้นพื้นฐาน (วิเคราะห์ความแข็ง). กรุงเทพฯ:สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทยญี่ปุ่น),2549
- Jornsen Reimpell and Helmut Stoll. The Automotive Chassis ; Engineering Principles. London: Hodder Headline Group, 1996.
- Robert L. Mott and John Tong. Mechine Elements in Mechanical Design. 4th ed. Pearson Education, 2004.





ภาคผนวก ก.
ตัวอย่างการวิเคราะห์ชิ้นส่วนด้วยโปรแกรม Solid Work

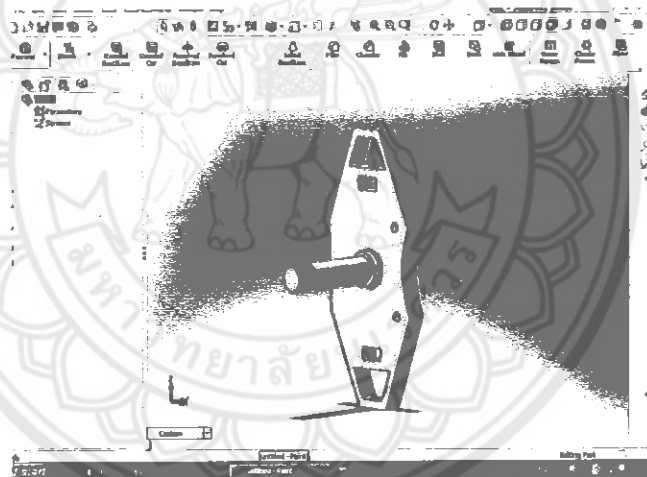
การวิเคราะห์COSMOS works [Part : Static Analysis]

COSMOS works [Part: Static Analysis]

การวิเคราะห์ชิ้นงานภายใต้โหลดสถิตประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ

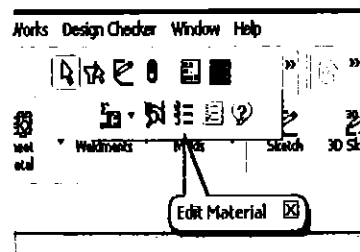
1. กำหนดคุณสมบัติและชนิดวัสดุของชิ้นงาน: Materials Editor
2. กำหนดชนิดการวิเคราะห์ และ กำหนดชนิดของ mesh
3. กำหนดจุดยึด (restraints) และ กำหนดภาระที่กระทำกับชิ้นงาน
4. กำหนด mesh option และสร้าง mesh ของการวิเคราะห์
5. สั่งประมวลผล (RUN)
6. แสดงผลภายใต้การวิเคราะห์

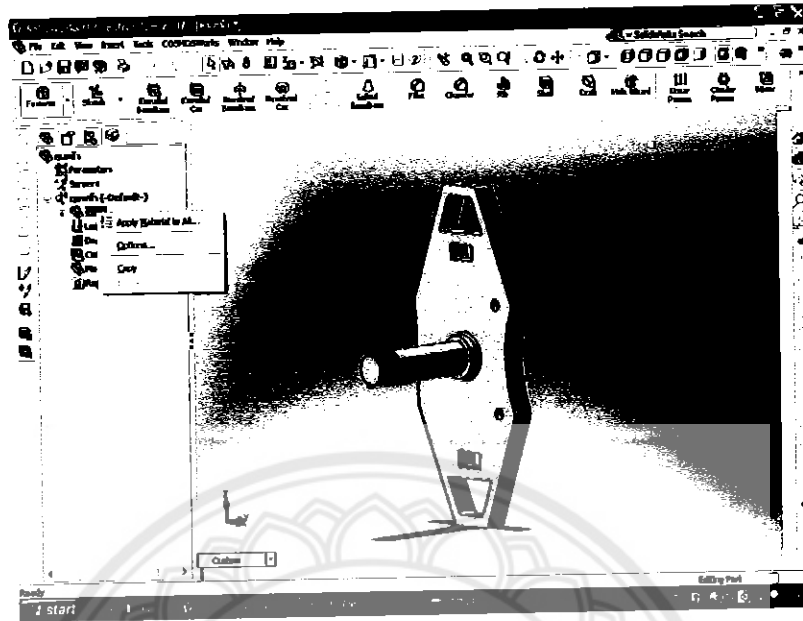
เลือกคำสั่ง Cosmos Works ขึ้นมาโดยตัวโปรแกรมจะขึ้นมาเป็นสัญลักษณ์



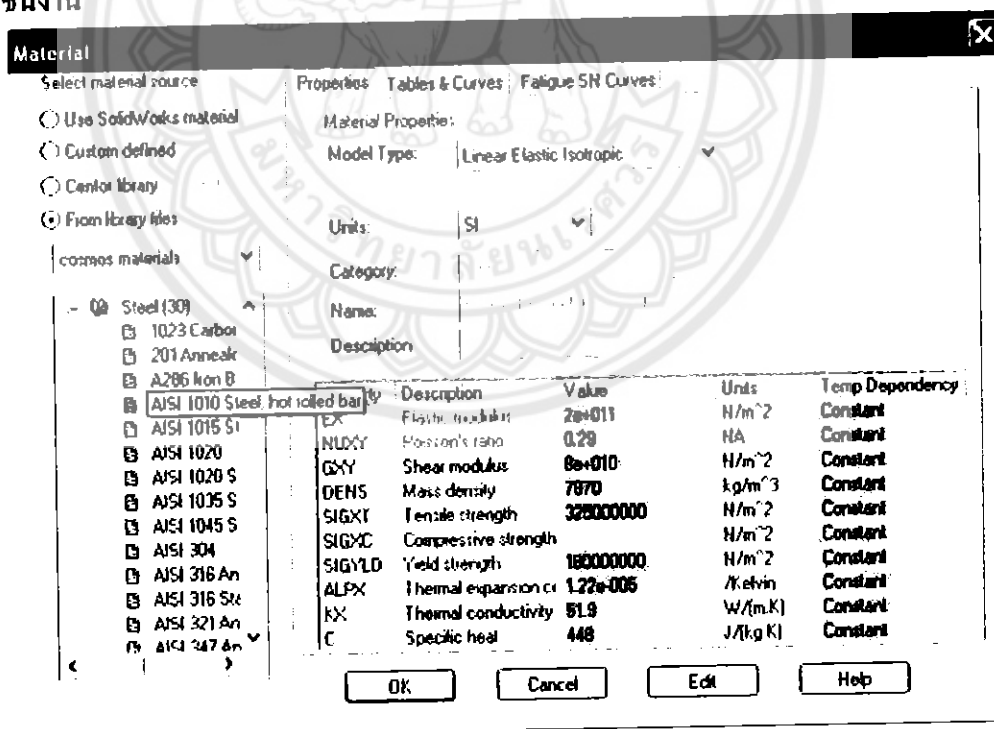
1. กำหนดคุณสมบัติของชิ้นงาน

- เรียก Edit Material หรือคลิกขวาที่ Solids ตามภาพข้างล่าง



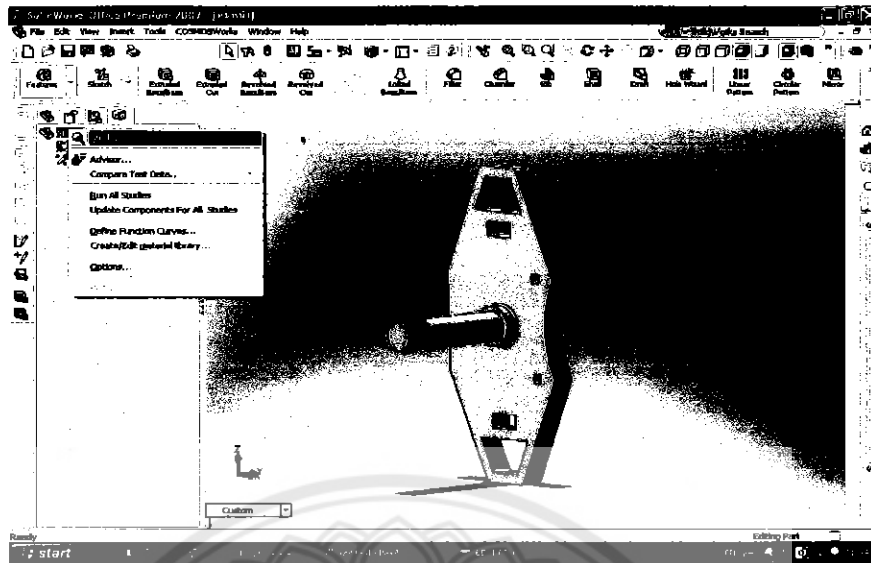


- กำหนดชนิดวัสดุ โดยจะเลือกวัสดุเป็นวัสดุ AISI 1010 Hot rolled bar จะแสดงคุณสมบัติของชิ้นงาน

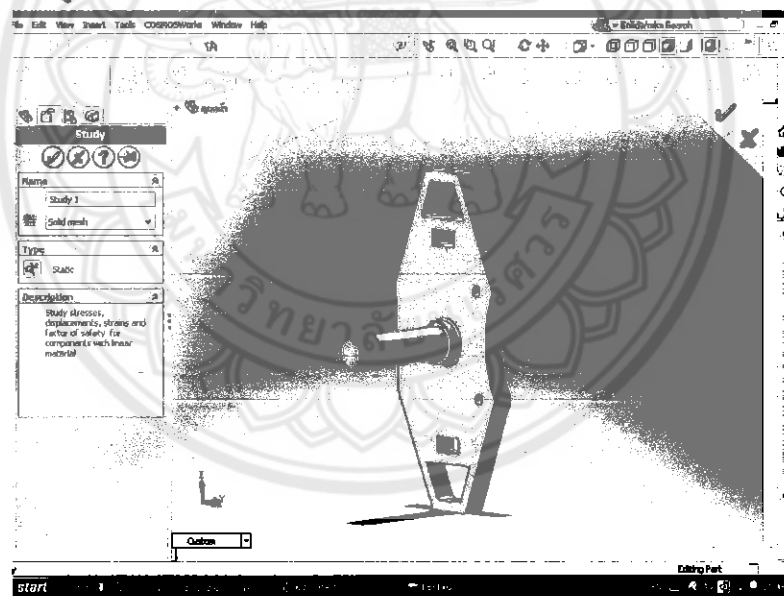


2. กำหนดชนิดการวิเคราะห์

- เลือก COSMOS Works Manager tab
- กดเมาส์ปุ่มขวา เลือก Study

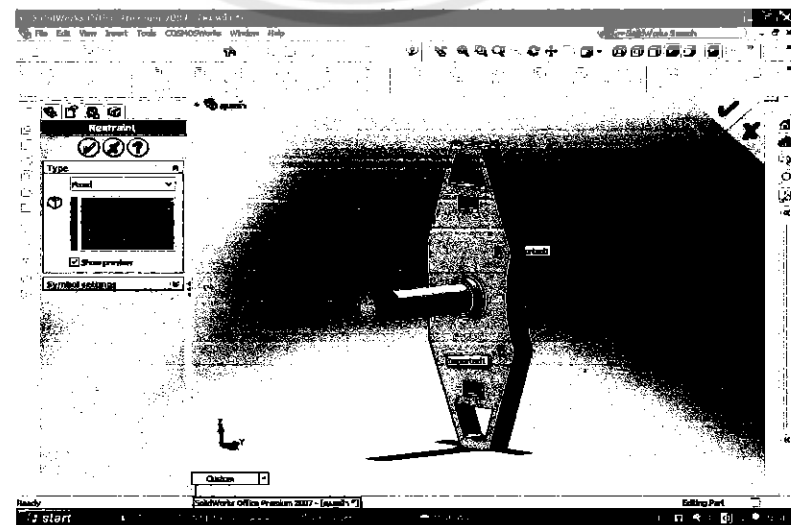
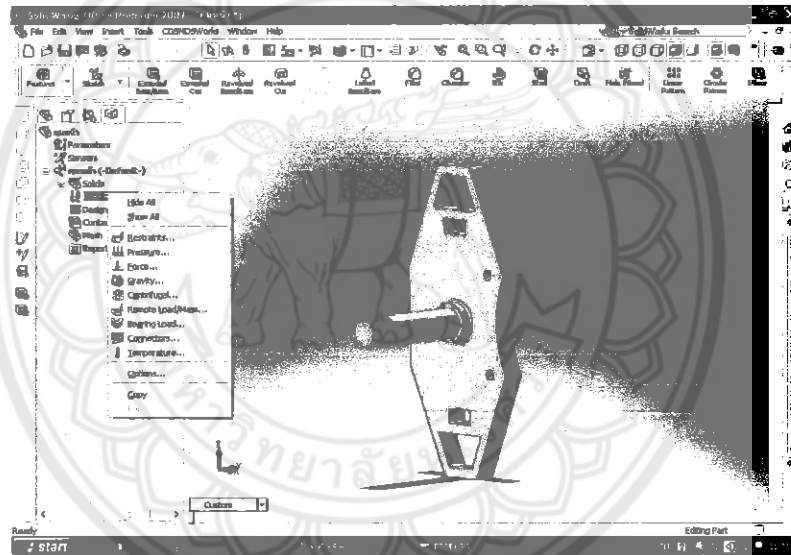
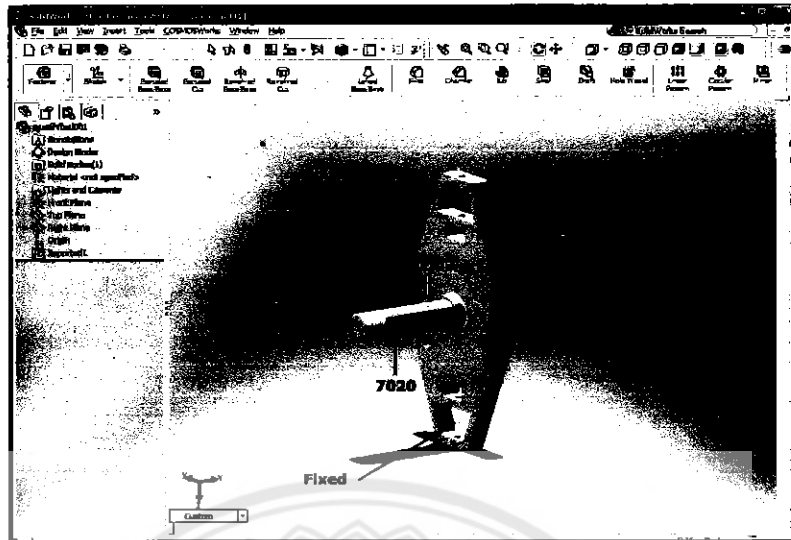


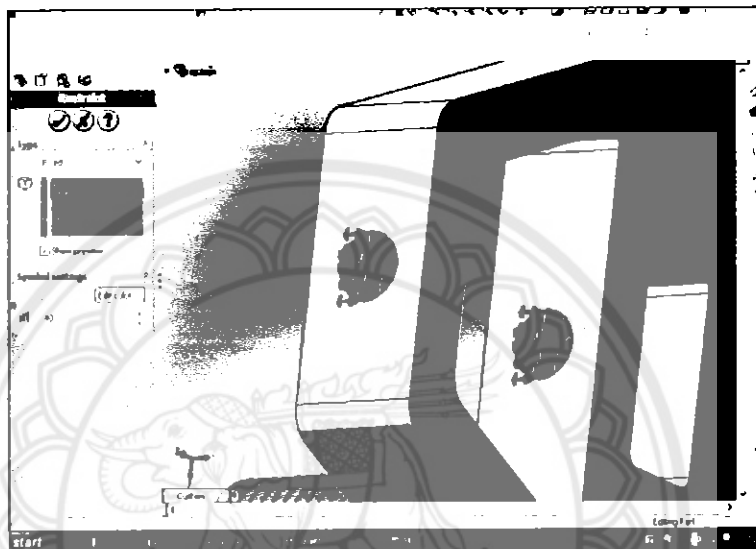
- กำหนดชื่อการวิเคราะห์และกำหนดชนิดของ mesh
- กำหนดรูปแบบการวิเคราะห์เป็น Solid mesh



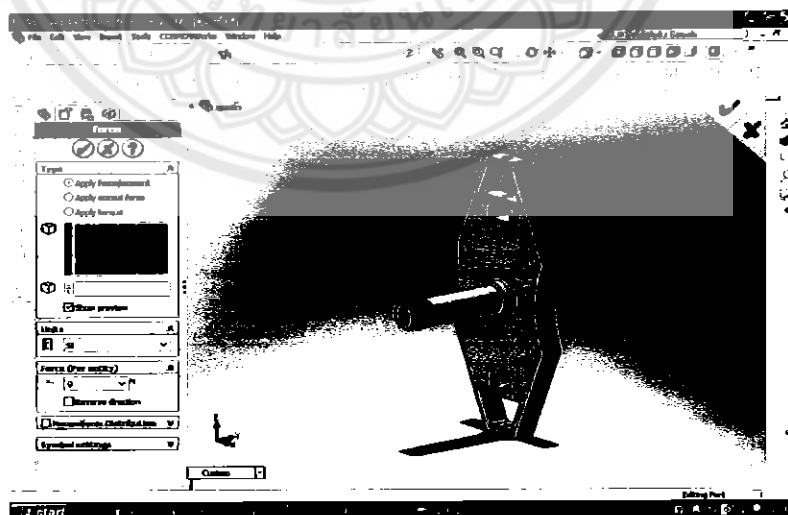
3. กำหนดเงื่อนไขของปัญหา

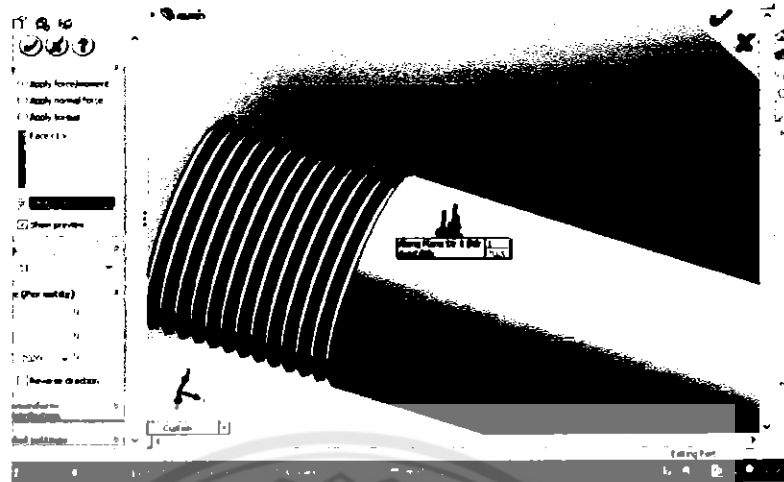
- กำหนดจุดยึดที่กระทำต่อชิ้นงาน





- กำหนด แรงที่กระทำต่อชิ้นงาน
โดยใส่แรงกระทำ 7020 N และ 2092.5

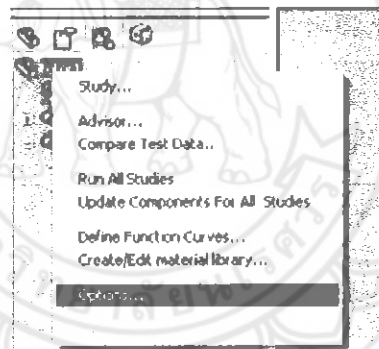




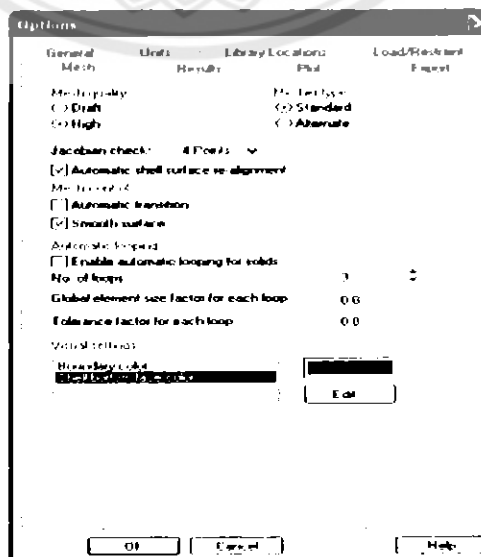
4. การกำหนด mesh option ของการวิเคราะห์

Mesh option คือการกำหนด properties ของ mesh

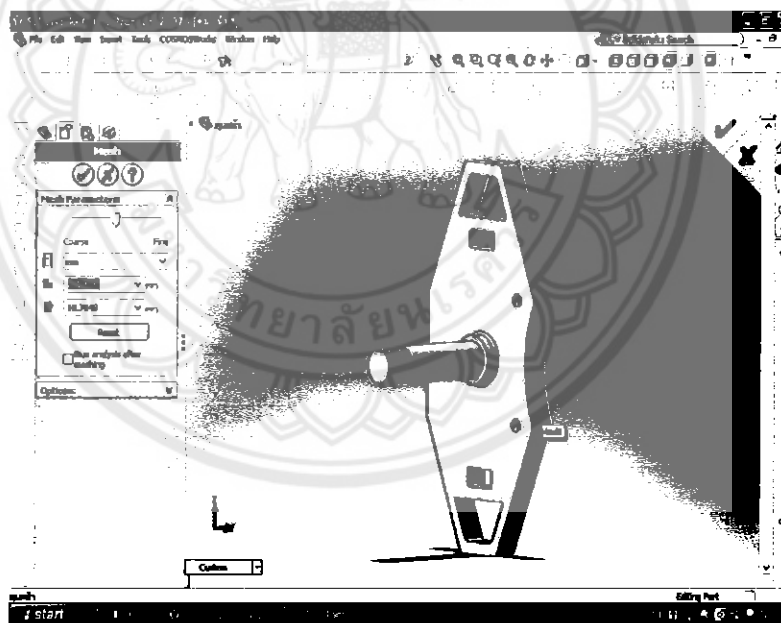
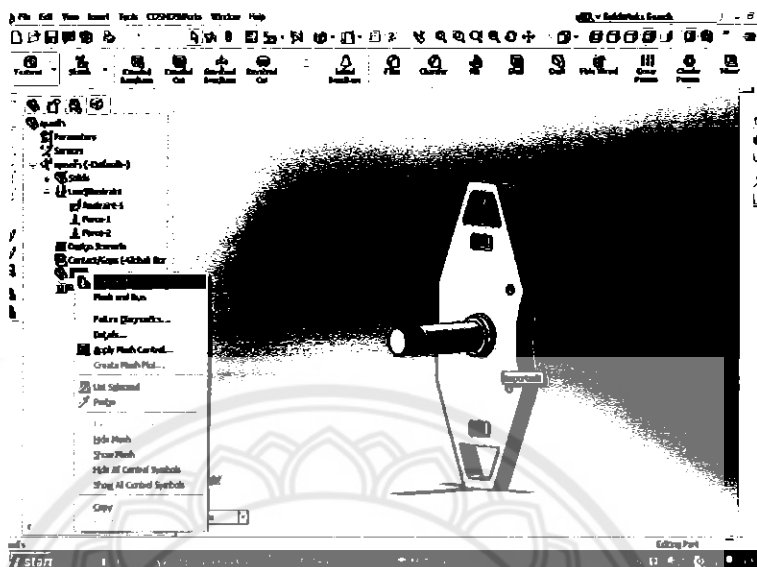
- กดเมาส์ขวาที่ COSMOS manager tree และเลือก Option



- จากนั้นเลือก Mesh



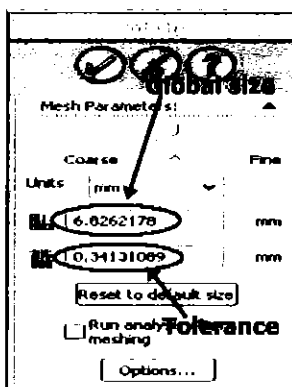
- การสร้าง mesh ของการวิเคราะห์ เลือก COSMOS -> Mesh -> Create Mesh.



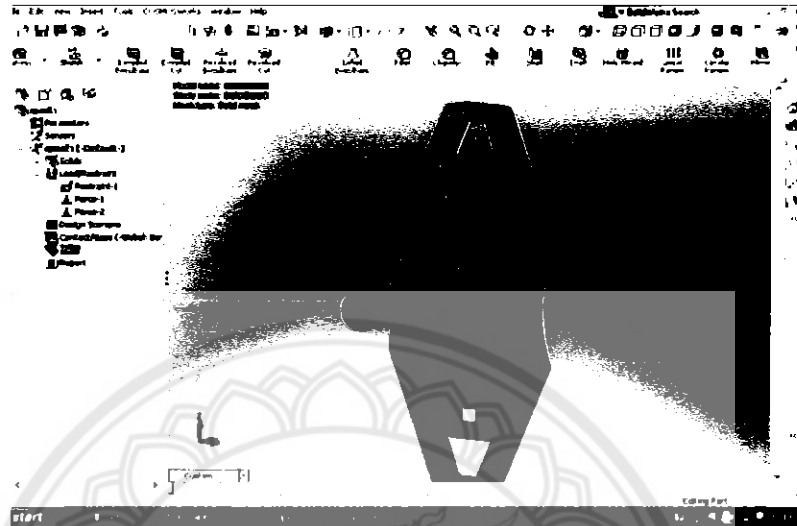
Global size=element

Tolerance = Tolerance

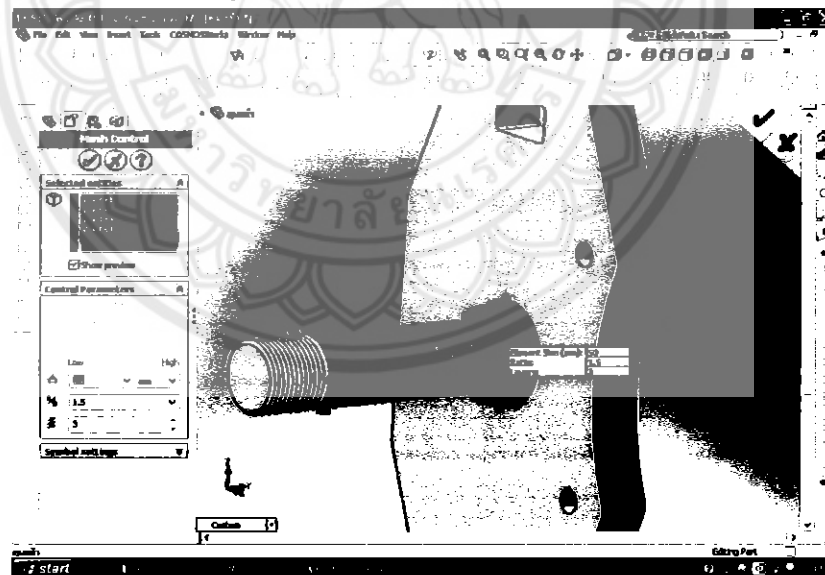
element

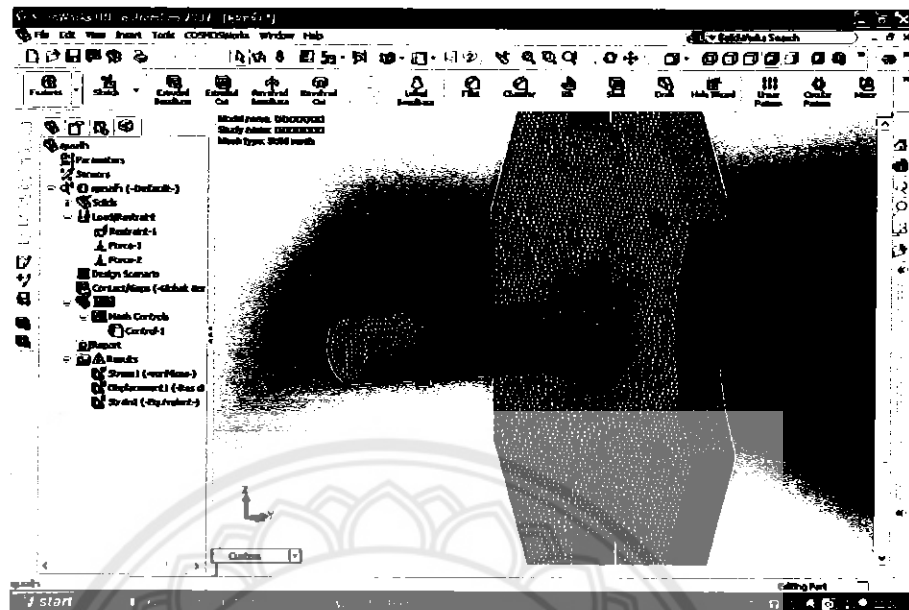


- เรียกดู mesh ที่ COSMOS manager tree โดย mesh โดยกดเมาส์ขวาที่ mesh และเลือก show mesh โดยเลือกขนาด mesh = 80



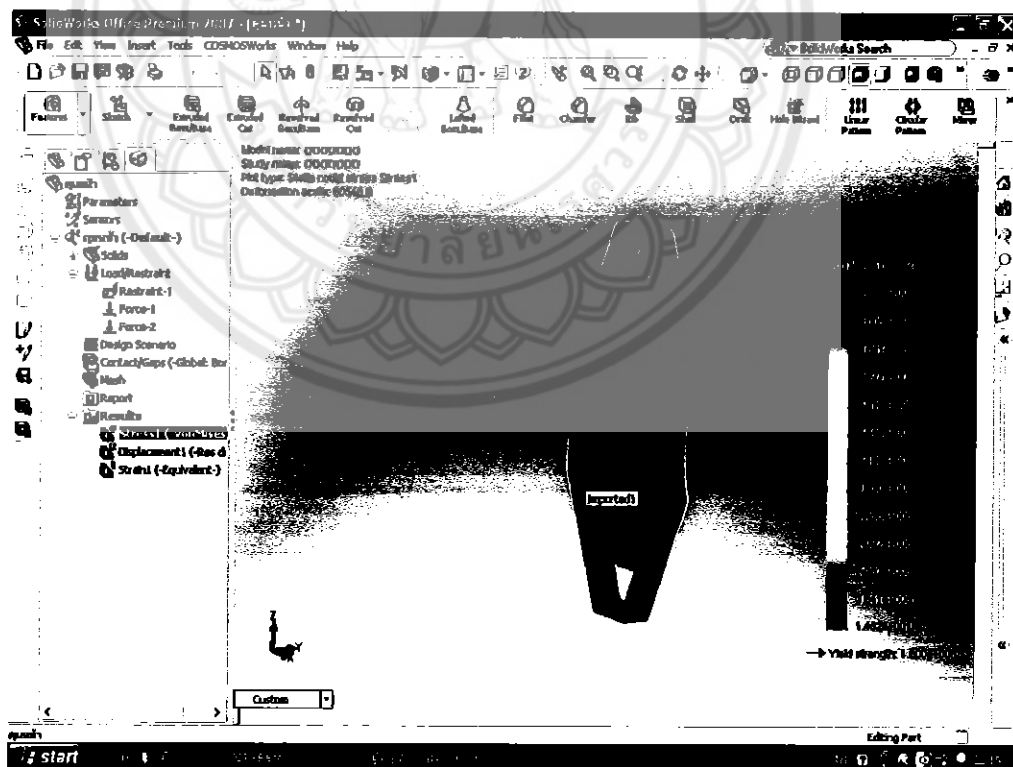
- เลือก Create Control Mesh. เป็นการลดขนาด Mesh ที่มีแรงกระทำมากเพื่อศึกษาแรงกระทำในส่วนนั้น โดยขึ้นส่วนคุ่มหน้าขนาด Create Control Mesh. =50





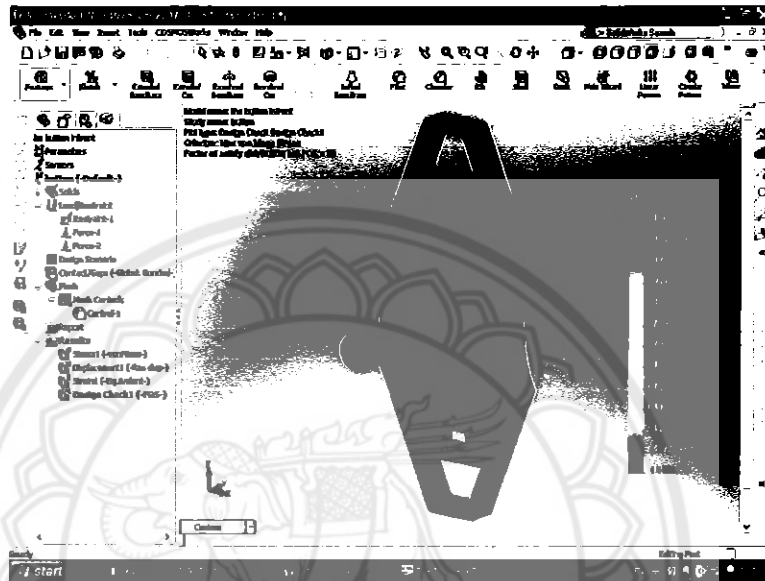
5. ตั้งโปรแกรมประมวลผล

- เลือก COSMOS works -> RUN



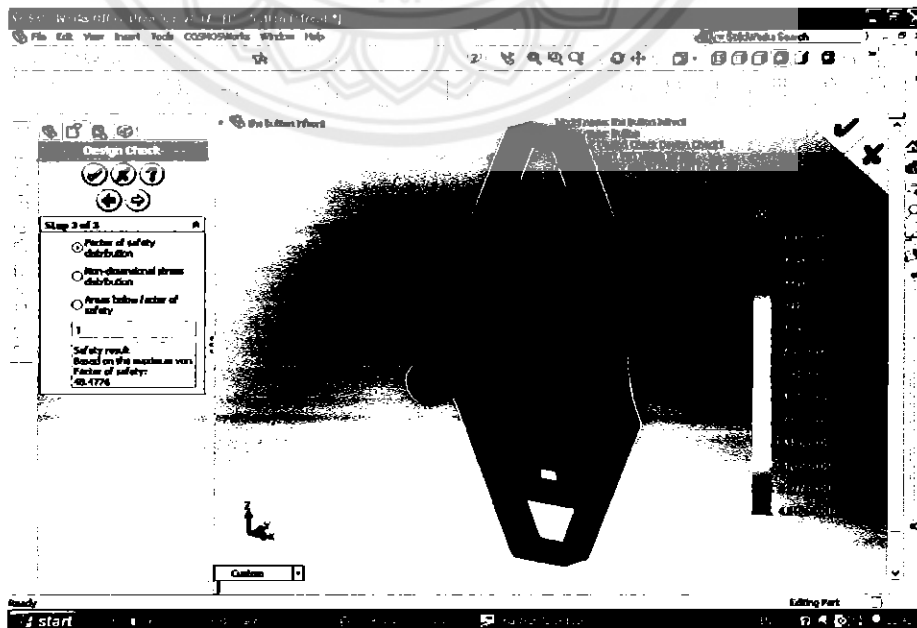
6. การแสดงผลภายใต้การวิเคราะห์แบบ Static

- ถ้าเรา Double Click ที่ Plot 1. ได้ Design check จะแสดง Factor of safety (FOS) ของชิ้นงาน
 Define Design check plot : เป็นการตรวจสอบจุดที่เกิดความเสียหาย
 โดยการวิเคราะห์จะ ได้ค่า Factor of safety = 48.4776

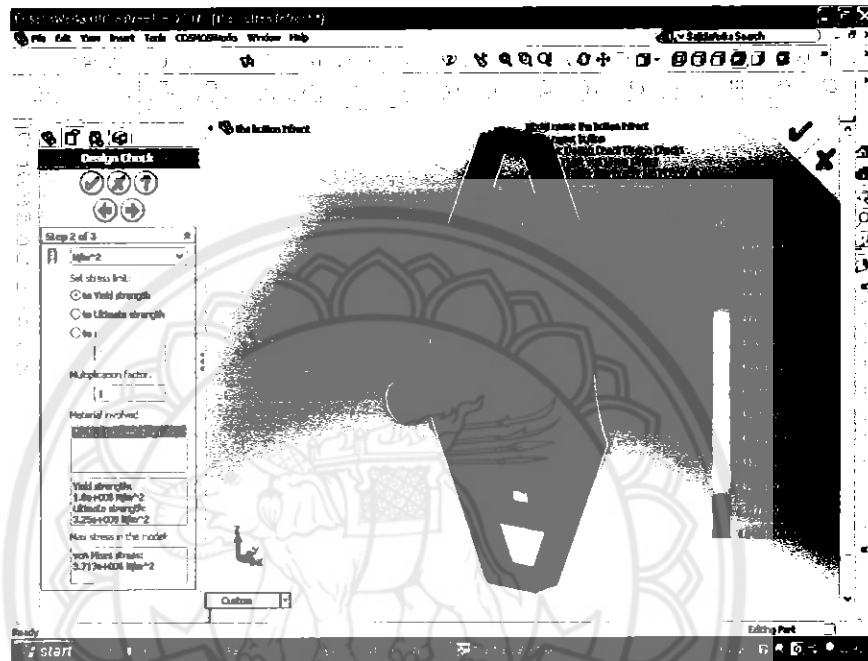


Step 2 of 3

เป็นการดูจุดที่เกิด Factor of safety น้อยกว่าค่าที่เรากำหนดให้เลือก Area below factor of safety

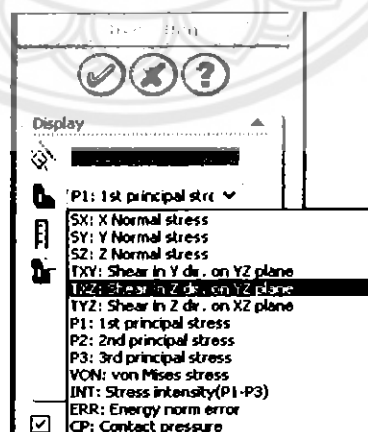


- หาก Double Click ที่ Plot 1. ได้ Stress จะแสดงการแจกแจงของ Von mises stress โดยค่า Yield Strength = $1.800e+0008$
ค่าของ Von mises stress = $3.713e+006 \text{ N/M}^2$

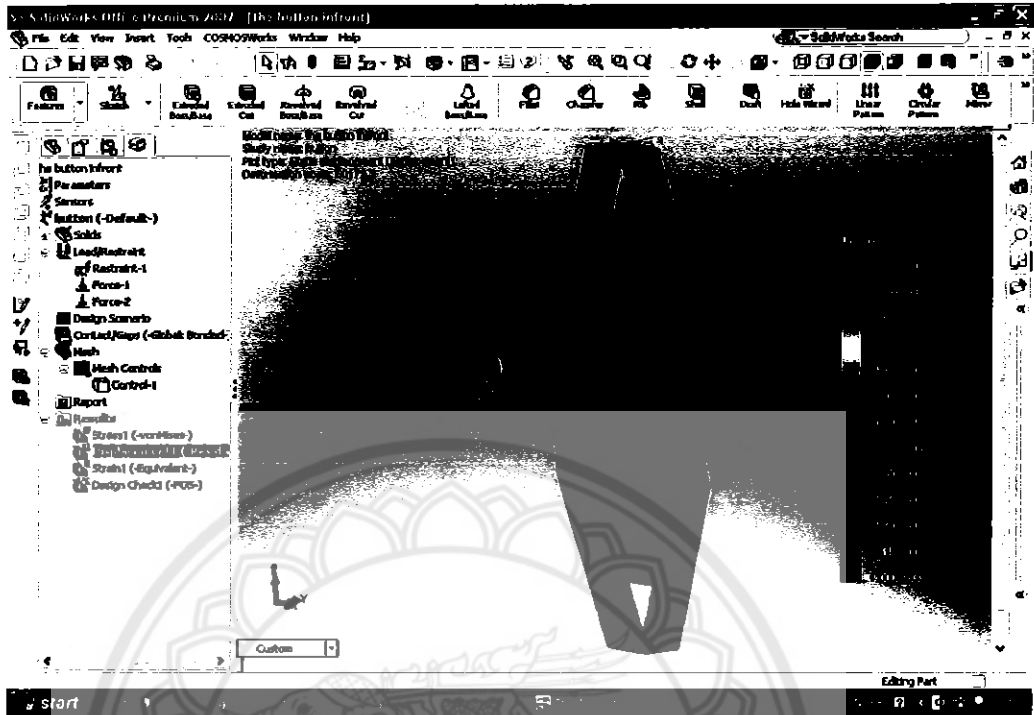


- หากต้องการเปลี่ยนหน่วยของความเค้น หรือต้องการให้แสดงความเค้นอื่นๆ ให้เลือก

Edit definition



- Double Click ที่ Plot 1. ได้ Displacement จะแสดง displacement ของชิ้นงาน





Factor of Safety

Factor of Safety	Application
1.25 - 2.0	Design of structures under static loads for which there is a high level of confidence in all design data.
2.0 - 2.5	Design of machine elements under dynamic loading with average confidence all design data.
2.5 - 4.0	Design of static structures or machine elements under dynamic loading with uncertainty about loads, material properties, stress analysis, or the environment.
4.0 - over	Design of static structures or machine elements under dynamic loading with uncertainty about some combination of loads, material properties, stress analysis, or the environment. The desire to provide extra safety to critical components may also justify these values.

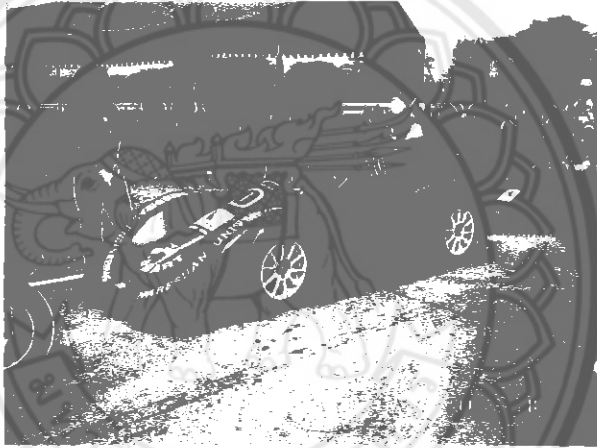
(ที่มา : Robert L. Mott and John Tong. Mechine Elements in Machanical Design. 4th ed. Pearson Education, 2004.)



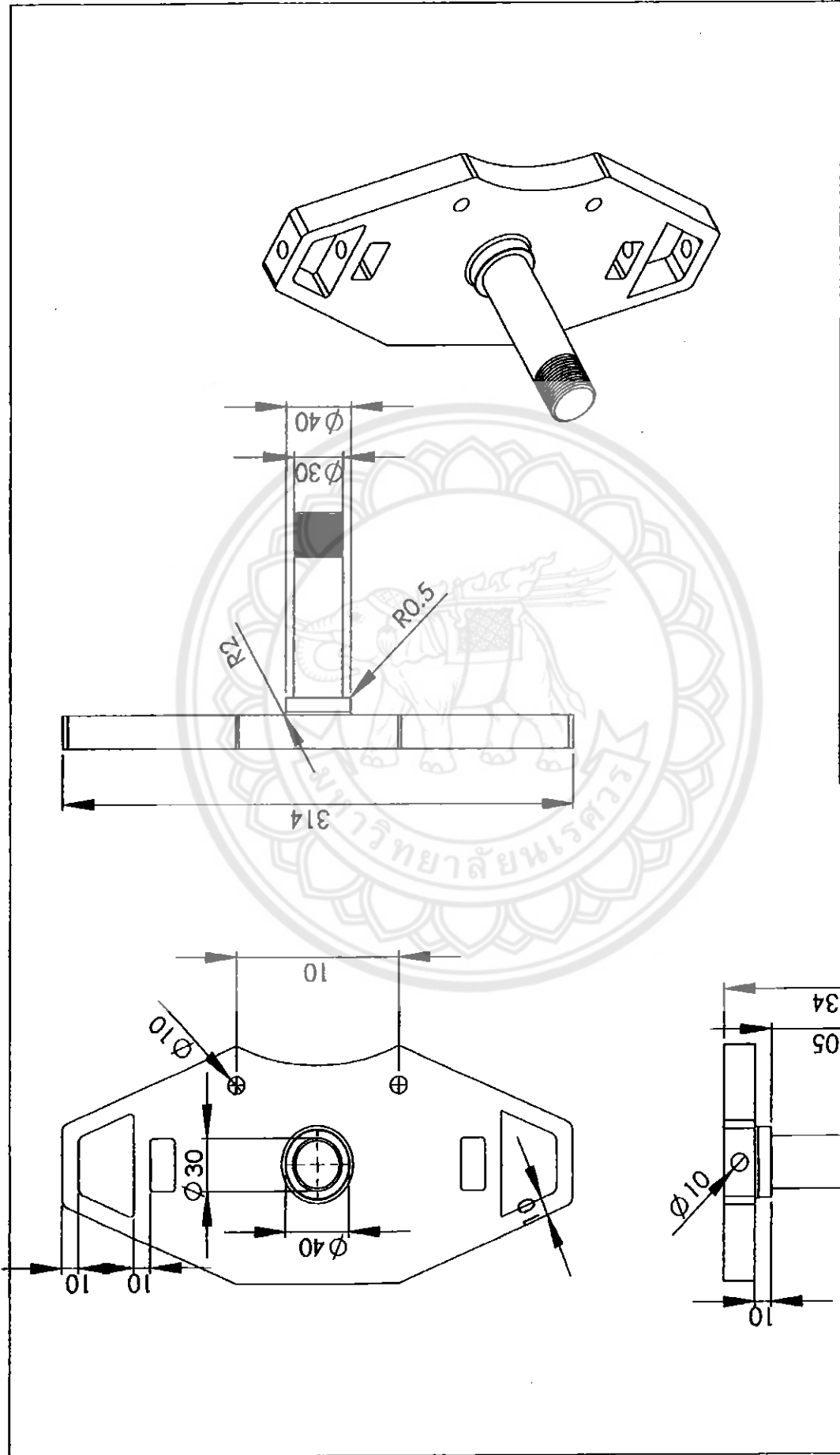
ภาคผนวก ค.

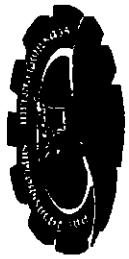
ประมวลภาพการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2007

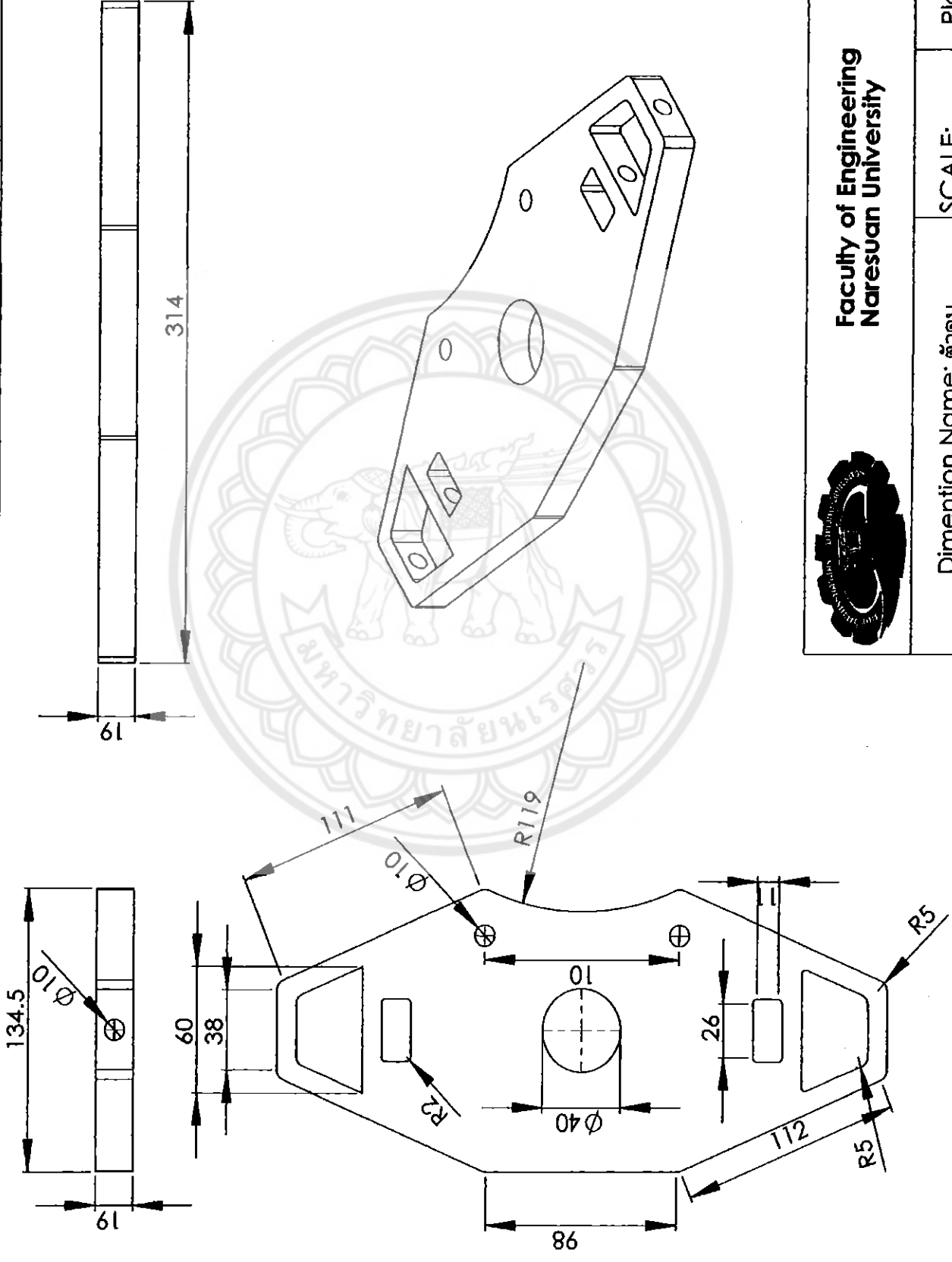








A4	Faculty of Engineering Naresuan University	Plate: 1
	Dimention Name: ตมหนัก SCALE:	



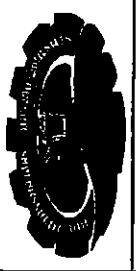
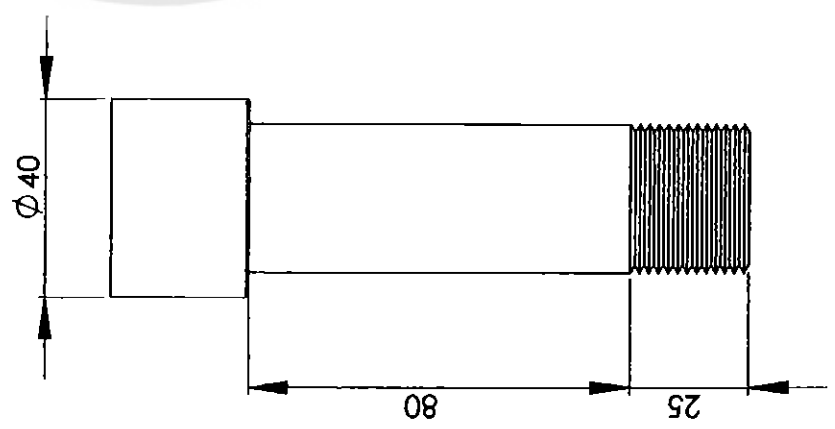
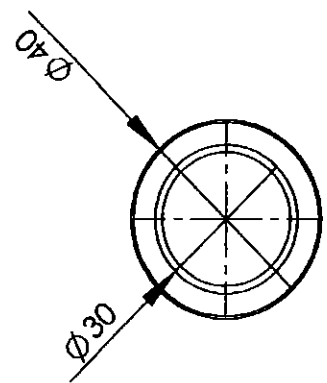
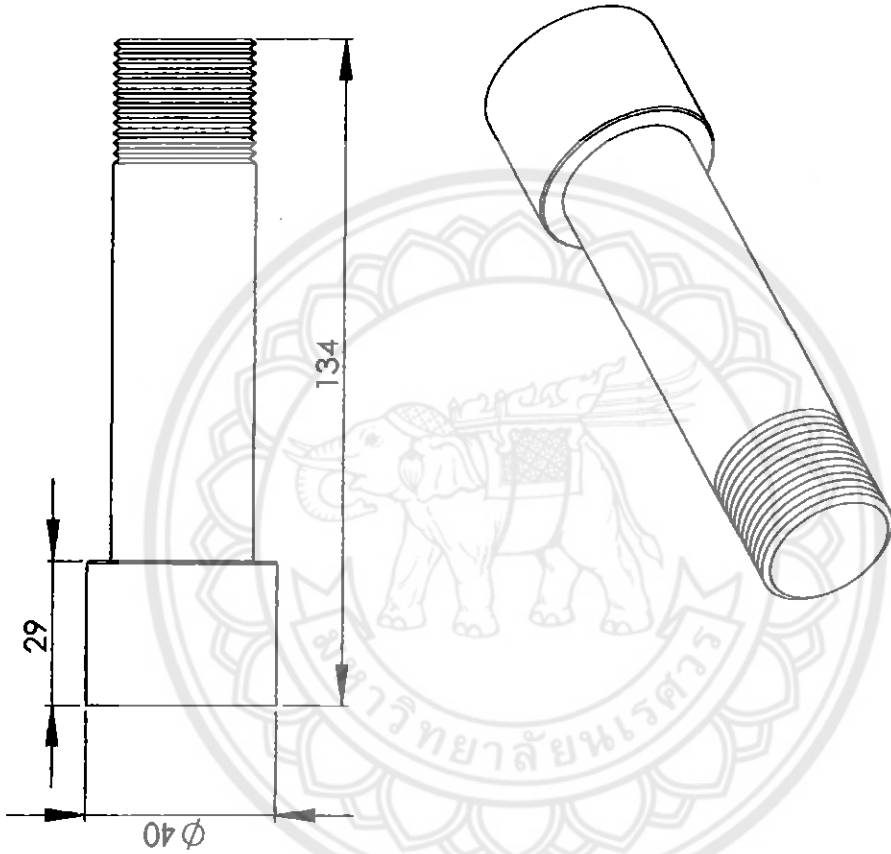
Faculty of Engineering
Naresuan University

A4

Dimension Name: ตัวต่อ

SCALE:

Plate: 1/1



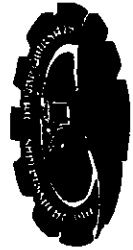
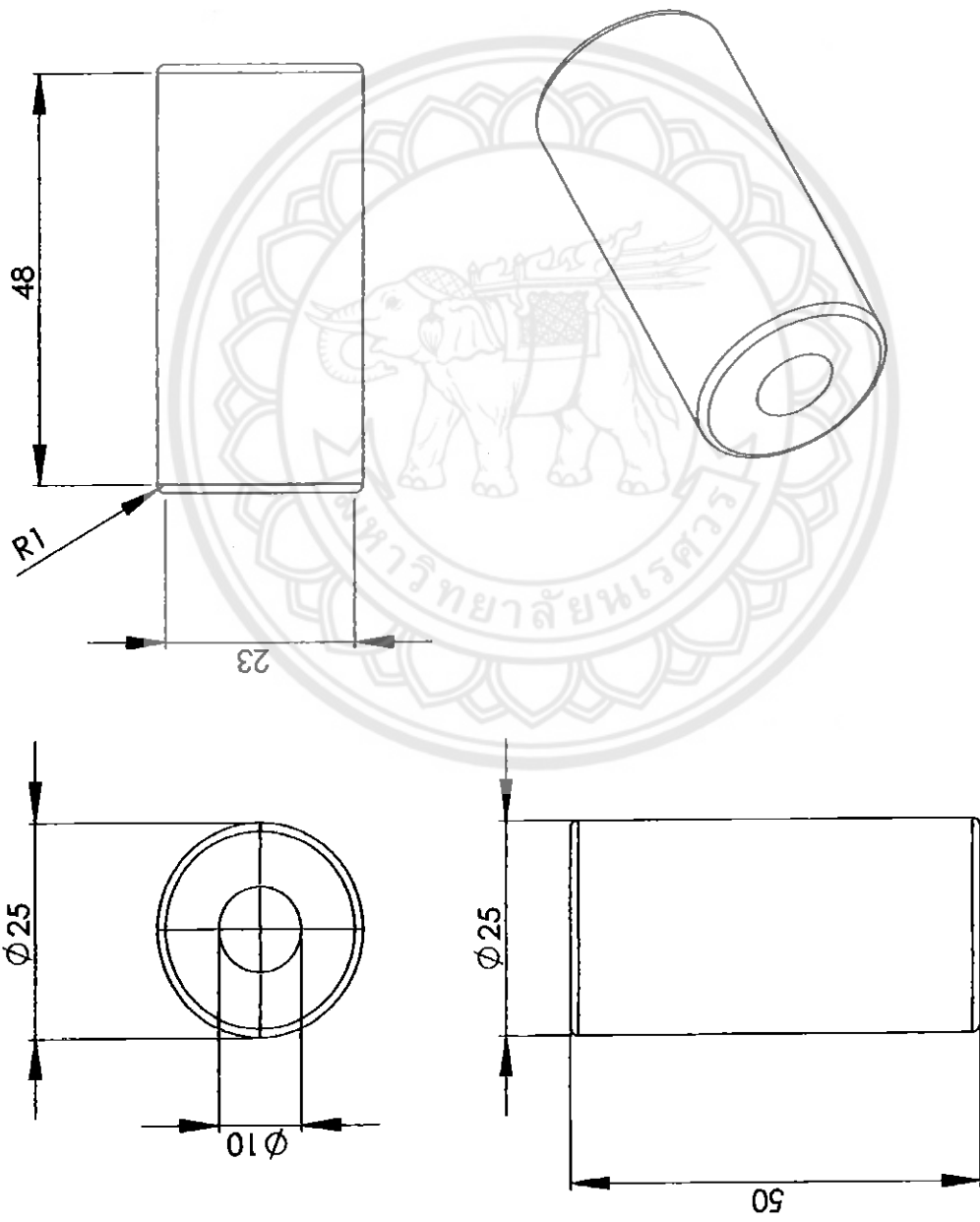
Faculty of Engineering
Naresuan University

A4

Dimension Name: เพลาสวมชุดจับล้อ

SCALE:

Plate: 1/2



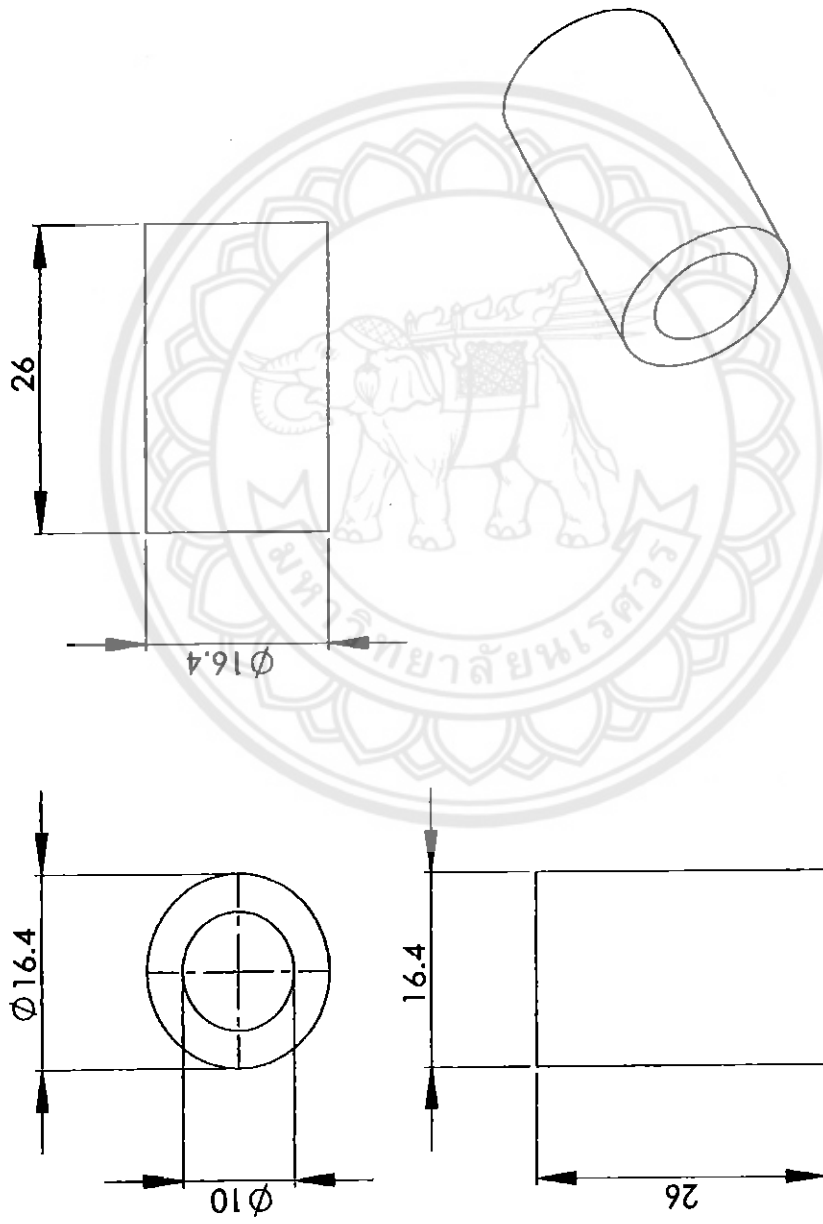
Faculty of Engineering
Naresuan University

A4

Dimension Name: หัวดี Rod end หัวดี

SCALE:

Plate: 2/1



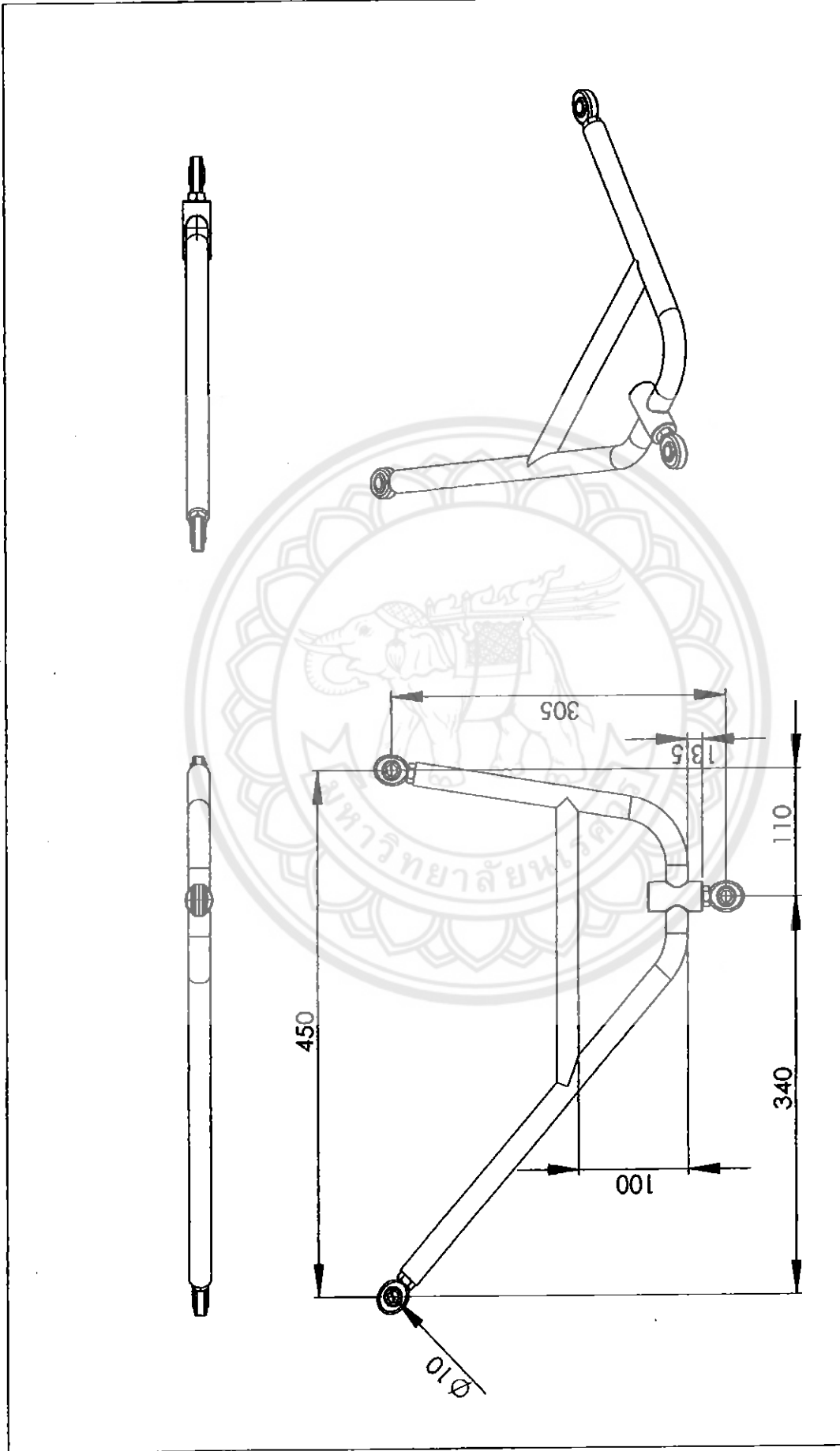
Faculty of Engineering
Naresuan University

A4

Plate: 2/2

SCALE:

Dimension Name: มุมยึด Rod End



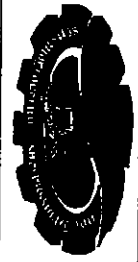
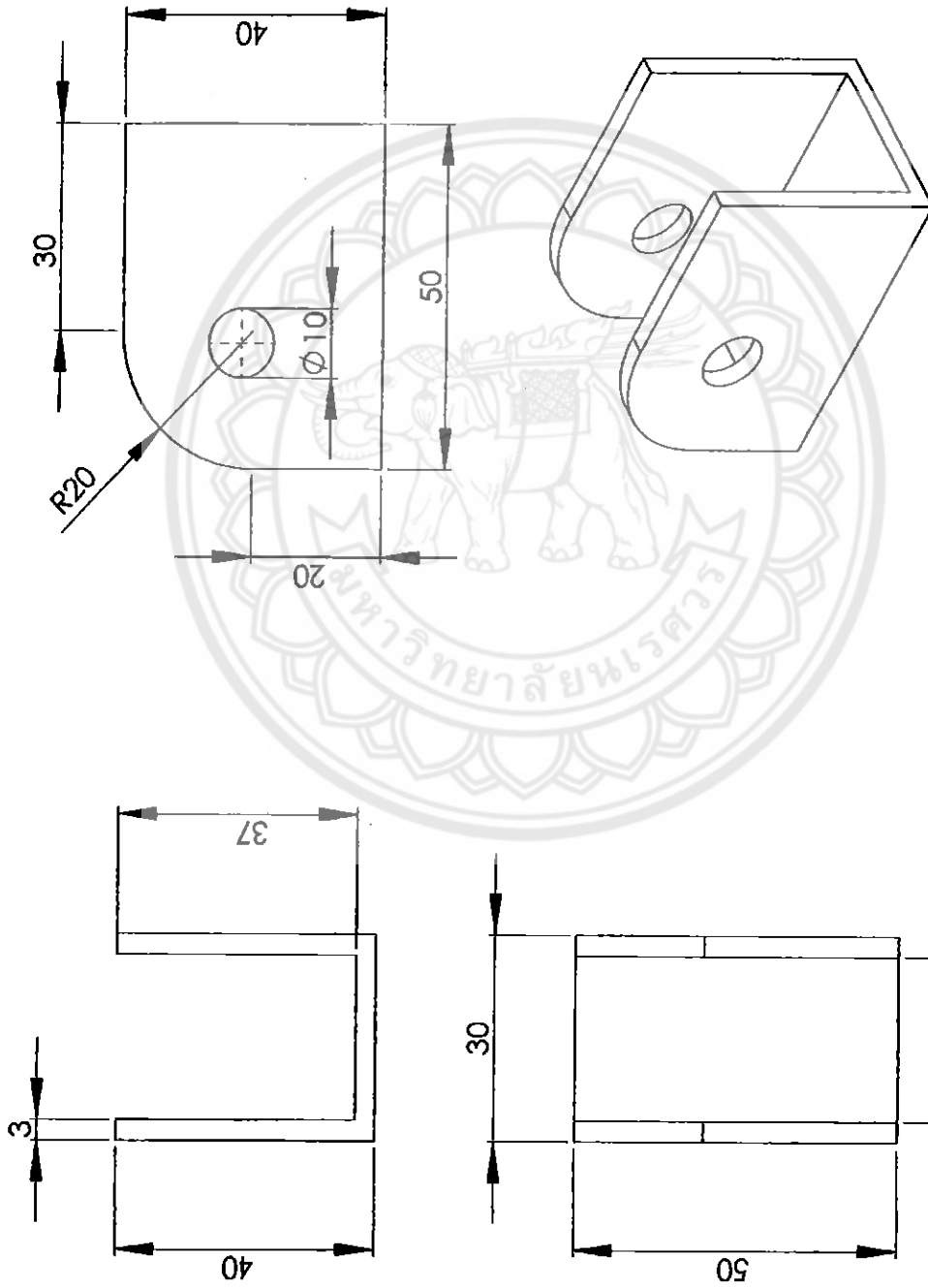
Faculty of Engineering
Naresuan University

A4

Dimension Name: ปืนพ่นน้ำ

SCALE:

Plate: 2/3



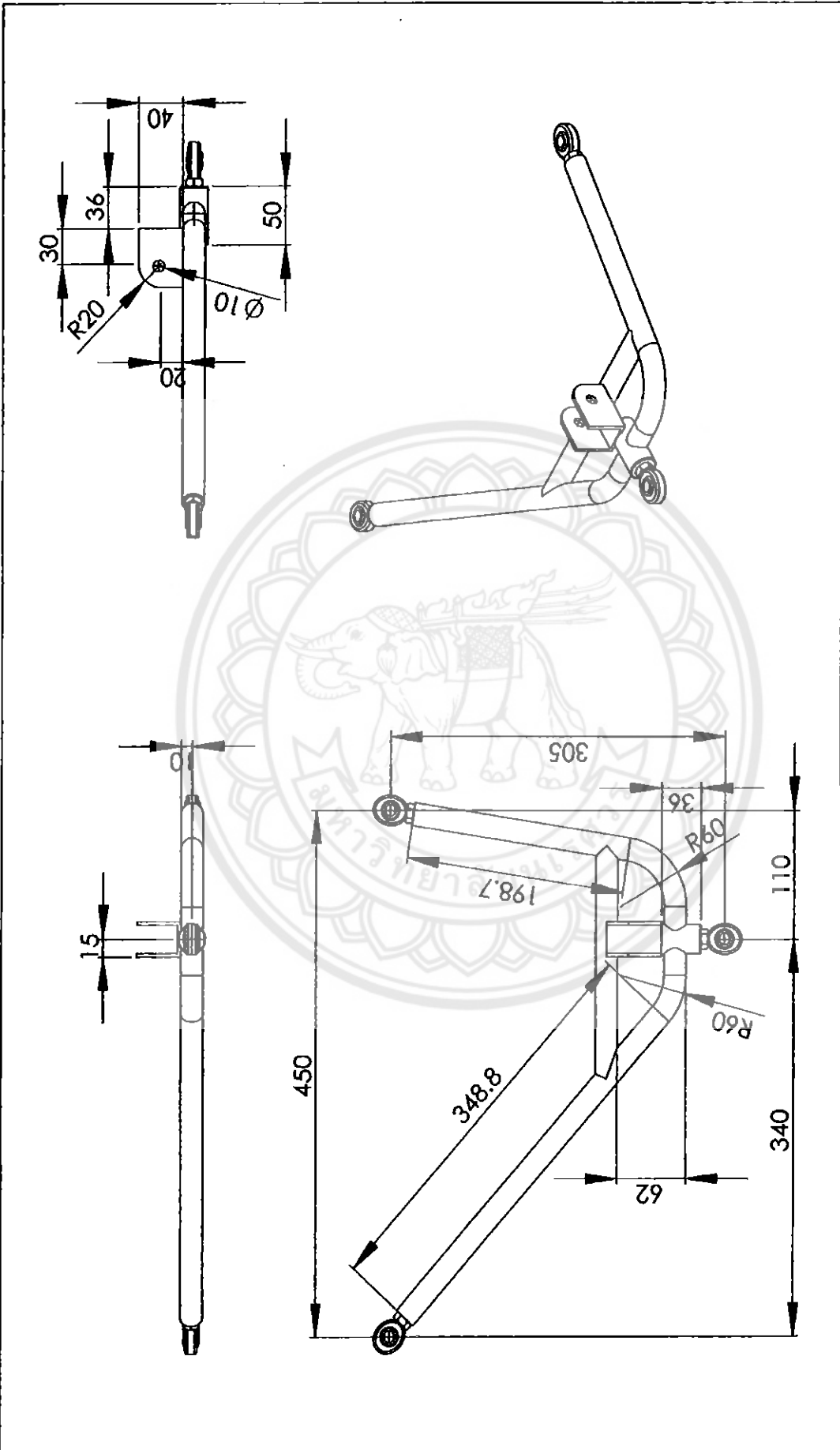
Faculty of Engineering
Naresuan University

A4

Dimension Name: ตัวยึดกำหนด

SCALE:

Plate: 2/4



A4

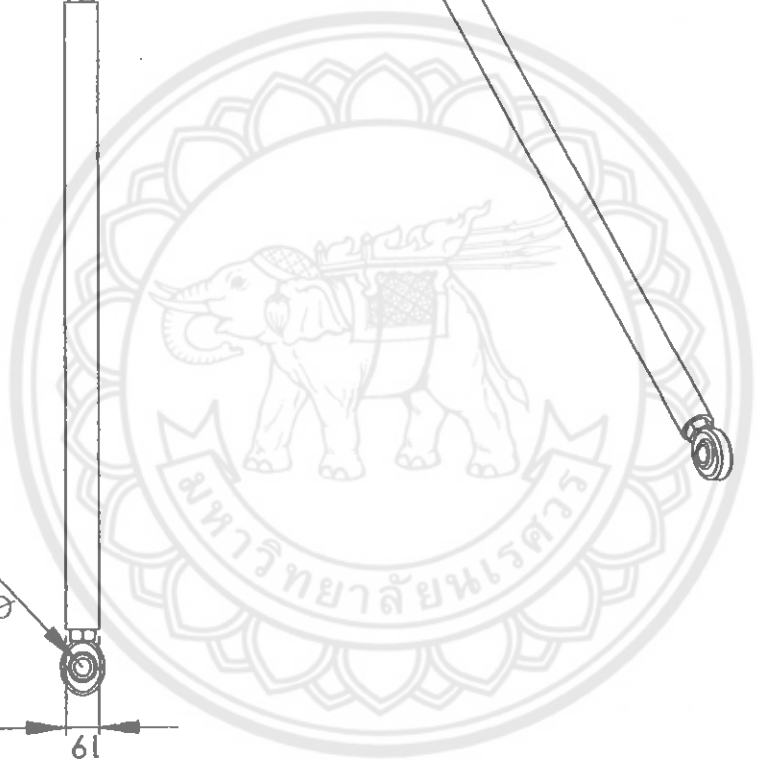
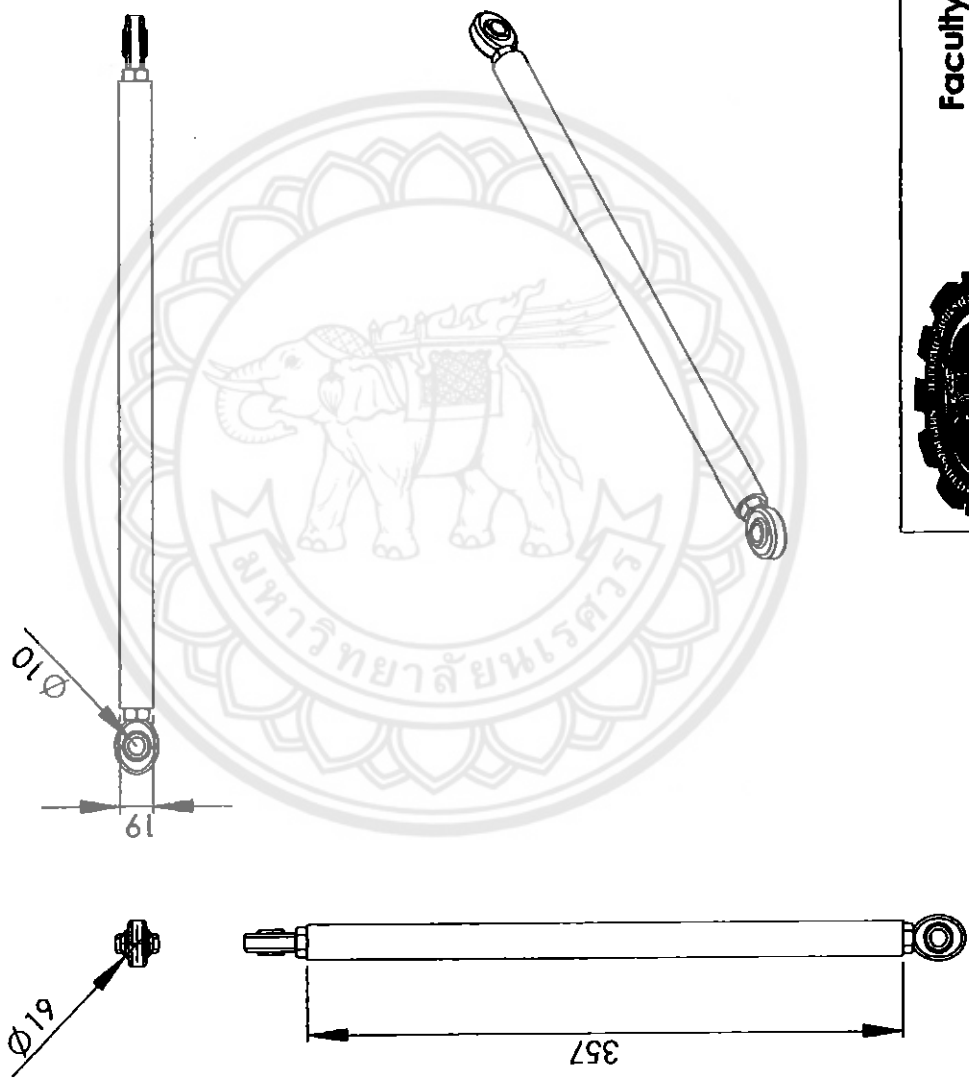
Faculty of Engineering
Naresuan University




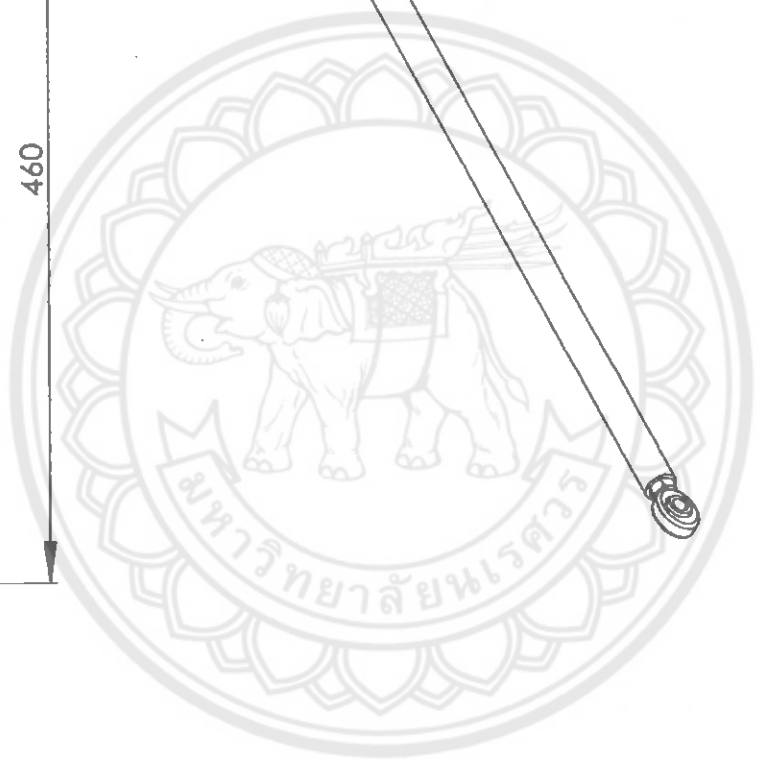
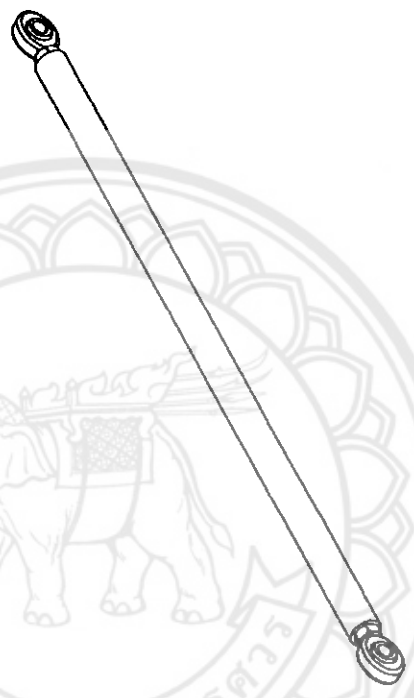
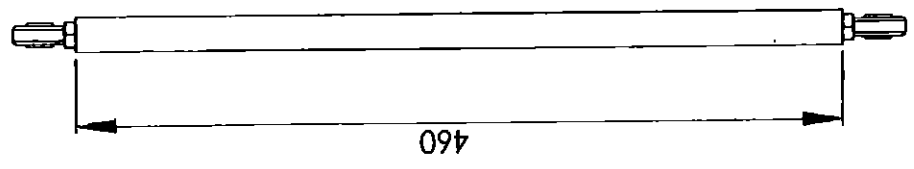
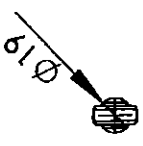
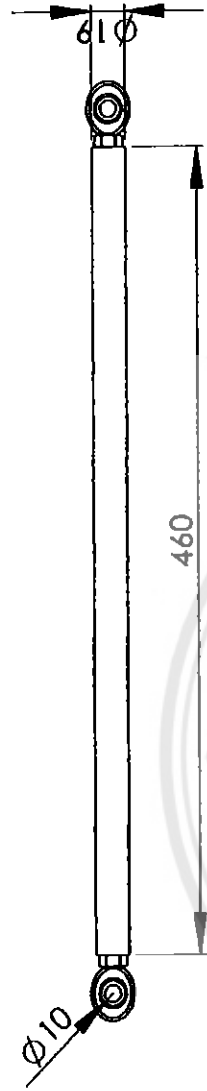
Plate: 2/5

SCALE:

Dimension Name: ปืนหน้าล่า



A4	Faculty of Engineering Naresuan University	SCALE:	Plate: 3/1
		Dimension Name: ก้านตหน้า	



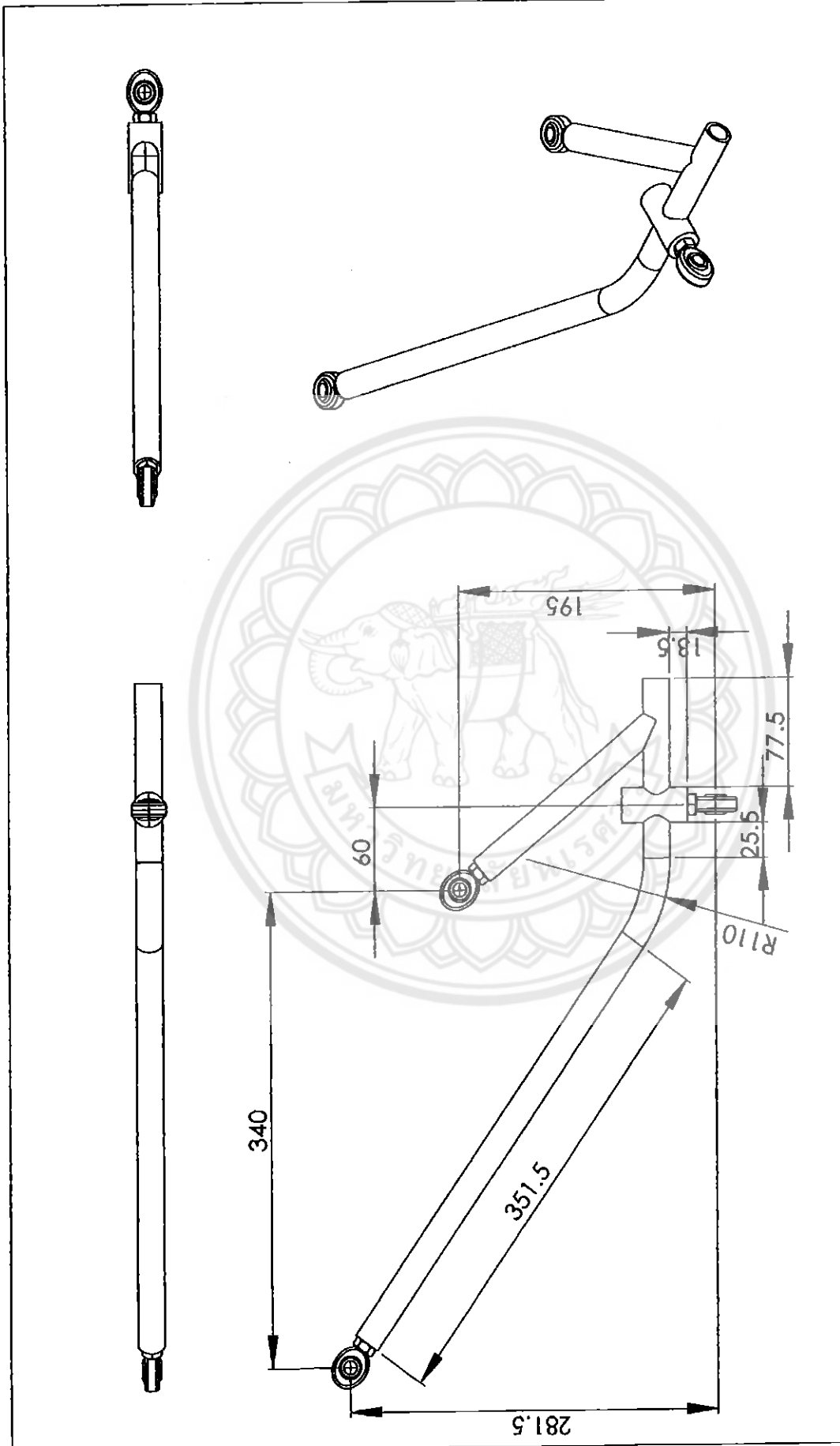
Faculty of Engineering
Naresuan University

A4

Dimension Name: ก้านตเหล็ก

SCALE:

Plate: 3/2



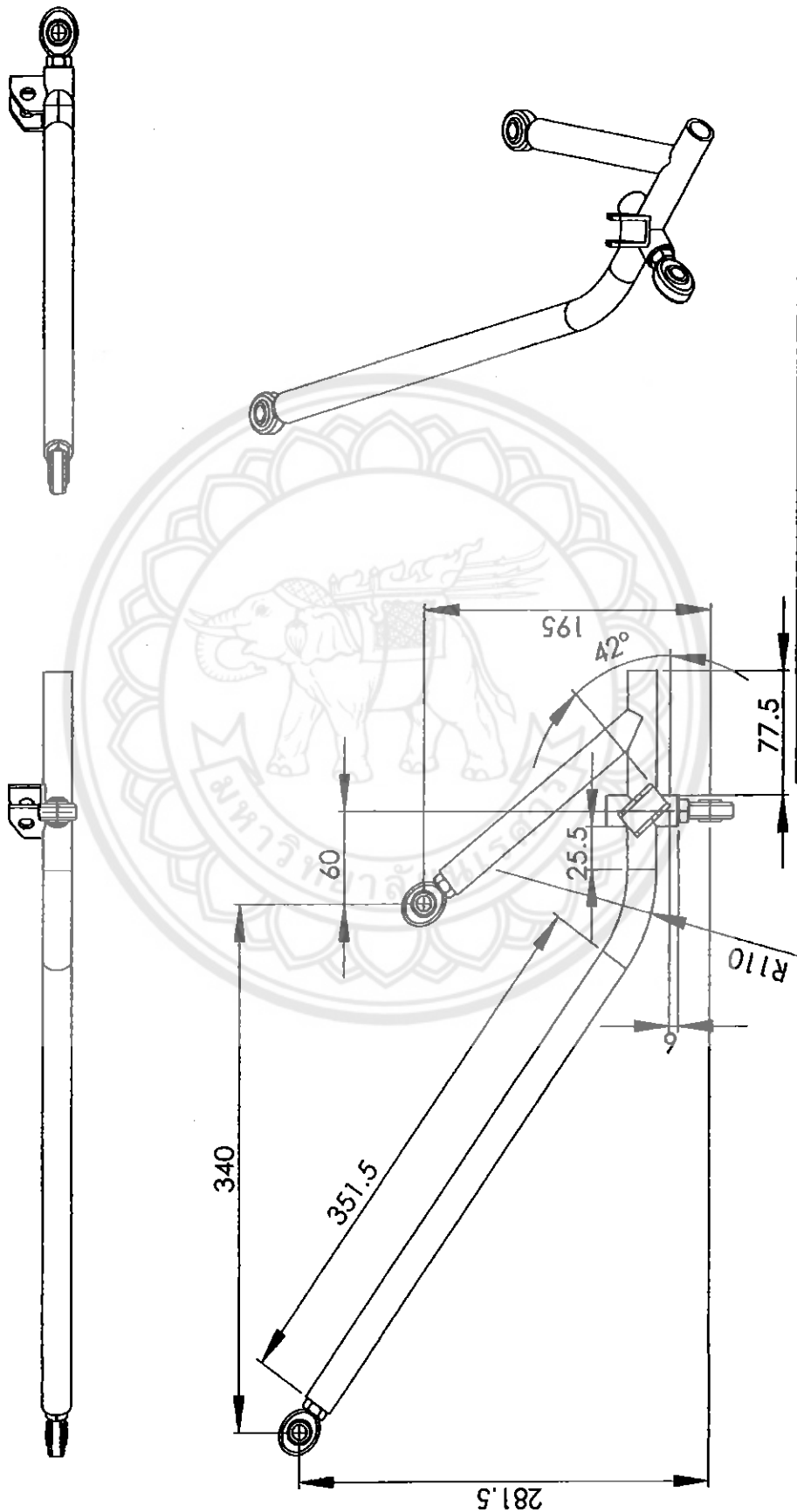
Faculty of Engineering
Naresuan University


A4

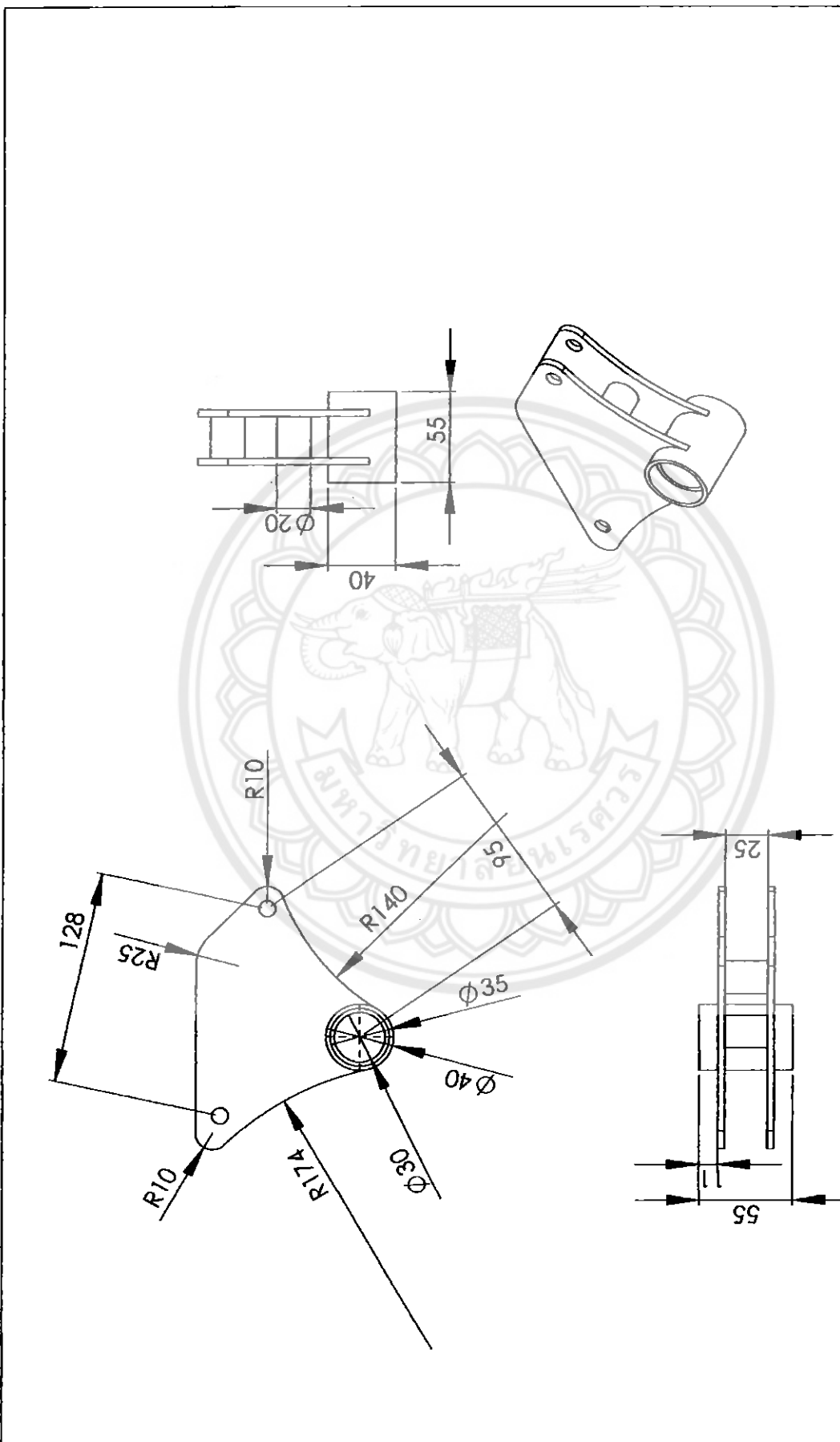
Dimension Name: ปืนพหังงน


SCALE:

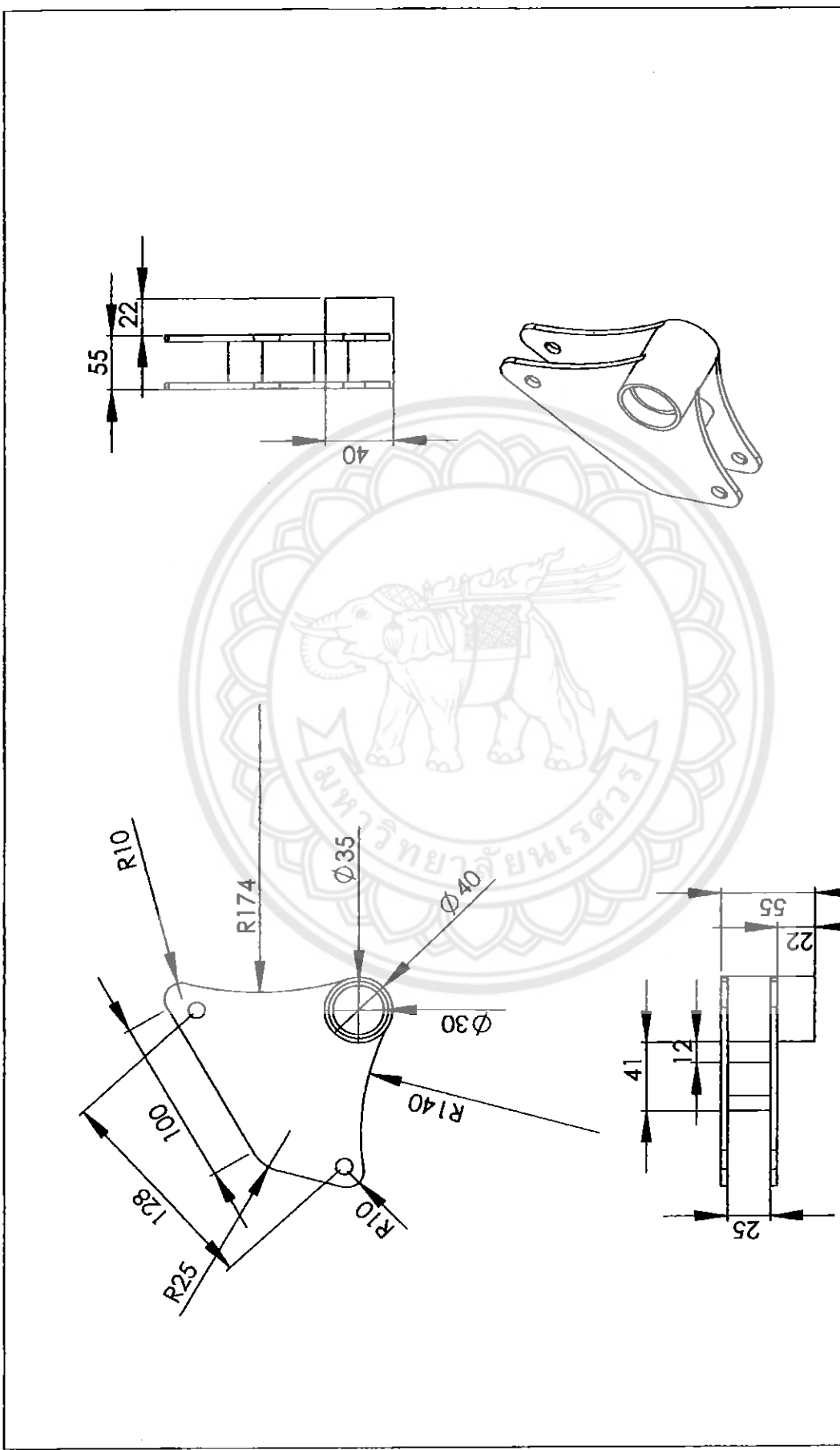
Plate: 4/1




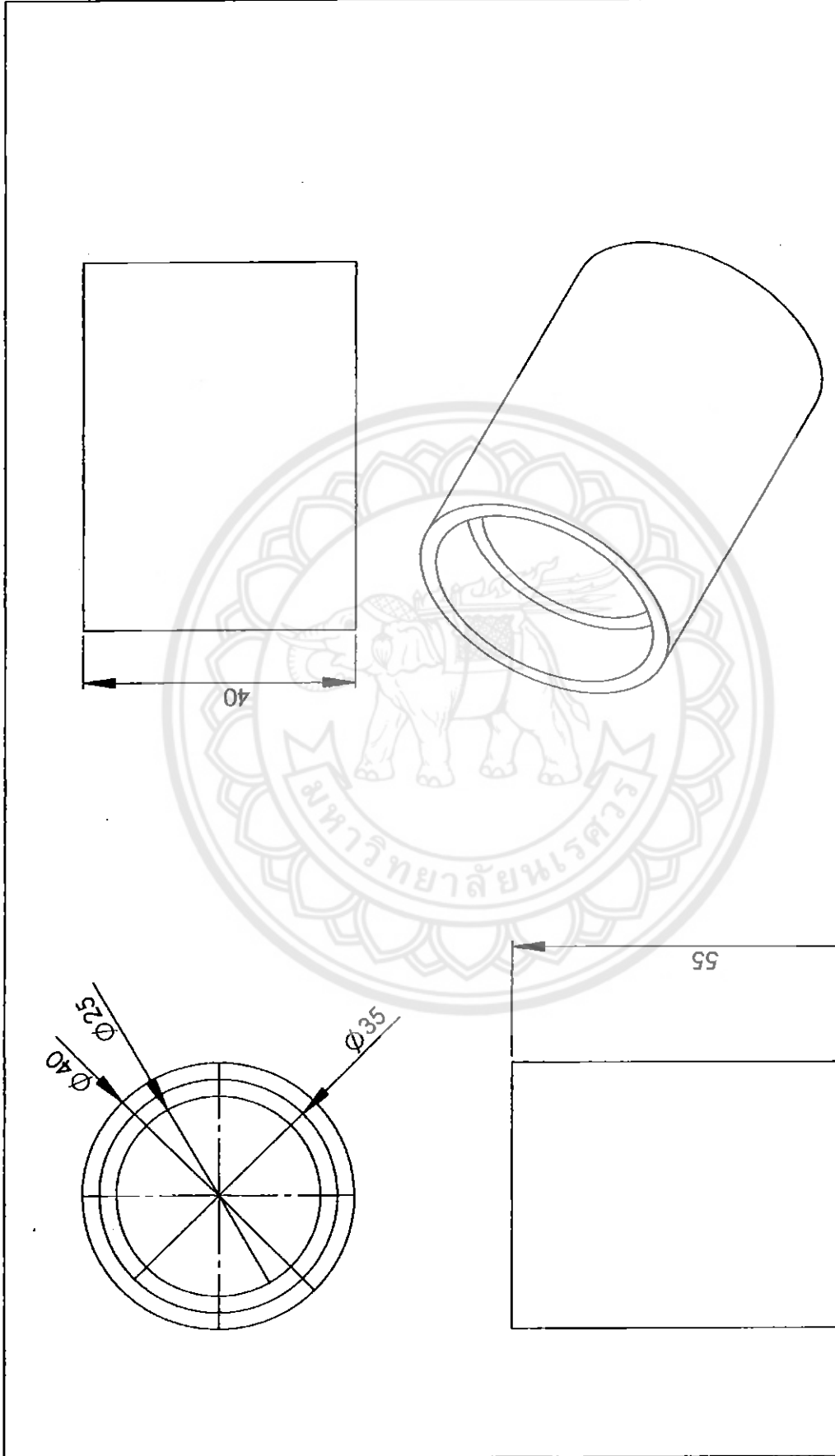
A4	Faculty of Engineering Naresuan University	SCALE:	Plate: 4/2
		Dimension Name: ปืนทูลังค้ำ	




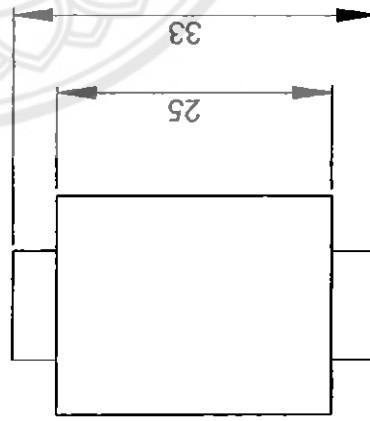
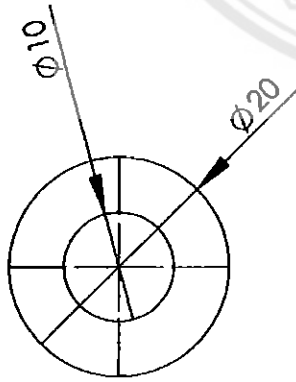
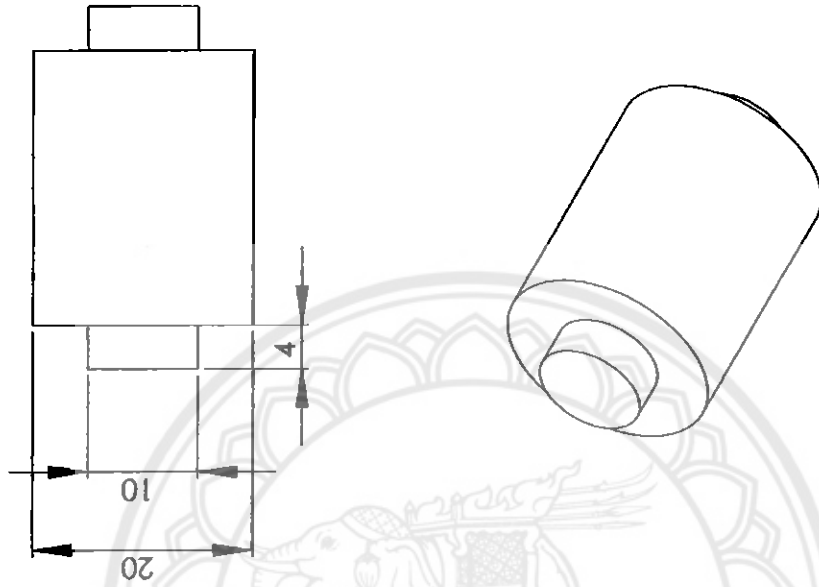
A4	 Faculty of Engineering Naresuan University	Plate 5
Dimention Name: ตัวแปรียนนตศทททททต		Scale




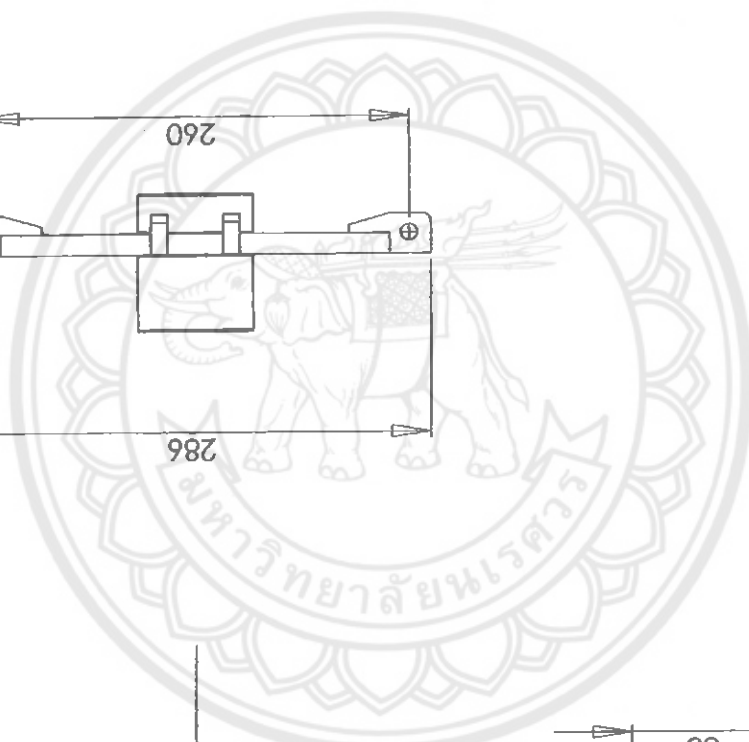
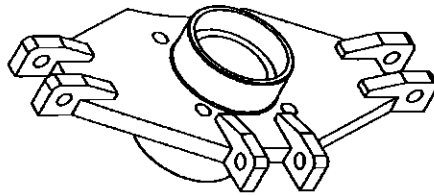
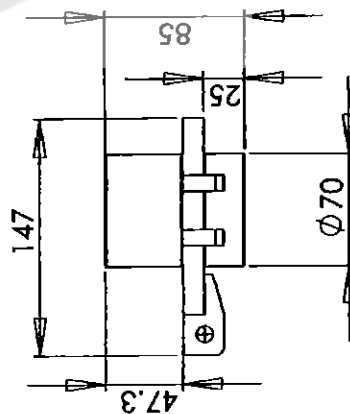
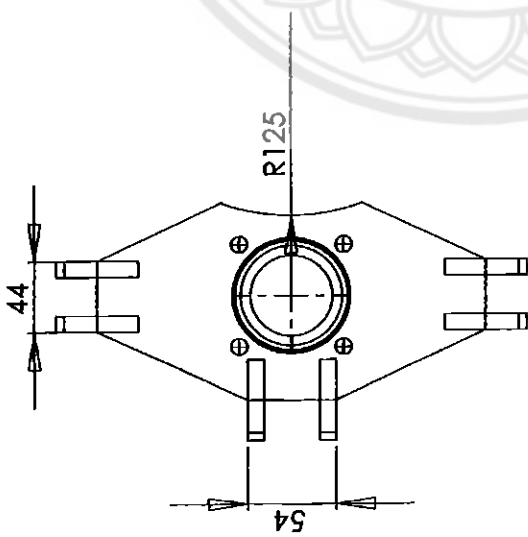
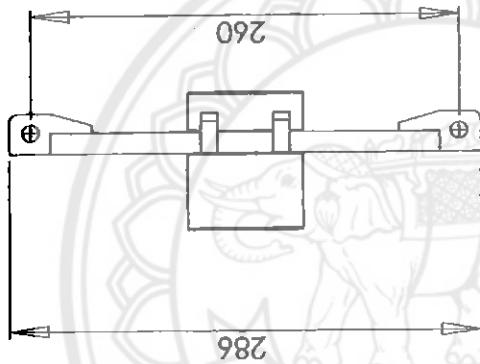
A4	Faculty of Engineering Naresuan University	
Plate 5/1	Scale	Dimention Name: ตัวปลี่ยนตัดทอนหน้า




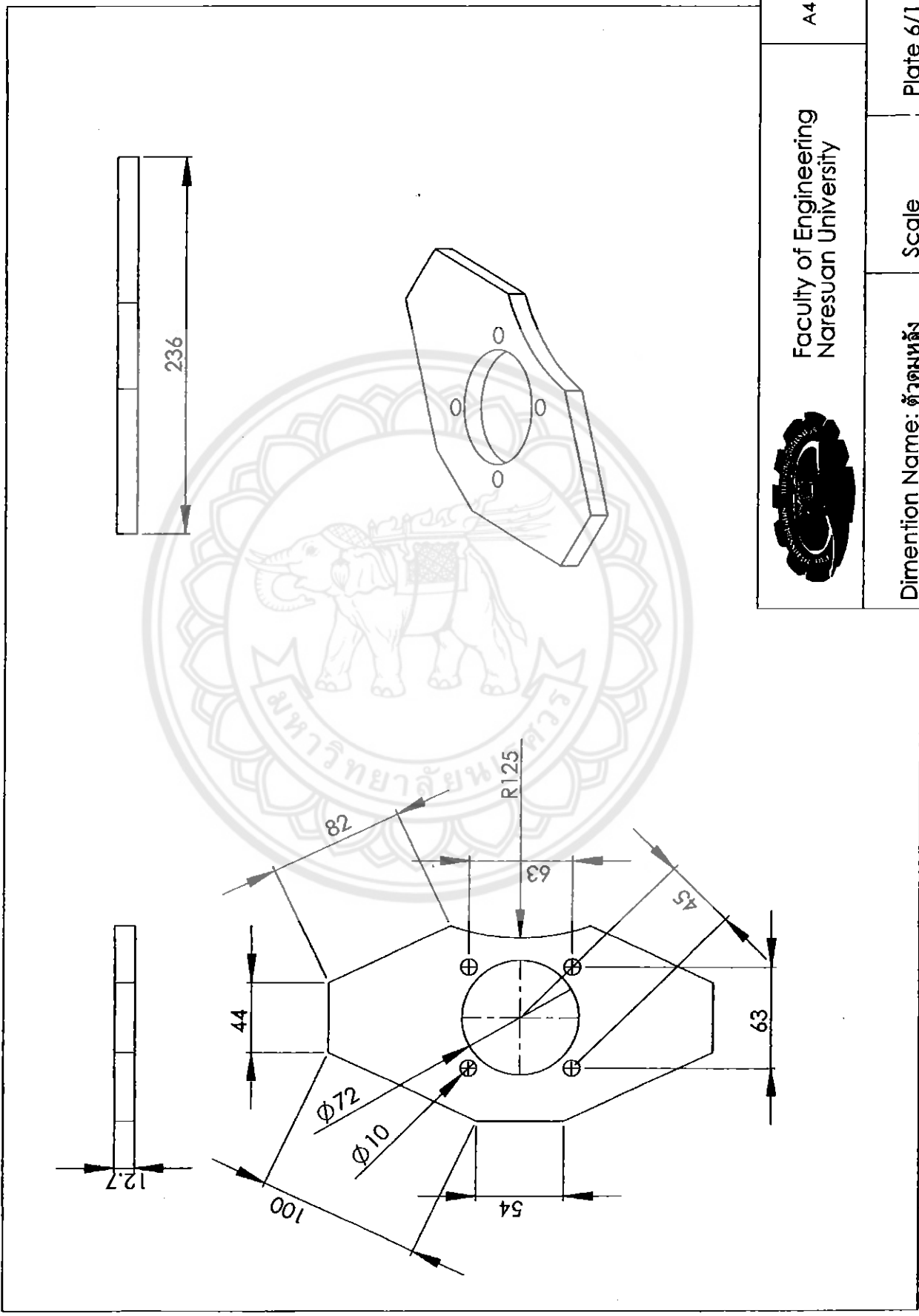
A4	 Faculty of Engineering Naresuan University	Scale	Plate 5/2
Dimension Name: เสิ้ดลูกป็นด้วเป็ลมันตึคตทงน้ทงน้,หล้ง			




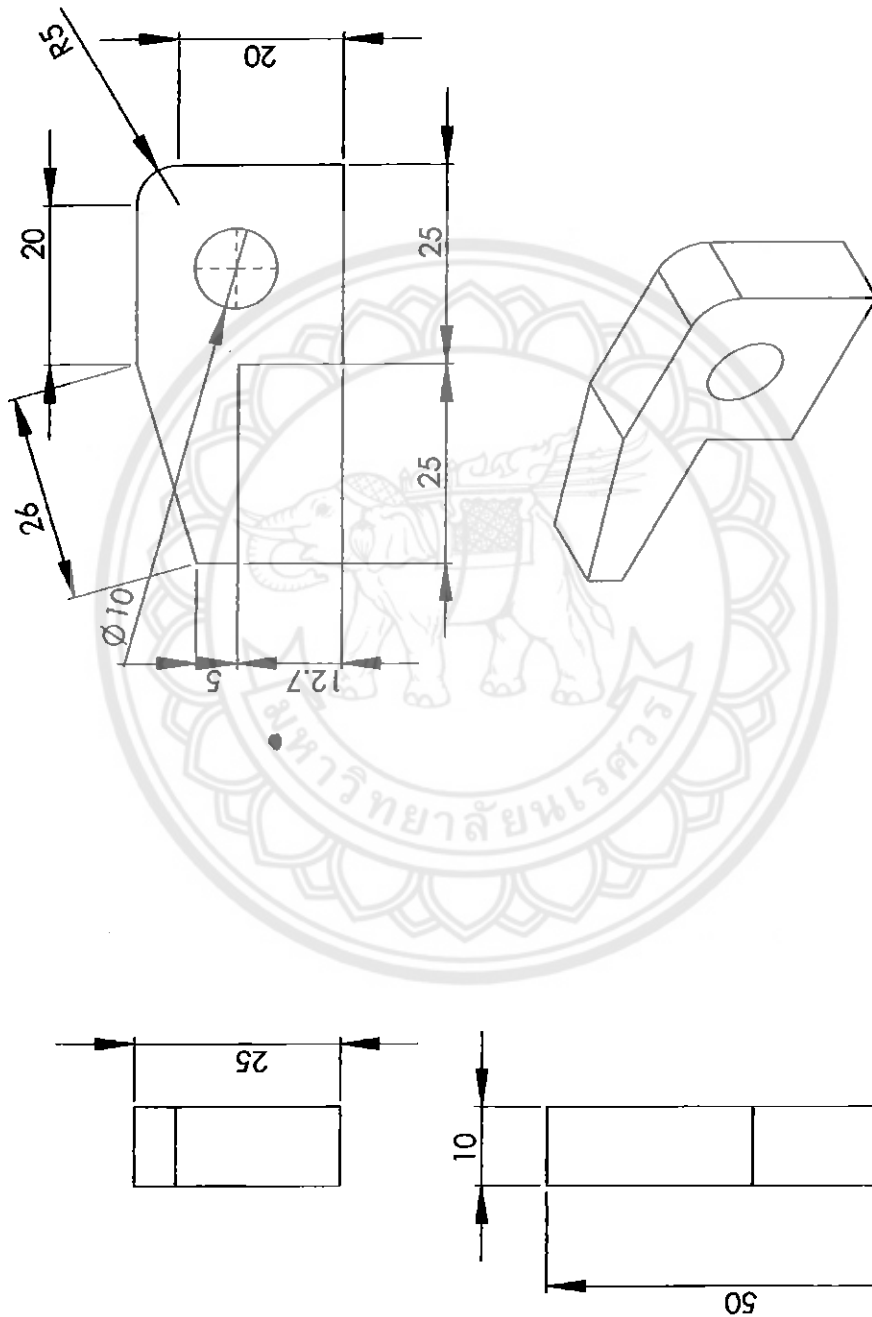
A4	 Faculty of Engineering Naresuan University	Plate 5/3
Scale		Dimension Name: ตัวยึดตัวเปลี่ยนทิศทาง




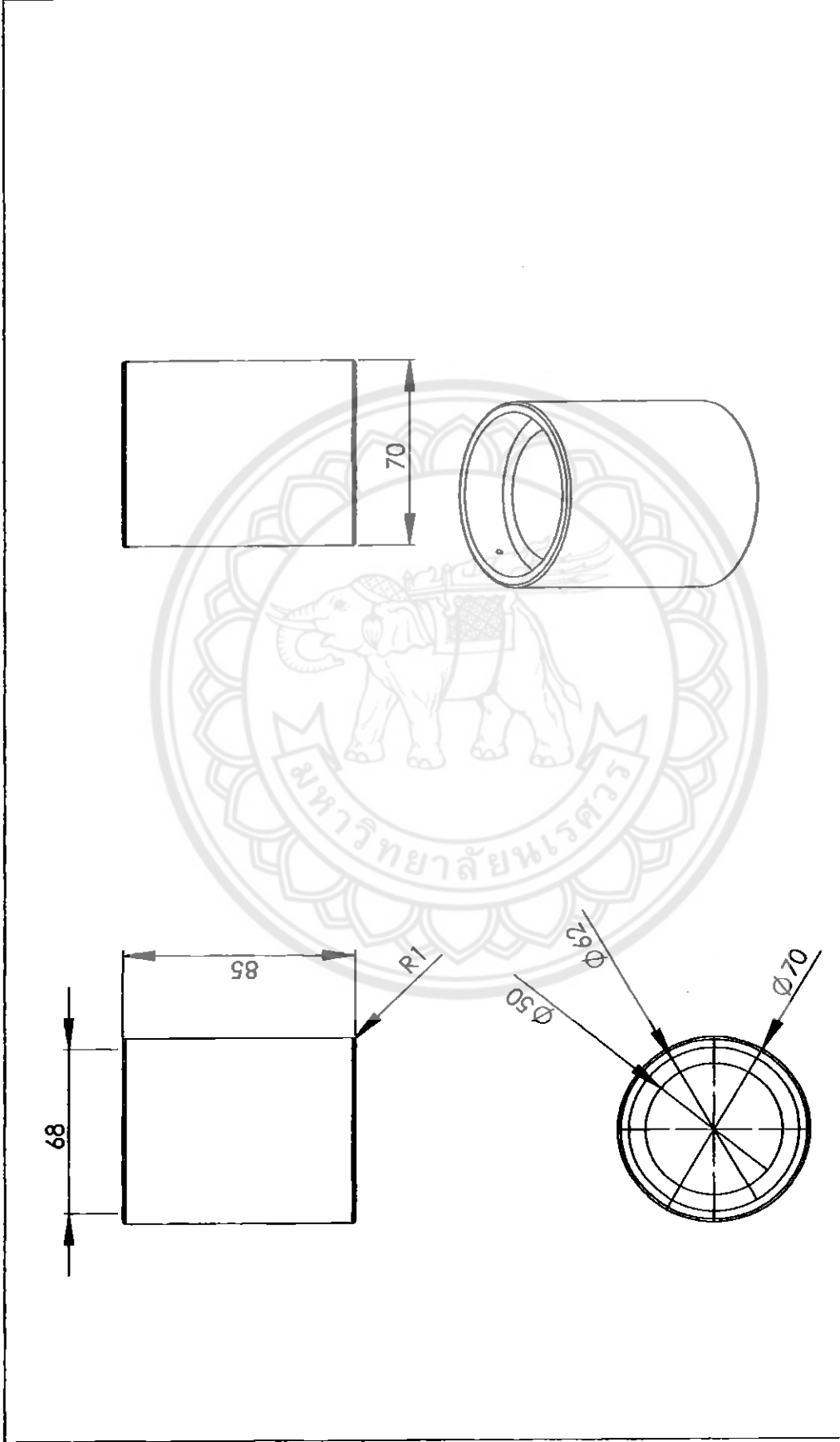
A4	Faculty of Engineering Naresuan University	
Plate 6	Scale	Dimension Name: ดมเหล็ก




A4	 Faculty of Engineering Naresuan University	Plate 6/1
Scale		Dimension Name: ตัดเหล็ก



A4	 Faculty of Engineering Naresuan University	Plate 6/2
Dimension Name: หุ่นปั้นเหล็ก		Scale



A4	Faculty of Engineering Naresuan University		
Plate 6/3	Scale	Dimension Name: ปลอกลูกปืนสวมเพลาหัวถัง	

ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ชื่อ นายบรรจง เจาะจง รหัสสนิสิต 47360789
วัน เดือน ปีเกิด 5 ก.พ. 2528
ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาประถมศึกษา โรงเรียนบ้านเนินพยอม
ปีการศึกษา 2540
สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนคีรีมาศพิทยาคม
ปีการศึกษา 2543
สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนคีรีมาศพิทยาคม
ปีการศึกษา 2546

ชื่อ นายสุทธิพงศ์ ป้อมบ้านมุง รหัสสนิสิต 47360896
วัน เดือน ปีเกิด 13 พ.ค. 2528
ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาประถมศึกษา โรงเรียนเซนต์โยเซฟศรีเพชรบูรณ์
ปีการศึกษา 2540
สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเซนต์โยเซฟศรีเพชรบูรณ์
ปีการศึกษา 2543
สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเซนต์โยเซฟศรี
เพชรบูรณ์
ปีการศึกษา 2546

ชื่อ นายอรรถพล หงษ์หิน รหัสสนิสิต 47360987
วัน เดือน ปีเกิด 20 ธันวาคม 2528
ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาประถมศึกษา โรงเรียนบุญญสิทธิ์วิทยา
ปีการศึกษา 2540
สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนพะเยาพิทยาคม
ปีการศึกษา 2543
สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพะเยาพิทยาคม
ปีการศึกษา 2546