

การสร้างและศึกษาเครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง

Building and Studying of Oscillating Machine  
for Using as a Power Plant

นายไพบุรณ	สุขแสง	รหัสนิสิต 51383591
นายวัชรพล	ปราบสงบ	รหัสนิสิต 51383621
นายสิทธิพร	ทานัน	รหัสนิสิต 51383683

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน..... 16008434
เลขเรียกหนังสือ..... 45.
มหาวิทยาลัยนเรศวร พคจ

2554



## ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อโครงการ : โครงการเรื่อง การสร้างและศึกษาเครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้น  
กำลัง  
: (Building and Studying of Oscillating Machine for Using as a  
Power Plant)

ผู้ดำเนินโครงการ : นายไพบูรณ์ สุขแสง  
: นายวัชรพล ปราบสงบ  
: นายสิทธิพร ทานัน  
ที่ปรึกษาโครงการ : ดร. ภาณุ พุทธวงศ์  
สาขา : วิศวกรรมเครื่องกล  
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
ปีการศึกษา : 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอนโครงการ

 ที่ปรึกษาโครงการ

(ดร. ภาณุ พุทธวงศ์)

 กรรมการ

(ดร. อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

 กรรมการ

(ดร. ศลิษา วีรพันธุ์)

หัวข้อโครงการ : โครงการเรื่อง การสร้างและศึกษาเครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้น  
กำลัง

: (Building and Studying of Oscillating Machine for

Using as a Power Plant)

ผู้ดำเนินโครงการ : นายไพบูรณ์ สุขแสง รหัสนิสิต 51383591

: นายวัชรพล ปราบสงบ รหัสนิสิต 51383621

: นายสิทธิพร ทองยัง รหัสนิสิต 51383683

ที่ปรึกษาโครงการ : ดร. ภาณุ พุทธวงศ์

สาขา : วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2554

### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบและศึกษาหลักการทำงานของเครื่องจักรหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลังโดยใช้โปรแกรม Solid work สร้างแบบจำลองที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ เช่น Planetary Gear, Sun Gear, Carrier, ชุดมวล 7 ชุด สำหรับการทดลองได้แบ่งการทดลองโดยการเพิ่มชุดมวลเข้าไปในระบบทั้งหมด 7 ชุด โดยแต่ละชุดมีน้ำหนัก 933.2, 2314.1, 3247.3, 3771.8, 4705, 6085.9 และ 7019.1 กรัม ตามลำดับ โดยทำการวัดความเร็วรอบสูงสุดของมวลแต่ละชุด เพื่อนำความเร็วรอบที่ได้ไปคำนวณหาทอร์กและอัตราส่วนกำลังของแต่ละชุด ซึ่งจากผลการคำนวณได้ทอร์กสูงสุด 13.71 Nm ที่มวล 7019.1g และได้อัตราส่วนกำลังสูงสุด 502.07 เท่า ที่มวล 4705 g โดยอัตราส่วนกำลังสูงสุดมีแนวโน้มที่จะลดลงหากเพิ่มมวลมากขึ้นกว่า 4705 g เนื่องจากกำลังของระบบผูกผันตามกำลังที่ป้อนที่เข้าไป

Project Title : Building and Studying of Oscillating Machine for  
Using as a Power Plant

Name : Mr. Paiboon Sooksang ID code 51383591  
: Mr. Watcharapon Prabsangob ID code 51383621  
: Mr. Sittiporn Tanan ID code 51383683  
Project advisor : Dr. Panu Putthawong  
Department : Mechanical Engineering  
Academic Year : 2011

---

### Abstract

This project aimed to construct and study the oscillating machine for using as a power plant. By using Solid Works, the machine parts were drew in 3D models, such as, planetary gears, sun gear, carrier, etc. After that, the machine was built. The experiments were carried out by introducing a set of mass into the system totally of seven variations. They were 933.2, 2314.1, 3247.3, 3771.8, 4705, 6085.9 and 7019.1 grams, consecutively. The maximum angular velocities according to each set of mass were measured in order to calculate torques and power ratios. The maximum torque produced by the machine was 13.71 N\*m by the mass of 7019.1 grams. The maximum power ratio was 502.07 times the input according to the set of 4705-gram-mass. The maximum power ratios tended to decreased as the mass was increased over 4705 grams.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการการสร้างและศึกษาเครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำเนิดกำลัง (Building and Studying of Oscillating Machine of Using as a Power Plant) สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยได้รับความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายๆฝ่ายด้วยกันดังนี้

- |                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| 1. ดร. ภาณุ พุทธรังค์   | อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ           |
| 2. นายวาฤทธิ์ ภมร       | ครูช่างประจำภาควิศวกรรมเครื่องกล  |
| 3. นายประเทือง โมรราราย | ครูช่างประจำภาควิศวกรรมอุตสาหกรรม |
| 4. นายสุเทพ เมตาดิจิต   | ช่างกลึง                          |
| 5. ภาควิศวกรรมเครื่องกล | มหาวิทยาลัยนเรศวร                 |

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้ดำเนินโครงการอย่างสม่ำเสมอตลอดมาและบุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวชื่อนามทุกท่านที่ให้ความแนะนำ ช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้ตลอดจนให้การดูแลและให้ประสบการณ์เกี่ยวกับการทำงาน ข้าพเจ้าขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้คณะผู้จัดทำ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้สนใจ ได้ในระดับหนึ่งตลอดจนเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาต่อไป

ไพบูรณ์ สุขแสง

วัชรพล ปราบสงบ

สิทธิพร ทานัน



## สารบัญ

	หน้า
ปกใน	ก
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ญ
ลำดับสัญลักษณ์	ฎ
บทที่ 1	
บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 งบประมาณ	2
1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน	3
1.8 อุปกรณ์ที่ใช้	3
บทที่ 2	
ทฤษฎีความรู้ที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความเร็วและความเร่งเชิงมุม	4
2.2 ขบวนการเฟืองแบบ Planetary (Planetary Gear Trains)	4
2.3 การวิเคราะห์หาแรงและความเร่ง	5

## สารบัญ(ต่อ)

2.4 โมเมนต์ความเฉื่อยของมวล Mass moment of inertia	6
2.5 แรงบิด (Torque)	8
2.6 การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของก้อนมวลโดยใช้วิธีเวกเตอร์	9
<b>บทที่ 3</b>	
<b>วิธีการดำเนินโครงการงานและการออกแบบ</b>	<b>11</b>
3.1 การออกแบบเครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง	11
3.2 วัสดุอุปกรณ์	12
3.3 การเตรียมแบบและขึ้นงาน	12
3.4 ขั้นตอนการประกอบขึ้นงาน	18
3.5 ขั้นตอนการทดลองเครื่อง	18
<b>บทที่ 4</b>	
<b>ผลการทดลอง</b>	<b>19</b>
<b>บทที่ 5</b>	
<b>สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ</b>	<b>24</b>
5.1 สรุปผลการทดลอง	24
5.2 ข้อเสนอแนะ	24
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>25</b>
<b>ภาคผนวก</b>	
ภาคผนวก ก ตารางผลการคำนวณ	27
ภาคผนวก ข ตารางค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของมวลและแสดงตำแหน่งของชุดมวล	32
ภาคผนวก ค แบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลังโดยโปรแกรม SolidWorks	36

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน	2
ตารางที่ 2.1 แสดงการหาโมเมนต์ความเฉื่อยส่วนต่างๆ ของ carrier และย้ายแกน	7
ตารางที่ 3.1 วัสดุอุปกรณ์ส่วนต่างๆของเครื่องจักร	12
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองเพิ่มมวลให้แก่ระบบของเครื่องจักรกล	19
ตารางที่ 4.2 คำนวณประสิทธิภาพของเครื่องจักร	22





## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 วิเคราะห์ขบวนเฟืองแบบ (Planetary Gear Trains)	4
รูปที่ 2.2 การวิเคราะห์แรงที่กระทำต่อ sun gear จากความเร่งเชิงมุมของ planetary	5
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัตถุ	6
รูปที่ 2.4 การหาโมเมนต์ความเฉื่อยของ Carrier	7
รูปที่ 2.5 การหาโมเมนต์ความเฉื่อยของ Planetary Gear	8
รูปที่ 2.6 แสดงการหาทอร์กของระบบ	8
รูปที่ 2.7 รูปแสดงการเคลื่อนที่ของก้อนมวล	9
รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบตัวเครื่องจักรกล	12
รูปที่ 3.2 เฟือง Planetary Gear และ Sun Gear	13
รูปที่ 3.3 ร่างแบบส่วนประกอบของตัวเครื่อง	13
รูปที่ 3.4 เหล็ก 3 แขน	13
รูปที่ 3.5 การกลิ้งเพลลา และเพลลาที่กลิ้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว	14
รูปที่ 3.6 บูทรองเฟือง Planetary Gear	14
รูปที่ 3.7 ชุดฐานรองรับชุดอุปกรณ์	15
รูปที่ 3.8 หน้าแปลนตลับลูกปืนของชุดฐาน	15
รูปที่ 3.9 พวงมลัย (Hand input) สำหรับใส่ Input	16
รูปที่ 3.10 ชุดก้อนมวลทั้ง 3 ขนาด	16
รูปที่ 3.11 นี้อตขนาดต่างๆ	17
รูปที่ 3.12 ฟันสี่ส่วนประกอบชิ้นงาน	17
รูปที่ 3.13 เครื่องมือที่ใช้ในการประกอบชิ้นงาน	17
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับอัตราการหมุนของระบบ	21
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราส่วนกำลังกับมวล	23
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราส่วนทอร์กกับมวล	23

## ลำดับสัญลักษณ์

$m$	มวล (kg)
$V$	ปริมาตร ( $m^3$ )
$v$	ความเร็ว ( $m/s$ )
$t$	เวลา (s)
$n$	รอบ
$T$	คาบ (วินาที/รอบ)
$f$	ความถี่ (รอบต่อนาที, Hz)
$I$	โมเมนต์ความเฉื่อย ( $kg \cdot m^2$ )
$\rho$	ความหนาแน่น ( $kg/m^3$ )
$N$	ความเร็วรอบต่อนาที (rpm)
$\omega_1, \omega_2, \omega_3$	ความเร็วเชิงมุม (rad/s)
$\alpha$	ความเร่งเชิง (rad/s <sup>2</sup> )
$N_1, N_2$	จำนวนฟันของ Sun Gear, Planetary Gear
$\tau_1, \tau_2, \tau_3$	ทอร์ก Sun gear, Planetary, Carrier ของระบบ ตามลำดับ ( $N \cdot m$ )
$F_1, F_2$	แรงที่กระทำต่อ Sun Gear, Planetary Gear ตามลำดับ ( $N$ )
$r_1, r_2, R$	รัศมี Sun Gear, Planetary Gear, Carrier ตามลำดับ ( $m$ )
$W$	กำลัง (W)

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

การนำเอาพลังงานทางเลือกหรือพลังงานใหม่ๆมาใช้นั้น จะต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมและการปล่อยมลภาวะเป็นสำคัญ โดยในปัจจุบันพลังงานนิวเคลียร์ถือได้ว่าเป็นพลังงานที่มีความสะอาดมากที่สุด แต่ก็ยังมีข้อเสียมากมายในด้านความปลอดภัย โดยหลังจากเหตุการณ์คลื่นยักษ์สึนามิที่ญี่ปุ่นนั้น ทำให้เราได้ตระหนักถึงอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี ซึ่งในหลายประเทศที่สร้างและมีแผนจะสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในปัจจุบันต่างก็ต้องหยุดชะงักหรือล้มเลิกโครงการไป จึงทำให้มีการค้นหาพลังงานทดแทนใหม่ๆ แต่ก็ยังไม่มีพลังงานทดแทนใดๆ ที่มีความสะอาด ความประหยัด ความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากเท่าที่ควรในปัจจุบัน ทำให้เราได้ตระหนักว่าในอนาคตเราจะหาพลังงานทดแทนใดๆ มาใช้ถ้าหากพลังงานฟอสซิลหมดไป เพื่อตอบสนองความต้องการของจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นทุกวัน และพลังงานดังกล่าวจะต้องก่อให้เกิดมลภาวะน้อยที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้งาน

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 สร้างเครื่องต้นแบบเครื่องจักรกลแบบหมุนเหวี่ยงและศึกษามลที่ได้จากเครื่องต้นแบบเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เป็นต้นกำลังในอนาคต
- 1.2.2 เพื่อศึกษาหลักการทำงานเครื่องจักรกลแบบหมุนเหวี่ยง

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 สร้างแบบจำลองโดยโปรแกรม Solid works
- 1.3.2 สร้างเครื่องต้นแบบเครื่องจักรกลแบบหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง
- 1.3.3 วิเคราะห์โมเมนต์ความเฉื่อยของมวล การเคลื่อนที่แบบวงกลมและทอร์กของระบบ
- 1.3.4 วิเคราะห์ตำแหน่งของมวลเมื่อเกิดการเคลื่อนที่
- 1.3.5 หาประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบเครื่องจักรกลแบบหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง

## 1.4 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน

มิถุนายน 2554 – มีนาคม 2555

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ลำดับที่	แผนการดำเนินงาน	2554				2555		
		มิ.ย-ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค.	ม.ค	ก.พ	มี.ค
1	วิเคราะห์คำนวณ				←→			
2	ร่างและออกแบบ	←→						
3	สร้างแบบจำลอง		←→					
4	ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของแบบจำลอง		←→					
5	เตรียมอุปกรณ์ทำการสร้างจริง	←→						
6	ทดสอบประสิทธิภาพเครื่อง				←→			
7	นำเสนอ					←→		

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ฝึกการทำงานเป็นทีม
- 1.5.2 ได้เครื่องจักรต้นกำลังที่ประหยัดพลังงาน
- 1.5.3 นำองค์ความรู้ไปต่อยอดได้ในอนาคต

## 1.6 งบประมาณ

1.6.1 เกียร์ 4 ตัว ราคา	1500 บาท
1.6.2 ตลับลูกปืน 7 ตลับ	380 บาท
1.6.3 หน้าแปลนรูปวงกลม 5 อัน	650 บาท
1.6.4 เฟลา 1 อัน	90 บาท
1.6.5 เหล็ก 3 แขน 2 อัน	700 บาท
1.6.6 ท่อเหล็ก (แป๊ป) ทำบุทรองเฟือง	30 บาท
1.6.7 น็อตยึดเฟือง Planetary Gear 3 ตัว	150 บาท
1.6.8 เฟลาขาวทำบุท Sun Gear	50 บาท

1.6.9 เหล็กกล่องทำฐาน ยาว 9 เมตร	340 บาท
1.6.10 ค่ากึ่งไม้ตลับลูกปืน	300 บาท
1.6.11 ค่ากึ่งบูทรอง Sun Gear 1 ตัว	100 บาท
1.6.12 ค่ากึ่งเฟือง 4 ตัว	700 บาท
1.6.13 เหล็กฉาก	20 บาท
1.6.14 เหล็กก้อนมวล 3 ขนาด ขนาดละ 6 ก้อน	660 บาท
1.6.15 สีสเปรย์ 2 กระป๋อง	130 บาท
รวมประมาณ	5800 บาท

## 1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน

หอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร, Shopวิศวกรรมเครื่องกล

## 1.8 อุปกรณ์ที่ใช้

- 1.8.1 เกียร์แบบ Planetary Gear 3 ตัว Sun Gear 1 ตัว
- 1.8.2 ตลับลูกปืน 7 ตลับ
- 1.8.3 เฟลา 1 อัน
- 1.8.4 เหล็กแขน 2 อัน
- 1.8.5 น็อตขนาดต่างๆ
- 1.8.6 บูทรองเฟือง 6 อัน
- 1.8.7 พวงมาลัยสำหรับ Input 1 อัน
- 1.8.8 โครงฐานรองรับอุปกรณ์ 1 ชุด
- 1.8.9 หน้าแปลนตลับลูกปืน 2 อัน

## บทที่ 2

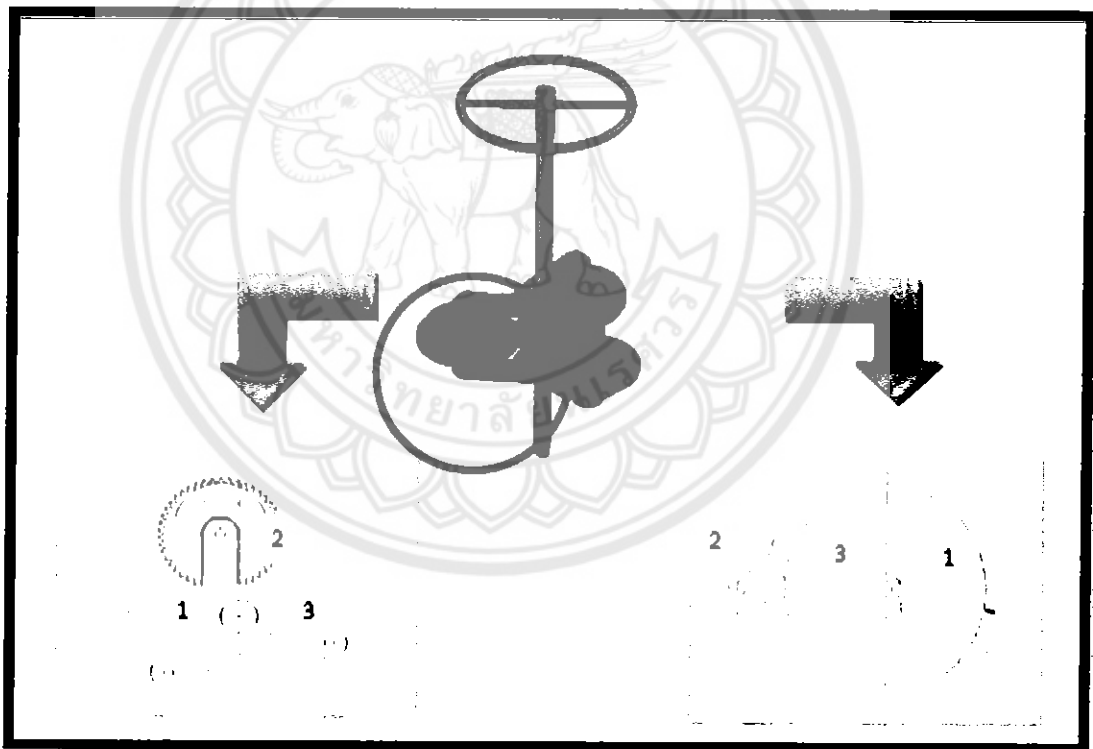
### ทฤษฎีความรู้ที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ความเร็วและความเร่งเชิงมุม

$$v = \omega r = 2\pi r f, f = \frac{1}{T} \quad (2.1)$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} \quad (2.2)$$

#### 2.2 ขบวนเฟืองแบบ Planetary (Planetary Gear Trains)



รูปที่ 2.1 การวิเคราะห์ขบวนเฟืองแบบ Planetary ของเครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง

ระบบทำงานโดย Planetary Gear ที่ติดกันมวลถ่วงน้ำหนัก หมุนรอบตัวเองไปพร้อมกับการเคลื่อนที่รอบ Sun Gear โดยมีการป้อน Input ผ่านทางพวงมาลัยให้แก่ระบบด้วยการหมุน Sun Gear กลับไปกลับมา

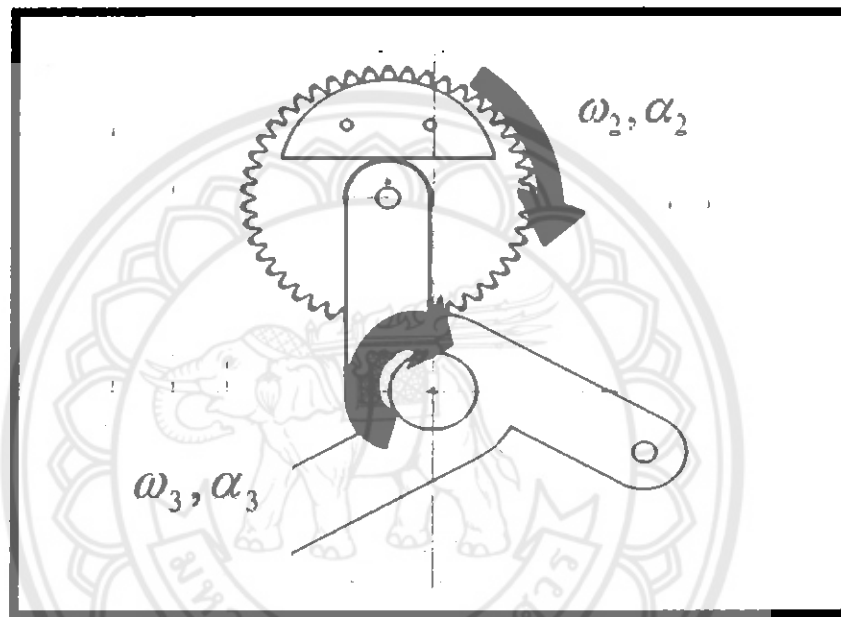
จากรูปที่ 2.1 เราสามารถวิเคราะห์ชุดเฟือง Planetary โดยการใช้สูตร ดังต่อไปนี้

$\omega_{23}$  หมายถึงความเร็วเชิงมุมสัมพัทธ์ของเฟือง 2(Planetary Gear) เทียบกับเฟือง 1(Sun Gear)

$\omega_{13}$  หมายถึงความเร็วเชิงมุมสัมพัทธ์ของแกน 3 เทียบกับเฟือง 1 (Sun Gear)

$$\therefore \frac{\omega_{23}}{\omega_{13}} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.3)$$

### 2.3 การวิเคราะห์หาแรงและความเร่ง



รูปที่ 2.2 การวิเคราะห์แรงที่กระทำต่อ sun gear จากความเร่งเชิงมุมของ planetary

#### 2.3.1 วิเคราะห์แรงที่ป้อนให้แก่ระบบ

$$\tau = Fr \quad (2.4)$$

$$F_2 = \frac{\tau_2}{r_2} \quad (2.5)$$

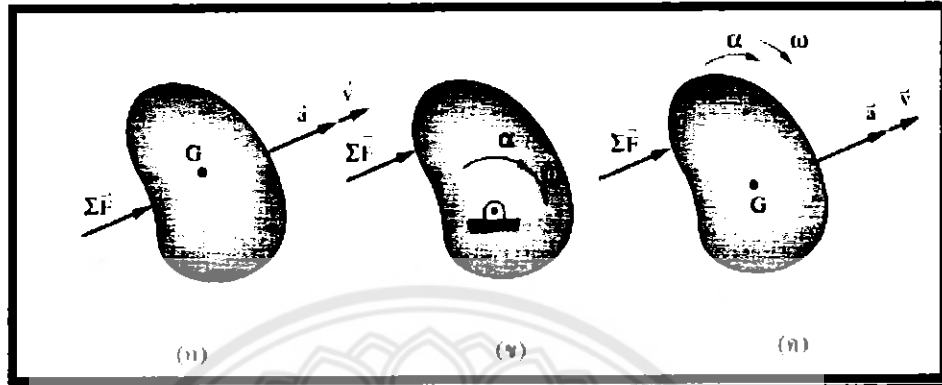
#### 2.3.2 วิเคราะห์ความเร่งเชิงมุมของ Planetary Gear

$$\omega_2 = \frac{N_1}{N_2} \times \omega_3 \quad (2.6)$$

$$\alpha_2 = \frac{N_1}{N_2} \alpha_3 \quad (2.7)$$

## 2.4 โมเมนต์ความเฉื่อยของมวล Mass moment of inertia

ความสัมพันธ์ของแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัตถุและการเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นผลตามมา อาจเป็นเชิงเส้น การหมุน ขึ้นอยู่กับทิศของแรงที่เข้ามามีกระทำ



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัตถุ

- ก. โมเมนต์ความเฉื่อยของมวลมีส่วนเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์แรง
- ข. มวล  $m$  เป็นค่าของการวัดความสามารถการต้านทานการเกิดความเร่งของการเคลื่อนที่เชิงเส้น (translational acceleration)
- ค. โมเมนต์ความเฉื่อยของมวล เป็นค่าการวัดความสามารถการต้านทานความเร่งการหมุน (rotational acceleration)

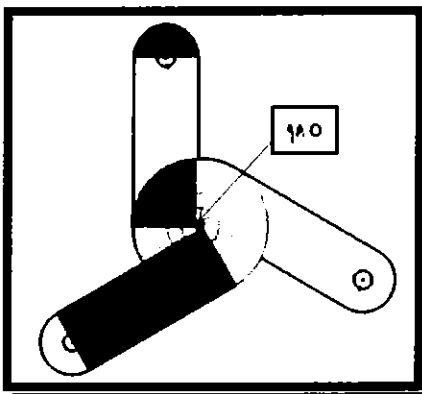
การทำโมเมนต์ความเฉื่อยของมวลเราสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

(1) วิธีหาโดยตรง เราจะแบ่งมวล  $m$  ออกเป็นมวลย่อย  $dm$  และหาระยะ  $r$  จากแกนความเฉื่อยไปยังมวลย่อย  $dm$  แล้วทำการอินทิเกรตหาโมเมนต์ความเฉื่อยของมวล  $m$  ทั้งหมดรอบแกนความเฉื่อยนั้น ตามสมการ  $I = \int r^2 dm$

(2) วิธีย้ายแกน ในกรณีที่เรากำลังหาโมเมนต์ความเฉื่อยของมวล  $m$  ซึ่งมีลักษณะรูปทรงมาตรฐาน เช่น สี่เหลี่ยม ทรงกรวย รอบแกนใดๆ เราก็จะหาโมเมนต์ความเฉื่อยของมวล  $m$  รอบแกนซึ่งขนานกับแกนที่ต้องการนั้นโดยอาศัยตารางค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของมวลรูปทรงมาตรฐาน แล้วจึงทำการย้ายแกนเพื่อหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของมวลรอบแกนที่ต้องการนั้นโดยใช้สมการ  $I = \bar{I} + md^2$



(3) การหาโมเมนต์ความเฉื่อยของ Carrier



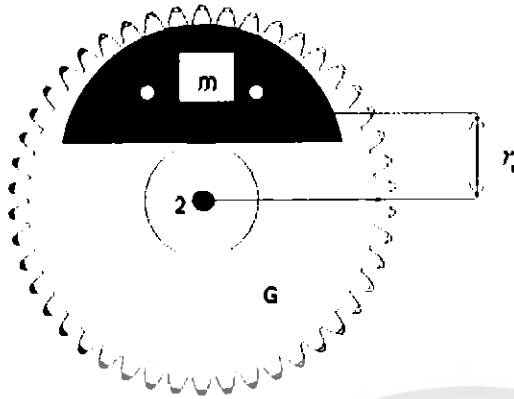
รูปที่ 2.4 การหาโมเมนต์ความเฉื่อยของ Carrier

ตารางที่ 2.1 แสดงการหาโมเมนต์ความเฉื่อยส่วนต่างๆ ของ carrier และการย้ายแกน

Shape	At C.M.
	$I = \frac{1}{2}m(R^2 + r^2)$
	$I = \frac{1}{12}m(a^2 + l^2)$
	$I_{mass} = \left(\frac{1}{2} - \frac{4r}{9\pi^2}\right)mr^2$
	$I = \frac{1}{2}mr^2$

หมายเหตุ : การหาโมเมนต์ของ carrier นำ  $I$  แต่ละส่วนย้ายแกนไปที่จุด  $O$  โดย  $I_O = I + md^2$

## (4) การหาโมเมนต์ความเฉื่อยของPlanetary Gear ที่เพิ่มมวล



โมเมนต์ความเฉื่อยของPlanetary Gear ที่เพิ่มมวล

$$I_2 = (I_m + mr_c^2) + I_G$$

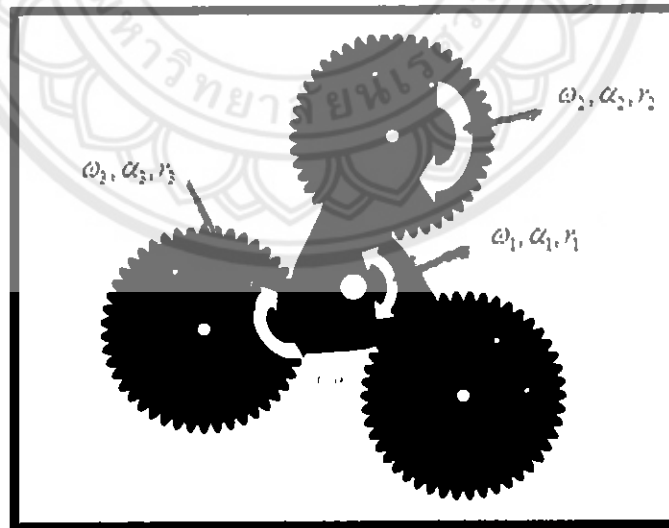
ย้ายแกนไปที่จุดหมุน(O)ของระบบ

$$I_O = I_2 + (mR^2)_{G+m}$$

รูปที่ 2.5 การหาโมเมนต์ความเฉื่อยของPlanetary Gear ที่เพิ่มมวล

## 2.5 แรงบิด (Torque)

ทอร์คเป็นปริมาณเวกเตอร์ โดยคำจำกัดความของทอร์ค ( $\tau$ ) คือ ผลคูณเวกเตอร์ระหว่างเวกเตอร์ชี้ตำแหน่ง ( $r$ ) ของจุดที่ถูกแรงถูกกระทำ (พิจารณาจากจุดหมุนไปยังจุดตั้งกล้าว) กับแรงที่กระทำ ( $F$ ) จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจะได้สมการ

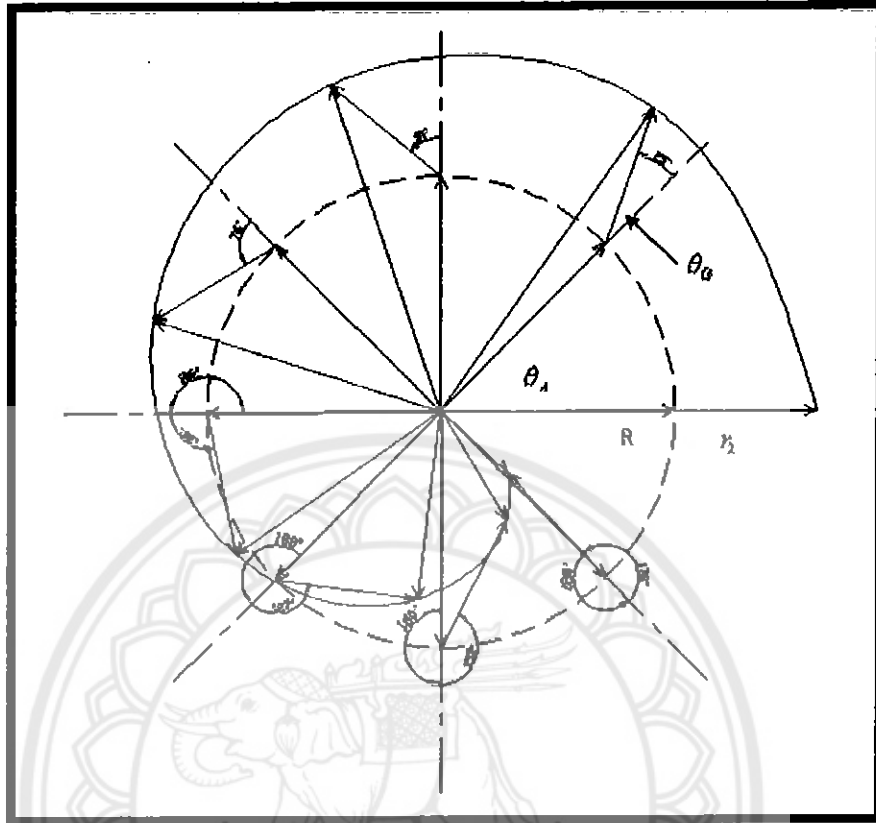


รูปที่ 2.6 แสดงการหาทอร์คของระบบ

$$\tau = I\alpha \quad (2.8)$$

$$\tau = Fr \quad (2.9)$$

## 2.6 การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของก้อนมวลโดยใช้วิธีเวกเตอร์



รูปที่ 2.7 รูปแสดงการเคลื่อนที่ของก้อนมวล

จากรูปที่ 2.5 เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวลที่ติดปลาย Planetary Gear เมื่อสังเกตเส้นโค้งสีแดงซึ่งเป็นเส้นแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของศูนย์กลางมวล

$R$  คือ รัศมีจากศูนย์กลาง Planetary Gear ถึง ศูนย์กลางของ Sun gear

$r$  คือ รัศมีจากศูนย์กลาง Planetary Gear ถึง จุดศูนย์กลางมวล

$\theta_A$  คือ มุมของแขน Carrier ที่หมุนสัมพันธ์กับ Sun Gear

$\theta_G$  คือ มุมของตำแหน่งมวล ที่หมุนสัมพันธ์กับ ศูนย์กลางของ Planetary Gear

$$R_x = R \cos \theta_A \quad (2.10)$$

$$R_y = R \sin \theta_A \quad (2.11)$$

$$\vec{R} = R \cos (\theta_A) \mathbf{i} + R \sin (\theta_A) \mathbf{j} \quad (2.12)$$

$$r_x = r \cos(\theta_A + \theta_G) \quad (2.13)$$

$$r_y = r \sin(\theta_A + \theta_G) \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned} \vec{r} &= r \cos(\theta_A + \theta_G)\mathbf{i} + r \sin(\theta_A + \theta_G)\mathbf{j} \\ &= r[\cos(\theta_A + \theta_G)\mathbf{i} + \sin(\theta_A + \theta_G)\mathbf{j}] \end{aligned} \quad (2.15)$$

$$\vec{A} = \vec{R} + \vec{r}$$

$$\vec{A} = [R \cos(\theta_A) + r \cos(\theta_A + \theta_G)]\mathbf{i} + [R \sin(\theta_A) + r \sin(\theta_A + \theta_G)]\mathbf{j} \quad (2.16)$$

$$A = \sqrt{[R \cos(\theta_A) + r \cos(\theta_A + \theta_G)]^2 + [R \sin(\theta_A) + r \sin(\theta_A + \theta_G)]^2} \quad (2.17)$$



## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินโครงการและการออกแบบ

ในการดำเนินโครงการนี้มีส่วนหลักๆตามวัตถุประสงค์ของโครงการคือ ศึกษากระบวนการทำงานของอุปกรณ์เครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำเนิด และสร้างชุดต้นแบบเครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำเนิด โดยประยุกต์ใช้อุปกรณ์ที่เราสามารถจัดหาได้ง่ายตามท้องตลาด และเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ซึ่งมีวิธีการดำเนินงานตลอดโครงการดังต่อไปนี้

#### 3.1 การออกแบบเครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำเนิด

3.1.1 เหล็ก 3 แขน (Carrier) ทำหน้าที่เป็นชิ้นส่วนเคลื่อนไหวลึกของเครื่องจักรกลแบบหมุนเหวี่ยง โดยทำหน้าที่เป็นจุดหมุน เป็นส่วนที่ยึดและรองรับชุดเฟือง รวมถึงก้านมวล์น้ำหนักรวม

3.1.2 Planetary Gear ทำหน้าที่เป็นชิ้นส่วนเคลื่อนไหวลึกของเครื่องจักรกลแบบหมุนเหวี่ยง โดยเป็นส่วนที่สำคัญมากของระบบโดยเป็นอุปกรณ์หลักในการสร้างแรงเฉื่อย โดยเป็นส่วนที่หมุนรอบตัวเองพร้อมกับการเคลื่อนที่รอบ Sun Gear ไปด้วย กล่าวคือเป็นที่ยึดติดก้านมวล์น้ำหนักสำหรับถ่วงน้ำหนักบางจุดเพื่อสร้างแรงเฉื่อยขณะที่ระบบหมุน

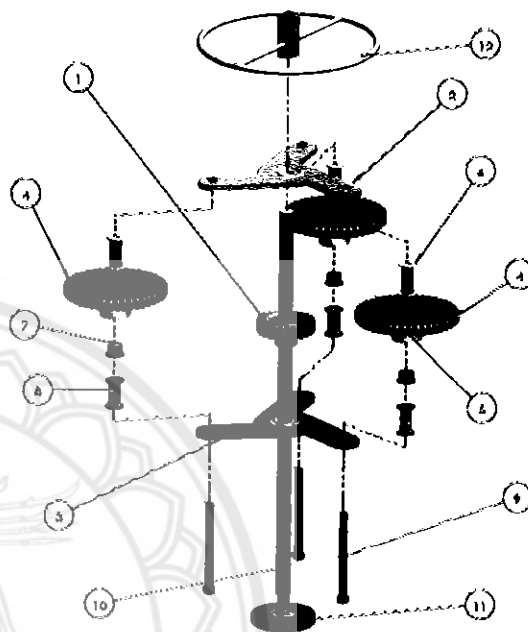
3.1.3 พวงมาลัย ทำหน้าที่เป็นส่วนที่ป้อน Input ให้แก่ระบบ ซึ่งยึดติดกับแกนเพลลาและ Sun Gear เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้โดยลักษณะการป้อน Input จะเป็นการป้อนแบบหมุนไปและกลับตามองศา โดยองศาจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของระบบ กล่าวคือ ความเร็วต่ำการ Input มุมที่ป้อนจะสูงแต่ความถี่น้อย ในขณะที่ความเร็วสูงการ Input มุมจะค่อนข้างน้อยแต่ความถี่สูง

3.1.3 โครงฐานรองรับ ทำหน้าที่รองรับและประคองชุดอุปกรณ์ทั้งหมด โดยฐานจะต้องมีความแข็งแรงมากพอสมควรเพื่อรับกับน้ำหนักของอุปกรณ์ทั้งหมด และแรงเหวี่ยงที่เกิดขึ้นจากระบบขณะระบบทำงาน

### 3.2 วัสดุอุปกรณ์

ตารางที่ 3.1 วัสดุอุปกรณ์ส่วนต่างๆของเครื่องจักร

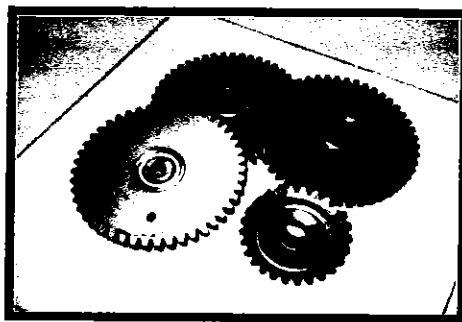
NO.	PART NAME	QTY.	WEIGHT (g)
1	Sun Gear	1	862.2
2	Top carrier	1	1700
3	Lower Carrier	1	1700
4	Planetary Gear	3	9080
5	Bearing 6205-Z	5	611
6	Top Rod	3	73
7	Bush	3	60
8	Lower Rod	3	60.9
9	Bolt	3	214.7
10	Original Shaft	1	2730
11	Base Support	1	500
	Shaft Bearing	1	100
12	Hand input	1	600
	รวม	28	18791.8



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบตัวเครื่องจักรกล

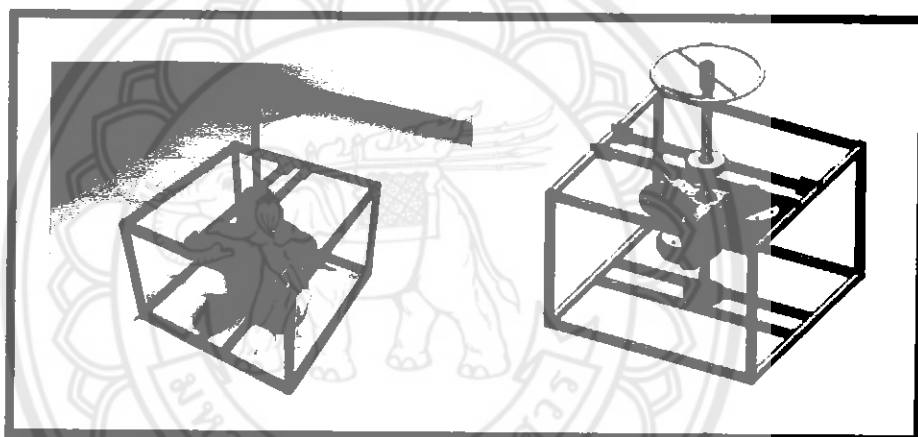
### 3.3 การเตรียมแบบและชิ้นงาน

3.3.1 จัดหาเฟืองมือสอง Planetary Gear 3 ตัวและ Sun Gear 1 ตัว เพื่อหาระยะของตัวแกน และส่วนประกอบต่างๆของตัวเครื่อง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ



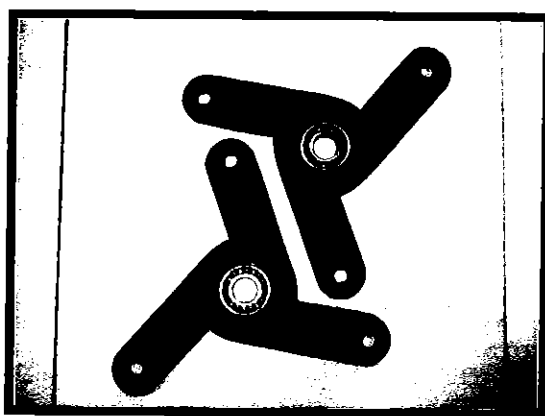
รูปที่ 3.2 Planetary Gear และ Sun Gear

3.3.2 ทำการร่างแบบส่วนประกอบต่างๆของตัวเครื่อง จากข้อมูลที่ได้จาก Planetary Gear และ Sun Gear และเอามาประกอบกัน (Assembly) โดยใช้โปรแกรม Solid works



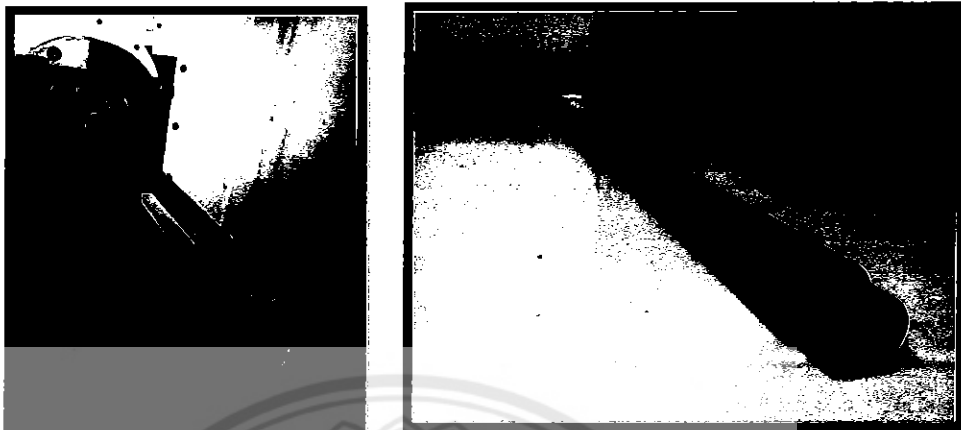
รูปที่ 3.3 ร่างแบบส่วนประกอบของตัวเครื่อง

3.3.3 ทำการร่างแบบแขนลงบนกระดาษแข็ง ทาบแบบลงบนแผ่นเหล็กหนา 10 mm ตัดตามแบบ เจาะรูน็อตและกลึงเข้าตลับลูกปืน



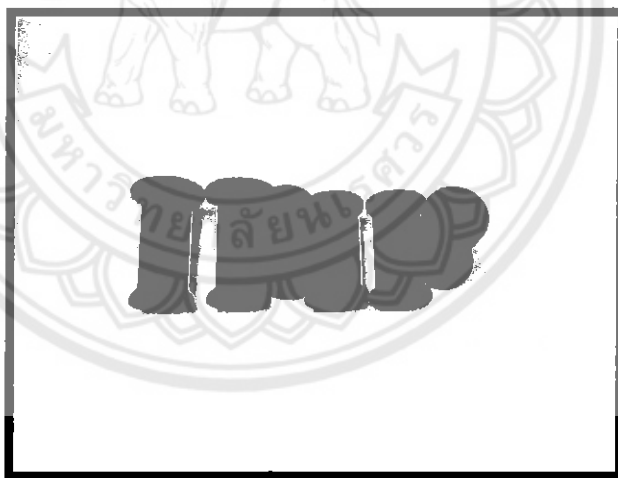
รูปที่ 3.4 เหล็ก 3 แขน(Carrier)

3.3.4 กลึงเพลตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางให้เข้ากับขนาดของลูกปืนได้พอดีเหลือป่าเพื่อรองรับ  
แกนของตัวเครื่อง



รูปที่ 3.5 การกลึงเพล และเพลที่กลึงเสร็จเรียบร้อยแล้ว

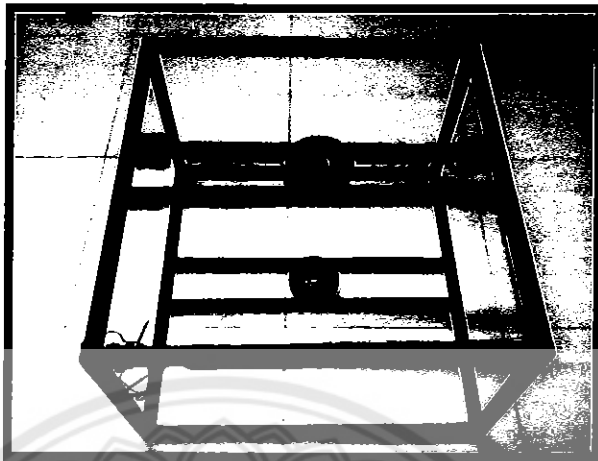
3.3.5 เตรียม Top Rod (บุทรงเฟือง Planetary Gear) โดยตัดท่อเหล็กแล้วเชื่อมแหวนรองน็อต  
บริเวณส่วนหัวและส่วนท้ายของท่อเหล็ก



รูปที่ 3.6 บุทรงเฟือง Planetary Gear



3.3.6 สร้างชุดฐานรองรับอุปกรณ์ขนาด 600x600x400 mm โดยใช้เหล็กกล่องขนาด 18x18 mm เชื่อมเป็นโครงสร้างดังรูป



รูปที่ 3.7 ชุดฐานรองรับชุดอุปกรณ์

3.3.7 เตรียมหน้าแปลนและกลิ้งรูตรงกลางสำหรับใส่ตลับลูกปืน 2 ขนาดคือ 25mm และ 20mm



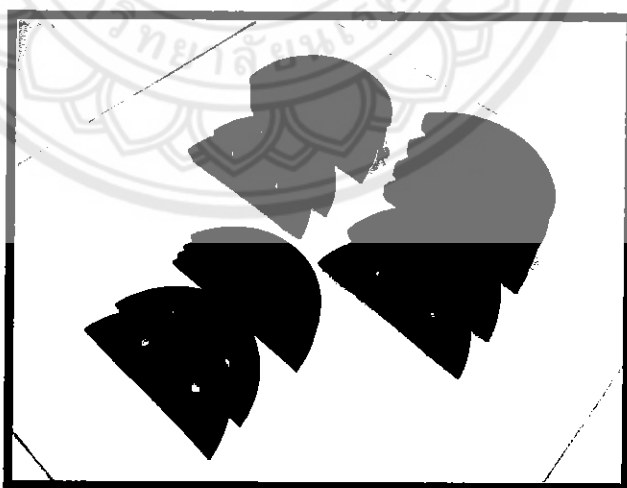
รูปที่ 3.8 หน้าแปลนตลับลูกปืนของชุดฐาน

3.3.8 เตรียมพวงมาลัยโดยใช้เหล็กเส้นตัดเป็นวงกลม เชื่อมติดกับเหล็กกล่องและเจาะรูสำหรับยึดน็อตเข้ากับเพลา



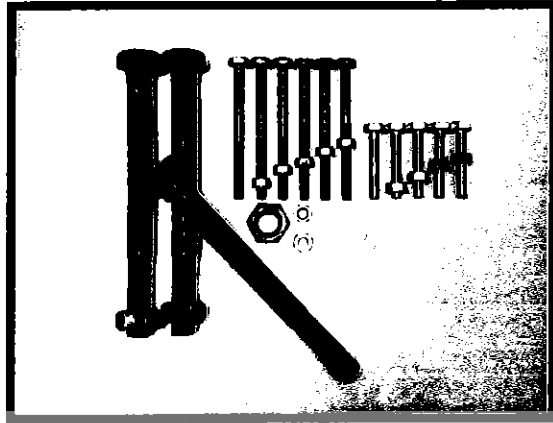
รูปที่ 3.9 พวงมาลัย (Hand Input) สำหรับใส่ Input

3.3.9 เตรียมเหล็กก้อนมวลขนาดต่างๆ ร้างแบบบนกระดาษแข็งทาบบนแผ่นเหล็กตัดตามแบบด้วยแก๊ส จะได้รูปร่างของก้อนมวลตามรูปข้างล่าง โดยมีขนาดความหนาต่างๆดังนี้ 4 mm , 10 mm และ 15 mm ตามลำดับ



รูปที่ 3.10 ชุดก้อนมวลทั้ง 3 ขนาด

### 3.3.10 เตรียมน็อตขนาดต่างๆที่ใช้ในการประกอบชุดอุปกรณ์



รูปที่ 3.11 น็อตขนาดต่างๆ

### 3.3.11 ทำการพันสีชิ้นงาน เพื่อความสวยงามและป้องกันสนิม



รูปที่ 3.12 พันสีส่วนประกอบชิ้นงาน

### 3.3.12 เตรียมเครื่องมือในการประกอบชิ้นงาน



รูปที่ 3.13 เครื่องมือที่ใช้ในการประกอบชิ้นงาน

### 3.4 ขั้นตอนการประกอบชิ้นงาน

การสร้างหรือประกอบเครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง ได้ดำเนินการสร้างหรือประกอบ ณ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.4.1 ประกอบชุดฐานรองรับอุปกรณ์

#### 3.4.2 เชื่อมชุดหน้าแปลนตลับลูกปืนติดกับชุดฐานรองรับอุปกรณ์เพื่อเป็นตัวรองรับและประคองชุดเพลา

#### 3.4.3 ติดตั้งเพลาเข้ากับชุดฐานรองรับ

#### 3.4.4 ประกอบแกนล่างเข้ากับเพลา

#### 3.4.5 ประกอบน็อตและชุดเฟืองเข้ากับแกนล่างและเพลา

#### 3.4.6 ประกอบแกนบนเข้ากับเพลาและชุดเฟืองยึดด้วยน็อต

#### 3.4.7 ประกอบก้อนมวลเข้ากับตัวเฟือง planetary gear

#### 3.4.8 ประกอบพวงมาลัยสำหรับป้อน Input บริเวณส่วนบนของเพลา

### 3.5 ขั้นตอนการทดลองเครื่อง

#### 3.5.1 ทดสอบการหมุนโดยการเพิ่มก้อนมวลทั้งหมด 3 ขนาด (7 ชุด)

3.5.2 ใช้เครื่องวัด Mavic M-Tech 7 ทำการวัดค่า เวลาในการป้อนรอบเริ่มต้น, ความเร็วเริ่มต้น, เวลาในการป้อน Input, ความถี่ในการป้อน Input, ความเร็วรอบของอุปกรณ์, และเวลาที่อุปกรณ์หมุนจนหยุดนิ่งหลังเลิกป้อน Input เป็นต้น

#### 3.5.3 บันทึกผลการทดลองในตาราง

#### 3.5.4 นำข้อมูลที่ได้อ้อมบันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลอง

#### ข้อกำหนดในการทดสอบ

ใช้มวลในการทดสอบทั้งหมด 7 ชุด โดยวัดค่าต่างๆ คือ เวลาในการป้อนรอบเริ่มต้น , ความเร็วรอบเริ่มต้นต่ำสุดที่ทำให้ระบบทำงาน, ใช้ความเร็วรอบเริ่มต้น ที่ 120 rpm , เวลาและความถี่ในการป้อน Input, ความเร็วรอบของระบบ, และเวลาที่ระบบหมุนจนหยุดนิ่งหลังเลิกป้อน Input

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

การทดลอง เมื่อเริ่มเพิ่มมวลให้แก่ระบบ 7 ชุด มุมที่พวงมาลัยให้ระบบมีความเร็วรอบหมุนเริ่มที่ 120 rpm เริ่มป้อนพวงมาลัยท่ามุม 40 องศากลับไปกลับมาและจับเวลา จนระบบมีความเร็วสูงสุดของแต่ละชุดก่อนมวลที่ติดไปกับ Planetary Gear โดยได้ค่าดังตาราง

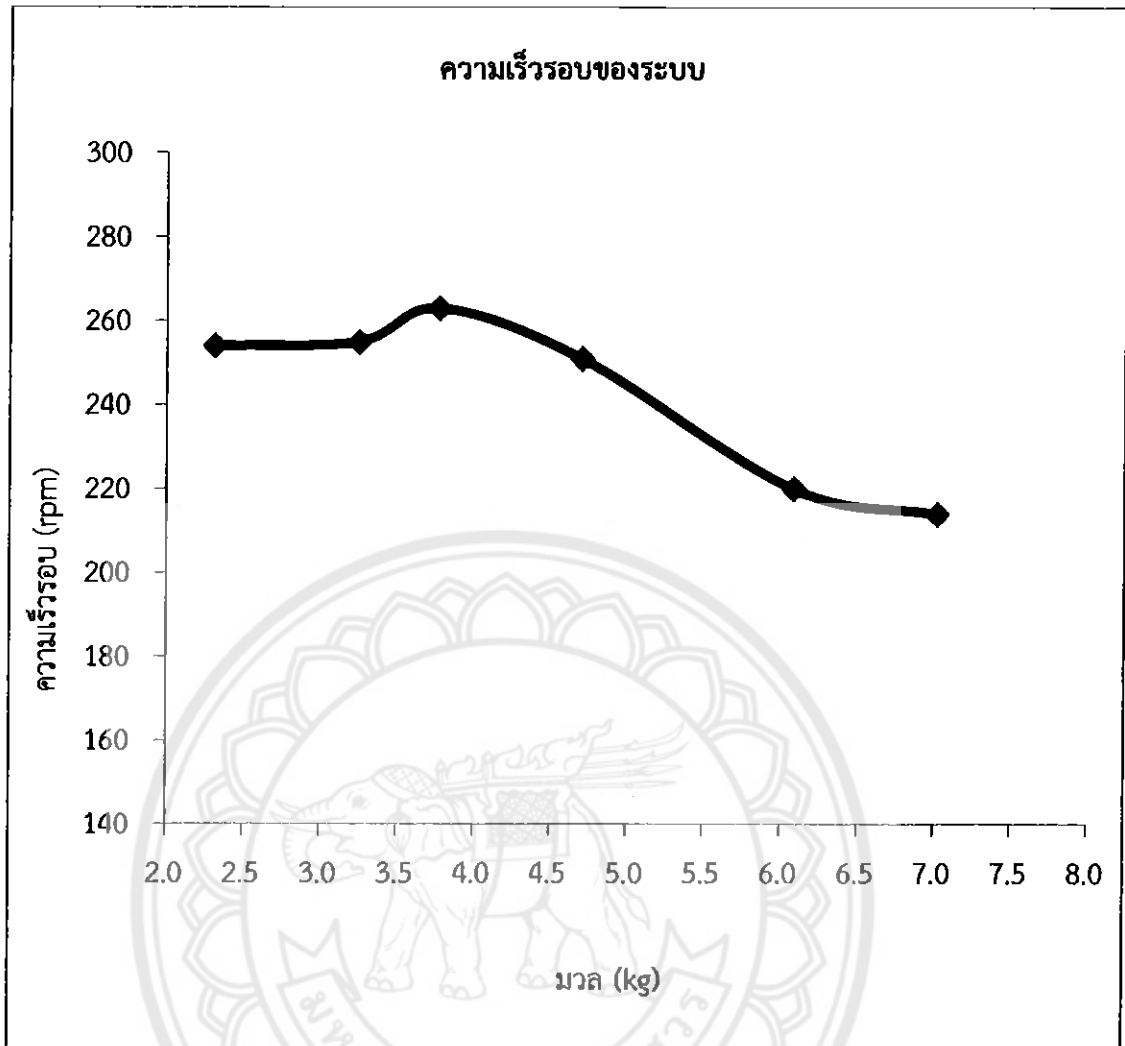
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองเพิ่มมวลให้แก่ระบบของเครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง

จำนวน นครั้ง	ชุดที่	Mass (g)	n (ครั้ง)	$v_{max}$ (km/hr)	$\frac{v}{r} = \omega$ (rad/s)	N (rpm)	เวลา (s)		
							$t_1$	$t_2$	$t_3$
1	1	933.2	0	0	0.00	0.00	0	0	0
2			0	0	0.00	0.00	0	0	0
3			0	0	0.00	0.00	0	0	0
เฉลี่ย			0	0	0.00	0.00	0	0	0
1	2	2314.1	40	28.8	26.67	254.65	11	35	64
2			32	28.1	26.02	248.46	10	28	53
3			40	29.3	27.13	259.07	9	31	56
เฉลี่ย			37.33	28.73	26.61	254.06	10	31.33	57.66
1	3	3247.3	72	28.7	26.57	253.76	12	49	73
2			62	28.9	26.76	255.53	13	48	68
3			65	28.8	26.67	254.65	14	45	70
เฉลี่ย			66.33	28.8	26.67	254.65	13	47.33	70.33
1	4	3771.8	47	29	26.85	256.42	15	37	60

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองเพิ่มมวลให้แก่ระบบของเครื่องจักรกลหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง (ต่อ)

จำนวน ครั้ง	ชุดที่	Mass (g)	n (ครั้ง)	$v_{max}$ (km/hr)	$\omega = \frac{V}{r}$ (rad/s)	N (rpm)	เวลา (s)		
							t1	t2	t3
2	4	3771.8	40	30.8	28.52	272.33	11	31	55
3			42	29.5	27.31	260.84	10	30	54
เฉลี่ย			41	30.15	27.92	266.58	10.5	30.5	54.5
1	5	4705	38	28.5	26.39	252.00	15	34	59
2			35	28.4	26.30	251.11	12	30	51
3			36	28.3	26.20	250.23	11	31	51
เฉลี่ย			36.33	28.4	26.30	251.11	12.667	31.667	53.667
1	6	6085.9	35	24.2	22.41	213.97	15	32	55
2			37	25.3	23.43	223.70	16	34	56
3			50	24.3	22.50	214.86	12	35	58
เฉลี่ย			40.67	24.6	22.78	217.51	14.333	33.667	56.333
1	7	7019.1	40	25.4	23.52	224.59	13	35	56
2			30	23.7	21.94	209.55	11	28	47
3			27	25.4	23.52	224.59	11	27	49
เฉลี่ย			32.33	24.83	22.99	219.57	11.667	30	50.667

หมายเหตุ :คำนวณความเร็วเชิงมุมของระบบ จากทฤษฎีบทที่ 2



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับอัตราการหมุนของระบบ

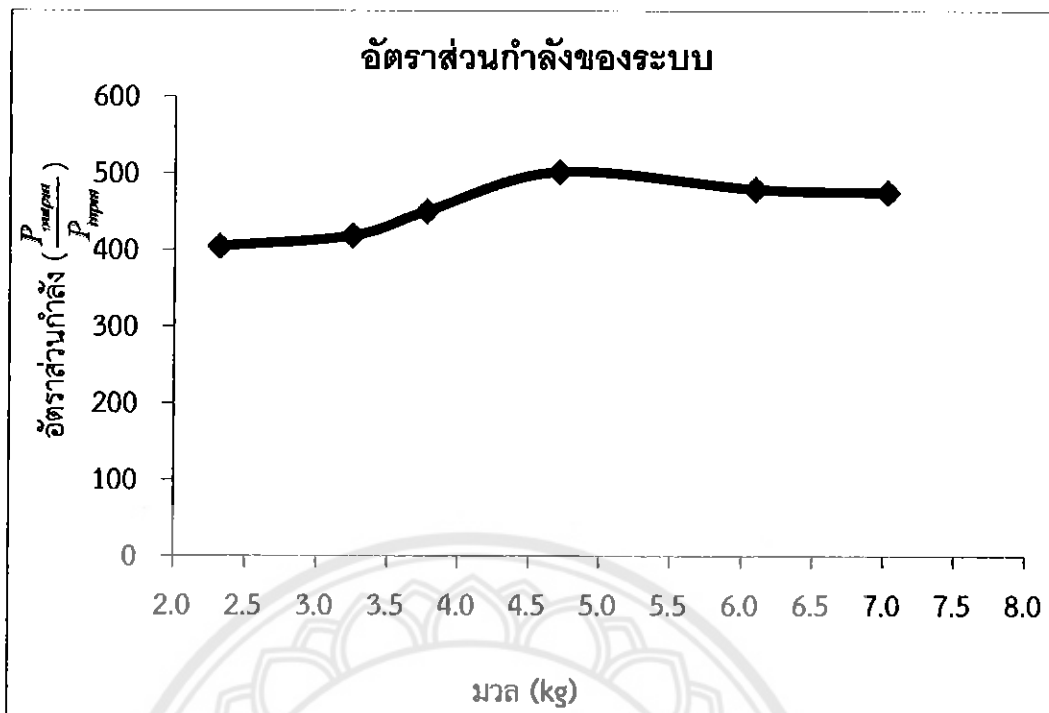
กราฟในรูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ว่า เมื่อมวลเพิ่มขึ้น อัตราการหมุนของระบบจะเริ่มหมุนที่มวลมีค่า 2314.1 g และจะหมุนด้วยความเร็วสูงสุด 263 rpm ที่มวล 3771.8 g หลังจากนั้นถ้าหากเพิ่มมวลมากกว่านี้ระบบจะหมุนช้าลงจนทำให้ระบบคงที่ ที่มวลค่าหนึ่ง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า มวลทำให้เกิดโมเมนต์ความเฉื่อยของระบบ หรือกล่าวได้ว่ามวลระบบๆหนึ่งๆจะมีความถี่ธรรมชาติสูงสุดของตัวเอง

ตารางที่ 4.2 คำนวณประสิทธิภาพของเครื่องจักร

ชุดที่	ความเร็ว เชิงมุม ของ planetary $\frac{N_1 \text{gear}}{N_2} \times \omega_3$	ความเร็ว เชิงมุมของ planetary gear $\frac{N_1}{N_2} \times \alpha_3$	แรงที่ input (พวงมาลัย) $F = \frac{T}{r}$ ,(N)	แรงที่input sun gear $F = \frac{T_1}{r_1}$ ,(N)	torque ที่ inputของ sun gear ทั้งหมด $T_{\text{sun gear}} = F_1 r_1$	$I_{\text{system}}$	$T_3 (\text{output}) = I_{\text{sys}} \alpha_3$	Power(w) Output	Power(w) Input	เทียบทอร์ก $\eta = \frac{T_{\text{output}}}{T_{\text{input}}}$	เทียบกำลัง $\eta = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}}$
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.254	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	15.177	14.828	2.719	8.158	0.408	0.335	8.789	236.000	0.502	21.547	470.379
1+2	15.177	14.872	3.179	9.538	0.477	0.421	11.065	297.125	0.916	23.202	324.506
3	15.700	15.700	3.112	9.336	0.467	0.390	10.586	294.067	0.667	22.678	440.663
1+3	14.863	14.478	3.807	11.420	0.571	0.556	14.250	374.722	0.755	24.955	496.104
2+3	13.049	12.682	3.586	10.758	0.538	0.611	13.712	316.549	0.770	25.491	411.200
1+2+3	13.084	12.767	2.963	8.890	0.445	0.475	10.660	246.763	0.552	23.981	447.275

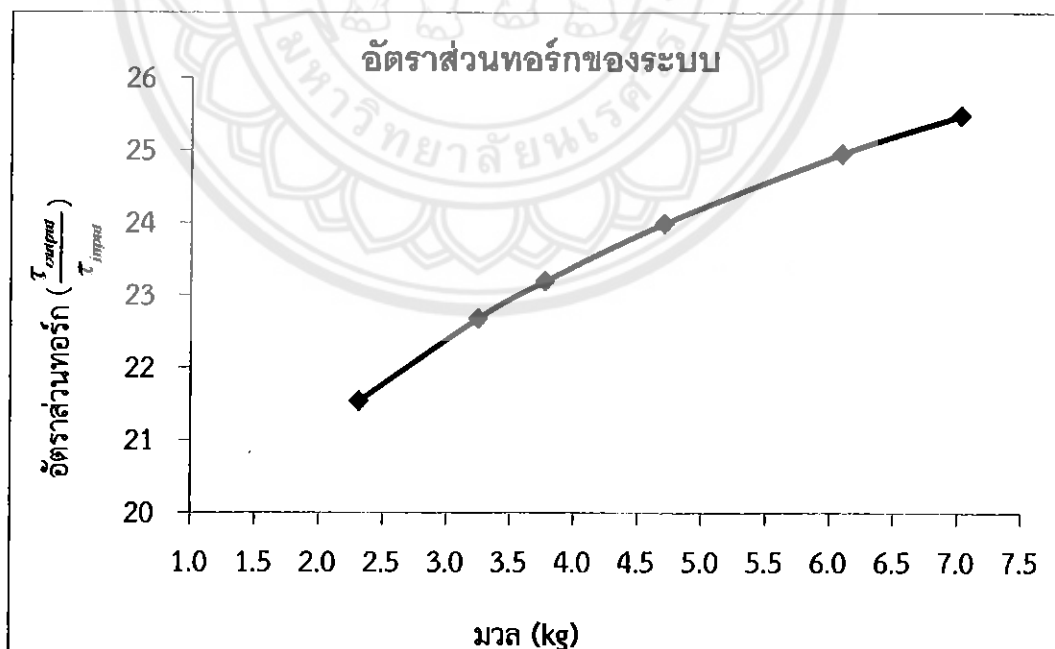
หมายเหตุ : การคำนวณจากทฤษฎีบทที่ 2 และค่าตัวแปรต่างๆ และค่าความเร็วเชิงมุมที่คำนวณได้จากผลการทดลองนำมาจากภาคผนวก





รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราส่วนกำลังกับมวล

กราฟในรูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ว่า เมื่อมวลเพิ่มขึ้นอัตราส่วนกำลังของระบบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยมีค่าสูงสุดที่จุดมวล 4.705 kg หรือกล่าวได้ว่า มวลมีผลต่อกำลังของระบบ



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราส่วนทอร์กกับมวล

กราฟในรูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ว่า เมื่อมวลเพิ่มขึ้น อัตราส่วนทอร์กของระบบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือมวลมีผลต่อทอร์กของระบบ

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากรูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราส่วนกำลังจะได้ว่าชุดมวลที่ใช้เพิ่มให้แก่เครื่องจักรหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง ต้องใช้มวลอย่างน้อยเท่ากับ 2.314 kg ที่ความเร็วรอบเริ่มต้น 120 rpm ซึ่งจะทำให้ระบบสามารถทำงานได้เมื่อใส่แรง Input ให้แก่ระบบ ซึ่งจะได้ค่าอัตราส่วนกำลังสูงสุดเท่ากับ 502.07 เท่า เมื่อมวลมีค่าประมาณ 4.71 kg เมื่อมีการเพิ่มน้ำหนักมวลมากกว่า 4.71 kg จะทำให้อัตราส่วนกำลังมีแนวโน้มลดลง เป็นเนื่องมาจากกำลังของระบบผกผันตามกำลังที่ป้อนที่เข้าไป

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1 เครื่องจักรหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้หลักการเดียวกับกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า
- 2 ในส่วนของระบบป้อนกำลัง Input สามารถติดตั้งระบบ Auto input โดยใช้กลไกแบบเดียวกับ Crank rocker หรืออาจใช้ระบบ Pneumatic เข้ามาช่วยควบคุมในส่วนของ Input
- 3 ถ้าหากสร้างระบบให้มีขนาดใหญ่ขึ้น อาจจะทำให้ได้กำลังมากขึ้น และสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น
- 4 ในการปรับปรุงชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ควรจะปรับปรุงในส่วนของ Sun Gear และ Planetary Gear ให้มีเคลียร์แรนซ์น้อยลง ซึ่งจะทำให้เสียงขณะระบบทำงานลดลง

## เอกสารอ้างอิง

[1] รศ. วีรศักดิ์ กรัยวิเชียร และคณะ, วิศวกรรมเครื่องกล คณะ, วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548

[2] รศ. วุฒิชัย กปิลกาญจน์, กลไกและพลศาสตร์ของเครื่องจักรกล, วิศวกรรมวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2533

[3] รศ. อินทรชิต หอวิจิตร, กลศาสตร์วิศวกรรมภาคพลศาสตร์, วิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2548

[4 ] การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกส์,  
[http://www.sura.ac.th/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=77&Itemid=5412](http://www.sura.ac.th/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=77&Itemid=5412) , 24/8/2554, 07:34 PM

[5] การเคลื่อนที่แบบหมุน  
[e-learning.tu.ac.th/sc133/doc\\_download/number11-12\\_250749.pdf](http://e-learning.tu.ac.th/sc133/doc_download/number11-12_250749.pdf) , 19/7/2554,  
06:48 PM

16008434

๒๖.

พ ๑๗๗๑

๒๕๕๔





ผลคำนวณความเร็วเชิงมุมและความเร็วเชิงมุมของ Sun Gear (Input)

ชุดที่	mass (g)	kg	massต่อ เกียร์ kg	เวลา (s)			input			
				$t_1$	$t_2$	$t_3$	N (รอบ)	$f(Hz) = \frac{n}{t_2 - t_1}$	$\omega = \frac{40 \cdot \pi}{180} f$	$\alpha = \frac{\omega_1 - \omega_0}{t_2 - t_1}$
1	933.20	0.9332	0.3111	0	0	0	0.00	0	0	0
2	2314.10	2.3141	0.7714	10.00	31.00	58.00	40.00	1.9048	1.3298	-1.1633
3	3247.30	3.2473	1.0824	13.00	37.00	61.00	50.00	2.0833	1.4544	-0.4795
4	3771.80	3.7718	1.2573	12.00	33.00	56.00	43.00	2.0476	1.4295	-0.5492
5	4705.00	4.7050	1.5683	13.00	33.00	53.00	36.00	1.8000	1.2566	-0.5853
6	6085.90	6.0859	2.0286	12.00	34.00	56.00	41.00	1.8636	1.3011	-0.5301
7	7019.10	7.0191	2.3397	12.00	30.00	51.00	32.00	1.7778	1.2411	-0.6512

หมายเหตุ :  $\omega_0 = 26.96 \text{ rad/s}$  ความเร็วเชิงมุมเริ่มต้นสัมพันธ์ของ Carrier Gear ที่เครื่องวัด Mavic M-Tech 7 เครื่องรับความถี่จากรอบอ่านค่าเป็นความเร็วเชิงเส้นของ

ล้อเท่ากับ  $v_0 = 14 \text{ km/hr} \approx 120 \text{ rpm}$  โดยตั้ง  $r = 30 \text{ cm}$

ผลคำนวณความเร็วเชิงมุมและความเร่งเชิงมุมของแขน (Carrier) , Output

ชุดที่	mass (g)	kg	massต่อ เกียร์ kg	เวลา (s)			output			
				t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	v <sub>3max</sub> (km / hr)	ω <sub>3max</sub> = v <sub>3</sub> / r (rad/s)	α (rad / s <sup>2</sup> ) = $\frac{\omega_3 - \omega_0}{t_2 - t_1}$	N (rpm)
1	933.20	0.9332	0.3111	0	0	0	0	0	0	0
2	2314.10	2.3141	0.7714	10.00	31.00	58.00	27	25	24.383	254
3	3247.30	3.2473	1.0824	13.00	37.00	61.00	29	26.852	26.312	255
4	3771.80	3.7718	1.2573	12.00	33.00	56.00	30	27.778	27.160	263
5	4705.00	4.7050	1.5683	13.00	33.00	53.00	28.4	26.296	25.648	251
6	6085.90	6.0859	2.0286	12.00	34.00	56.00	27	25	24.411	220
7	7019.10	7.0191	2.3397	12.00	30.00	51.00	25	23.148	22.428	214

ผลคำนวณโมเมนต์ความเฉื่อยของ Planetary Gear ร่วมกับชุดมวล ย้ายไปที่ตำแหน่งจุดหมุนของ Sun Gear ( $kg \cdot m^2$ )

$I_{\text{Planetary Gear}}$	$I$ ชุดมวลแต่ละPG	ย้ายแกนไปจุด O (PG)	รวม PG+m	ย้ายแกนไปจุดหมุน	Planetary Gear 3 ตัว	$I$ รวมทั้งหมด ส่วนต่างๆ
$I_{2\text{-gear}} = \frac{1}{2} m_P G r_2^2$	$I_m = \left( \frac{1}{2} - \frac{4r_m}{9\pi^2} \right) r_m^2$	$I_{2-m} = I_m + m r_c^2$	$I_2 = I_{2\text{-gear}} + I_{2-m}$	$I_0 = I_2 + m R^2$	$3I_0$	
0.012	0.0003	0.0017	0.0135	0.0305	0.0914	0.2540
0.012	0.0008	0.0043	0.0161	0.0575	0.1724	0.3350
0.012	0.0012	0.0061	0.0179	0.0757	0.2272	0.3898
0.012	0.0013	0.0071	0.0188	0.086	0.258	0.4205
0.012	0.0017	0.0088	0.0206	0.1042	0.3127	0.4753
0.012	0.0022	0.0114	0.0232	0.1313	0.3938	0.5563
0.012	0.0025	0.0131	0.0249	0.1495	0.4485	0.6111



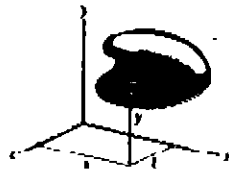
ผลคำนวณโมเมนต์ความเฉื่อยส่วนของ Output

No.	Name or Components	Mass (kg)	Number of Part	Formula	$I$ at Original point	Total Moment Inertia $kg \cdot m^2$
1	carrier	1.7	2 ตัว	บทที่ 2	0.012	0.023
2	Nut & Bode	0.215	3 ชุด	$I = mR^2$	0.029	0.086
3	Lower Rod	0.134	3 ชุด		0.018	0.054
					รวม	0.163

ผลคำนวณโมเมนต์ความเฉื่อยส่วนของที่ Input

No.	Name or components	Mass (kg)	Formula	Total Moment Inertia $kg \cdot m^2$
1	Original Shaft	2.73	$\frac{1}{2}mr^2$	0.000427641
2	Sun Gear	0.862		0.0010775
รวม				0.001505141





The mass moments of inertia of the object in terms of the  $xyz$  coordinate system are

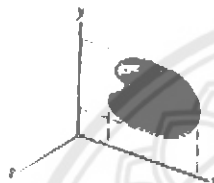
$$I_{(x \text{ axis})} = I_{xx} = \int_m (y^2 + z^2) dm,$$

$$I_{(y \text{ axis})} = I_{yy} = \int_m (x^2 + z^2) dm,$$

$$I_{(z \text{ axis})} = I_{zz} = \int_m (x^2 + y^2) dm.$$

$$I_{xy} = \int_m xy dm, \quad I_{yz} = \int_m yz dm.$$

$$I_{zx} = \int_m zx dm$$



$$I_{(x \text{ axis})} = \frac{m}{A} I_x^A, \quad I_{(y \text{ axis})} = \frac{m}{A} I_y^A, \quad I_{(z \text{ axis})} = I_{(x \text{ axis})} + I_{(y \text{ axis})},$$

$$I_{xy} = \frac{m}{A} I_{xy}^A, \quad I_{yz} = I_{zx} = 0.$$

(The superscripts  $A$  denote moments of inertia of the plate's cross-sectional area  $A$ .)

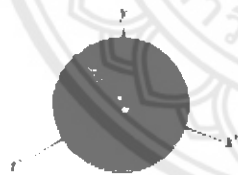
Thin Plate



$$I_{(x' \text{ axis})} = I_{(y' \text{ axis})} = \frac{1}{4} m R^2, \quad I_{(z' \text{ axis})} = \frac{1}{2} m R^2,$$

$$I_{xy} = I_{yz} = I_{zx} = 0$$

Thin Circular Plate

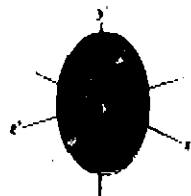


$$\text{Volume} = \frac{4}{3} \pi R^3,$$

$$I_{(x \text{ axis})} = I_{(y \text{ axis})} = I_{(z \text{ axis})} = \frac{2}{5} m R^2,$$

$$I_{xy} = I_{yz} = I_{zx} = 0.$$

Sphere



$$I_{(x \text{ axis})} = I_{(y' \text{ axis})} = \frac{1}{4} m R^2, \quad I_{(z' \text{ axis})} = \frac{1}{2} m R^2,$$

$$I_{xy} = I_{yz} = I_{zx} = 0$$

Thin Circular Plate



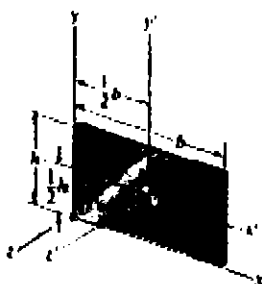
$$I_{(x \text{ axis})} = 0, \quad I_{(y \text{ axis})} = I_{(z \text{ axis})} = \frac{1}{3} m l^2,$$

$$I_{xy} = I_{yz} = I_{zx} = 0.$$

$$I_{(x' \text{ axis})} = 0, \quad I_{(y' \text{ axis})} = I_{(z' \text{ axis})} = \frac{1}{12} m l^2,$$

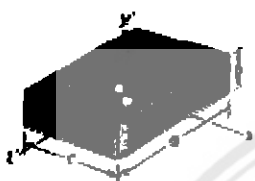
$$I_{xy} = I_{yz} = I_{zx} = 0$$

Slender Bar



Thin Rectangular Plate

$$\begin{aligned}
 I_{(x \text{ axis})} &= \frac{1}{3} m h^3, & I_{(y \text{ axis})} &= \frac{1}{3} m b^3, & I_{(z \text{ axis})} &= \frac{1}{3} m (b^2 + h^2), \\
 I_{xy} &= \frac{1}{4} m b h, & I_{yz} &= I_{zx} &= 0, \\
 I_{(x' \text{ axis})} &= \frac{1}{12} m h^3, & I_{(y' \text{ axis})} &= \frac{1}{12} m b^3, & I_{(z' \text{ axis})} &= \frac{1}{12} m (b^2 + h^2), \\
 I_{x'y'} &= I_{y'z'} &= I_{z'x'} &= 0.
 \end{aligned}$$



Rectangular Prism

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= abc \\
 I_{(x \text{ axis})} &= \frac{1}{12} m (a^2 + b^2), & I_{(y \text{ axis})} &= \frac{1}{12} m (a^2 + c^2), \\
 I_{(z \text{ axis})} &= \frac{1}{12} m (b^2 + c^2), & I_{xy} &= I_{yz} = I_{zx} = 0
 \end{aligned}$$



Circular Cylinder

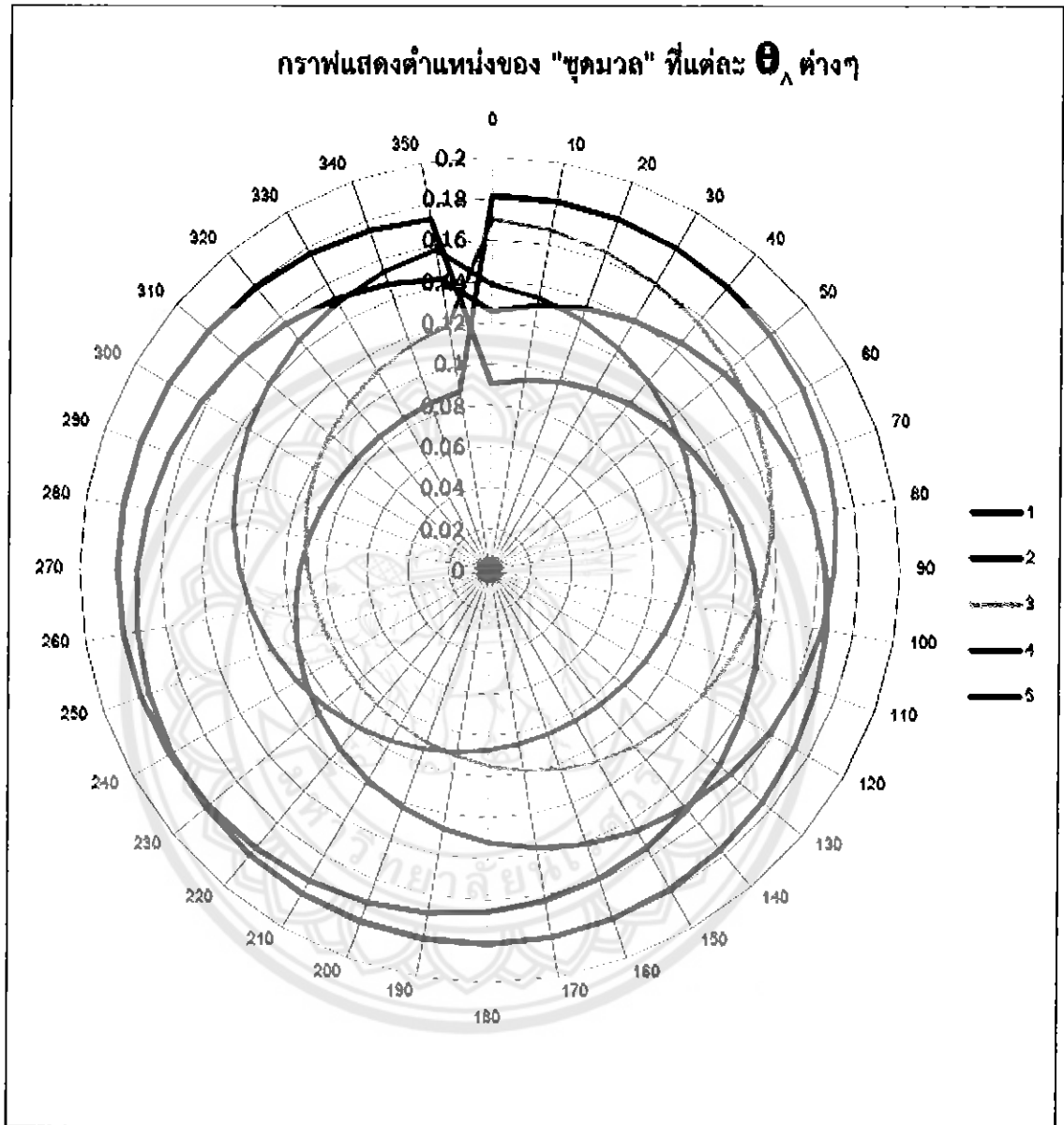
$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \pi R^2 l \\
 I_{(x \text{ axis})} &= I_{(y \text{ axis})} = m \left( \frac{1}{3} l^2 + \frac{1}{4} R^2 \right), & \bar{I}_{(x \text{ axis})} &= \frac{1}{2} m R^2, \\
 I_{xy} &= I_{yz} = I_{zx} = 0, \\
 I_{(x' \text{ axis})} &= I_{(y' \text{ axis})} = m \left( \frac{1}{12} l^2 + \frac{1}{4} R^2 \right), & I_{(z' \text{ axis})} &= \frac{1}{2} m R^2, \\
 I_{x'y'} &= I_{y'z'} = I_{z'x'} = 0
 \end{aligned}$$



Circular Cone

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \frac{1}{3} \pi R^2 h \\
 I_{(x \text{ axis})} &= I_{(y \text{ axis})} = m \left( \frac{3}{5} h^2 + \frac{3}{20} R^2 \right), & I_{(z \text{ axis})} &= \frac{3}{10} m R^2, \\
 I_{xy} &= I_{yz} = I_{zx} = 0, \\
 I_{(x' \text{ axis})} &= I_{(y' \text{ axis})} = m \left( \frac{3}{80} h^2 + \frac{3}{20} R^2 \right), & I_{(z' \text{ axis})} &= \frac{3}{10} m R^2, \\
 I_{x'y'} &= I_{y'z'} = I_{z'x'} = 0
 \end{aligned}$$

การแสดงตำแหน่งของชุดมวลเมื่อcarrierเคลื่อนที่ครบ 5 รอบชุดมวลหมุนรอบแกน  
Planetary Gear 2.83 รอบโดยใช้



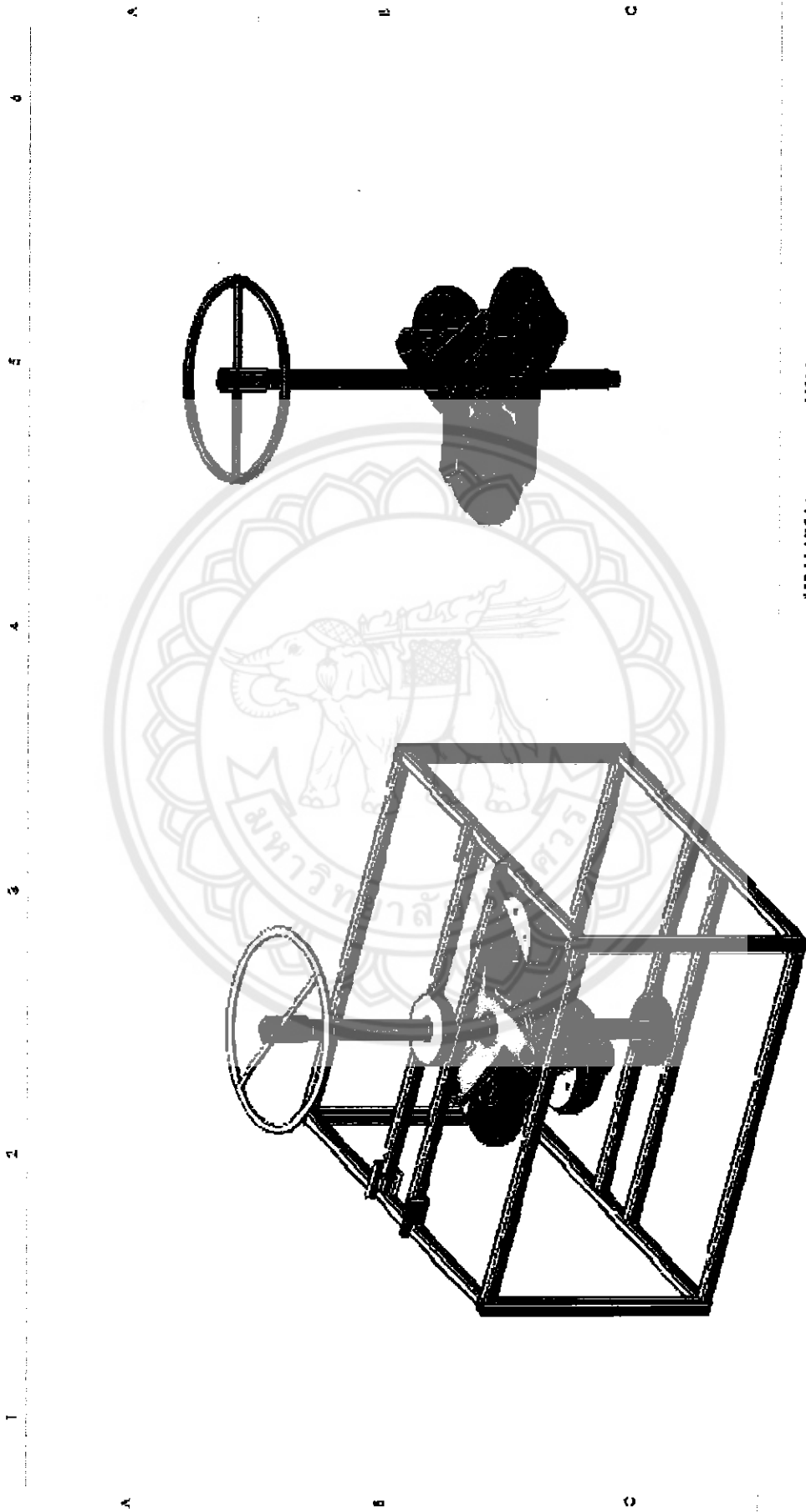
หมายเหตุ :  $\theta_A$  มุมที่ carrier หมุนสัมพันธ์กับ Sun Gear



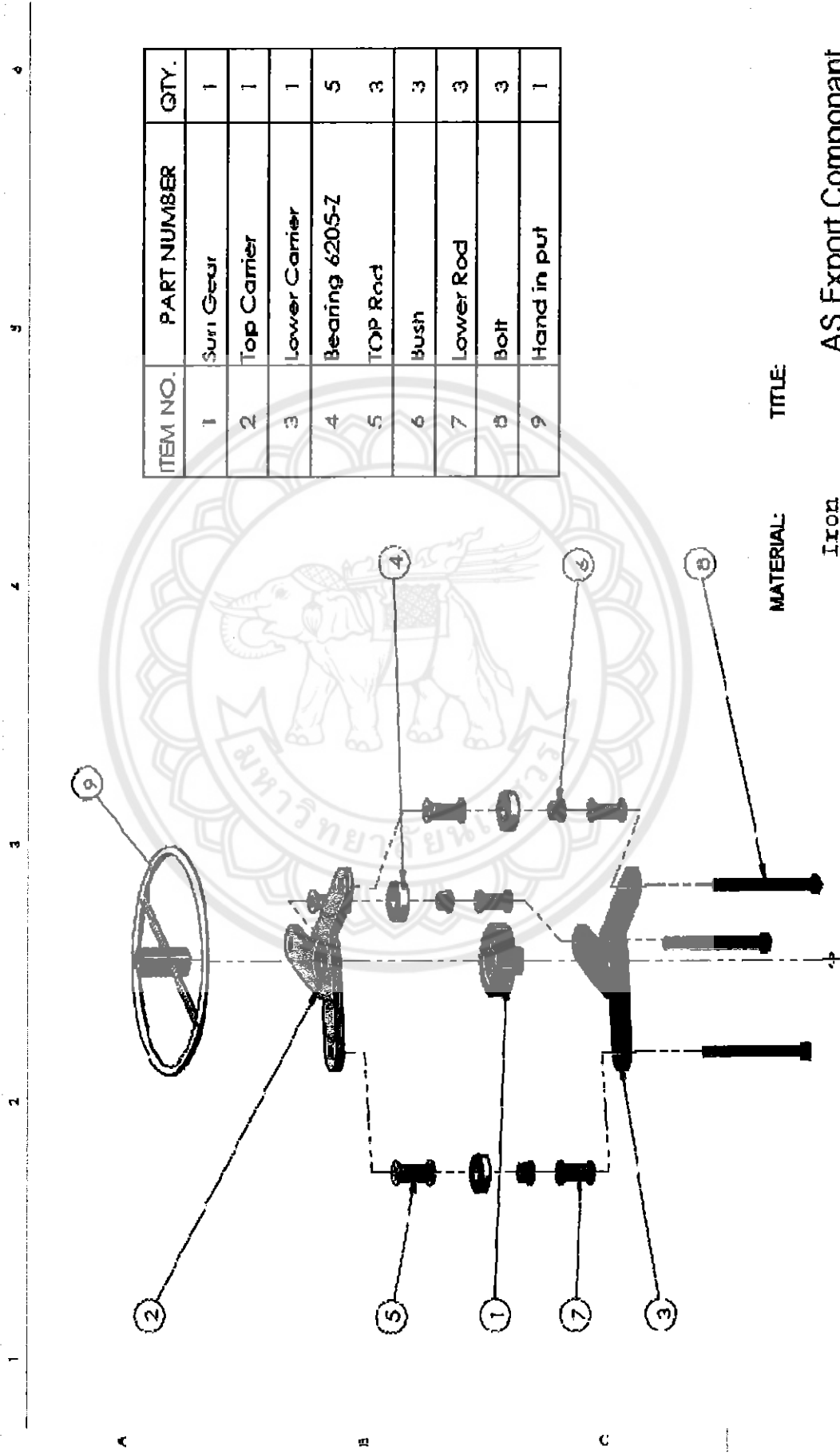
ภาคผนวก ค

แบบชิ้นส่วนเครื่องจักรหมุนเหวี่ยงเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง

โดยโปรแกรม SolidWorks



**MATERIAL:** Iron  
**TITLE:** Assembly All Component  
 Number of Components: 11  
 DWG NO. 11  
 SCALE: 1:1  
 Dimension in: mm  
 A4



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Sun Gear	1
2	Top Carrier	1
3	Lower Carrier	1
4	Bearing 6205-Z	5
5	TOP Rod	3
6	Bush	3
7	Lower Rod	3
8	Bolt	3
9	Hand in put	1

MATERIAL: TITLE:

Iron AS Export Component

Number Of Components:

1

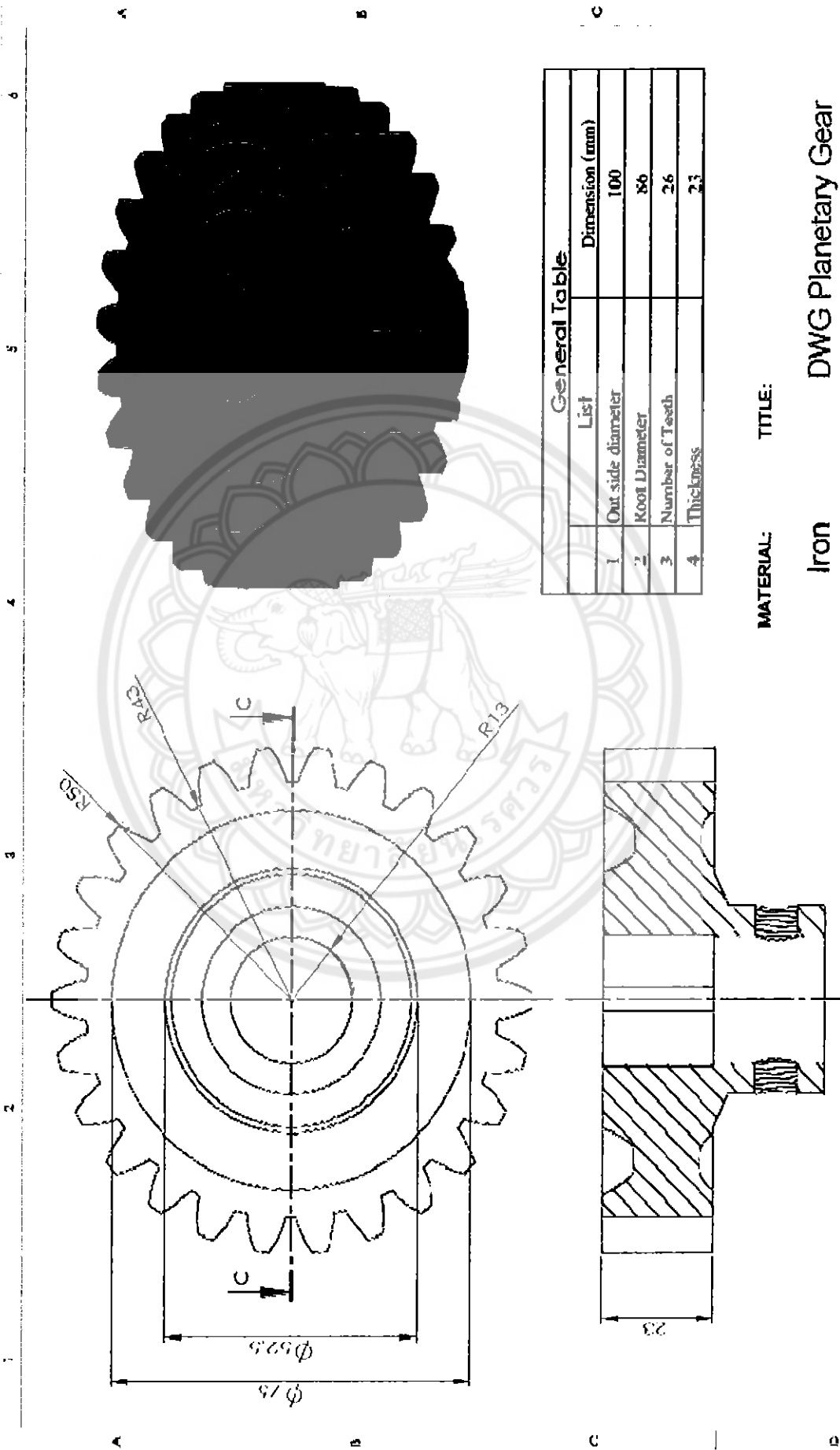
DWG NO. 1

A4

SCALE 1:8

Dimension in : mm



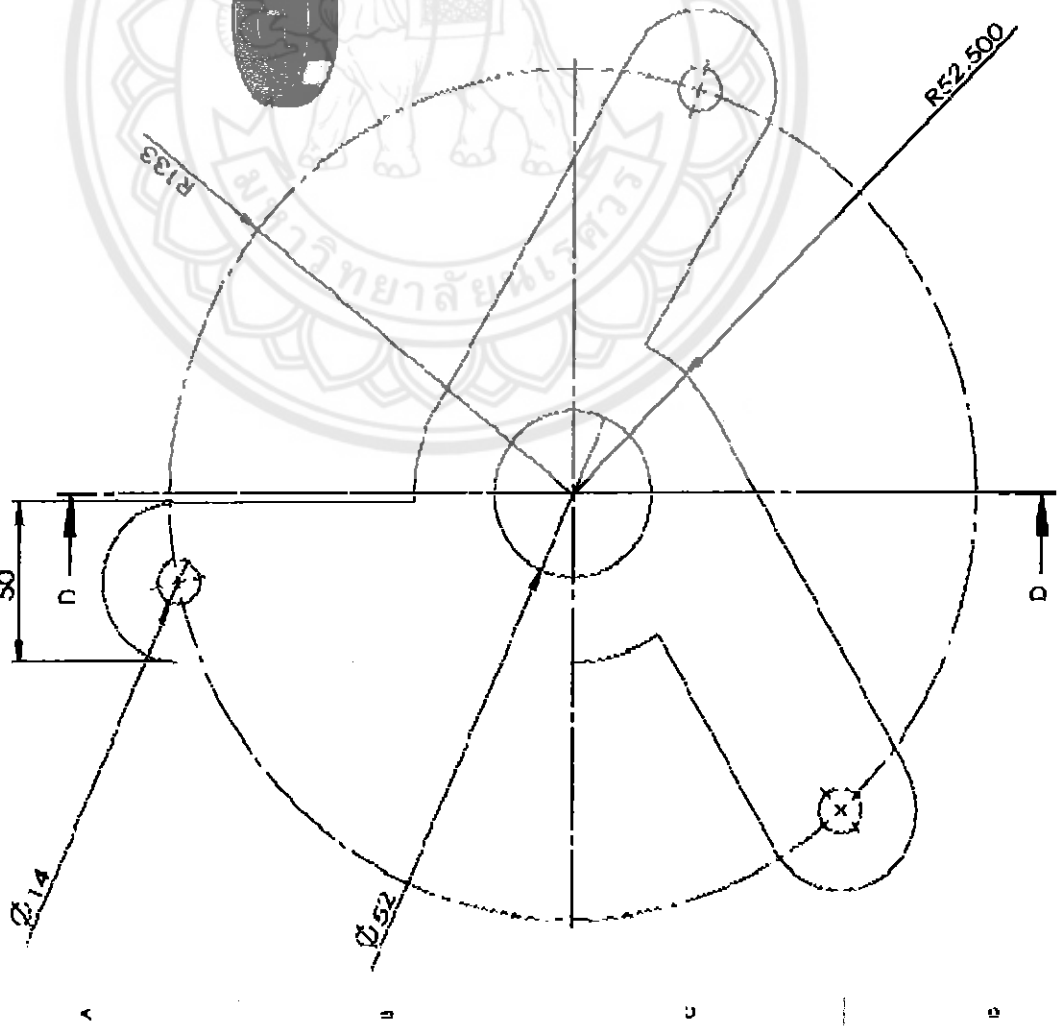


General Table	
List	Dimension (mm)
1	Out side diameter
2	Root Diameter
3	Number of Teeth
4	Thickness

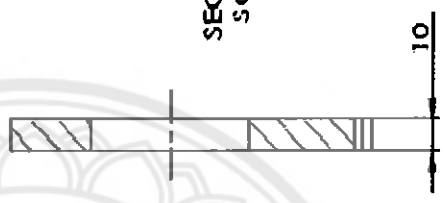
**MATERIAL:** Iron  
**TITLE:** DWG Planetary Gear

**Number Of Components:** 2  
**DWG NO.:** 2  
**SCALE:** 1:1  
**Dimension in:** mm

**SECTION C-C**  
**SCALE 1:1**



SECTION D-D  
SCALE 1:2



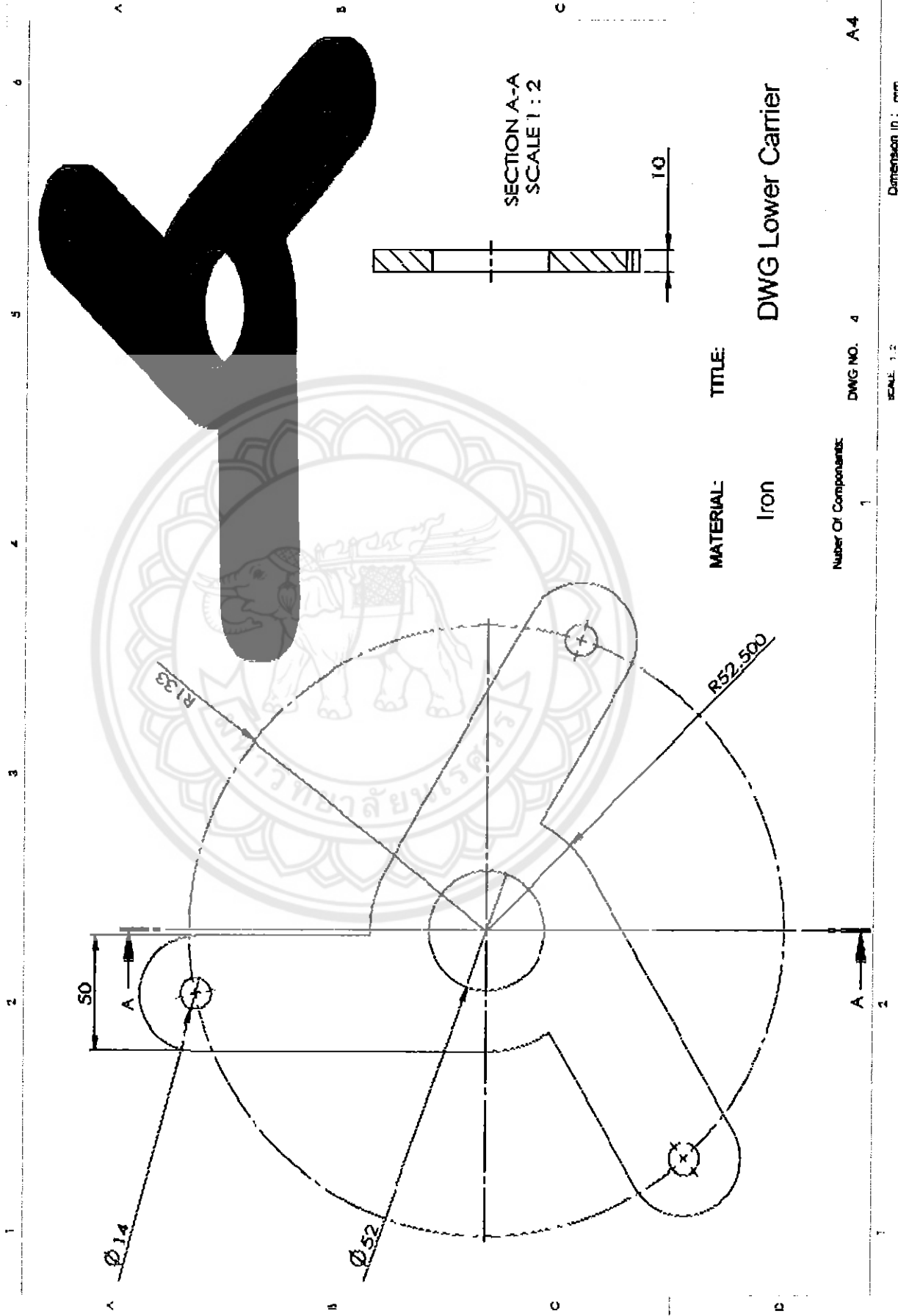
MATERIAL: IRON TITLE: DWG Top Carrier

Number of Components: 3

DWG NO. 3

A4

SCALE 1:2 Dimension in: mm



MATERIAL: Iron

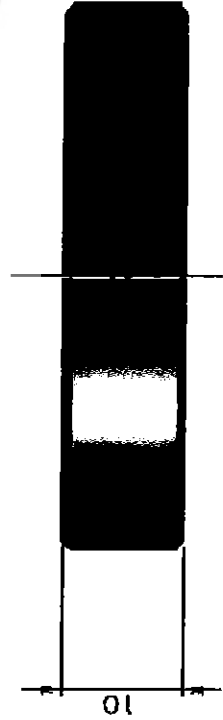
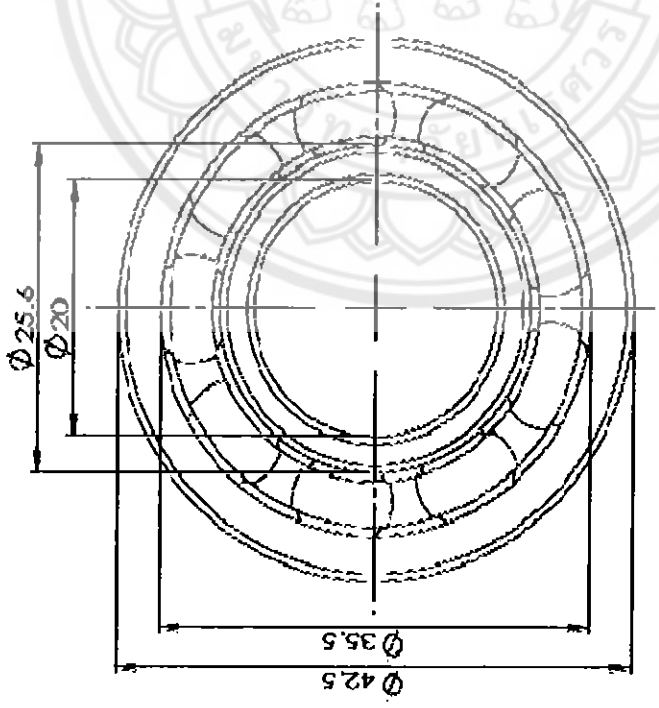
TITLE: DWG Lower Carrier

Number Of Components: 1

DWG NO. 4

A4

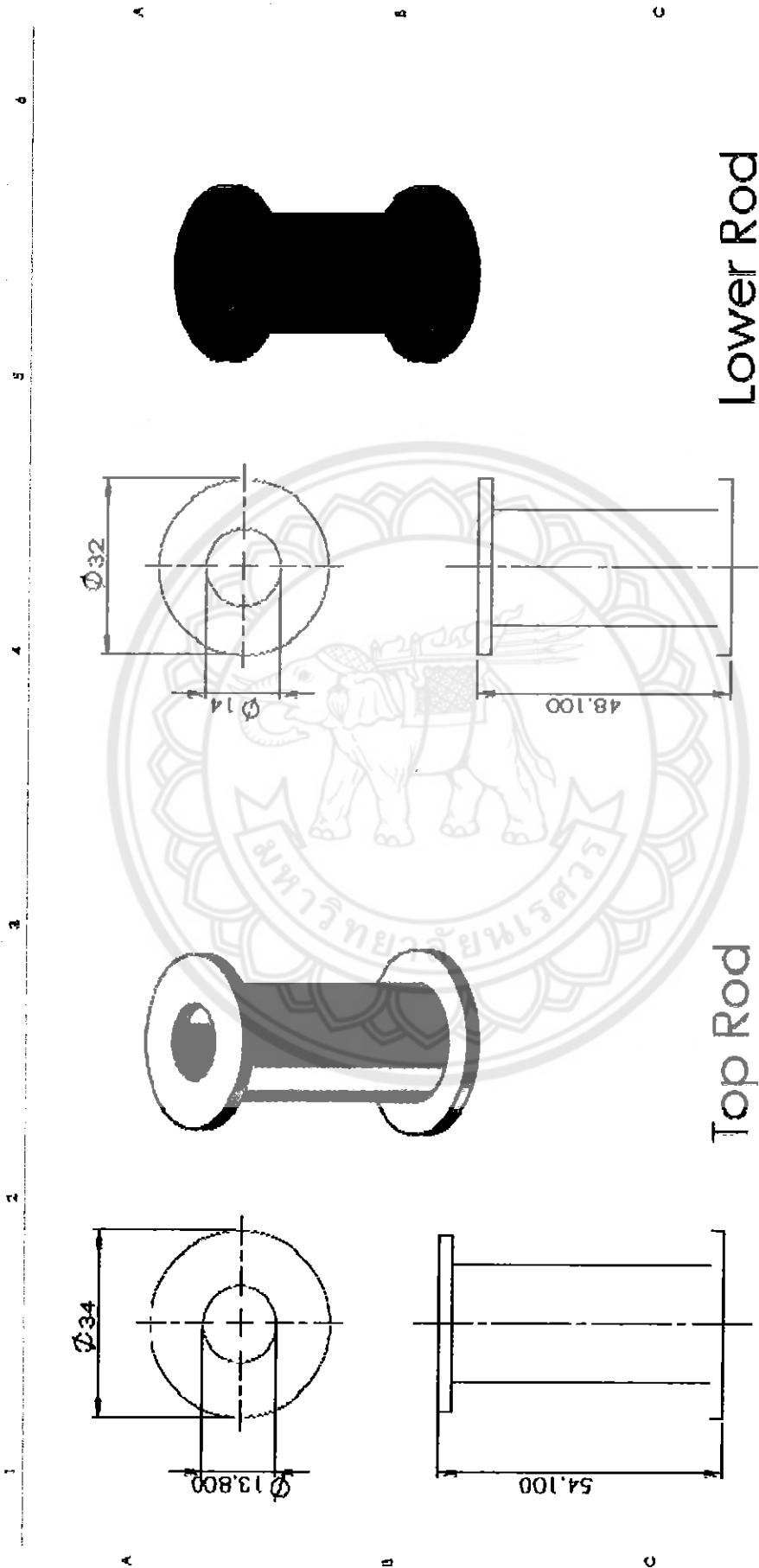
SCALE: 1:2 Dimension in : mm



MATERIAL: Iron  
 TITLE: DWG Bearing

Number Of Components: 7  
 DWG NO. 5  
 A4

SCALE: 2:1  
 Dimension in: mm



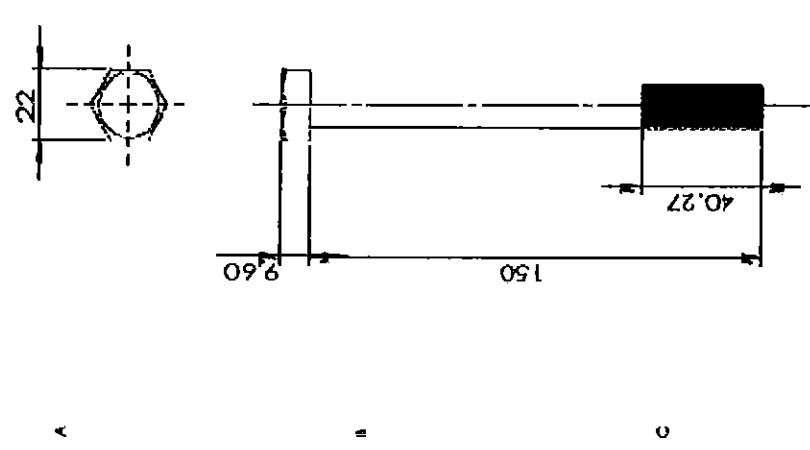
Lower Rod

Top Rod

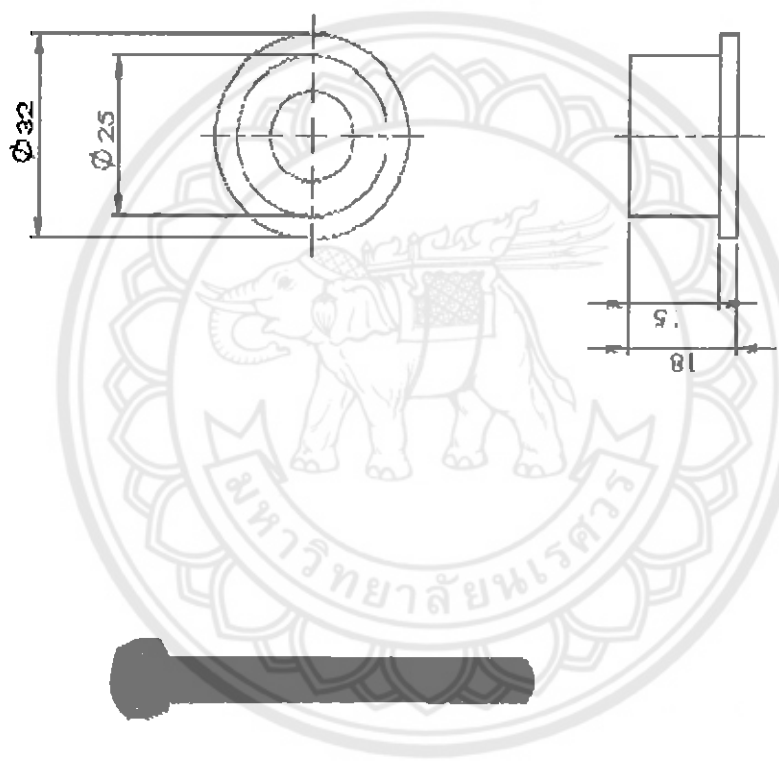
MATERIAL:	TITLE:
Iron	DWG Top&Lower Rod
Number Of Components:	DWG NO. 6
3	A4

SCALE 1:1  
Dimension in : mm

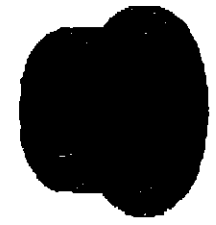
1 2 3 4 5 6



Scale : 1 : 2



Scale : 1 : 1



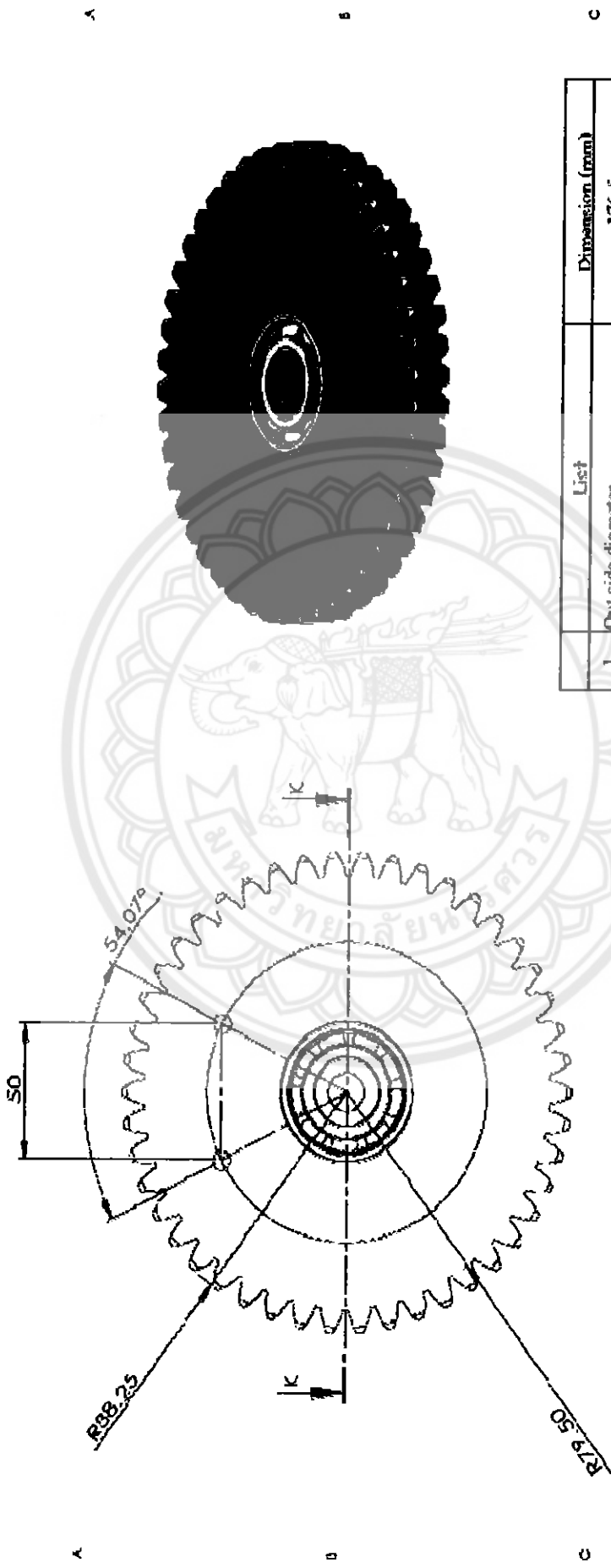
A B C

MATERIAL: TITLE:

IRON DWG Bote & Bush

Number of components : DWG NO. 7 A4

3 SCALE Dimension in : mm

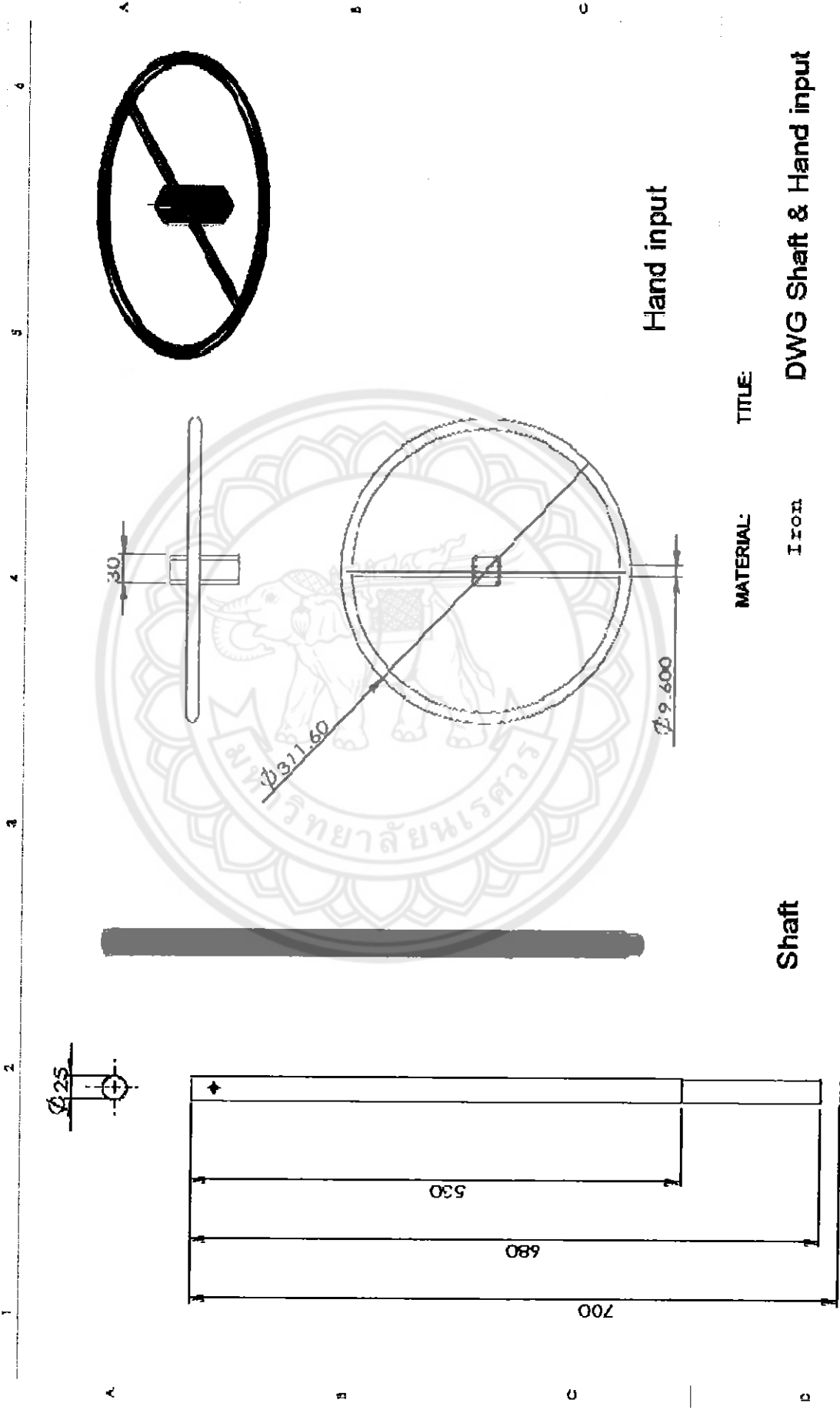


List	Dimension (mm)
1	Outer diameter
2	Root Diameter
3	Number of Teeth
4	Thickness

**MATERIAL:** Iron  
**TITLE:** DWG Planetary Gear  
 Number Of Components: 3  
 DWG NO. 8  
 A4

SECTION K-K  
 SCALE 1 : 2

SCALE 1:2  
 Dimension in : mm



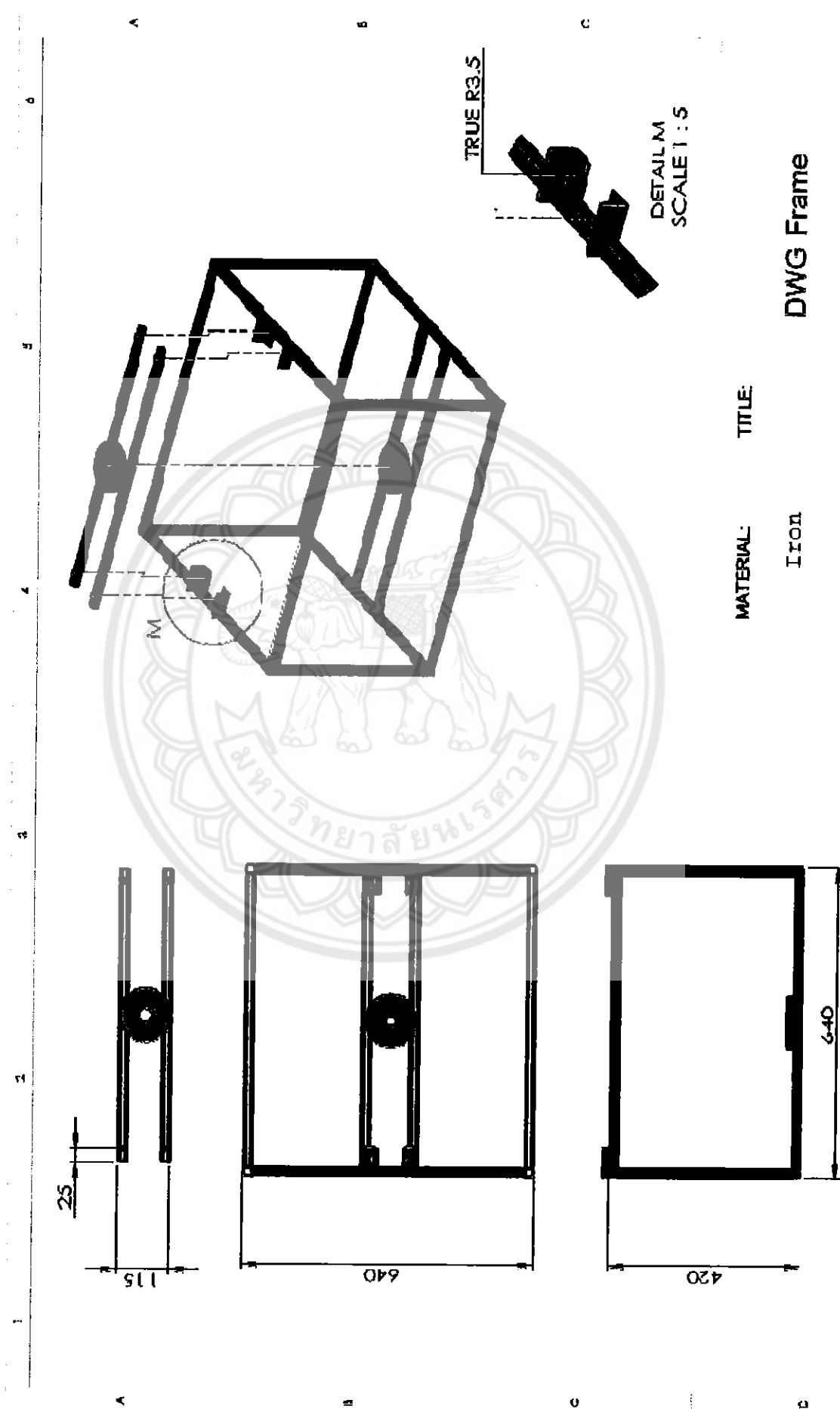
Hand input

Shaft

MATERIAL: IRON  
 TITLE: DWG Shaft & Hand input  
 Number of components: 1  
 DWG NO. B  
 A4

Scale: 1:1.5  
 Dimension in: mm





**MATERIAL:** IRON  
**TITLE:** DWG Frame  
**Number of Components:** 1  
**DWG NO.:** 10  
**SCALE:** 1:10  
**Dimension in:** mm  
**A4**

