ต้นแบบเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

A PROTOTYPE OF THE DOUBLE HEAD LAWN MOWER

นางสาวตรีรัตน์ โฉมยงค์ รหัส 53361139

นางสาวทิพย์ชนก เอี่ยมโอน รหัส 53361153

นางสาวอาทิตยา เทือกศิริ รหัส 53361757

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 22 / มิ.ย / 57
เลขทะเบียน 1654860X
เลขเรียกหนังสือ ว.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ท/89 ท 2556

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2556

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ต้นแบบเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวตรีรัตน์	โฉมยงค์	รหัส 53361139
	นางสาวทิพย์ชนก	เอี่ยมโอน	รหัส 53361153
	นางสาวอาทิตยา	เทือกศิริ	รหัส 53361757
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์เสาวลักษณ์	ตองกลิ่น	
ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน	ครูช่างปฏิบัติการประเทือง	โมราราย	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2556		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น)

.....ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน

(ครูช่างปฏิบัติการประเทือง โมราราย)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ

(อาจารย์ธนา บุญฤทธิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ต้นแบบเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวตรีรัตน์	โฉมยงค์	รหัส 53361139
	นางสาวทิพย์ชนก	เอี่ยมโอน	รหัส 53361153
	นางสาวอาทิตยา	เทือกศิริ	รหัส 53361757
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์เสาวลักษณ์	ตองกลิ่น	
ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน	ครูช่างปฏิบัติการประเทือง	โมราราย	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2556		

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ ได้ทำการออกแบบ และพัฒนาเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไปที่มีหัวตัดเดียวให้มีสองหัวตัด ซึ่งหัวตัดทั้งสองสามารถแยกออกจากกัน และอ้อมตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางได้ เมื่อตัดหญ้าเสร็จแล้ว หัวตัดทั้งสองก็จะกลับมาอยู่ตำแหน่งเดิม เพื่อให้สะดวกในการตัดหญ้าสนาม

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรมได้ทำการสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดที่มีความกว้าง 25 นิ้ว ยาว 80 นิ้ว มีความสูงของเครื่องทั้งหมด 33 นิ้ว และความกว้างช่วงการตัดของใบมีดทั้งหมดกว้าง 24 นิ้ว ซึ่งสามารถตัดหญ้าได้ความกว้างในการตัดเฉลี่ย 25 นิ้ว โดยใช้เครื่องยนต์ขนาด 5.5 แรงม้า และการตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางสามารถตัดรอบสิ่งกีดขวางที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุด 10 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดไม่เกิน 20 เซนติเมตร เครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไปร้อยละ 15.77

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง ต้นแบบเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด ที่สร้างขึ้นนี้ประสบผลสำเร็จ และลุล่วงไปได้นั้น ต้องขอขอบคุณอาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น ที่ปรึกษาโครงงาน ที่คอยติดตาม และให้คำแนะนำทุกๆ เรื่องในการทำโครงงานนี้เป็นอย่างดีตลอดมา และขอขอบคุณ ครูช่างปฏิบัติการ ประเทือง โมรารายที่ปรึกษาร่วม ที่คอยให้คำปรึกษาในส่วนของการสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

ขอขอบคุณอาจารย์ และบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่คอยตักเตือน และให้คำแนะนำในการทำโครงงานนี้เป็นอย่างดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่คอยให้กำลังใจ ตักเตือน สั่งสอน และให้ทุนในการทำโครงงานจนประสบผลสำเร็จ

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาวตรีรัตน์ โฉมยงค์
นางสาวทิพย์ชนก เอี่ยมโอน
นางสาวอาทิตยา เทือกศิริ

พฤศจิกายน 2556

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน 1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ 1
1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน 1
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 3
2.1 เครื่องตัดหญ้า 3
2.2 ประเภทของใบมีดตัดหญ้า 5
2.3 ระบบเครื่องยนต์ 6
2.4 สปริง 8
2.5 สายพานส่งกำลังแบบลิ่ม (V-Belt) 9
2.6 เพลา 10
2.7 ทฤษฎีเชิงกลของชิ้นส่วนเครื่องตัดหญ้า 10
2.8 ประเภทของหญ้าสนาม 12

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 16
3.1 การศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูล 17
3.2 ออกแบบชุดหัวตัด 18
3.3 จัดหาวัสดุ และอุปกรณ์ 19
3.4 ทำการสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด 19
3.5 การทดสอบ 19
3.6 การปรับปรุงและแก้ไขเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด 20
3.7 วิเคราะห์ผล 20
3.8 สรุปผล 20
3.9 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ 20

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ 21
4.1 การสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด 21
4.2 ขั้นตอนการทดลอง 24
4.3 ผลการทดลอง 25
4.4 การวิเคราะห์ 33

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 35
5.1 บทสรุป 35
5.2 ข้อเสนอแนะ 36

เอกสารอ้างอิง 37
ภาคผนวก ก ข้อมูลอ้างอิง 38
ภาคผนวก ข ต้นทุนในการสร้าง 47
ภาคผนวก ค งานเขียนแบบ 49

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน 2

2.1 รายละเอียดเครื่องยนต์ 5.5 แรงม้า 6

4.1 เปรียบเทียบเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน
กับเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดที่พัฒนาขึ้น 34

ข.1 รายการวัสดุ อุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด 48

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เครื่องตัดหญ้าแบบนั่งขับ ... 3
2.2 เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตาม ... 4
2.3 เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายบ่า ... 4
2.4 ใบมีดเป็นเกลียวหมุน ... 5
2.5 ใบมีดแบบใบพัด ... 5
2.6 เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ ขนาด 5.5 แรงม้า และกราฟแรงม้า แรงบิด ... 7
2.7 สปริงดึง ... 8
2.8 สปริงกด ... 8
2.9 สปริงบิด ... 9
2.10 สายพานส่งกำลังแบบลิ่ม ... 9
2.11 หญ้าแพรก ... 12
2.12 หญ้านวลน้อย ... 13
2.13 หญ้ามาเลเซีย ... 13
2.14 หญ้าญี่ปุ่น ... 14
2.15 หญ้านวลจันทร์ ... 14
2.16 หญ้าแห้วหมู ... 15
3.1 แผนผังการดำเนินงาน ... 16
3.2 โครงสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตาม ... 17
3.3 หญ้าในบริเวณที่ทำการทดลอง ... 18
3.4 ออกแบบชุดหัวตัด ... 18
4.1 การประกอบชุดหัวตัดเข้ากับโครงตัดหญ้า ... 20
4.2 การติดตั้งเครื่องยนต์และเพลาส่งกำลัง ... 22
4.3 การติดสปริงเข้ากับหัวตัด ... 22
4.4 การติดตั้งล้อ ... 23
4.5 รถตัดหญ้าแบบสองหัวตัด ... 23
4.6 พื้นสนามก่อนการตัด ... 24
4.7 พื้นสนามที่กำลังตัด ... 25
4.8 หลังตัดหญ้า โดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด ... 26
4.9 หลังตัดหญ้า โดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไป ... 27
4.10 ลักษะการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด ... 27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.11 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 เซนติเมตร..... 28

4.12 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12 เซนติเมตร..... 28

4.13 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 14 เซนติเมตร..... 29

4.14 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 16 เซนติเมตร..... 29

4.15 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 18 เซนติเมตร..... 30

4.16 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร..... 30

4.17 ลักษณะการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไป..... 31

4.18 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 เซนติเมตร..... 31

4.19 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 14 เซนติเมตร.....32

4.20 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 18 เซนติเมตร.....32

4.21 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร..... 33

5.1 ความกว้างในการตัดของใบมีดทั้งหมด..... 35

ก.1 Cutting Energy and Cutting Force for Biological Materials.....43

ก.2 Observed Cutting Energy and Power.....44

ก.3 Forage Harvesters, Cylinder Type.....45

ก.4 Ultimate Tensile and Shear Stress.....46

ค.1 ระยะตัวเครื่อง (1).....50

ค.2 ระยะตัวเครื่อง (2).....51

ค.3 ระยะตัวเครื่อง (3).....52

ค.4 เพลาพูลเลย์คู่กลาง..... 53

ค.5 เพลาคู่หัวตัด..... 54

ค.6 บูทเพลาพูลเลย์สามร่อง..... 55

ค.7 แขนชุดหัวตัด..... 56

ค.8 จานใบมีดตัด.....57

ค.9 บูทเพลาพูลเลย์สองร่อง..... 58

ค.10 วงกันใบมีด.....59

ค.9 ใบมีดตัด.....60

ค.10 พูลเลย์สองร่อง.....61

ค.11 พูลเลย์สามร่อง..... 62

ค.12 พูลเลย์ร่องเดียว..... 63

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า
ค.14 ล้อหน้า.....64

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากบริเวณสวน และสนามหญ้าต้องมีการตัดแต่งอยู่เสมอ ซึ่งหญ้าที่อยู่ในสนามจะยาวขึ้นตลอด และมักจะมีสิ่งกีดขวางอยู่ภายในบริเวณสวน และสนาม จึงต้องหาวิธีการกำจัดให้สะดวก และรวดเร็ว เครื่องตัดหญ้าที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 3 ประเภท คือ เครื่องตัดหญ้าแบบนั่งขับ เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตาม และเครื่องตัดหญ้าแบบสะพายบ่า เครื่องตัดหญ้าดังกล่าวนี้ สามารถตัดหญ้าได้ แต่การตัดหญ้าบริเวณรอบๆ สิ่งกีดขวางทำได้ยาก เนื่องจากต้องย้ายเครื่องตัดหญ้าไปตัดทีละด้าน ทำให้ไม่สะดวกในการตัดหญ้า ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษาออกแบบ และพัฒนาเพื่อสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด โดยมีจุดประสงค์หลัก เพื่อให้สามารถตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางได้ ส่งผลให้สะดวกในการตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวาง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อออกแบบ และพัฒนาเครื่องตัดหญ้าที่สามารถตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางได้

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ต้นแบบเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

1.4.1 สามารถตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 – 20 เซนติเมตร

1.4.2 สามารถตัดหญ้าได้พื้นที่มากกว่าเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไป

1.4.3 ทำให้มีความรู้ความเข้าใจในวิธีการออกแบบ และสร้างต้นแบบเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 สามารถตัดหญ้าสนามได้

1.5.2 สามารถตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวาง เช่น เสาไฟ ต้นไม้ ที่มีขนาดกว้าง หรือมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 10 - 20 เซนติเมตร

1.5.3 ออกแบบเฉพาะหัวตัดให้มีสองหัวตัด โดยใช้โครงสร้างของเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตาม

1.5.4 ใช้เครื่องยนต์ขนาด 5.5 แรงม้า

1.5.5 ใช้งานกับพื้นที่สนามเรียบ เช่น สนามฟุตบอล สนามหญ้าหน้าบ้าน

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

1.6.1 อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6.2 สนามฟุตบอลหน้าอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่เดือนเมษายน พ.ศ. 2556 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556

1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา							
		เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1.8.1	ศึกษารวบรวมข้อมูล	←	→						
1.8.2	ออกแบบชุดหัวตัด		←	→					
1.8.3	จัดหาวัสดุ และอุปกรณ์		←	→					
1.8.4	ทำการสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด			←	→				
1.8.5	การทดสอบ						←	→	
1.8.6	วิเคราะห์ และสรุปผล							←	→
1.8.7	จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์				←	→			

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

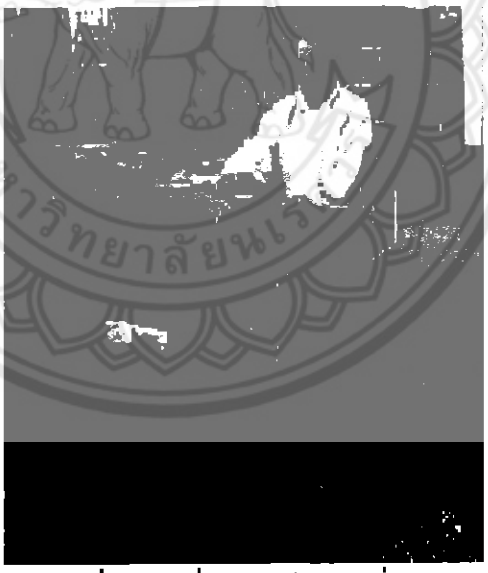
การตัดหญ้าเป็นส่วนหนึ่งของการดูแลสนามหญ้าที่มีความสำคัญ เพราะการตัดหญ้าเป็นวิธีการจำกัดความสูงของหญ้าให้อยู่ในระดับเดียวกัน โดยใช้เครื่องตัดหญ้า

2.1 เครื่องตัดหญ้า

เครื่องตัดหญ้าที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 3 ประเภทใหญ่ คือ

2.1.1 เครื่องตัดหญ้าแบบนั่งขับ (Lawn Tractor/Ride-on Mower)

เครื่องตัดหญ้าแบบนั่งขับ (Lawn Tractor/Ride-on Mower) เป็นเครื่องตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนโดยน้ำมัน (Petrol Driven) ซึ่งออกแบบหลายรูปแบบ โดยคำนึงถึงการใช้งานที่เหมาะสม เช่น แบบรถแทรกเตอร์ (Tractor Mower) แบบที่นั่งพ่วง (Trailing Seat Mower) ดังรูปที่ 2.1

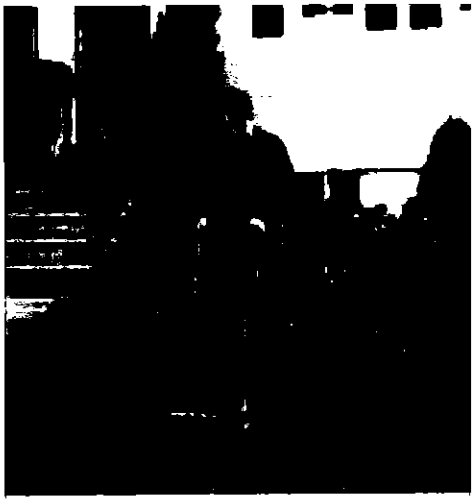


รูปที่ 2.1 เครื่องตัดหญ้าแบบนั่งขับ

ที่มา : http://www.novabizz.com/CDC/LawnCutting.htm

2.1.2 เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตาม (Lawn Mower/Walk-Behind Mower)

เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตาม (Lawn Mower/Walk-Behind Mower) มีทั้งแบบใช้แรงคนและเครื่องยนต์ เครื่องตัดหญ้าแบบคนเดินตามขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า (Electric Driven) และน้ำมันซึ่งเป็นเครื่องยนต์มีทั้งแบบมีล้อ และไม่มีล้อ ดังรูปที่ 2.2

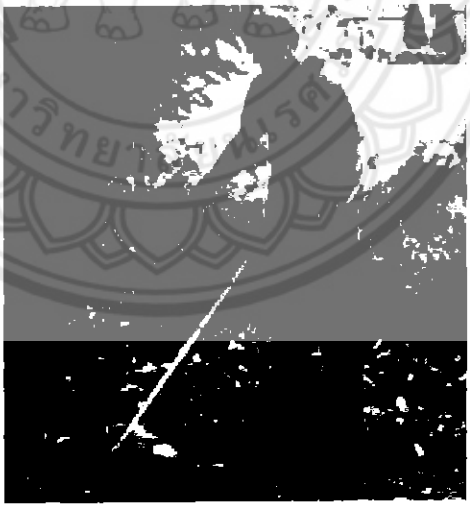


รูปที่ 2.2 เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตาม

ที่มา : http://www.novabizz.com/CDC/LawnCutting.htm

2.1.3 เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายบ่า (Brush Cutter)

เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายบ่า (Brush Cutter) เครื่องชนิดนี้เหมาะสำหรับตัดหญ้าลำต้นสูงๆ เช่น พวกหญ้าคาที่ขึ้นตามริมถนนเสียมากกว่า ไม่เหมาะที่จะใช้ในบ้าน เพราะต้องสะพายไว้บนบ่า แม้จะไม่หนักมากนัก แต่สะพายไว้นานๆ จะทำให้เกิดความเมื่อยล้า ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายบ่า

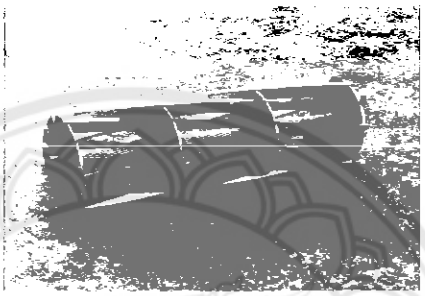
ที่มา : http://www.novabizz.com/CDC/LawnCutting.htm

2.2 ประเภทของใบมีดตัดหญ้า

ใบมีดตัดหญ้าแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ 2 ประเภท ดังนี้

2.2.1 ใบมีดเป็นเกลียวหมุน (Cylinder/Reel)

มีใบมีดวางรอบแกนเป็นเกลียว ลักษณะการตัดหญ้าคล้ายกรรไกร แบบมาตรฐาน สำหรับการตัดหญ้าสนามทั่วไปจะมีใบมีด 5 - 6 ใบ ใบมีดประเภทนี้จะตัดหญ้าได้สม่ำเสมอ ราบเรียบ และปลายใบหญ้าไม่ค่อยช้ำ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ใบมีดเป็นเกลียวหมุน

ที่มา : http://www.novabizz.com/CDC/LawnCutting.htm

2.2.2 ใบมีดแบบใบพัด (Rotary)

ใบมีดอาจเป็นเพียงใบเดียวหรือเป็นกลุ่ม ลักษณะการตัดคล้ายเคียวเกี่ยวข้าว โดยใช้แรงเหวี่ยงจากความเร็วรอบสูงในแนวราบ สนามหญ้าที่ตัดด้วยใบมีดแบบนี้จะไม่ค่อยราบเรียบนัก และอาจทำให้ใบหญ้าแตกช้ำ เมื่อใช้นานๆ ไปควรลับใบมีดให้คมก่อนตัดจะทำให้ตัดหญ้าได้ดีขึ้น ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 ใบมีดแบบใบพัด

ที่มา : http://www.novabizz.com/CDC/LawnCutting.htm

2.3 ระบบเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ คือ อุปกรณ์ซึ่งเปลี่ยนพลังงานต่างๆ เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า หรือพลังงานนิวเคลียร์ โดยเปลี่ยนพลังงานดังกล่าวไปเป็นพลังงานกล เครื่องยนต์แบ่งได้เป็น 2 แบบหลักๆ คือ เครื่องยนต์สันดาปภายนอก (External Combustion Engine) และเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) ปัจจุบันเครื่องยนต์หลักที่ใช้เป็นเครื่องยนต์ในการส่งแรงเป็นระบบต้นกำลังมี 2 แบบ คือ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ชนิดลูกสูบแบบ 2 จังหวะ และแบบ 4 จังหวะ เป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดภายใน ซึ่งพบในเครื่องยนต์ดีเซล และเครื่องยนต์เบนซิน เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ มีหลายขนาด เช่น ขนาด 20 แรงม้า 8 แรงม้า 5.5 แรงม้า จากการศึกษาเลือกใช้เครื่องยนต์ ขนาด 5.5 แรงม้า ดังรูปที่ 2.6 และรายละเอียดของเครื่องยนต์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

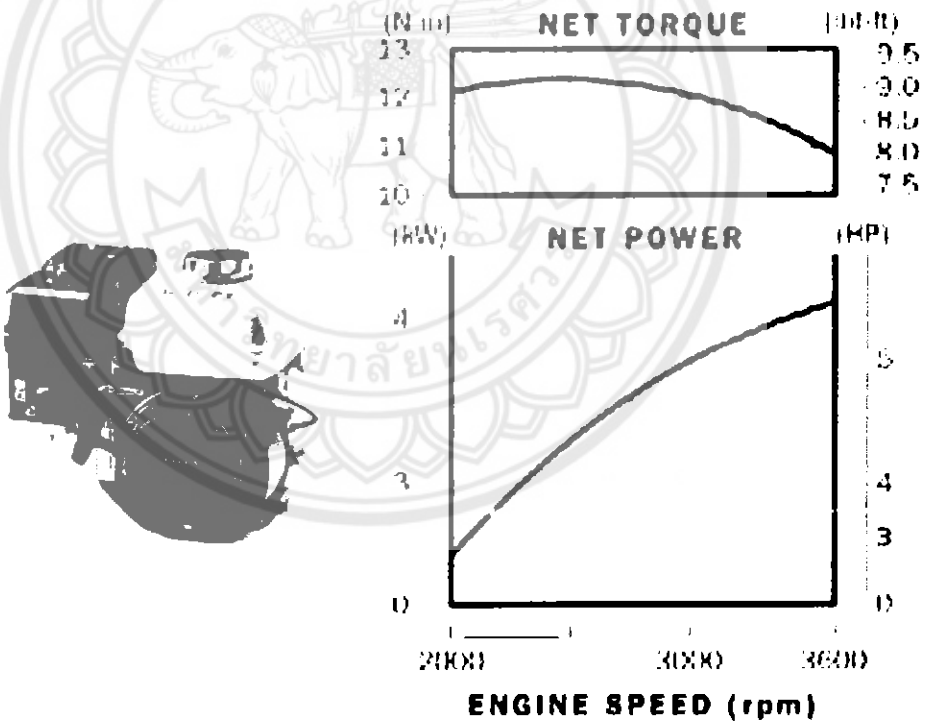
ตารางที่ 2.1 รายละเอียดเครื่องยนต์ 5.5 แรงม้า

รายการ	รายละเอียด
แบบเครื่องยนต์	เบนซิน 4 จังหวะ วาล์วเหนือลูกสูบ OHV ระบายความร้อนด้วยอากาศ
ความกว้างกระบอกสูบ x ช่วงชัก	68.3 มิลลิเมตร x 51.8 มิลลิเมตร
ปริมาตรกระบอกสูบ	190 ซีซี
กำลังม้าสูงสุด	5.5 แรงม้า ที่ 4,000 รอบต่อนาที
แรงบิดสูงสุด	11.2 นิวตัน-เมตร ที่ 2,600 รอบต่อนาที
ระบบติดเครื่องยนต์	เชือกดึงหมุนกลับ
ระบบจุดระเบิด	อิเล็คทรอนิคส์-แมกนีตรอน
รายการ	รายละเอียด
ความจุน้ำมันหล่อลื่น	0.6 ลิตร
ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิง	3.79 ลิตร

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) รายละเอียดเครื่องยนต์ 5.5 แรงม้า

รายการ	รายละเอียด
ขนาดเครื่องยนต์ (กว้าง x ยาว x สูง)	383.1 มิลลิเมตร x 267.5 มิลลิเมตร x 394.1 มิลลิเมตร
น้ำหนักสุทธิของเครื่องยนต์	15.31 กิโลกรัม
ระบบกรองอากาศ	โฟมแบบพิเศษ
ระบบลูกปืน	สองข้าง

ที่มา : http://www.108engine.com/agriculture_engine/Honda/Honda_GX160.asp#.Udz-Ezv0Hzd



รูปที่ 2.6 เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ ขนาด 5.5 แรงม้า และกราฟแรงม้า แรงบิด

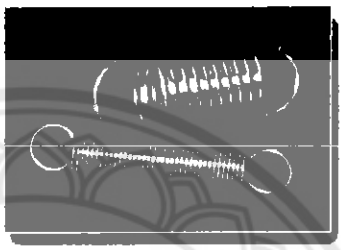
ที่มา : http://www.108engine.com/agriculture_engine/Honda/Honda_GX160.asp#.Udz-Ezv0Hzd

2.4 สปริง

2.4.1 ประเภทของสปริง

2.4.1.1 สปริงดึง (Extension Spring)

สปริงขดแบบดึง คือ ลวดสปริงที่ขดขึ้นชิดติดกัน ปลายของขดสปริงทั้งสองข้างจะมีขอสำหรับเกี่ยวเพื่อรับแรงดึง สามารถรับแรงดึงให้ยืดออกด้วยความเค้นเฉือน เหมาะสำหรับใช้รับแรงดึงกับอุตสาหกรรมเครื่องจักรต่างๆ เช่น สปริงดึงขาเบาะ เบรกรถยนต์ ตาชั่งสปริง และสปริงดึงแท่นปั๊มโลหะ เป็นต้น ดังรูปที่ 2.7

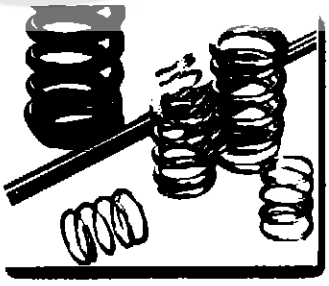


รูปที่ 2.7 สปริงดึง

ที่มา : http://www.slspring-th.com/index.html

2.4.1.2 สปริงกด (Compression Spring)

สปริงขดแบบกด คือ ลวดสปริงที่ขดขึ้น โดยมีระยะห่างของเส้นลวด ซึ่งจำนวนขดและความยาวนี้จะขึ้นอยู่กับการออกแบบแต่ละประเภทของการใช้งาน สปริงจะรับความเค้นเฉือนในแนวแกนของสปริง โดยมีแรงจากภายนอกมากระทำ เมื่อมีแรงมากระทำความยาวของขดสปริงจะเกิดการยุบตัว เช่น สปริงวาล์วต่างๆ สปริงแม่พิมพ์โลหะ และสปริงแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เป็นต้น ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 สปริงกด

ที่มา : http://www.slspring-th.com/index.html

2.4.1.3 สปริงบิด (Torsion Spring)

สปริงขดแบบบิด คือ ลวดสปริงที่ขดขึ้นรูปโดยที่ปลายทั้งสองข้างจะมียึด เพื่อรับแรงบิด ซึ่งแรงบิดนี้จะขึ้นอยู่กับมุมองศาของขาสปริงขดแบบบิด เป็นสปริงที่ออกแบบมาเพื่อรับความเค้นดัด เพื่อใช้ในการส่งถ่ายกำลัง เช่น สปริงขาคลัทช์ สปริงขาเบรก และสปริงบานพับประตู เป็นต้น ดังรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 สปริงบิด

ที่มา : http://www.slspring-th.com/index.html

2.5 สายพานส่งกำลังแบบลิ่ม (V-Belt)

สายพานลิ่มมีลักษณะคล้ายกับสายพานแบน ใช้เส้นใยธรรมชาติ และเส้นใยสังเคราะห์วงแหวนเป็นแกนแรง และห่อหุ้มด้วยยาง สายพานลิ่มมีรูปหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ด้านหน้าทั้งสองเอียงเข้าหากันทำมุม 38 ถึง 44 องศา สายพานลิ่มส่งถ่ายกำลังด้วยพลูเลย์ สายพานส่งกำลังแบบลิ่มมีลักษณะ ดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 สายพานส่งกำลังแบบลิ่ม

ที่มา : http://eng-99.weebly.com/6/post/2011/01/1.html

2.6 เพลา

เพลาอาจรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงหลายอย่างรวมกันได้ ดังนั้น การคำนวณเพลาจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลาเสียหายเนื่องจากความล้าได้ เพลาต้องมีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งาน วัสดุที่ใช้ทำเพลาทั่วไป คือ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียว และทนต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา

2.7 ทฤษฎีเชิงกลของชิ้นส่วนเครื่องตัดหญ้า

การออกแบบ และคำนวณชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องตัดหญ้าเป็นดังนี้

2.7.1 การคำนวณเครื่องตัดหญ้า

$$\text{Shear stress} = \frac{FOCSMX}{(LWC \times LTC)} \tag{2.1}$$

เมื่อ FOCSMX = Cutting Force Maximum Value, (N/mm)

LWC = Width of Cut, (mm)

LTC = Actual Thickness of Material Layer, (mm)

$$ENCI = 3.5 \times FOCMX \times LTS \tag{2.2}$$

เมื่อ ENCI = Cutting Energy for One Cut, (N.mm)

LTS = Thickness of Solid Material Layer, (mm)

$$ENCSM = \frac{1000 \times ENCI}{LWC \times MAAE} \tag{2.3}$$

เมื่อ ENCSM = Specific Cutting Energy Per Unit Material Load on Countershear

LWC = Width of Cut , (mm)

MAAE = Mass Per Unit Countershear Area, (kg/mm^2)

$$ENCS = \frac{ENCSM}{LLP} \quad (2.4)$$

เมื่อ ENCS = Specific Cutting Energy, (kJ/kg) solid
= Specific Cutting Energy Per Unit Cut (Chopped) Mass
LLP = Length of Removed Piece of Material Layer, (mm)

$$POC = ENCS \times 0.013 \quad (2.5)$$

เมื่อ POC = Power for Cutting, (W)

$$POC = ENCSAE \times VLF \times LWD \quad (2.6)$$

เมื่อ ENCSAE = Specific Cutting Energy Per Field Area, (kJ/m)
VLF = Forward Travel Velocity, (m/s)
LWD = Width of Cutting Device, (m)

$$D_2 / D_1 = N_1 / N_2 \quad (2.7)$$

เมื่อ D_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ขับ, มีหน่วยเป็น เมตร
D_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ตาม, มีหน่วยเป็น เมตร
N_1 = ความเร็วรอบของพูลเลย์ขับ, มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที
N_2 = ความเร็วรอบของพูลเลย์ตาม, มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที

2.7.2 การคำนวณหาแรงของเครื่องยนต์ที่ใช้ เปรียบเทียบกับแรงที่ใช้ตัดหญ้า

$$V = \pi dN \quad (2.8)$$

เมื่อ V = ความเร็วในการตัด, มีหน่วยเป็น เมตรต่อนาที
d = ความกว้างในการตัด (รวมความยาวตั้งแต่ปลายใบมีดด้านหนึ่ง ถึงปลายใบมีดอีกด้านหนึ่ง), มีหน่วยเป็น เมตร
N = ความเร็วรอบ, มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที

2.7.3 การคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องตัดหญ้า

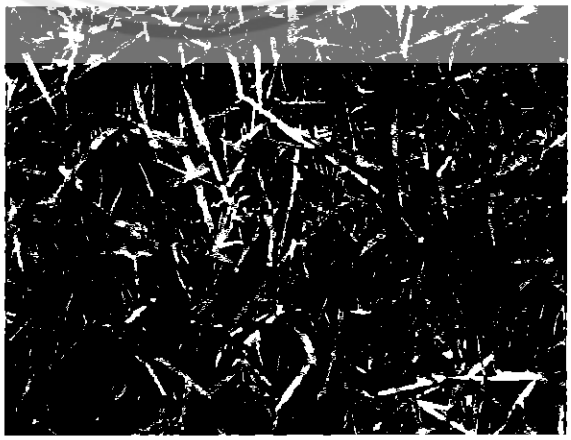
$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Actual Output}}{\text{Effective Capacity Efficiency}} \times 100 \qquad (2.9)$$

2.8 ประเภทของหญ้าสนาม

หญ้าที่มีลักษณะเป็นเถาเลื้อย ต้นเตี้ย เหมาะกับการนำมาทำหญ้าสนาม เช่น หญ้านวลน้อย หญ้าแพรก หญ้ามาเลเซีย หญ้าญี่ปุ่น หญ้านวลจันทร์ เป็นต้น แต่หญ้านวลน้อย และหญ้าแพรกเป็นหญ้าที่มีการนำมาใช้เป็นหญ้าสนามมากที่สุดในประเทศไทย ทำให้มีความร่มรื่น สดชื่น เมื่อได้เดินเล่น หรือพักผ่อนในสวนหรือสนามหญ้า และหญ้าสนามที่จะกล่าวต่อไปนี้ เป็นหญ้าในสกุล Cynodon ซึ่งใช้เป็นอาหารสัตว์ และใช้ทำสนามหญ้า เช่นเดียวกับหญ้าในตระกูล Alfalfa ซึ่งมีความแข็งแรง และความเหนียวใกล้เคียงกัน

2.8.1 หญ้าแพรก (Bermuda Grass)

หญ้าแพรกเป็นหญ้าที่มีลักษณะต้นเล็กเลื้อยไปตามดิน ลำต้นจะค่อนข้างแบน และจะตั้งตรง หรือโค้งจากฐานของลำต้น มีทั้งลำต้นใต้ดิน และลำต้นบนดิน ซึ่งแตกแขนงออกมาแล้วมีรากที่ข้อ ใบค่อนข้างบาง ใบเรียวแหลม ขอบใบมีขนเล็กๆ ใบมีสีเขียวเข้ม เนื้อใบค่อนข้างหยาบ ใช้ปลูกเป็นสนามหญ้าทั่วไป เช่น สนามฟุตบอล สนามรักบี้ในสวนสาธารณะ ปลูกตามขอบถนน สนามเด็กเล่น ปลูกเป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ หรือปลูกในพื้นที่ที่กว้าง เพียงเพื่อต้องการปลูกปกคลุมดินป้องกันไม่ให้เกิดการพังทลายของดินได้ หญ้านี้มีความต้องการดูแลในระดับที่ปานกลางถึงระดับสูง จึงจะได้คุณภาพดี ถึงแม้จะทนต่อความแห้งแล้ง และความร้อนได้สูงก็ตาม ระยะการตัดที่เหมาะสม 0.75 - 1.5 นิ้ว จากพื้นดิน ดังรูปที่ 2.11

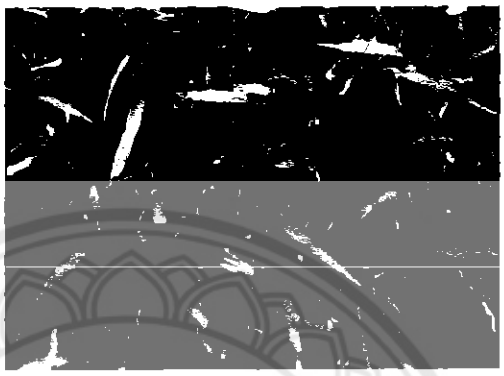


รูปที่ 2.11 หญ้าแพรก

ที่มา : http://www.darutraiya.com/index.html

2.8.2 หญ้านวลน้อย (Manila Grass)

หญ้านวลน้อยเป็นหญ้าพื้นเมืองของไทย เป็นหญ้าที่นิยมปลูกกันมาก นิยมใช้ทำสนามหญ้าทั่วไป เช่น สนามกีฬา สนามเด็กเล่น สวนสาธารณะ สถานที่ราชการ ลำต้นจะตั้ง และแข็งแรง มีปล้องสั้น และลำต้นยืดหยุ่นตัวดี ใบมีขนาดปานกลาง สีเขียวอ่อน ดอกมีสีน้ำตาลดำ ควรตัดในระยะ 0.75 - 1.5 นิ้ว โดยตัดทุกๆ 1 - 2 สัปดาห์ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 หญ้านวลน้อย

ที่มา : http://www.darutraiya.com/index.html

2.8.3 หญ้ามาเลเซีย (Carpet Grass)

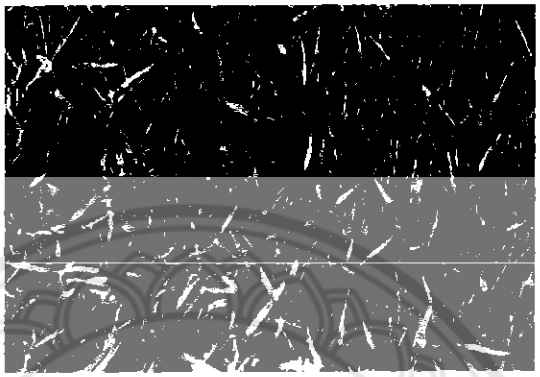
หญ้ามาเลเซียเป็นหญ้าดั้งเดิมของอเมริกา ปลูกกันทั่วไปในเขตร้อน และร้อนชื้น ใบกว้างประมาณ 2 - 6 มิลลิเมตร ลำต้นจะแบน ใบใหญ่กว่าใบหญ้าทุกชนิด ใบมีสีเขียวอ่อน ใบยาวประมาณ 2 - 4 นิ้ว มีรากตื้น ตัวใบแบน ตรงกลางใบจะหักพับคล้ายหลังคาบ้าน ขอบใบมีขน ตั้งแต่ข้อต่อระหว่างตัวใบกับก้านใบจนถึงยอดของใบ ในใบแก่จะมีขนเห็นได้ชัดเจนกว่าใบอ่อน และใบอ่อนจะเห็นเป็นคลื่นมากกว่าใบแก่ ขนที่ใบจะอยู่ด้านหน้าใบ ส่วนทางหลังใบจะไม่มีขน เส้นกลางใบทางด้านหลังจะนูนเด่นชัดเจน ยอดใบแหลมมน ช่อดอกเกิดจากปล้องสุดท้ายของลำต้น มี 3 – 5 ช่อ ดอกย่อยเป็นรูปไข่แหลม ยาวประมาณ 2.0 - 2.5 เซนติเมตร นิยมใช้ทำสนามหญ้า และจัดสวนหย่อม ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 หญ้ามาเลเซีย

ที่มา : http://www.darutraiya.com/index.html

2.8.4 หญ้าญี่ปุ่น (Japanese Lawn Grass)

หญ้าญี่ปุ่นเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน ไม่ชอบที่ชื้น และที่แฉะ มีการเจริญเติบโตช้า ทนต่อการเหยียบย่ำพอสมควร เป็นหญ้าที่มีใบเล็ก ลำต้นเป็นพวกเลื้อยตามดิน และลำต้นจะตั้งแข็ง ใบสีเขียวเข้ม ขอบใบเรียบไม่มีขน ช่อดอกสั้น และมีสีน้ำตาลออกดำ ควรตัดให้สั้นประมาณ 0.5 - 1.0 นิ้ว โดยตัดทุกๆ 5 - 10 วัน ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 หญ้าญี่ปุ่น

ที่มา : http://www.darutraiya.com/index.html

2.8.5 หญ้านวลจันทร์ (Polytrias Grass)

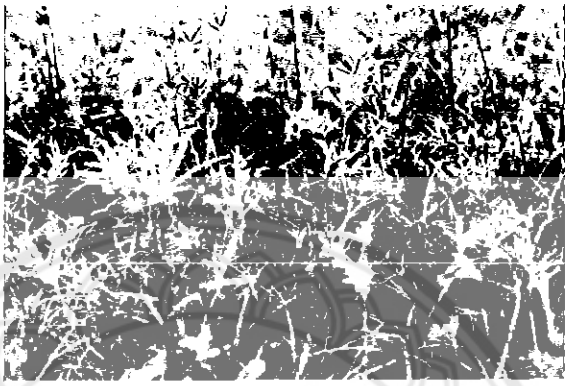
หญ้านวลจันทร์ เป็นหญ้าที่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว โดยเฉพาะฤดูฝน มีอยู่ทั่วไป ขยายพันธุ์โดยการเก็บเมล็ดไปปลูกได้ หรือแซะต้นไปปลูกเป็นจุก ไม่มีขายในท้องตลาด แต่สามารถหาได้ง่ายตามริมถนน เหมาะสำหรับปลูกในสนามที่ไม่ต้องการการดูแลรักษามาก และบริเวณสนามที่มีบริเวณกว้าง สามารถกลายเป็นวัชพืชได้ง่าย ลำต้นมีขนาดปานกลาง ใบบางสีเขียวอ่อน และคล้ายใบใผ่ ใบนิ่มเมื่อสัมผัส ปลายใบแหลม ดอกมีช่อสีน้ำตาลยาวประมาณ 3 – 7 เซนติเมตร การตัดหญ้าควรตัดประมาณ 1.0 - 1.5 นิ้ว และตัดทุกๆ 1 - 2 อาทิตย์ ดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 หญ้านวลจันทร์

ที่มา : http://www.novabizz.com/CDC/Garden/Garden_Grass.htm

2.8.6 หญ้าแห้วหมู

หญ้าแห้วหมูเป็นหญ้าที่พบทั่วไปตามข้างทาง ทุ่งนาที่รกร้าง เป็นพืชจำพวกไม้ล้มลุก ลำต้นอยู่ใต้ดิน มีลักษณะเป็นหัวกลม สั้น มีตาจำนวนมาก ใบของแห้วหมูเกิดที่ลำต้นชิดแน่น โดยเป็นกาบใบหุ้มซ้อนม้วนทับกัน ชูขึ้นเหมือนลำต้น แล้วแผ่เป็นแผ่นใบแบนรูปแถบยาว ปลายแหลม กลางใบเป็นสันร่อง ผิวใบเรียบสีเขียวเข้ม กว้างประมาณ 0.5 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2.16

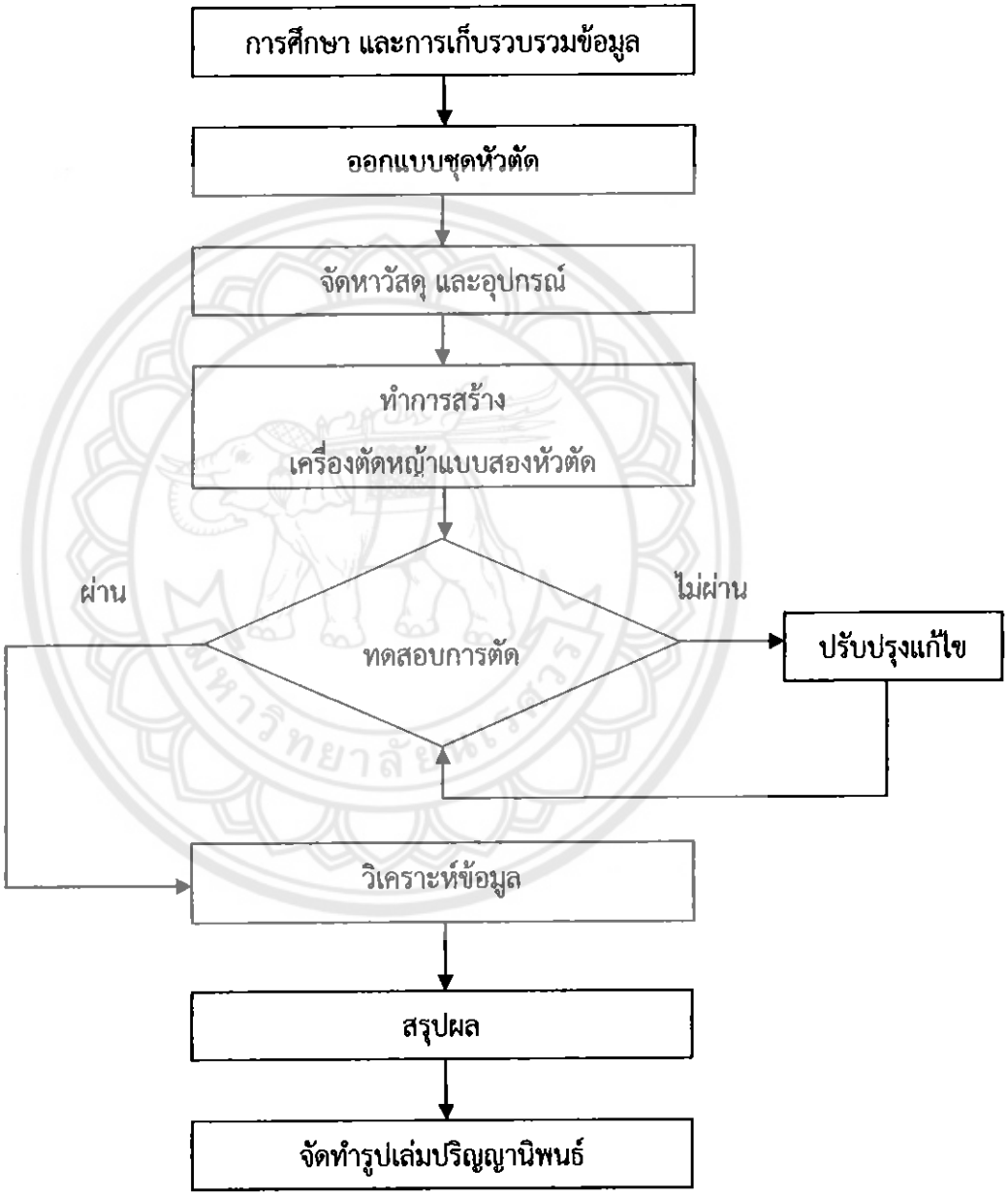


รูปที่ 2.16 หญ้าแห้วหมู

ที่มา : http://www.novabizz.com/CDC/Garden/Garden_Grass.htm

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

ในการดำเนินโครงงาน มีขั้นตอนดังข้อ 3.1 - 3.9 และแสดงขั้นตอน ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงาน

3.1 การศึกษา และการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.1 โครงสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตาม

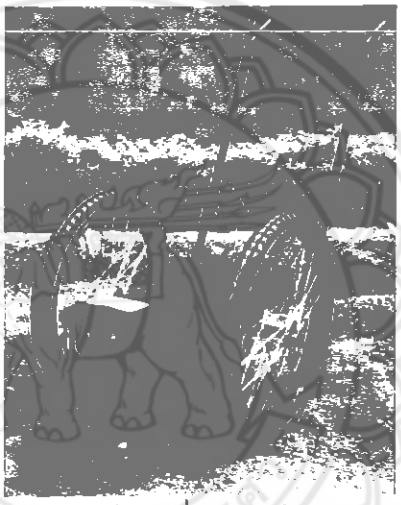
โครงสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตาม แสดงดังรูปที่ 3.2 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1.1 ความกว้างจานใบมีด เท่ากับ 30 เซนติเมตร

3.1.1.2 ความกว้างในการตัด เท่ากับ 50 เซนติเมตร (รวมความยาวตั้งแต่ปลายใบมีดด้านหนึ่ง ถึงปลายใบมีดอีกด้านหนึ่ง)

3.1.1.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อ เท่ากับ 26 นิ้ว

3.1.1.4 ใบมีดตัด ความหนาของใบมีด เท่ากับ 2 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นใบมีดแบบใบพัด (Rotary)



รูปที่ 3.2 โครงสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตาม

3.1.2 เครื่องยนต์

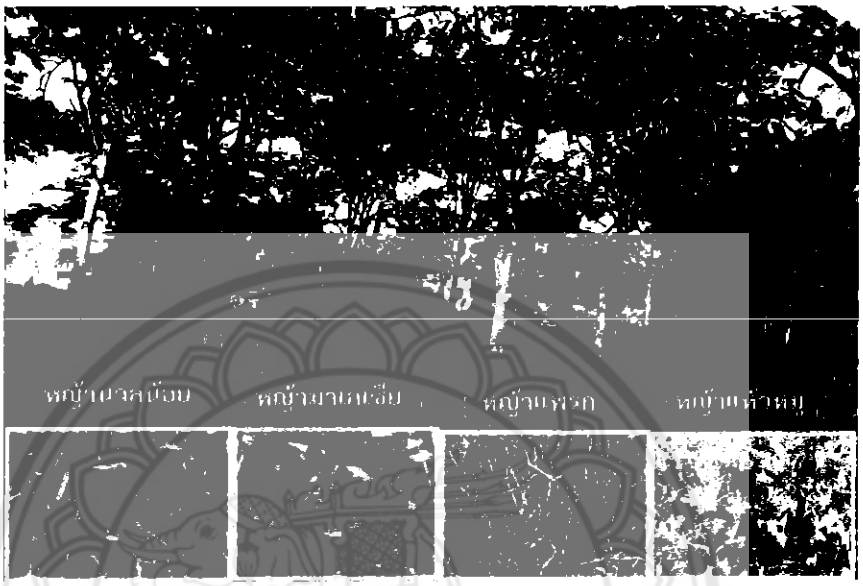
เครื่องยนต์มีหลายประเภท แต่ประเภทหลักๆ ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ 5.5 แรงม้า 8 แรงม้า และ 20 แรงม้า จากการศึกษาเลือกใช้เครื่องยนต์ 5.5 แรงม้า มาใช้ในระบบส่งกำลังของเครื่องตัดหญ้า โดยส่งกำลังด้วยสายพาน ซึ่งให้กำลังเพียงพอ และมีขนาดไม่ใหญ่เกินไป (รายละเอียดเครื่องยนต์ 5.5 แรงม้า ดังแสดงใน ตารางที่ 2.1)

3.1.3 สายพาน

เลือกใช้สายพานส่งกำลังตัววี (V-Belt) เป็นสายพานที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สายพานมีการหุ้มผ้าใบทั้งเส้น ทนความร้อน ทนน้ำมัน รับโหลดได้ดี ป้องกันไฟฟ้าสถิตเหมาะกับการใช้งานในอุตสาหกรรมทั่วไป มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมาก ใช้งานได้หลากหลาย

3.1.4 หญ้า

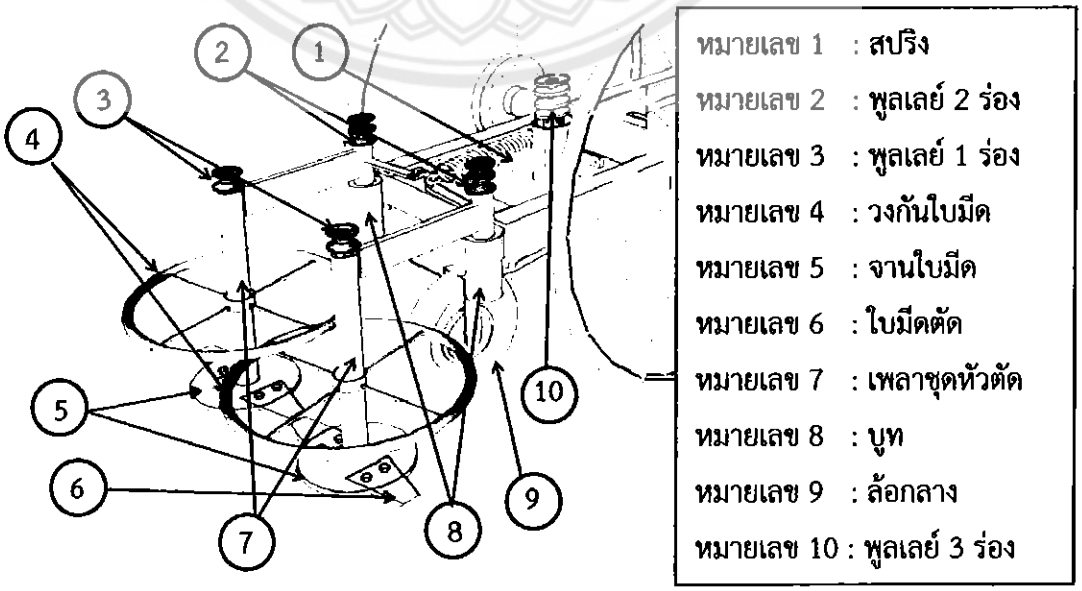
บริเวณสนามหญ้าที่ทำการทดลอง มีหญ้าอยู่หลายชนิด เช่น หญ้าแพรก หญ้ามาเลเซีย หญ้านวลน้อย และหญ้าแห้วหมู เป็นต้น ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นหญ้าในตระกูลเดียวกับหญ้า Alfalfa มีความชื้นร้อยละ 43 (ภาคผนวก ก. หน้า 43)



รูปที่ 3.3 หญ้าในบริเวณที่ทำการทดลอง

3.2 ออกแบบชุดหัวตัด

ใช้โครงสร้างของเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตาม ดังแสดงใน รูปที่ 3.2 และทำการออกแบบหัวตัดให้มี 2 หัวตัด และให้ระยะห่างระหว่างใบมีดของทั้งสองหัวตัด เท่ากับ 2 มิลลิเมตร ดังแสดงใน รูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ออกแบบชุดหัวตัด

3.3 จัดหาวัสดุ และอุปกรณ์

จัดหาวัสดุ และอุปกรณ์สำหรับสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด มีดังนี้

3.3.1 โครงรถตัดหญ้าแบบเดินตาม

3.3.2 จานใบมีด

3.3.3 เครื่องยนต์ 5.5 แรงม้า

3.3.4 พูลเลย์ 1, 2 และ 3 ร่อง

3.3.5 ใบมีดตัด หนา 2 มิลลิเมตร

3.3.6 ล้อยาง ขนาด 6 นิ้ว

3.3.7 สายพาน

3.3.8 เหล็กเส้น

3.3.9 เหล็กแผ่น

3.3.10 เหล็กฉาก

3.3.11 เหล็กกล่อง

3.3.12 เพลา

3.3.13 สปริง

3.3.14 ลูกปืน

3.4 ทำการสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

ดำเนินการสร้างชุดหัวตัดของเครื่องตัดหญ้า เปลี่ยนแปลงโครงรถตัดหญ้าแบบเดิมให้เป็นแบบสองหัวตัด จากนั้นทำการติดตั้งเครื่องยนต์เข้ากับโครงรถตัดหญ้า โดยใช้เครื่องยนต์ 5.5 แรงม้า และทำการปรับตั้งระบบส่งกำลัง เพื่อส่งกำลังไปให้ใบมีดของเครื่องตัดหญ้าสามารถตัดหญ้าได้ตามต้องการ

3.5 การทดสอบ

หลังจากสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด พร้อมกับประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันอย่างสมบูรณ์ และพร้อมใช้งาน แล้วทำการทดสอบเครื่องตัดหญ้า โดยนำเครื่องตัดหญ้าเข้าไปตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวาง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาบันทึกผล ดังนี้

3.5.1 สามารถตัดหญ้าได้

3.5.2 สามารถตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางได้

3.5.3 การตัดหญ้าบริเวณพื้นราบ

3.6 การปรับปรุงและแก้ไขเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

ทำการปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่องของเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด ให้ตรงตามวัตถุประสงค์และให้สามารถทำงานได้ตามที่ทำการออกแบบไว้

3.7 วิเคราะห์ผล

เมื่อทำการทดสอบแล้ว จึงทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบ และวิเคราะห์ต้นทุนในการสร้าง

3.8 สรุปผล

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลแล้ว จึงทำการสรุปผลโครงงาน และข้อเสนอแนะ

3.9 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

เมื่อทำการสรุปผลเรียบร้อยแล้ว จึงจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

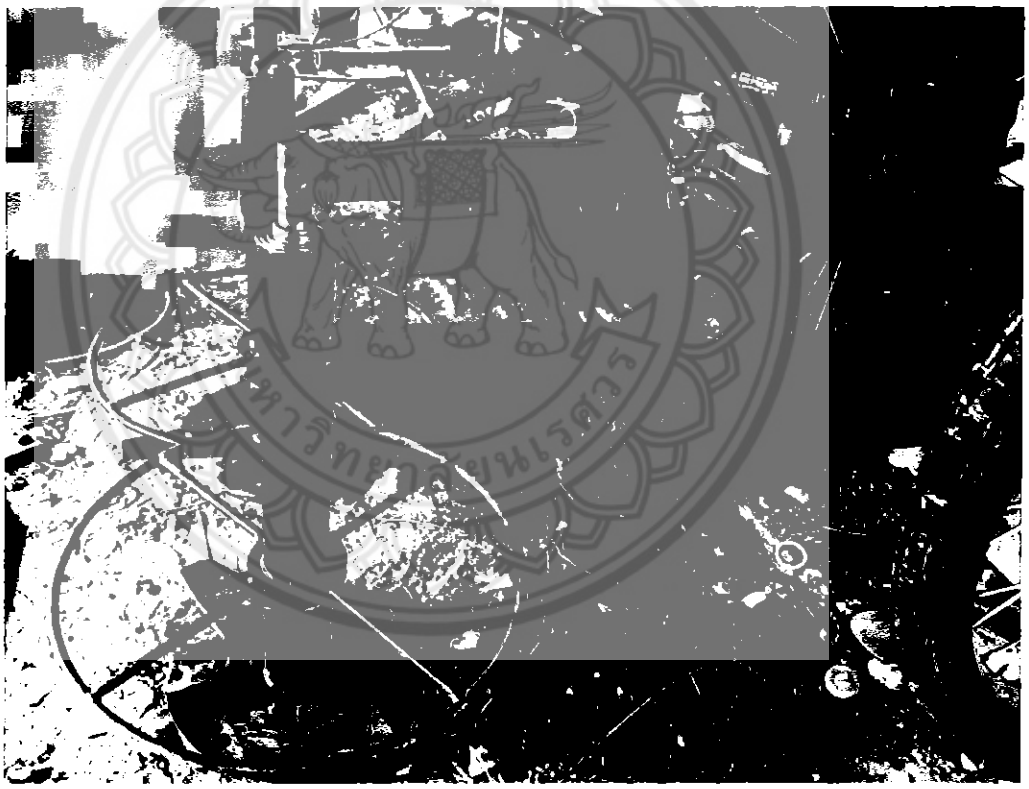
4.1 การสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

4.1.1 สำรวจหาข้อมูลของเครื่องมือที่ใช้ และอุปกรณ์ที่มีอยู่ เพื่อใช้ในการสร้างชุดหัวตัด

4.1.2 ทำการออกแบบชุดหัวตัด และส่วนอื่นๆ ที่นำมาใช้ในการประกอบหัวตัด

4.1.3 ทำการจัดซื้อวัสดุต่างๆ ที่ต้องใช้ เช่น โครงเหล็ก สายพาน พูลเลย์ ลูกปืน จานใบมีด ใบมีด น็อต และสกรูต่างๆ

4.1.4 นำรถตัดหญ้าแบบโครงสร้างเดิมมาดัดแปลง เพื่อทำเป็นแบบสองหัวตัด ทำการประกอบชุดหัวตัดกับโครงรถตัดหญ้า ดังรูปที่ 4.1

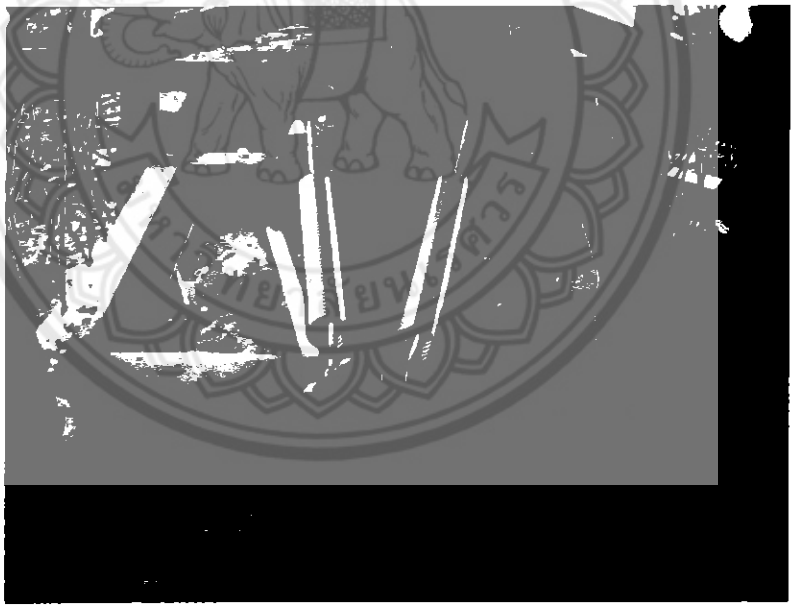


รูปที่ 4.1 การประกอบชุดหัวตัดเข้ากับโครงตัดหญ้า

4.1.5 จากการออกแบบเครื่องตัดหญ้า (จากภาคผนวก ก. หน้า 39) โดยใช้เครื่องยนต์ขนาด 5.5 แรงม้า ซึ่งเป็นเครื่องยนต์จากเครื่องตัดหญ้าเดิมที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น และเพลาส่งกำลังที่มีอัตราทด 2 ต่อ 1 ซึ่งใช้พูลเลย์ขนาด 2 นิ้ว และพูลเลย์ตามขนาด 4 นิ้ว ดังรูปที่ 4.2

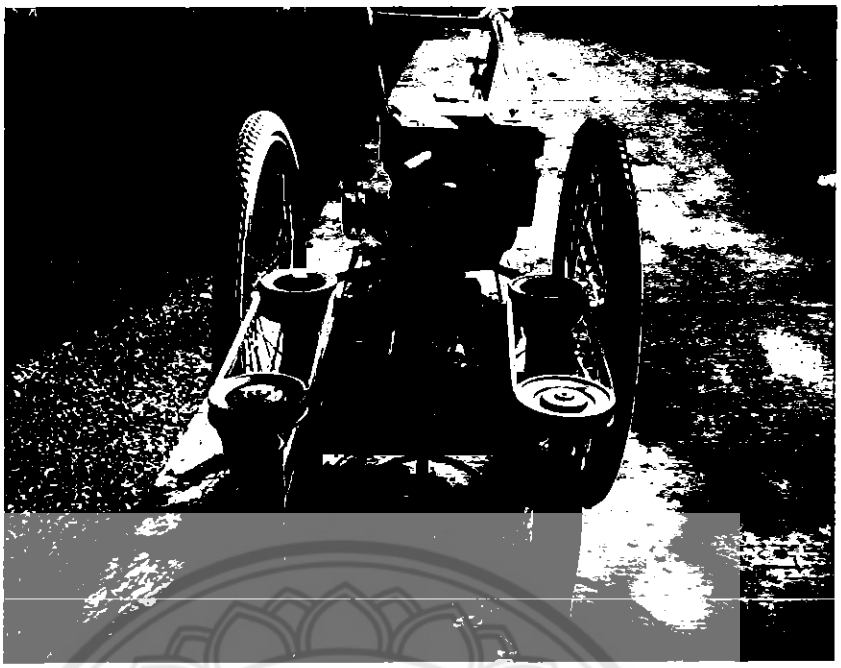
รูปที่ 4.2 การติดตั้งเครื่องยนต์และเพลาส่งกำลัง

4.1.6 ทำการติดสปริงดึงเข้ากับหัวตัดทั้งสอง ดังรูปที่ 4.3



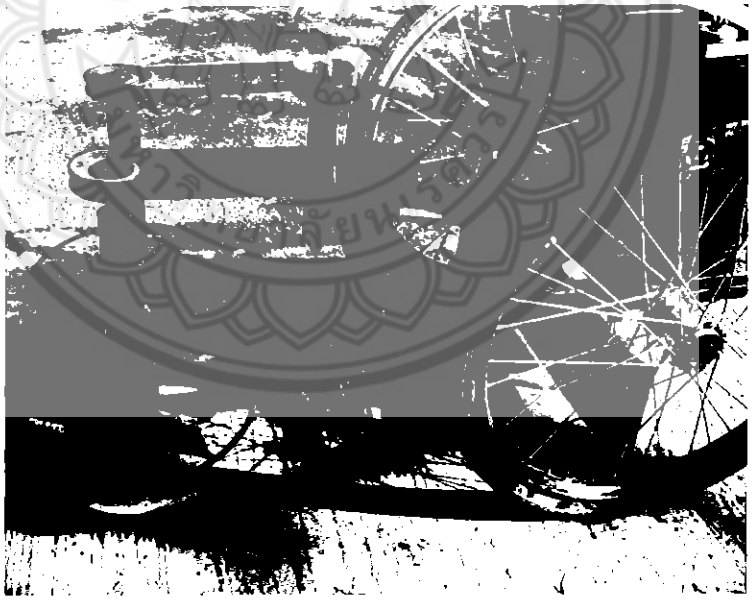
รูปที่ 4.3 การติดสปริงเข้ากับหัวตัด

4.1.7 ทำการติดตั้งล้อขนาด 6 นิ้ว ระหว่างหัวตัด เพื่อช่วยรองรับน้ำหนักของเครื่องตัดหญ้า ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การติดตั้งล้อ

4.1.8 ทำการพ่นสี และตกแต่งให้สวยงาม ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 รถตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

4.2.1 อุปกรณ์ในการทดลองเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

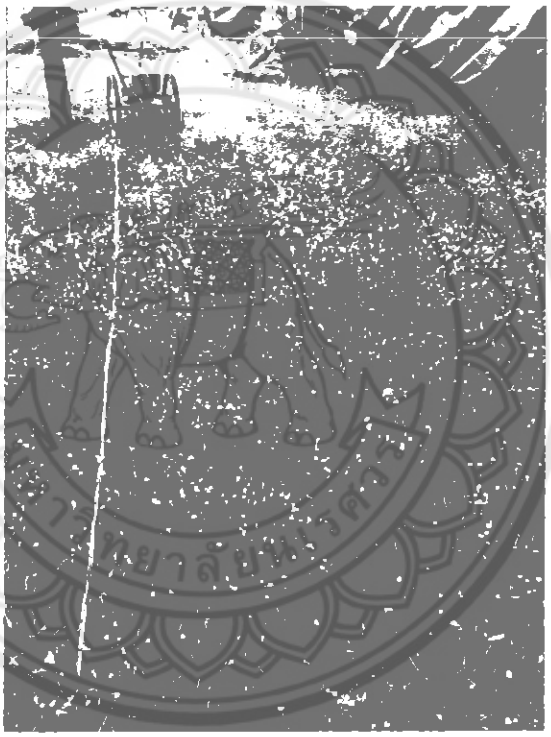
การทดลองเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด ต้องเตรียมอุปกรณ์ ดังนี้

4.2.1.1 ตลับเมตร เพื่อหาพื้นที่ในการตัด

4.2.1.2 เชือกฟาง เพื่อใช้ตีเส้นกำหนดระยะทางการทำงาน

4.2.2 วิธีการทดลองตัดหญ้าสนาม

4.2.2.1 ทำการเตรียมสนามทดลอง ที่ต้นหญ้ามีความยาวพอสมควร ใช้เทปวัดระยะ เพื่อกำหนดพื้นที่การทำงาน โดยใช้เชือกกำหนดระยะทางการตัดยาว 5 เมตร ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 พื้นสนามก่อนการตัด

4.2.2.2 เตรียมเครื่องตัดหญ้าให้อยู่ในลักษณะพร้อมใช้งาน ปรับความเร็วรอบของใบมีดเครื่องตัดหญ้าให้เหมาะสม แล้วทำการเดินเครื่องตัดหญ้า

4.2.2.3 ทำการตัดหญ้าตามระยะที่กำหนด จากจุดเริ่มต้นไปจนถึงจุดสุดท้ายเป็นระยะทาง 5 เมตร ดังรูปที่ 4.7

รูปที่ 4.7 พื้นสนามที่กำลังตัด

4.2.2.4 หยุดรถเมื่อตัดหญ้าเสร็จแล้ว

4.2.2.5 วัดพื้นที่ที่ได้ทำการตัดหญ้า แล้วบันทึกผล

4.2.2.6 ทำการทดลองซ้ำในหัวข้อ 4.2.2.1 – 4.2.2.5 ใหม่ โดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไป

4.2.3 วิธีการทดลองตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวาง

4.2.3.1 ทำการเตรียมสนามทดลอง เตรียมสิ่งกีดขวางเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 - 20 เซนติเมตร

4.2.3.2 ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสิ่งกีดขวางที่จะนำเครื่องตัดหญ้าเข้าตัด โดยวัดจากพื้นดินขึ้นไป 10 เซนติเมตร ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับวงกลมกั้นใบมีดพอดี

4.2.3.3 เตรียมรถตัดหญ้าให้อยู่ในลักษณะพร้อมใช้งาน

4.2.3.4 นำรถตัดหญ้าเข้าตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวาง

4.2.3.5 บันทึกผลการทดลอง

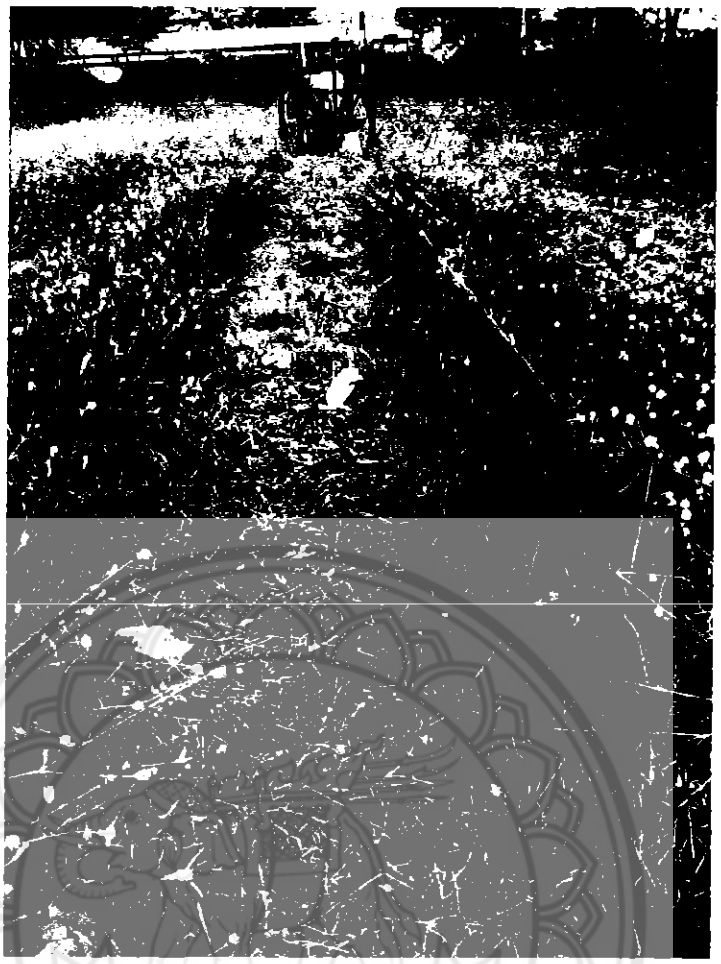
4.2.3.6 ทำการทดลองซ้ำในหัวข้อ 4.2.3.1 – 4.2.3.6 ใหม่ โดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไป

4.3 ผลการทดลอง

4.3.1 การทดลองครั้งที่ 1 ตัดหญ้าในสนาม

4.3.1.1 ทดลองตัดโดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

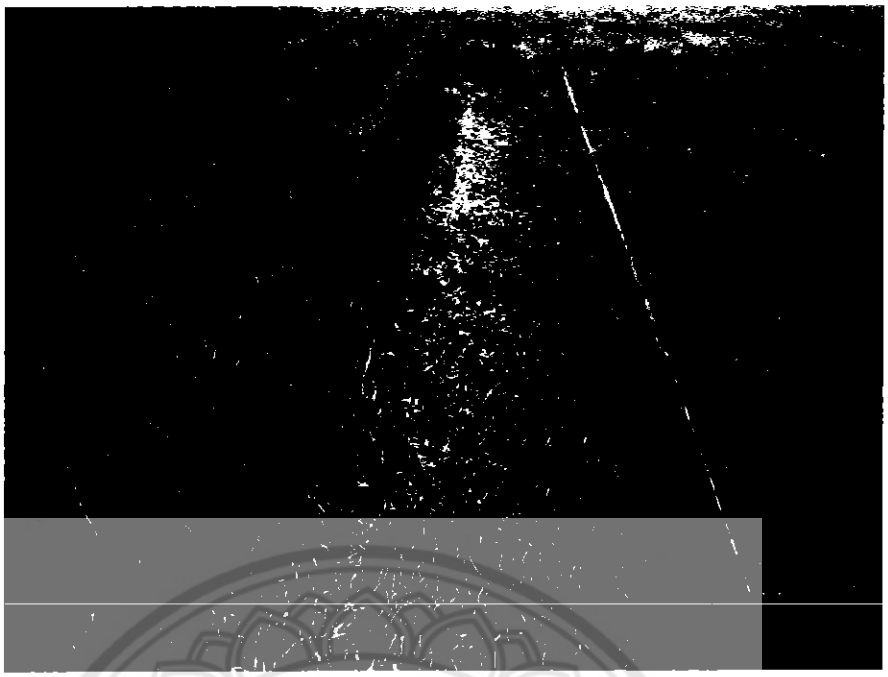
ผลการทดลองเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด สามารถกินพื้นที่ในการตัดหญ้ากว้างเฉลี่ย 25 นิ้ว ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 หลังตัดหญ้า โดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

4.3.1.2 ทดลองโดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไป

ผลการทดลองเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดสามารถกินพื้นที่ในการตัดหญ้ากว้างเฉลี่ย 20 นิ้ว ดังรูปที่ 4.9

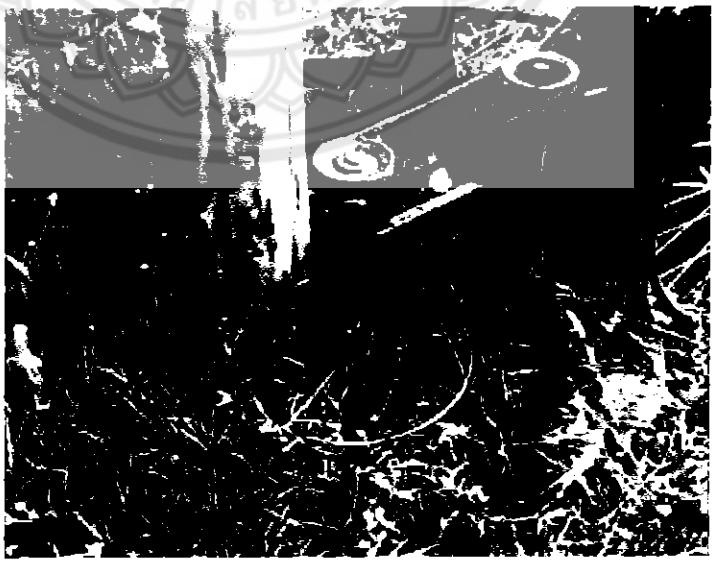


รูปที่ 4.9 หลังตัดหญ้า โดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไป

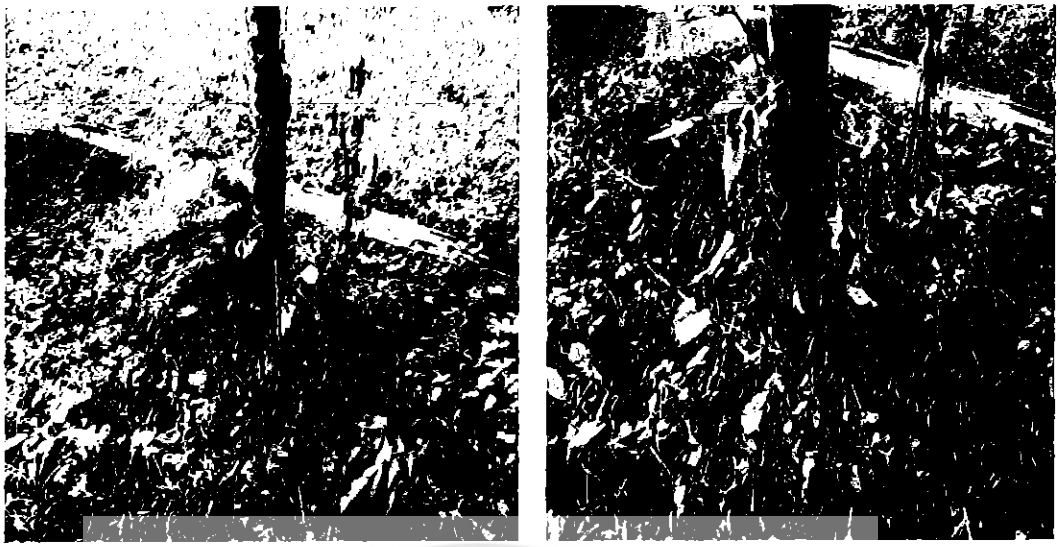
4.3.2 การทดลองครั้งที่ 2 ตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวาง

4.3.2.1 ทดลองตัดโดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาด 10 – 20 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด จะทำการตัดหญ้าในลักษณะดังรูปที่ 4.10 และผลการตัดหญ้าเป็นดังรูปที่ 4.11 – รูปที่ 4.16



รูปที่ 4.10 ลักษณะการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

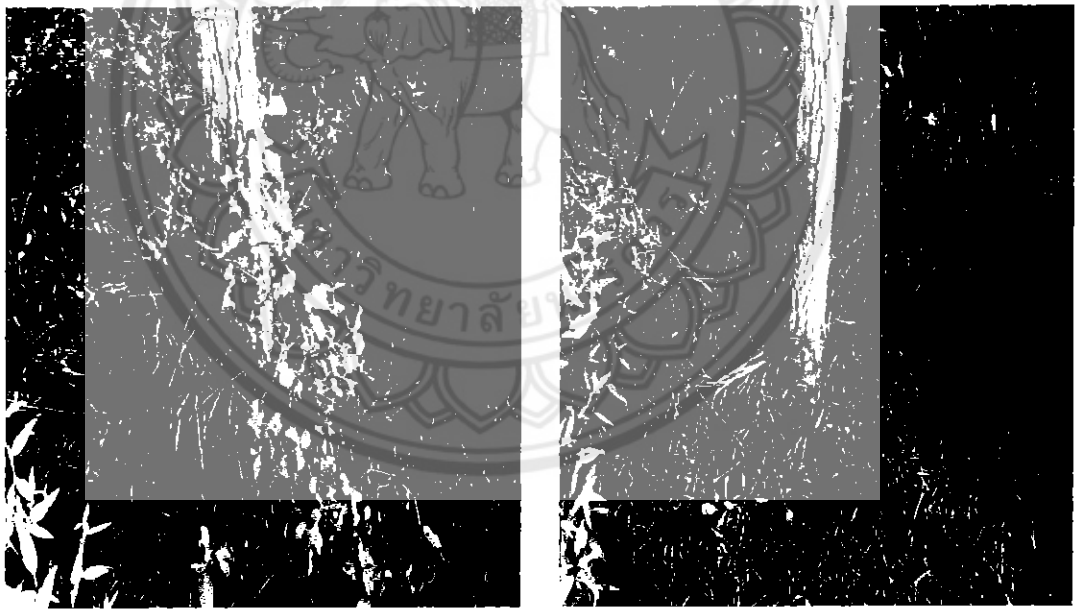


(ก) (ข)

รูปที่ 4.11 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 เซนติเมตร

(ก) ก่อนตัดหญ้า

(ข) หลังตัดหญ้า

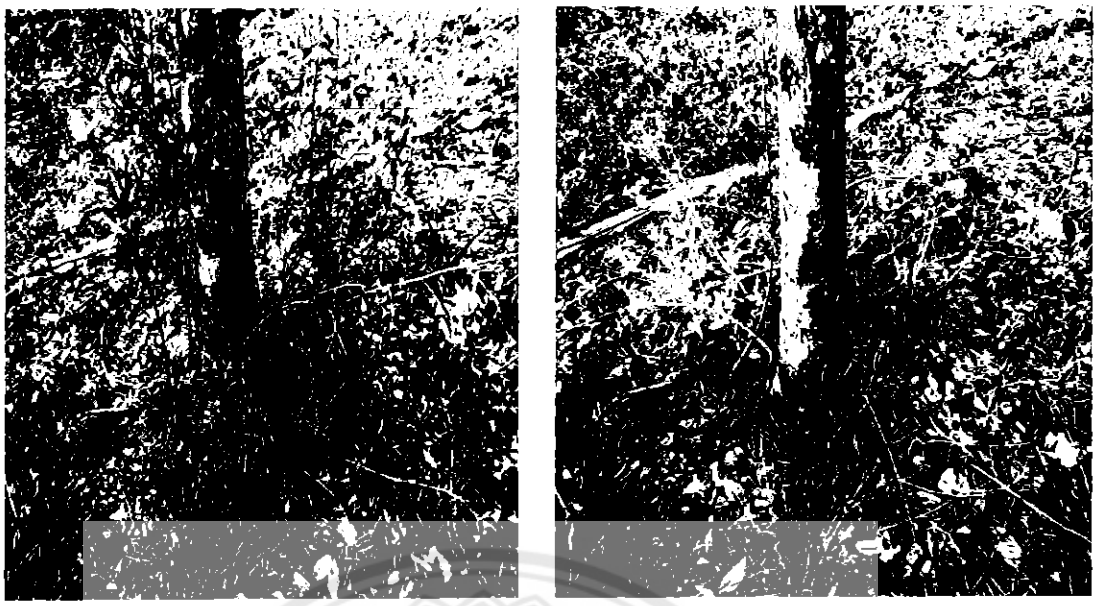


(ก) (ข)

รูปที่ 4.12 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12 เซนติเมตร

(ก) ก่อนตัดหญ้า

(ข) หลังตัดหญ้า

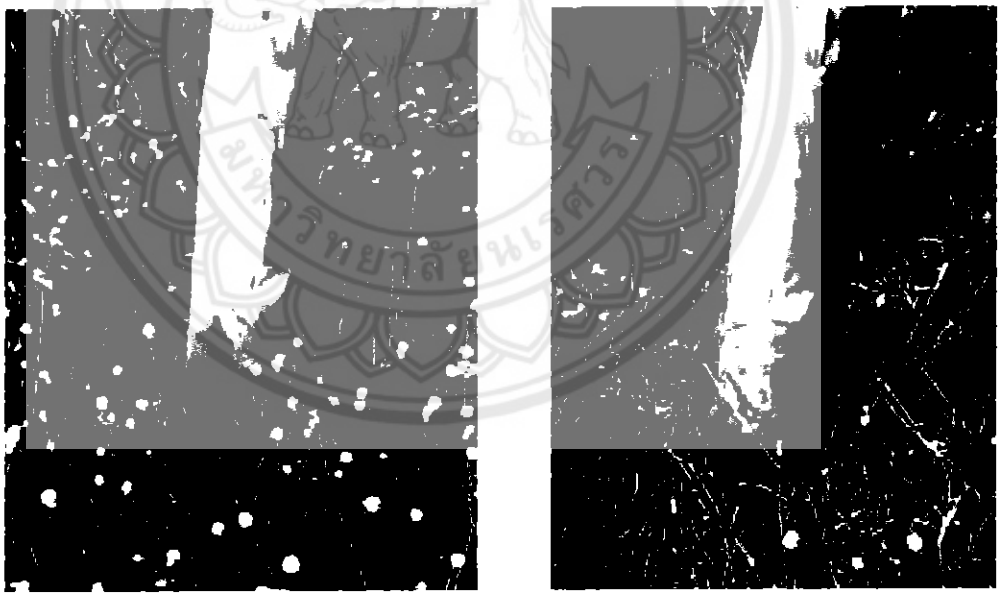


(ก) (ข)

รูปที่ 4.13 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 14 เซนติเมตร

(ก) ก่อนตัดหญ้า

(ข) หลังตัดหญ้า

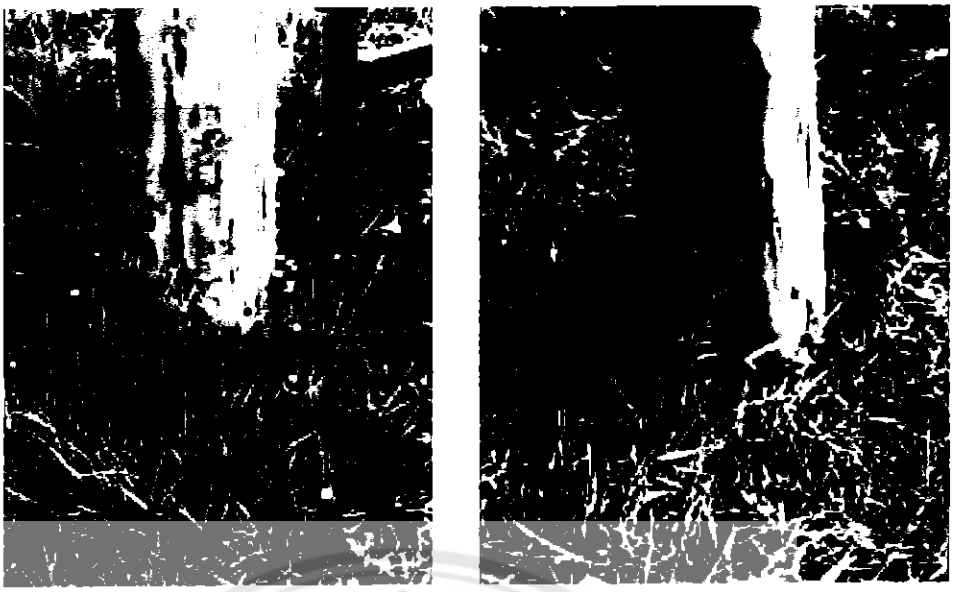


(ก) (ข)

รูปที่ 4.14 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 16 เซนติเมตร

(ก) ก่อนตัดหญ้า

(ข) หลังตัดหญ้า

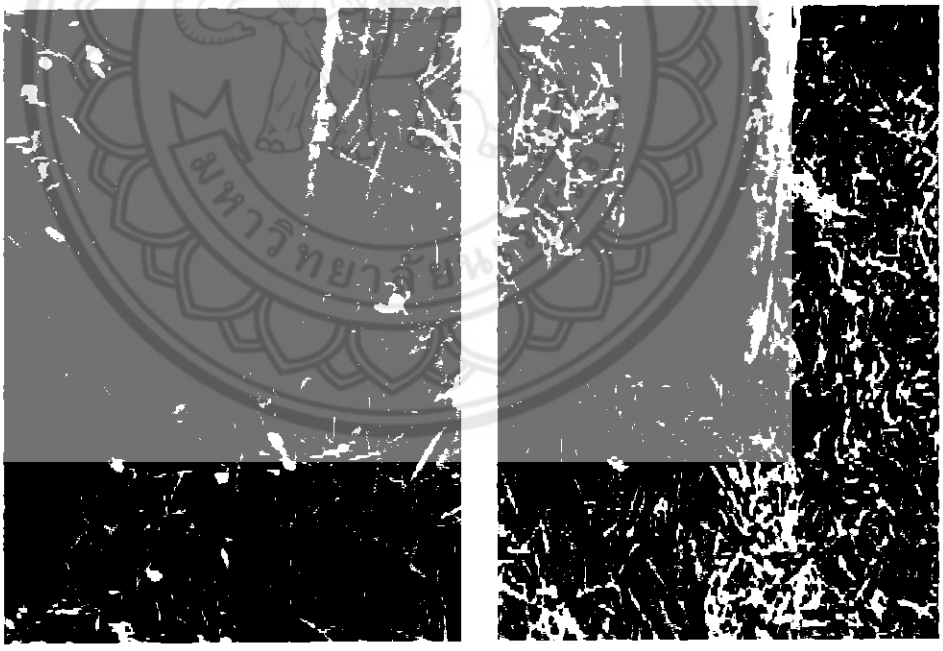


(ก) (ข)

รูปที่ 4.15 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 18 เซนติเมตร

(ก) ก่อนตัดหญ้า

(ข) หลังตัดหญ้า



(ก) (ข)

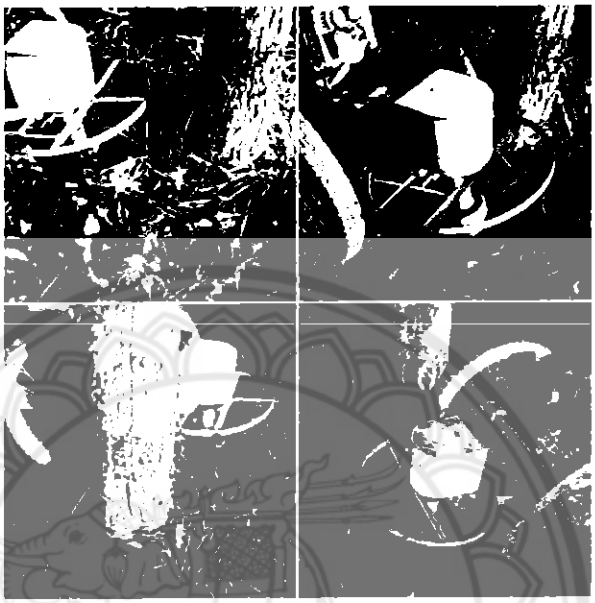
รูปที่ 4.16 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร

(ก) ก่อนตัดหญ้า

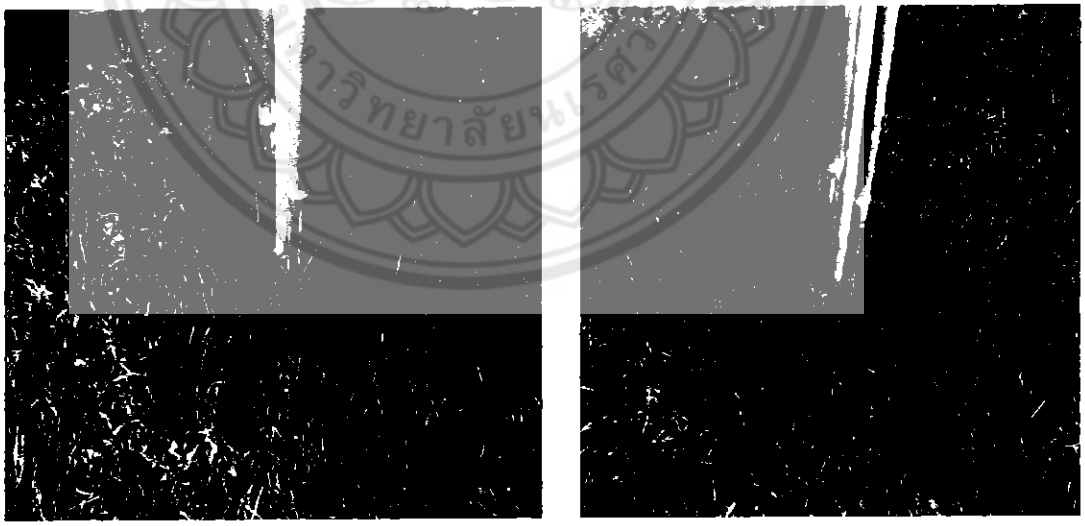
(ข) หลังตัดหญ้า

4.3.1.2 ทดลองโดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไป

การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาด 10 – 20 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไป จะทำการตัดหญ้าในลักษณะดังรูปที่ 4.17 และผลการตัดหญ้าเป็นดังรูปที่ 4.18 – รูปที่ 4.21



รูปที่ 4.17 ลักษณะการตัดหญ้าของเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไป

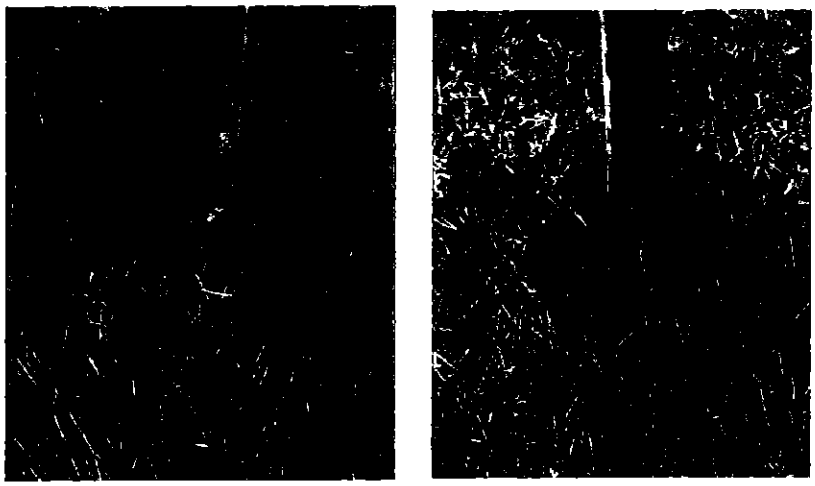


(ก) (ข)

รูปที่ 4.18 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 เซนติเมตร

(ก) ก่อนตัดหญ้า

(ข) หลังตัดหญ้า



(ก) (ข)

รูปที่ 4.19 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 14 เซนติเมตร

(ก) ก่อนตัดหญ้า

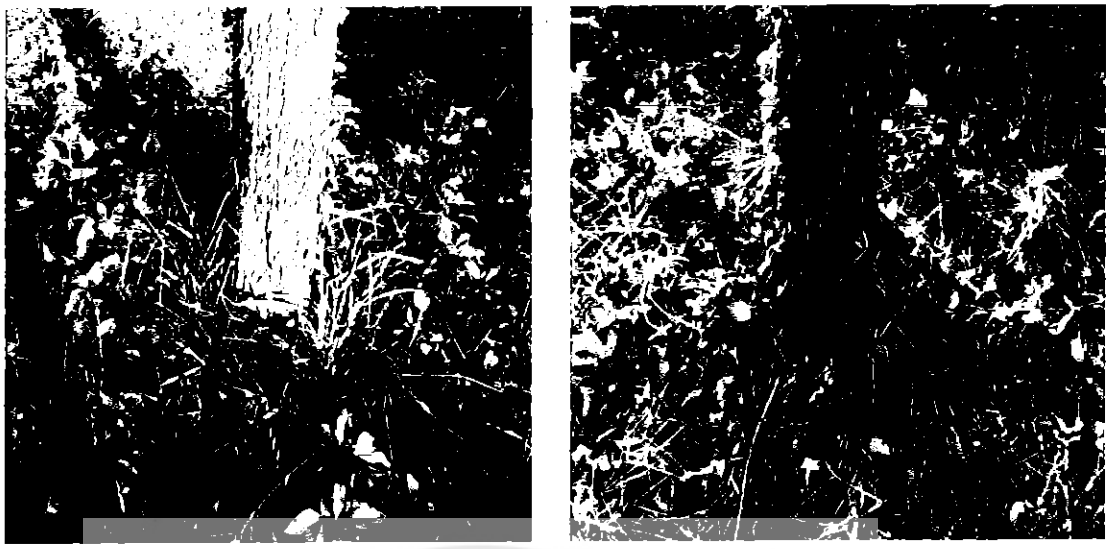
(ข) หลังตัดหญ้า

(ก) (ข)

รูปที่ 4.20 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 18 เซนติเมตร

(ก) ก่อนตัดหญ้า

(ข) หลังตัดหญ้า



(ก) (ข)

รูปที่ 4.21 การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร
(ก) ก่อนตัดหญ้า
(ข) หลังตัดหญ้า

4.4 การวิเคราะห์

จากการทดลองเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด ได้ทำการทดลองตัดหญ้า 2 แบบ คือ ตัดหญ้าสนาม และตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวาง สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.4.1 วิเคราะห์การตัดหญ้าสนาม

4.4.1.1 จากการทดลองตัดหญ้าสนาม เครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดสามารถตัดหญ้าได้ในหนึ่งรอบการตัดสามารถตัดหญ้าได้หน้ากว้างเฉลี่ย 25 นิ้ว ซึ่งสามารถกินพื้นที่ได้มากกว่าเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไปที่มีหัวตัดเดียว ซึ่งสามารถตัดหญ้าได้หน้ากว้างเฉลี่ย 20 นิ้ว

4.4.1.2 จากการทดลอง โดยการสำรวจด้วยตาเปล่า พบว่าสามารถตัดหญ้าได้ขาดทั่วพื้นที่ที่ทำการทดลอง

4.4.1.3 จากการทดลองพบว่ายังมีบางบริเวณ ที่ตัดหญ้าได้ความสูงไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการทดลองไม่เรียบ และหญ้ามีความหนาแน่นไม่เท่ากัน

4.4.2 วิเคราะห์การตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวาง

4.4.2.1 เครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด สามารถตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางได้สะดวก และรวดเร็วกว่าเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไปที่มีหัวเดียว และจากการทดลองใช้ต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 – 20 เซนติเมตร เป็นสิ่งกีดขวาง พบว่าหัวตัดสามารถแยกจากกัน และอ้อมตัดหญ้าได้ โดยใบมีดไม่โดนสิ่งกีดขวาง

4.4.2.2 เครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดสามารถตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 20 เซนติเมตร หากสิ่งกีดขวางมีขนาดมากกว่า 20 เซนติเมตร เครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดจะไม่สามารถตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวางได้หมดภายในครั้งเดียว ซึ่งอาจจะต้องทำการอ้อมตัดประมาณ 2 ครั้ง จึงจะสามารถตัดหญ้าให้หมดได้

4.4.2.3 สิ่งกีดขวางบางชนิด เช่น เสาไฟ ที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยม การตัดหญ้ารอบเสาอาจจะต้องดันชุดหัวตัดเข้าด้านที่เป็นเหลี่ยมเสา ซึ่งจะทำให้หัวตัดแยกออกจากกันได้ง่าย และการตัดหญ้าจะทำให้ใบมีดไม่โดนกับเสาไฟ

4.4.3 ตารางเปรียบเทียบเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันกับเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดที่พัฒนาขึ้น

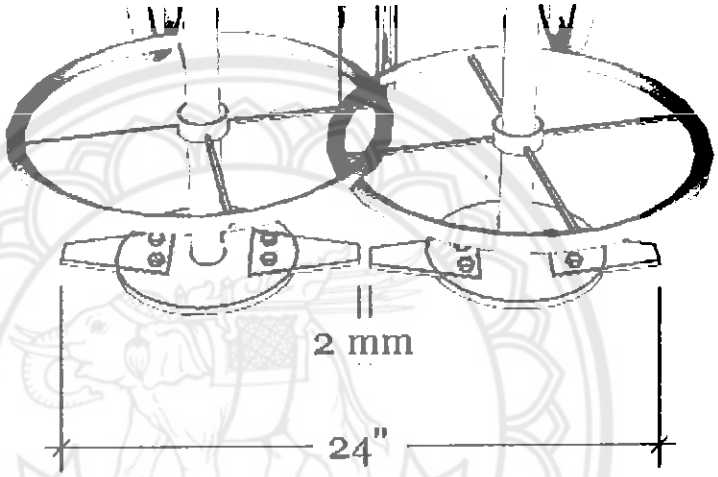
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันกับเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดที่พัฒนาขึ้น

หัวข้อการเปรียบเทียบ	เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน	เครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดที่พัฒนาขึ้น
จำนวนใบมีด	1 ชุด (2 ใบมีด)	2 ชุด (4 ใบมีด)
หน้ากว้างการทำงานเฉลี่ยของใบมีด	20 นิ้ว	25 นิ้ว
ชนิดและขนาดของเครื่องยนต์	เครื่องยนต์เบนซินขนาด 5.5 แรงม้า	เครื่องยนต์เบนซินขนาด 5.5 แรงม้า
ความสามารถในการปรับความสูงของใบมีด	ไม่สามารถปรับได้	สามารถปรับได้
ระบบส่งกำลัง	ใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลังจากเครื่องยนต์	ใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลังจากเครื่องยนต์
ต้นทุนโดยประมาณ	11,000 บาท	14,000 บาท (ภาคผนวก ข)
การขับเคลื่อน	ทำได้โดยผู้ใช้งานผลักดันไปข้างหน้าหรือถอยหลัง	ทำได้โดยผู้ใช้งานผลักดันไปข้างหน้าหรือถอยหลัง
ความสามารถในการตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวาง	ตัดทีละด้าน	อ้อมตัดรอบครั้งเดียว

จากตารางเปรียบเทียบเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันกับเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดที่พัฒนาขึ้น ต้นทุนโดยประมาณเมื่อเทียบกับเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไปที่มีอยู่ในปัจจุบันแล้ว เครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด อาจมีราคาสูงกว่าเล็กน้อย เนื่องจากต้องมีการเพิ่มหัวตัดให้มี 2 หัวตัด ซึ่งมากกว่าเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามทั่วไปที่มีอยู่ในปัจจุบัน

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาเครื่องตัดหญ้าแบบเดินตามหัวตัดเดียวที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด โดยเครื่องตัดหญ้าที่ทำการพัฒนาขึ้นมีความกว้าง 25 นิ้ว ยาว 80 นิ้ว มีความสูงของเครื่องทั้งหมด 33 นิ้ว (ภาคผนวก ค.) และความกว้างในการตัดของใบมีดทั้งหมดเท่ากับ 24 นิ้ว ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ความกว้างในการตัดของใบมีดทั้งหมด

5.1 สรุป

5.1.1 จากการสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด สามารถใช้เครื่องยนต์ขนาด 5.5 แรงม้า ในการส่งกำลังได้ และนำมาทดลองตัดหญ้าในแนวระนาบแล้ว เครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดสามารถตัดหญ้าสนามให้ขาดได้ และทำให้ทราบว่าเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดสามารถตัดหญ้าได้หน้ากว้างเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 23.53 จากเครื่องตัดหญ้าแบบหัวตัดเดียว ซึ่งเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัดสามารถตัดหญ้าได้หน้ากว้างเฉลี่ย 25 นิ้ว

5.1.2 จากการทดลองตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวาง โดยเดินหน้าเข้าตัดหญ้ารอบสิ่งกีดขวาง และถอยหลังกลับพบว่า หัวตัดสามารถแยก และกลับมาตำแหน่งเดิมได้ตามขนาดของสิ่งกีดขวาง ซึ่งสิ่งกีดขวางที่สามารถตัดรอบได้นั้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำสุด 10 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดไม่เกิน 20 เซนติเมตร ซึ่งใช้เวลาในการตัดหญ้าเร็วกว่า และตัดหญ้าได้สะดวกกว่าเครื่องตัดหญ้าแบบหัวเดียว

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เนื่องจากเครื่องตัดหญ้าสามารถตัดรอบสิ่งกีดขวางได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 20 เซนติเมตร ควรมีการวางแผน ออกแบบ และพัฒนา ให้เครื่องตัดหญ้าสามารถตัดรอบสิ่งกีดขวางได้ขนาดใหญ่ขึ้น

5.2.2 ควรมีการออกแบบ และพัฒนาให้หัวตัดของเครื่องตัดหญ้ามีขนาดหน้าตัดกว้างขึ้น เพื่อให้สามารถตัดหญ้าได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ฉัตรชัย มาอ่อน และฐิติพงศ์ มงคลทิพย์. (2552). **รถเกษตรเอนกประสงค์.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ดารุด พลูเต่า. **หญ้าสนาม.** สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2556, จาก http://www.darutraiya.com/index.html.

พิทักษ์พงษ์ แสงจันทร์ และปรัชญาพงศ์ ปินเครือ. (2549). **การออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดหญ้าแพงโกล่าติดรถไถเดินตาม.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภาณุฤทธิ์ ยุกตะทัต. (2547). **การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.

ภาณุฤทธิ์ ยุกตะทัต. (2548). **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. (2537). **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1.** กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.

สมพร เพ็ชรพล. **สายพานส่งกำลัง.** สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2556, จาก http://www.sppsupply.com/vBelt.html

สายัณห์ ทัดศรี. (2548). **หญ้าอาหารสัตว์ และหญ้าพื้นเมืองในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุรศักดิ์ วานิชชัยวัตกุล. **สนามหญ้า.** สืบค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2556, จาก http://www.novabizz.com/CDC/Garden/Garden_Grass.htm.

SVERKER PERSSON. **Mechanics of Cutting Plant Material.** Agricultural Engineering Department The Pannsylvania University.

ภาคผนวก ก
การคำนวณที่เกี่ยวข้อง

ก.1 การคำนวณเครื่องตัดหญ้า

จากสมการ Shear stress

$$\text{Shear stress} = \frac{FOCSMX}{(LWC \times LTC)}$$

เมื่อ FOCSMX = Cutting Force Maximum Value, (N/mm)

LWC = Width of Cut, (mm)

LTC = Actual Thickness of Material Layer, (mm)

Shear stress = 64 N/mm^2 (อ้างอิงจากภาคผนวก ก. หน้า 46)

หาแรงที่กระทำได้จาก

$$\begin{aligned} FOCSMX &= \text{Shear stress} \times (LWC \times LTC) \\ &= 64 \times (305.8 \times 2) \\ &= 39.14 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

FOCSMX ของหญ้า Alfalfa มีค่าเท่ากับ 30.6 – 42 N/mm. (อ้างอิงจากภาคผนวก ก. หน้า 42)

นำสมการที่ได้ไปหา ENCI = Cutting Energy for One Cut, (N.mm)

จากสมการ $ENCI = 3.5 \times FOCSMX \times LTS$

เมื่อ LTS = Thickness of Solid Material Layer, (mm)

$$\begin{aligned} \therefore ENCI &= 3.5 \times 39.14 \times 2 \\ &= 273.98 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

จากสมการ $ENCSM = \frac{1000 \times ENCI}{LWC \times MAAE}$

เมื่อ ENCSM = Specific Cutting Energy PerU Material Load on Countershear

LWC = Width of Cut, (mm)

MAAE = Mass Per Unit Countershear Area, (kg/mm^2)

$$\therefore ENCSM = \frac{1000 \times 273.98}{305.8 \times 3}$$
$$= 289.65 \frac{kJ.mm}{kg}$$

จากสมการ $$ENCS = \frac{ENCSM}{LLP}$$

เมื่อ ENCS = Specific Cutting Energy, solid (kJ/kg)

= Specific Cutting Energy Per Unit Cut (Chopped) Mass

LLP = Length of Removed Piece of Material Layer, (mm) (อ้างอิงจากภาคผนวก ก. หน้า 45)

$$\therefore ENCS = \frac{298.65}{6}$$
$$= 49.78 \frac{kJ}{kg}$$

จากสมการ $$POC = ENCS \times 0.013$$

เมื่อ POC = Power for Cutting, (W)

$$\therefore POC = 49775 \times 0.013$$
$$= 647.08 \text{ W}$$

จากสมการ $$POC = ENCSAE \times VLF \times LWD$$

เมื่อ ENCSAE = Specific Cutting Energy Per Field Area, (kJ/m) (อ้างอิงจากภาคผนวก ก. หน้า 44)

VLF = Forward Travel Velocity, (m/s)

LWD = Width of Cutting Device, (m)

ดังนั้น $$VLF = \frac{POC}{(ENCSAE \times LWD)}$$
$$= \frac{647.08}{2.11 \times 305.8}$$

$$= 1.00285 \frac{m}{s}$$

$$= 60.17 \frac{m}{\min}$$

จากสมการ $V = \pi dN$

เมื่อ N = Dutting Speed, (rpm)

d = Diameter of Cylinder Cutter, (m)

ค่า cutting speed $N_2 = \frac{V}{\pi d}$

$$N_2 = \frac{60.17}{\pi \times 0.03058}$$

$$N_2 = 626.31 \text{ rpm}$$

ดังนั้น Cutting Speed ของเครื่องตัดหญ้า (N_2) เท่ากับ 626.31 rpm

เนื่องจากเครื่องตัดหญ้ามีอัตราทด 1 ต่อ 2 หา cutting speed ของเครื่องยนต์

จากสมการ $D_2 / D_1 = N_1 / N_2$

โดยที่ D_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ขับ, มีหน่วยเป็น m

D_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ตาม, มีหน่วยเป็น m

N_1 = ความเร็วรอบของพูลเลย์ขับ, มีหน่วยเป็น rpm

N_2 = ความเร็วรอบของพูลเลย์ตาม, มีหน่วยเป็น rpm

ดังนั้น $N_1 = \frac{N_2 D_2}{D_1}$

$$= \frac{626.31 \times 0.1016}{0.0508}$$

$$N_1 = 1252.62 \text{ rpm}$$

คำนวณหา cutting speed ที่ ความเร็วรอบของพูลเลย์ขับ (N_1)

จากสมการ $V = \pi dN$

$$V = \pi \times 0.03058 \times 1252.62$$
$$V = 120.34 \text{ m/s}$$

คำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องตัดหญ้าที่ออกแบบ

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Actual Output}}{\text{Effective Capacity Efficiency}} \times 100$$

$$= \frac{647.08}{4103.35} \times 100$$

$$= 15.77$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของเครื่องตัดหญ้า (Efficiency) คิดเป็นร้อยละ 15.77

Table 6. Cutting energy and cutting force for biological materials
Calculated from data in Chancellor (1987).

This table contains data from tests with very different types of cutting devices, performed under different circumstances, as shown by the explanations below. The data should, therefore, be expected to vary. However, a thorough study of the original reports may make a reduction in the variations possible, if sufficient data have been reported. Such an evaluation has not been done for this book. The variables, used to represent the cutting energy and cutting force have been discussed in Chapter 6. In order to convert the presented data to other, often used, data the following conversions can be done.

Cutting power POC = 1000 * ENCSA * (MAT / 1.45) / LLP, kW
Max. cutting force FOCMX = FOCSA * AES / 1000, kN
Spec. cutting energy ENCS = 1000 * (ENCSA / 1.45) / LLP, kJ/kg

where MAT = capacity or throughput in kg d.m./s
LLP = particle length in mm
AES = solids cross-sectional area mm^2
= 1000 * MAL / 1.45
MAL = mass per unit length of cut layer, g d.m./mm or kg d.m./m
3.6 kJ/kg = 1 kWh/Mg = 1 kWh/tonne.

The specific energy value ENCSA as reported can be calculated most easily for forage harvesters. It can, however, be used also for mowers as shown in Section 6.16 but it is not certain that the values in Table 6 have been calculated in this way. ENCSA-values for field tests of mowers from Table 6 should be used with reservation.

Explanations

Device: FHSB = forage harvester, shear bar type
HM = hay mower, sickle bar type.
FTM = flail-type mower
FTC = flail-type chopper

Type of test:
LL = laboratory test with laboratory equipment
LF = laboratory test with field equipment
FF = field test with field equipment

Notes: a/ includes air movement energy
b/ maximum force in N for hay-mower type device (HM)
c/ average force based on 41 percent of stroke in active cutting, according to Kepner (1952).
d/ includes acceleration energy

Material	Moisture content percent w.b.	Energy ENCSA J/mm^2	Force FOCSA N/mm^2	Force FOCSMX N/mm b/	Device See above	
Alfalfa	6-10	0.067-0.100	-	-	FHSB	LF
	15	0.063	4.90	8.1b/	HM	LL
	5-28	0.093-0.212	-	-	FHSB	LL
	15	0.188-0.240	-	0.9-1.9	Slice	LL
	15	0.109-0.117	-	-	Saw	LL
	20	0.042-0.071	4.95-11.0	9.2-16.5	FHSB	LF
	28-60	0.029-0.082	-	-	FHSB	LL
	42-69	0.049-0.111	5.70-5.60	-	FHSB	LF
	43	0.074-0.076	14.3-18.2	30.6-42	FHSB	LL
	54	0.080	5.59	19.5	FTM	LL
	56	0.069-0.115	-	-	FHSB	FF
	58	0.065-0.076	-	-	FHSB	LF

รูปที่ ก.1 Cutting energy and cutting force for biological materials

ที่มา : SVERKER PERSSON. Mechanics of Cutting Plant Material. Agricultural Engineering Department The Pennsylvania University.

Table 5. Observed cutting energy and power.
According to Wieneke (1972). Taken from several sources.

Table 5 a. For mowers

Variables as used in eq. 6.61
POLS = specific power loss (for mowers)
ENCSAE = specific cutting energy/unit field area
EFC = cutting efficiency

Material field density (MAFAE) for the crop = 1.5 to 2.4 kg d.m./m^2.

Cutting device	POLS kW/m	ENCS/EFC kJ/kg	ENCSAE/EFC kJ/m^2 field
Flail mower	0.56	2.12	3.99
Rotary mower	2.34	0.95	2.11
Sickle bar mower	0	0.43	0.93
Mower-conditioner	1.28	0.44	0.81
Conditioner	0.44	0.77	1.16

Table 5 b. For forage harvesters

Variables as in eq. 6.59
POL1 = constant power loss
ENCS/EFC = specific cutting power/cutting efficiency

Cutting device	POL1 kW	ENCS/EFC kJ/kg
Flail harvester		
cutting and loading	12.9	3.24
cutting and putting on the ground	6.3	3.52
pick up and chopping	7.9	4.13
pick up and chopping, a)	7.2	4.35
Flywheel-type harvester, b)		
total	1.75	4.03
cutting	0	1.49

Footnote: a) wilted hay
b) alfalfa, length of cut 12 mm.

รูปที่ ก.2 Observed cutting energy and power

ที่มา : SVERKER PERSSON. Mechanics of Cutting Plant Material. Agricultural Engineering Department The Pennsylvania University.

Rotary mower with countershear, lawn mower (Matthies, 1977)

Knife speed, VLK m/s	5 - 8	
Rotational speed VN rpm	680 - 1050	
Forward speed VLF km/h	5 - 8	

Forage harvester, flywheel type

Number of knives	4 or 6	Balner 1955
	10	Mengele 1985
Width of cut (countershear), LWC, mm	455	I & T 1984
Rotational speed VN rpm	1450 - 1600	I & T 1984
	800	Mengele 1985
Flywheel diameter, mm	730	I & T 1984

Forage harvesters, cylinder type

Number of knives, NOK		
diam 380 - 460 mm	6	Kepner 1978
diam 610 mm	9	Kepner 1978
range	6 - 12	I & T 1985
Cylinder diameter mm		
range	405 - 650	I & T 1985
	appr = length	Kepner 1978
Width of cut (counter-shear), LWC mm	260 - 760	I & T 1984
Clearance LLC mm	0.4	Tribelhorn 1975
	0.1 - 0.4	John Deere 1976
	0.01	Crane 1985
Rotational speed, VN rpm	800 - 1420	I & T 1984
Knife speed VLK m/s		
elevating	28 - 33	Kepner 1978
non-elevating	18 - 24	Kepner 1978
	21 - 27	Crane 1985
Forward speed, VLF km/h	3.2 - 7.2	Kepner 1978
Feed roll speed, m/s	0.72	Crane 1985
Feed roll pressure, N/mm		Crane 1985
front roller,		
thick layer	20	
thin layer	6	
rear roller,		
thick layer	10	
thin layer	3	
Length of cut, theor. LLP mm		
min.	3 - 6	Kepner 1978
max	25 - 90	Kepner 1978
recommended:		Kepner 1978
low-moisture grass-legume silage	6	
corn silage	13	
hay	50 - 95	

รูปที่ ก.3 Forage harvesters, cylinder type

ที่มา : SVERKER PERSSON. Mechanics of Cutting Plant Material. Agricultural Engineering Department The Pennsylvania University.

Volume of field crops (Matthies, 1977)

	Volume m^3/m^2 Limits	Average	Average height, m
Winter wheat	0.033 - 0.049	0.037	0.6 - 0.8
Spring wheat	0.038 - 0.081		0.6 - 0.8
Rye	0.024 - 0.078	0.044	0.7 - 1.2
Winter barley	0.025 - 0.059	0.031	0.6 - 0.8
Spring barley	0.050 - 0.080		0.5 - 0.7
Oats	0.070 - 0.090	0.072	0.6 - 0.8
Winter rape	0.060 - 0.115		0.6 - 0.8
Silage corn	0.038 - 0.072	0.050	1.8 - 2.5
Alfalfa, fresh	0.015 - 0.043	0.038	0.5 - 0.6 1st cut
		0.015	2nd cut
Red fescue	0.011 - 0.025		0.4
Timothy fresh	0.016 - 0.031	0.019	0.6 - 0.8
Alfalfa hay	0.015 - 0.090	0.090 1st	
		0.030 2nd	
Alfalfa-grass	0.095 - 0.120		
Meadow hay	0.010 - 0.110	0.070	
Potato haulm	0.045 - 0.113	0.3 - 0.7	
Sugar beet tops	0.030		0.2 - 0.4
Silage corn	0.07-0.125		Kloeppel 1974

Plant masses and bending stiffness

According to Matthies, 1977.

	MC, percent	MAL, mg/mm^2**	ME*MI $N.cm^2$
Grass leaves, fresh	68	5 - 10	1 - 15 E-02
dry	5.5	1 - 6.5	0.1 - 1.5
Grass stems, fresh	62	3 - 28	10 - 1000
dry	12	1.4 - 10	0.1 - 10
Wheat leaves, dry	6.8	1.5 - 3.5	3 - 40
Wheat straw, dry	6.8	10 - 20	4000 - 10000

**: wet mass

Stem length, specific mass , and bending stiffness for rice
According to Singh (1974).

	length m	weight mg/mm	MC	diam mm	stiffness $N.cm^2$
standing crop	0.81	8.5	61		
top		2 - 4		2 - 3	47
bottom		7 - 14		4 - 7	272
lodged crop	0.98	5.5	49		
top				1.7 - 2.5	16
bottom				3.5 - 9	112
average	0.6 - 1				24 - 100

Specific mass variation in rice straw from base to top.

According to Singh et al. (1974).

variety 1:	14 to 4 mg/mm wet wt.,	62 percent m.c.
2:	10 to 3 mg/mm	62
3:	7 to 2 mg/mm	?

Ultimate tensile and shear stress, N/mm^2

	tensile	shear
O'Dogherty, 1981:		
luzerne (alfalfa)	9 - 26	9.1 - 18
grass	108 - 294	49 - 79
maize (corn)	55 - 69	
	6.5 - 12	
cotton stalk	23 - 41	14 - 20
rice straw	10 - 13.3	
sunflower stem	2.8 - 8.7	
castor bean stalk	13.5	

รูปที่ ก.4 Ultimate tensile and shear stress

ที่มา : SVERKER PERSSON. Mechanics of Cutting Plant Material. Agricultural Engineering Department The Pennsylvania University.

ภาคผนวก ข
ต้นทุนในการสร้าง

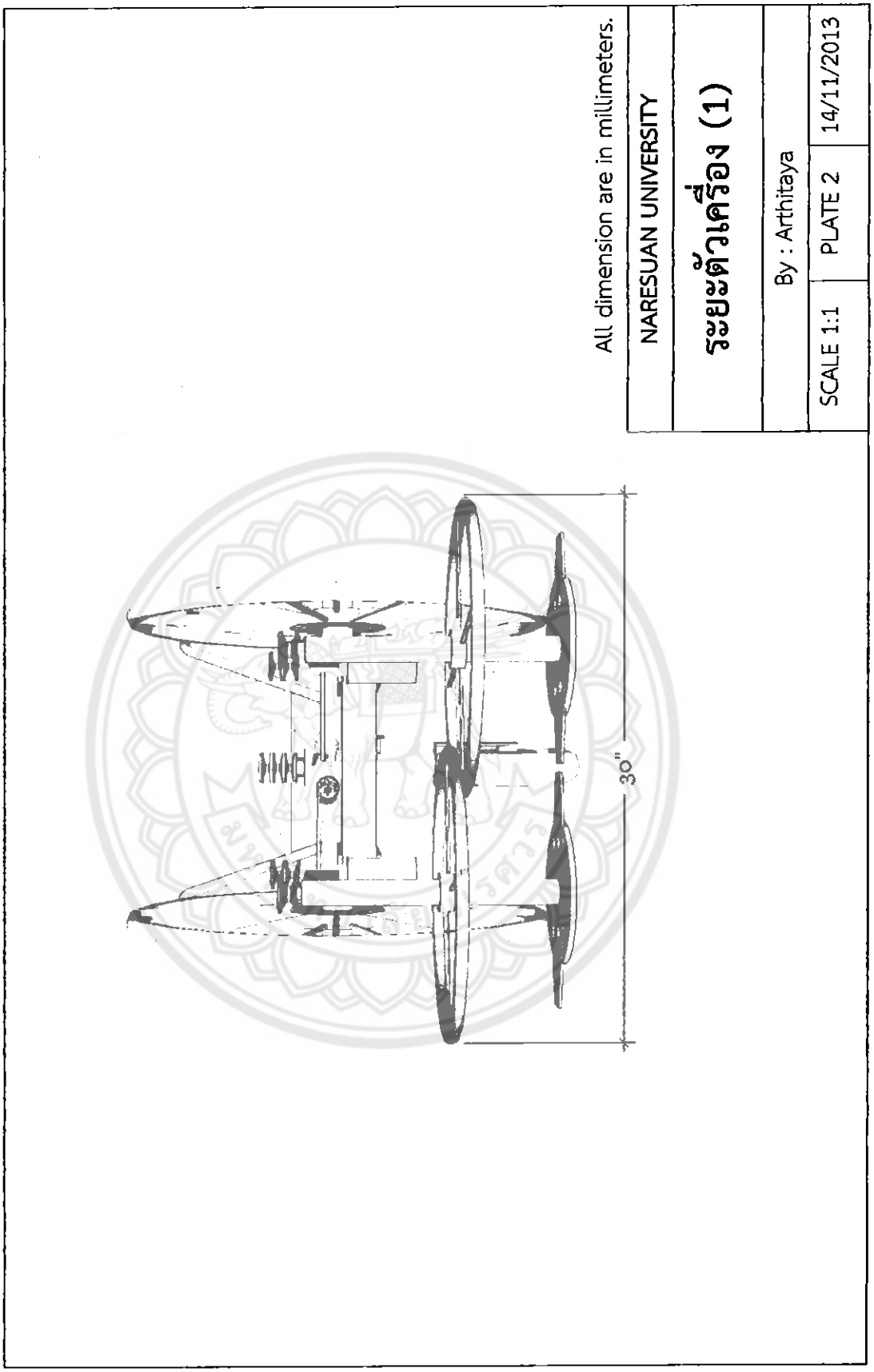
ตารางที่ ข.1 รายการวัสดุ อุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องตัดหญ้าแบบสองหัวตัด

รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1. โครงรถตัดหญ้าแบบเดินตาม	1700
2. จานใบมีด (2 อัน)	890
3. เครื่องยนต์ 5.5 แรงม้า	3,600
4. พูลเลย์ 1, 2 และ 3 ร่อง	1,220
5. ใบมีดตัด หนา 2 มิลลิเมตร	235
6. ล้อยาง ขนาด 6 นิ้ว	250
7. สายพาน	980
8. เหล็กเส้น	263
9. เหล็กแผ่น	487
10. เหล็กฉาก	562
11. เหล็กกล่อง	458
12. เพลา	590
13. สปริง	170
14. ลูกปืน	900
15. ค่าแรงงาน (เหมาจ่าย)	1,500
รวม	13,805

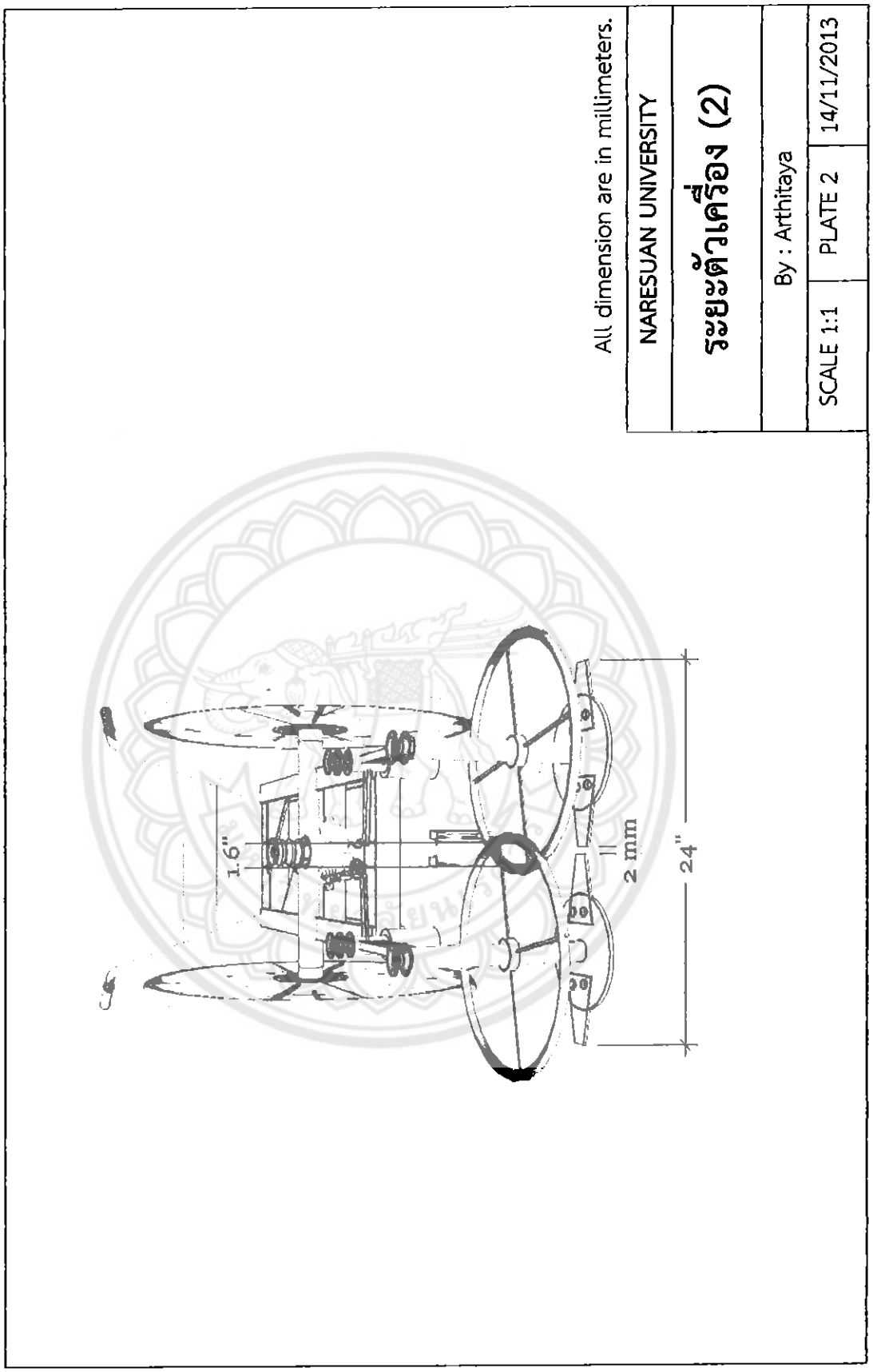
รายการค่าใช้จ่ายราคา ณ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2556

ภาคผนวก ค

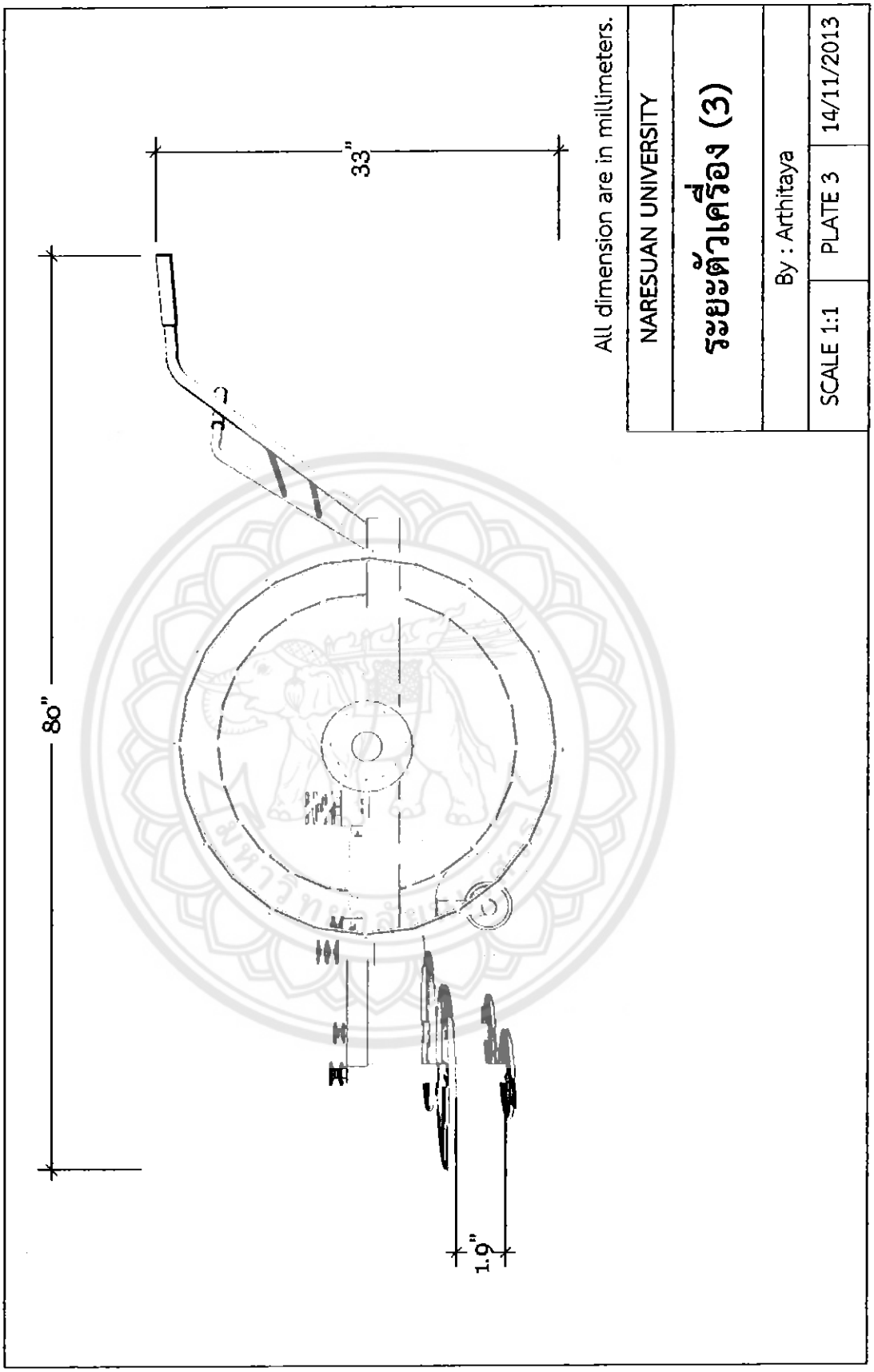
งานเขียนแบบ



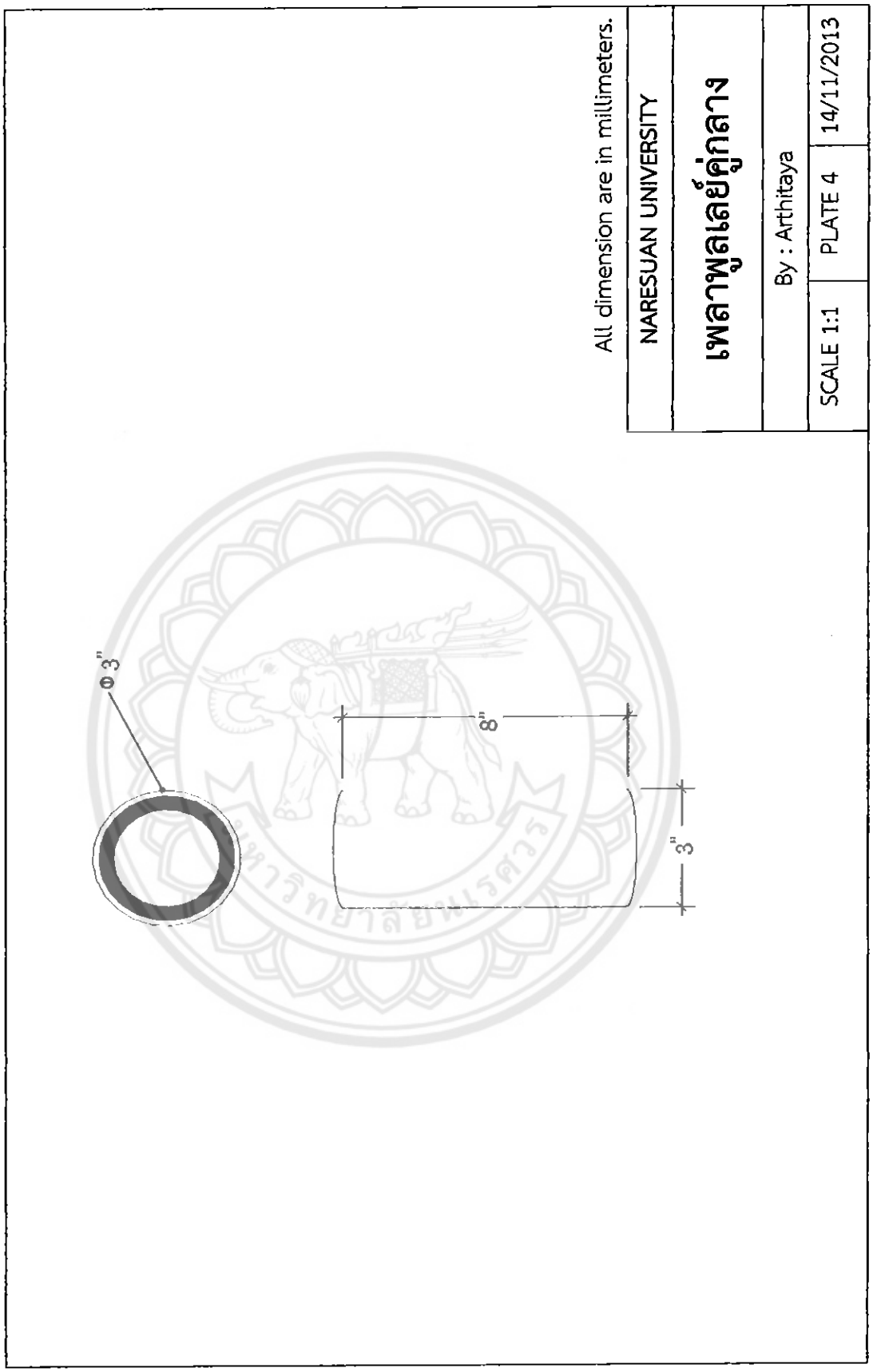
รูปที่ ค.1 ระยะตัวเครื่อง (1)



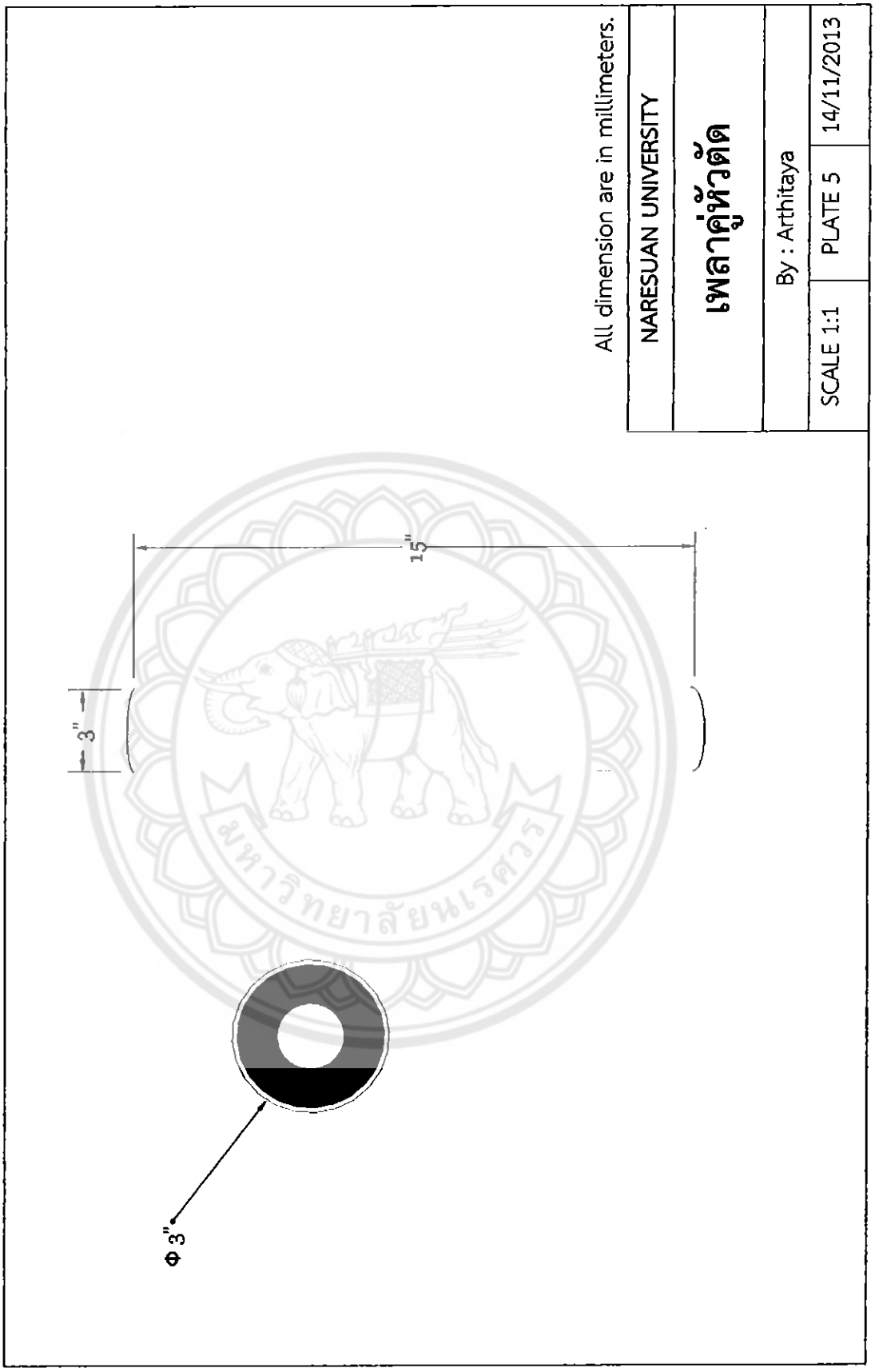
รูปที่ ค.2 ระยะตัวเครื่อง (2)



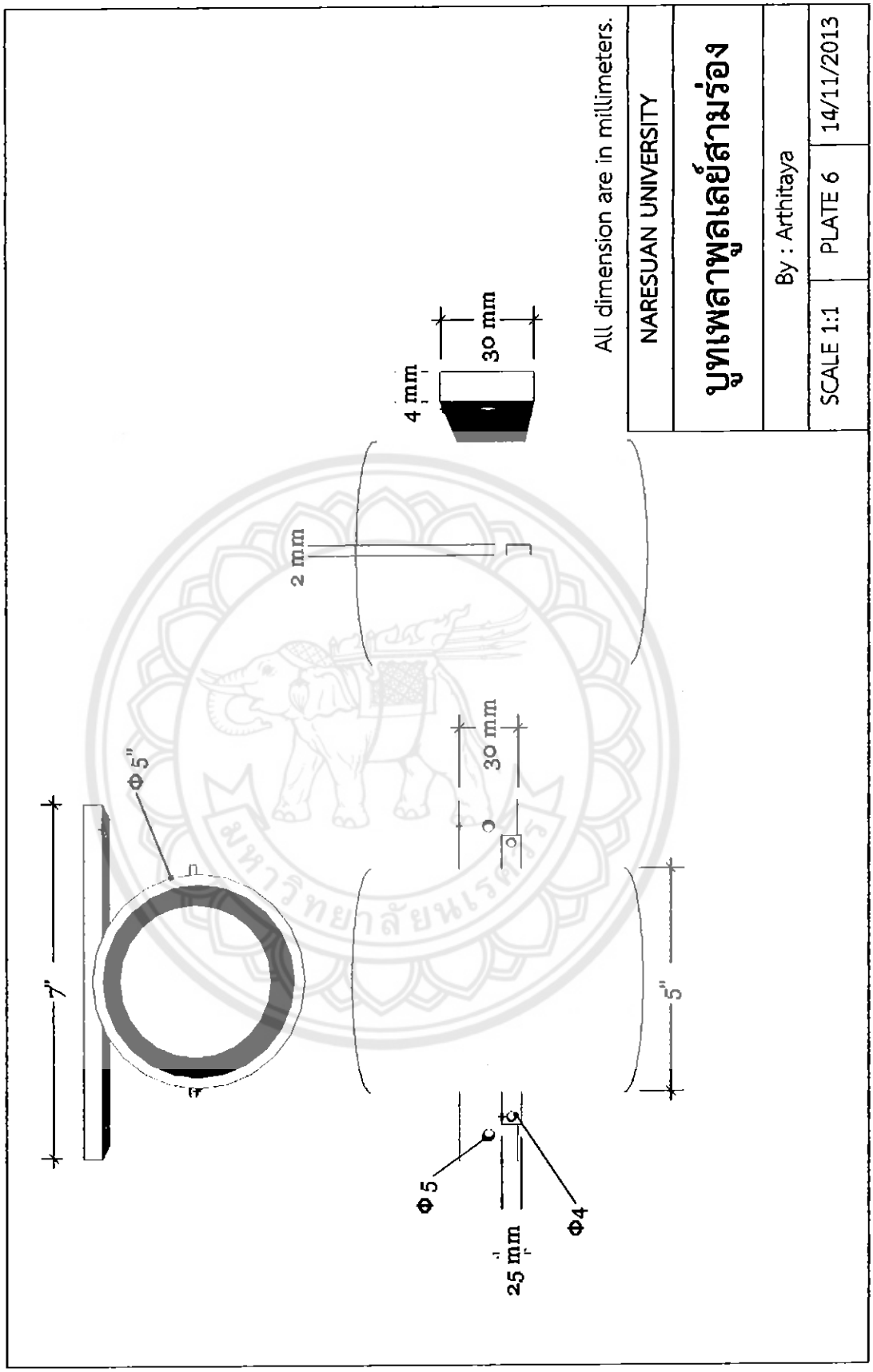
รูปที่ ค.3 ระยะตัวเครื่อง (3)



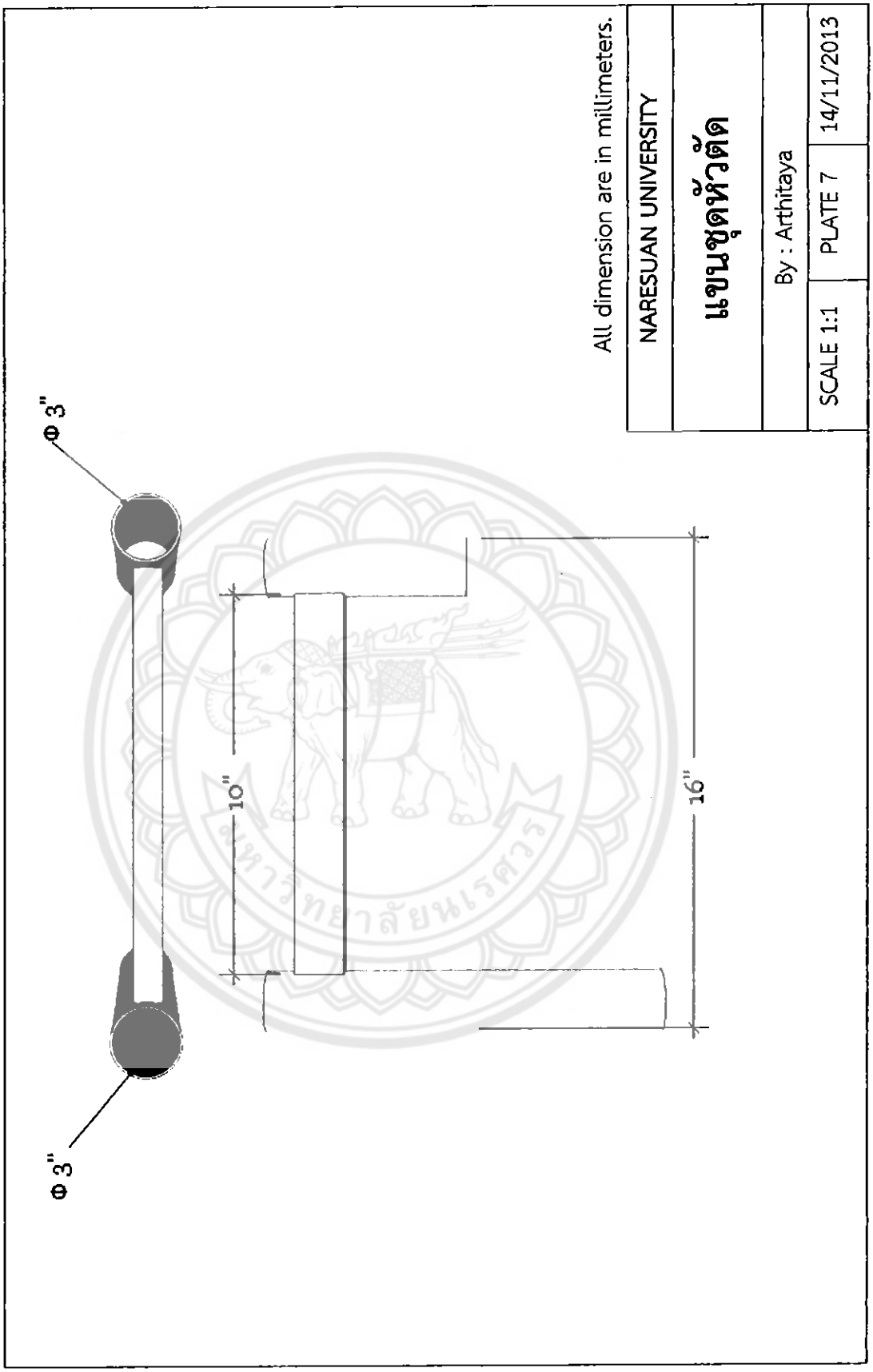
รูปที่ ค.4 เพลาพูลเลย์คู่กลาง



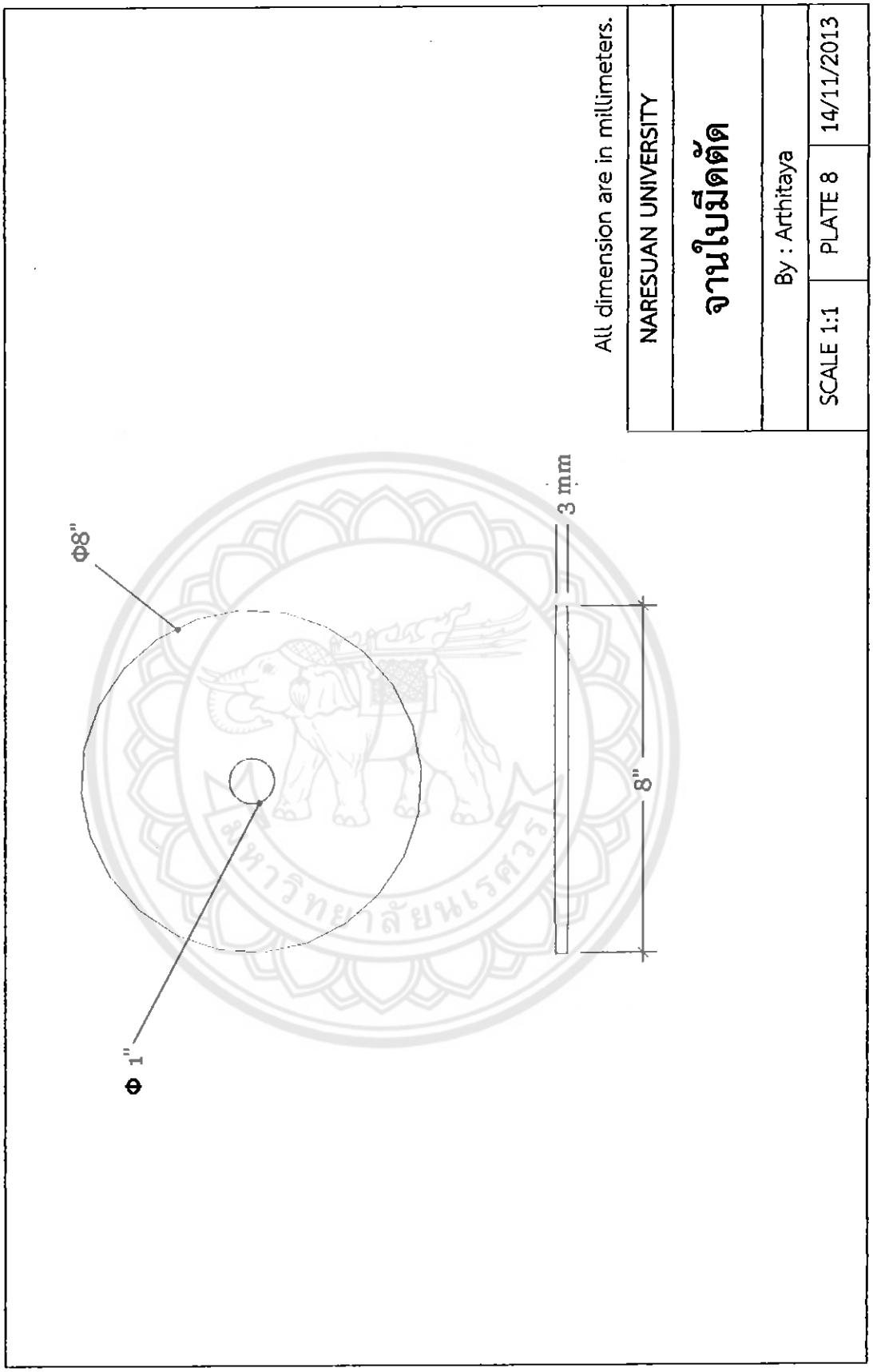
รูปที่ ค.5 เพลาคู่หัวตัด



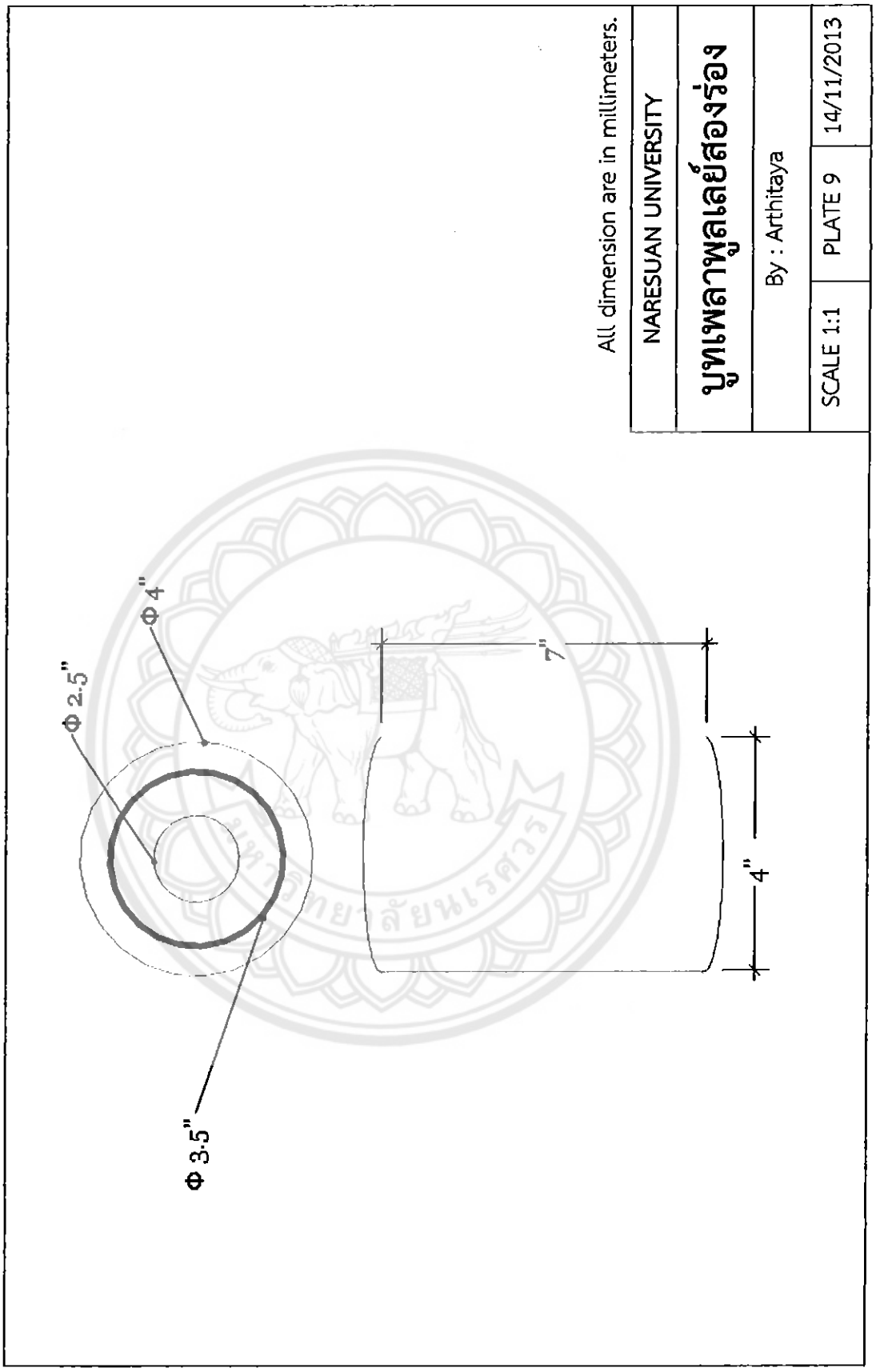
รูปที่ ค.6 บูทเพลาพูลเลย์สามร่อง



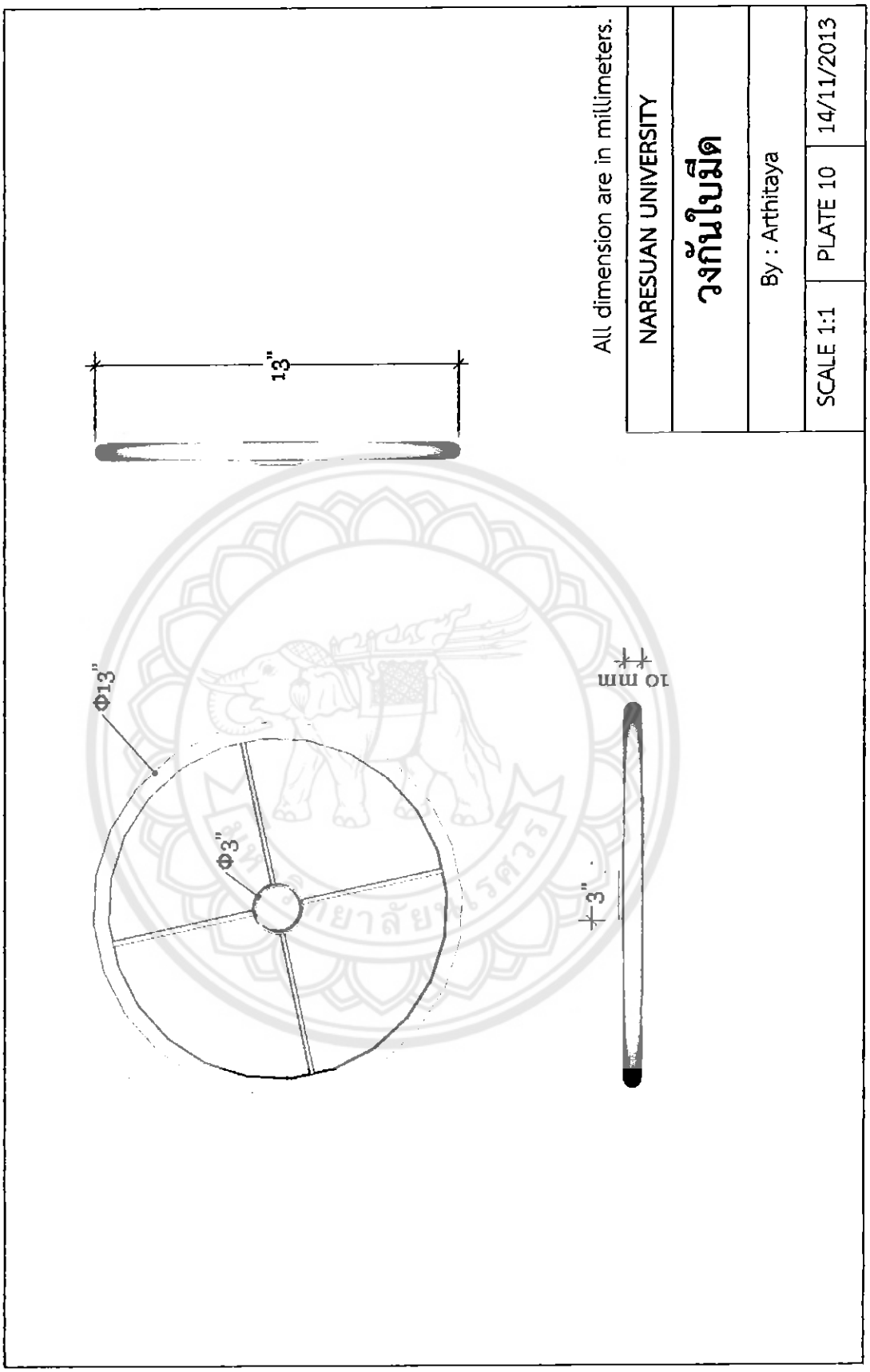
รูปที่ ค.7 แขนชุดหัวตัด



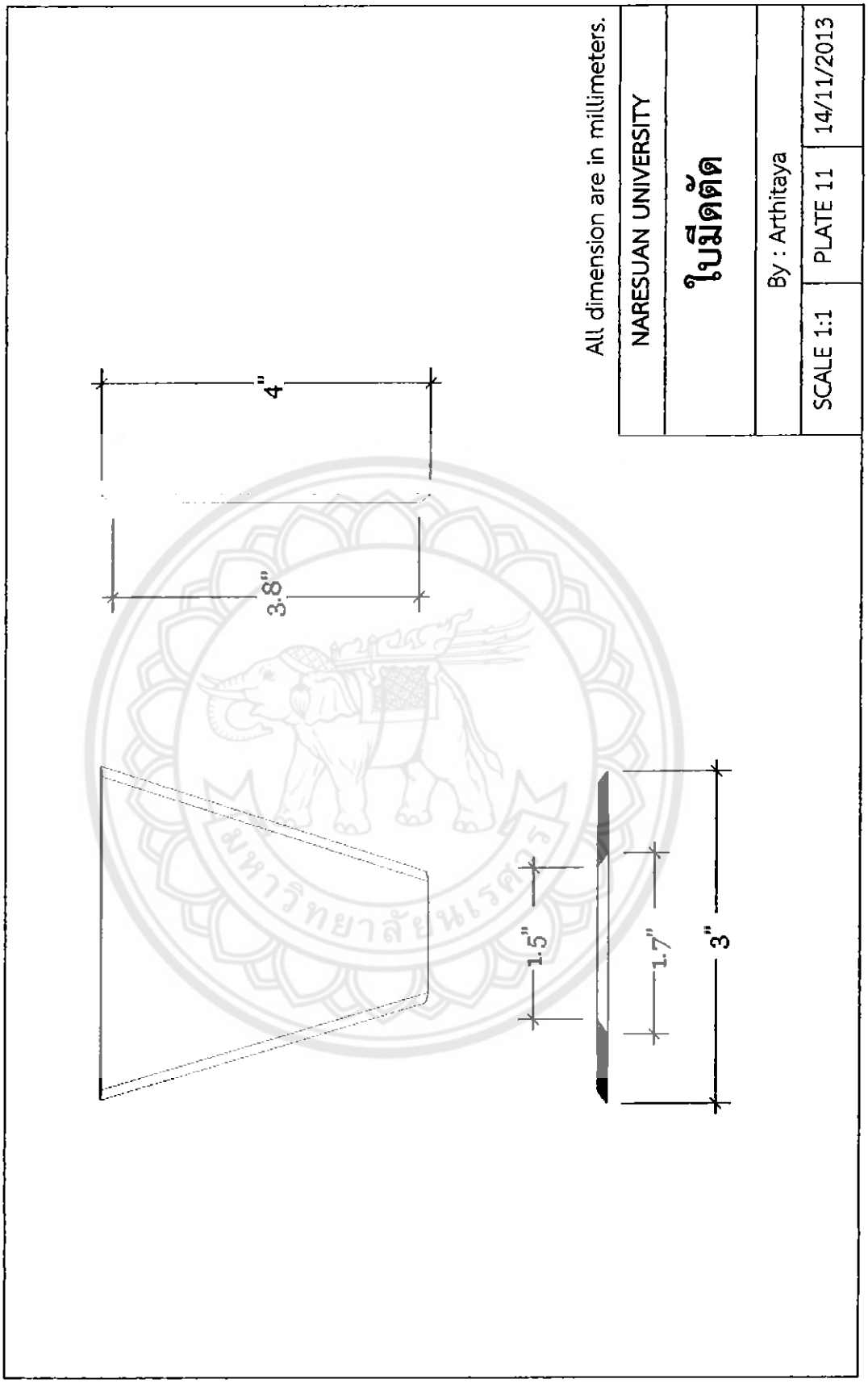
รูปที่ ค.8 จานใบมีดตัด



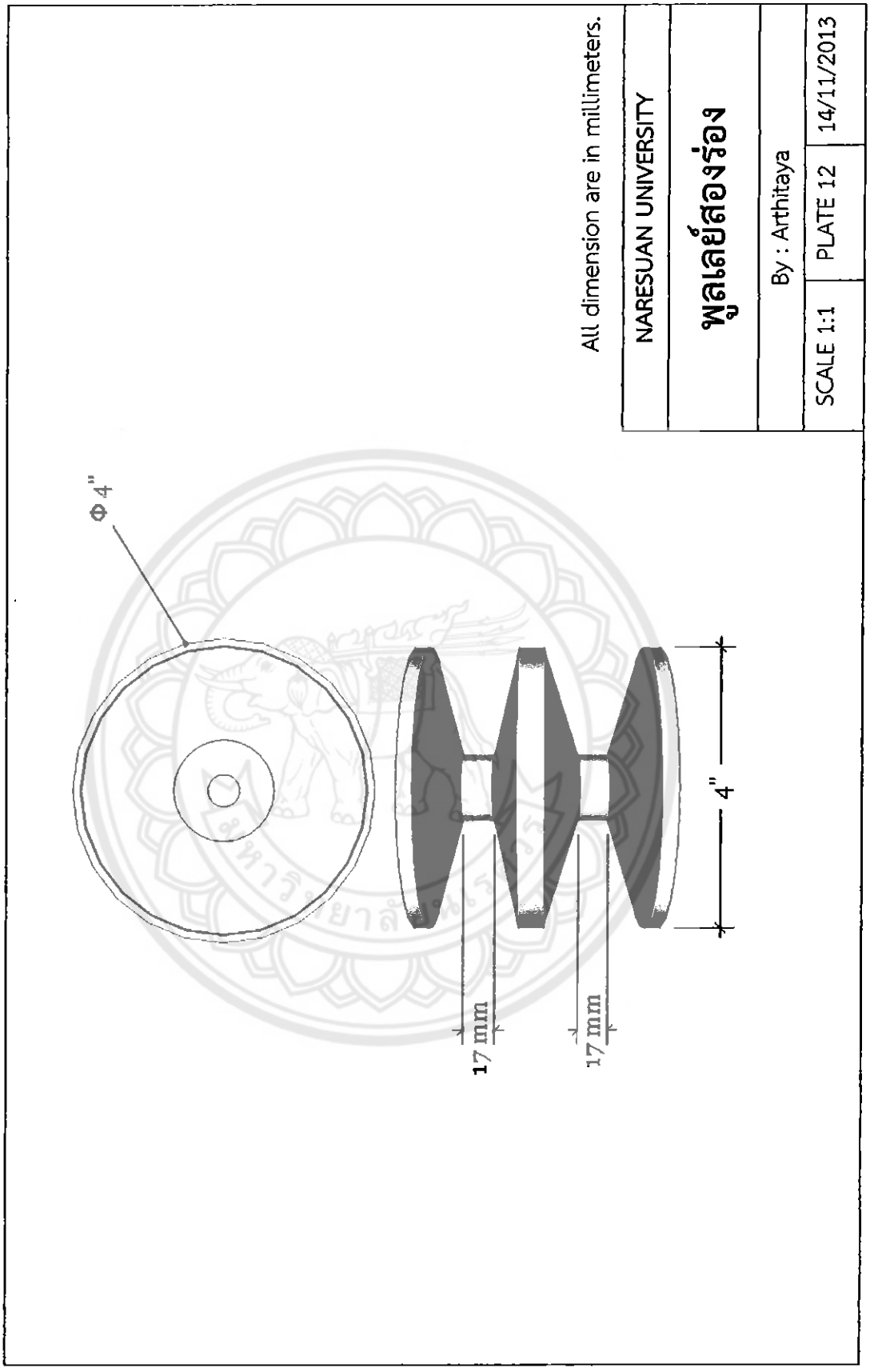
รูปที่ ค.9 บูทเพลาพูลเลย์สองร่อง



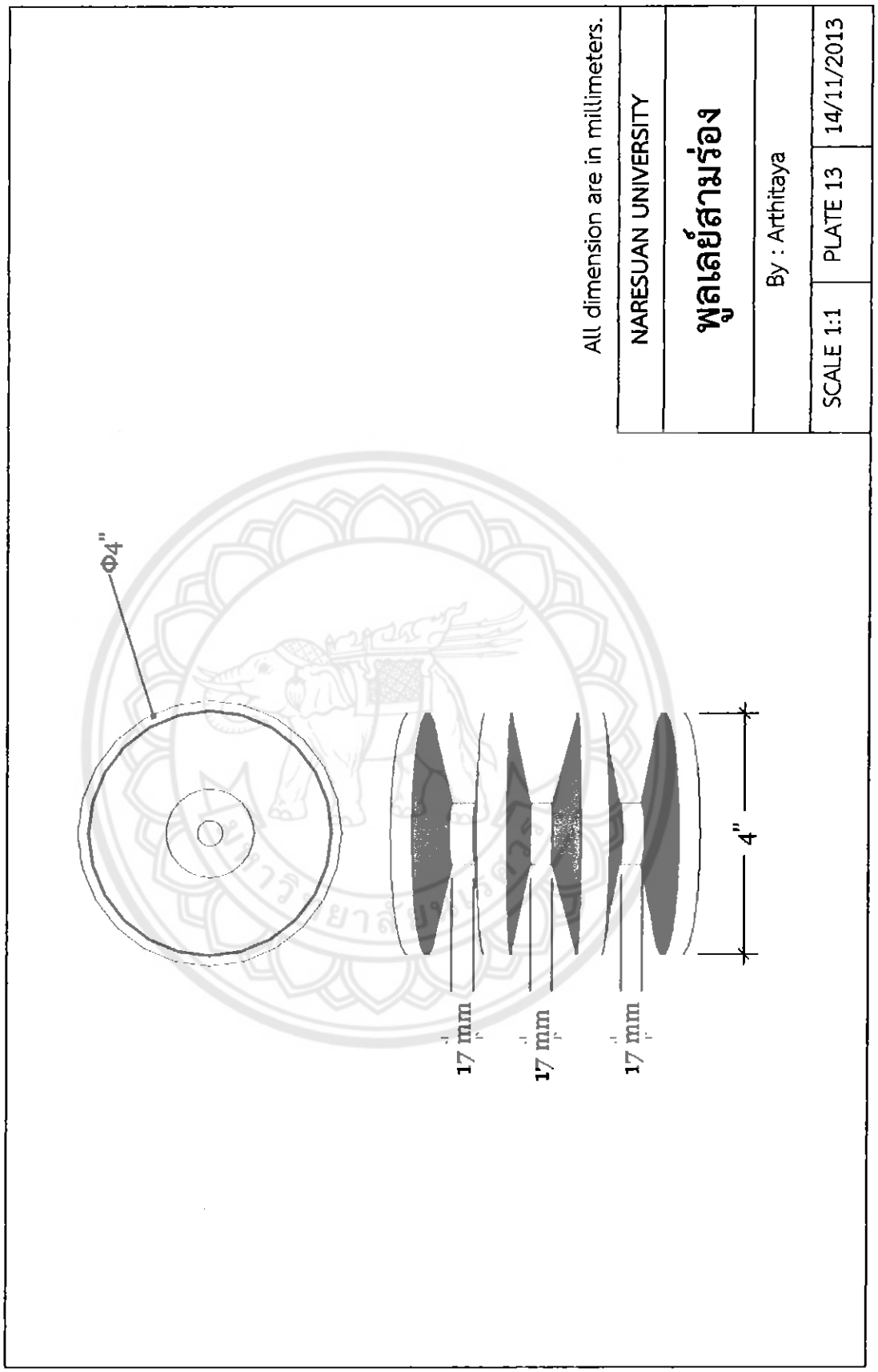
รูปที่ ค.10 วงกันใบมีด



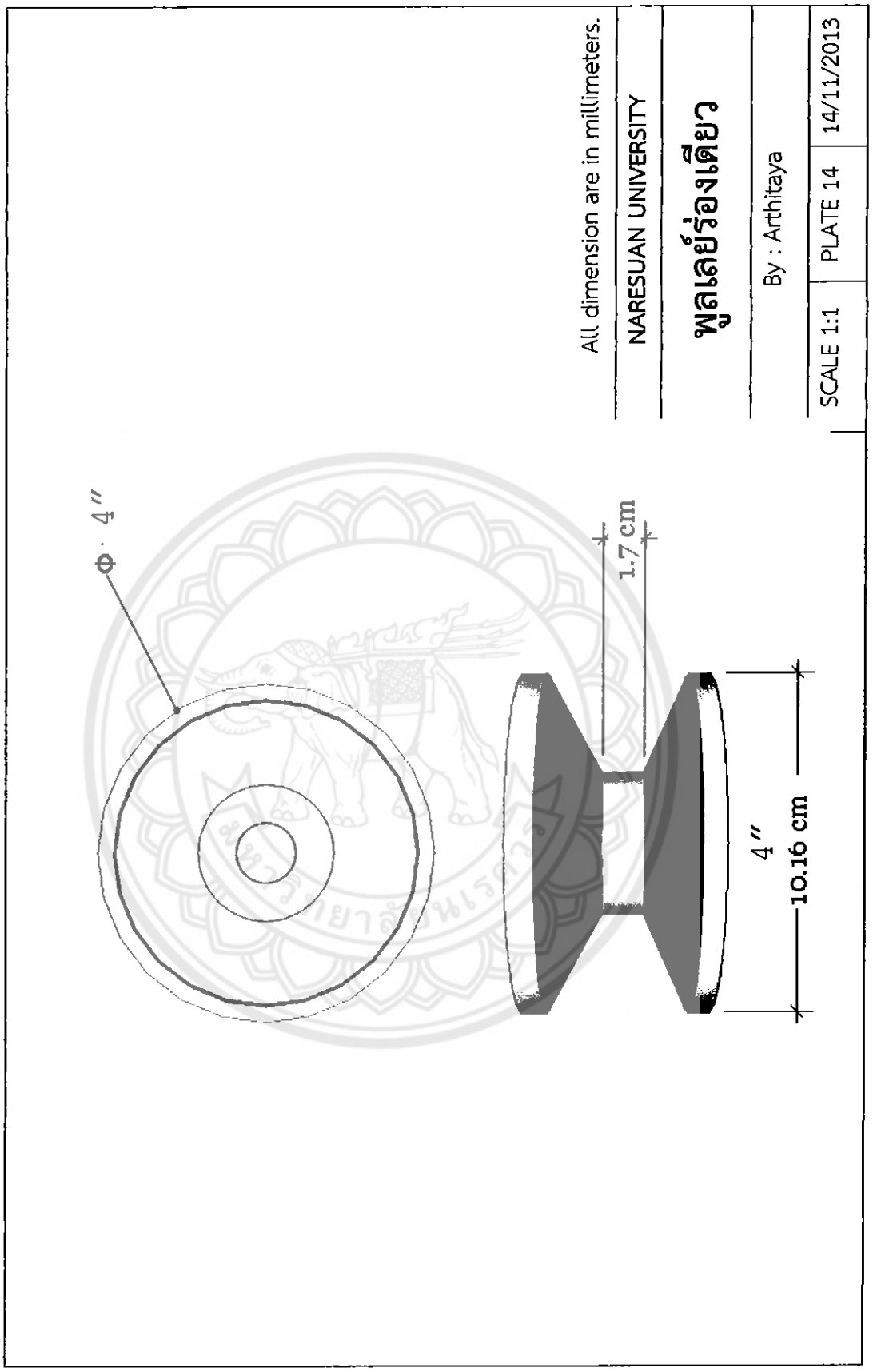
รูปที่ ค.11 ใบมีดตัด



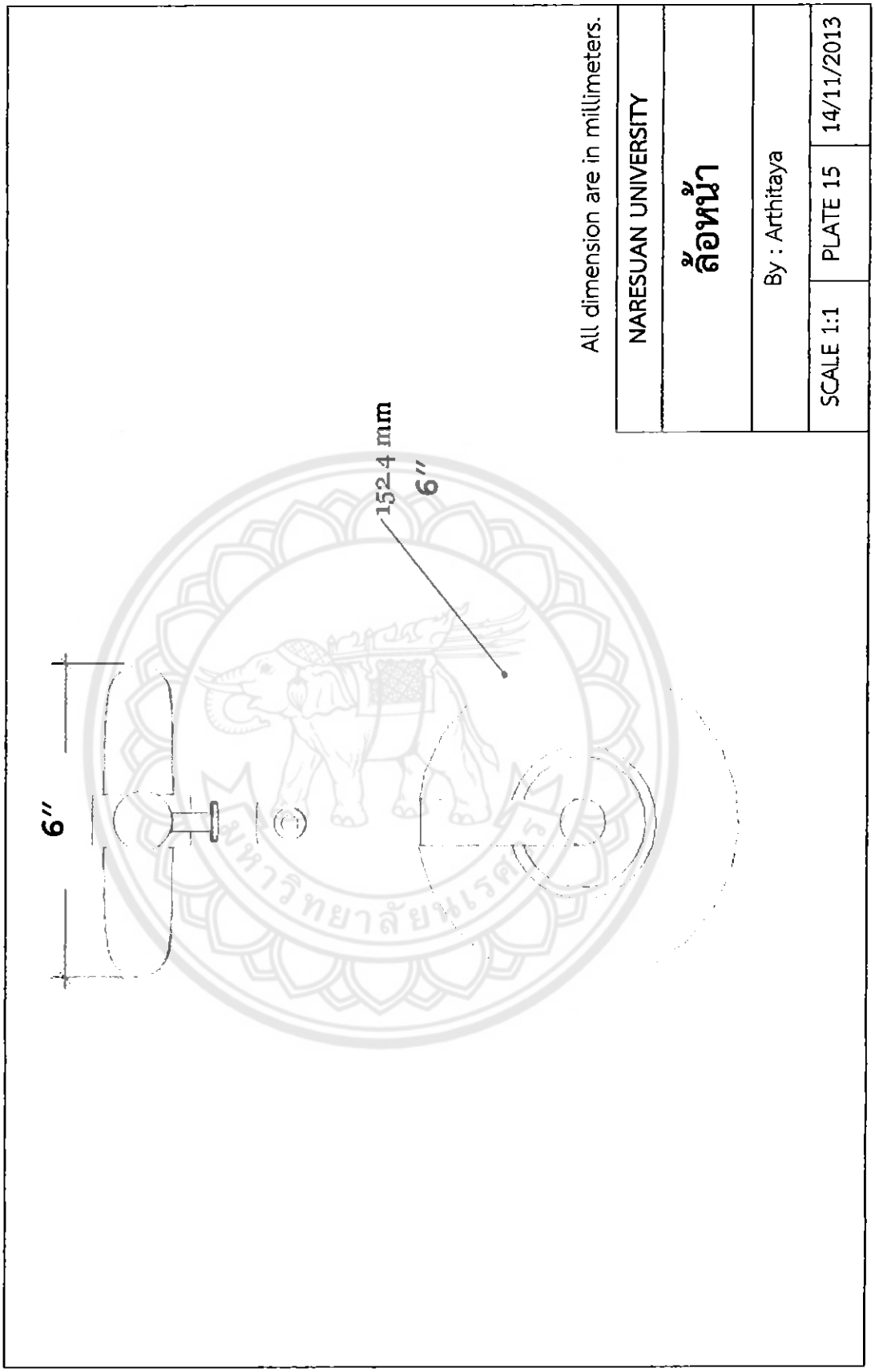
รูปที่ ค.12 พูลเลย์สองร่อง



รูปที่ ค.13 พูลเลย์สามร่อง



รูปที่ ค.14 พูลเลย์ร่องเดียว



รูปที่ ค.15 ล้อหน้า