

เครื่องตัดหญ้า
BRUSH CUTTER



นายชาญยุทธ ภาระดี
นายเทวัญ จันทนะโสสถ์
นายสิทธิเดช วิวรรณานนุตร์



เลขที่ 2543
เลขทะเบียน 42456
วัน, เดือน, ปี 23 พ.ค. 2545

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตัดหญ้า
BRUSH CUTTER

โดย

นายชาญยุทธ ภาระดี

นายเทวัญ จันทนะไสตถ์

นายสิทธิเดช วิวรรณนานูตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ. ทวี เทศเจริญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องตัดหญ้า

BRUSH CUTTER

ผู้จัดทำ

- 1.นาย ชานุกูต ภาระดี รหัสประจำตัว 41013498
- 2.นาย เทวัญ จันทนะโสทธิ รหัสประจำตัว 41013502
- 3.นาย สิทธิเดช วิวรรณธนานุตร์ รหัสประจำตัว 41013517

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ทวี เทศเจริญ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตัดหญ้า

นายชาญยุทธ ภาระดี 41013498
นายเทวัญ จันทนะ โสคติ์ 41013502
นายสิทธิเดช วิวรรณธนาบุตร 41013517
รศ. ทวี เทศเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการประยุกต์เครื่องมือให้ใช้งานได้มากขึ้น ซึ่งเนื่องจากทุกวันนี้เราจะสังเกตเห็นพนักงานทำความสะอาดและดูแลเกาะกลางถนนของรัฐ ได้ทำการตัดหญ้าที่เกาะกลางถนนด้วยเครื่องตัดหญ้าแบบสะพายบ่าและหลังจากตัดหญ้าเสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีพนักงานกวาดมากวาดเศษหญ้าที่เกาะกลางถนนและที่ปลิวอยู่บริเวณรอบๆ ซึ่งอาจจะเกิดอันตรายขึ้นกับพนักงานกวาดจากยานพาหนะต่างๆบนท้องถนนได้ ดังนั้นเราจึงนำเอาระบบการไหลของอากาศภายในท่อมาช่วยในการเก็บกวาดเศษหญ้าที่ตัดในขณะตัดได้

ซึ่งหลักการนี้สามารถจะประยุกต์ไปใช้กับเครื่องตัดหญ้าแบบอื่นได้ สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกไม่ยุ่งยากด้วยคนเพียงคนเดียว แต่ต้องเสียพลังงานเพิ่มเติมเนื่องจากเราจะใช้กำลังงานที่เครื่องยนต์ขับเคลื่อนมาใช้หมุนใบพัดเพื่อดูดอากาศและหญ้า

Brush Cutter

Chanyut Paradee

Tewan Chantanasotthi

Sittidet Viwantananut

Assoc. Prof. Thavee Teschareon Advisor

ABSTRACT

Recently Nowadays, we saw the cleaner who cut grass on a street. They cut grass by a brush cutter. After they cut grass, the street has to be cleaned by the cleaner who takes risk on car accident. Therefore, the air vacuum system will help to keep the grass while it is being cut.

The technique will be applied to another brush cutter and the equipment can be operated by a single cleaner. There is need for bigger engine because the sucking air force is generated by a turbine, powered by an usual engine.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จลุล่วงได้ หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ, ให้อำลัใจ และร่วมมือจากหลาย ๆ ท่านด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้ เสร็จลงได้ก็คือ รศ. ทวี เทศเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทาง ตลอดจนวิธีการแก้ปัญหาเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก รวมถึงอาจารย์ในภาคเครื่องกลทุกท่านที่ ประสิทธิ์ประสาท วิชาให้

น้ามณฑา เขียมเมืองที่คอยอำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือต่าง ๆ และเพื่อน ๆ ร่วมห้องที่ คอยช่วยเหลือเวลามีปัญหาคิดขัดต่าง ๆ

ท้ายที่สุดนี้ บุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ท่านคือ บิดา มารดา ญาติพี่น้องซึ่งเป็นที่ เคารพรัก ซึ่งได้อบรมผู้เขียนมา พร้อมเร่งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่และยังให้ทุนทรัพย์มา ข้าพเจ้า ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายชาญยุทธ ภาระดี

นายเทวัญ จันทนะโสทธิ

นายสิทธิเดช วิวรรณานันต์

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	IX
สารบัญภาพ	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	2
1.2 ความเป็นไปได้ของโครงการ	2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของงาน	3
1.5 วิธีการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ	4
2.1 พัดลม	4
2.1.1 ลักษณะทั่วไปของใบพัด	4
2.1.2 ลักษณะการสร้างของพัดลม	4
2.1.2.1 แบบหมุนเหวี่ยง	4
2.1.2.2 พัดลมอากาศไหลตามแนวแกน	7
2.1.3 กราฟลักษณะเฉพาะของพัดลม	9
2.1.4 ทฤษฎีของพัดลม	9
2.1.5 กราฟสมรรถนะของพัดลม	10
2.1.5.1 ความเร็วรอบผิดไปจากกำหนด	10
2.1.5.2 อุณหภูมิของอากาศหรือแก๊สที่เปลี่ยนไป	10
2.1.5.3 ความหนาแน่นของอากาศหรือแก๊สที่เปลี่ยนไป	10
2.1.6 การนำกฎเกี่ยวกับปั๊มมาประยุกต์ใช้กับพัดลม	10
2.1.7 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเลือกพัดลม	11
2.1.8 การเลือกพัดลม	12
2.1.9 การติดตั้งพัดลมแบบอนุกรมและแบบขนาน	13
2.1.9.1 กรณีติดตั้งพัดลมแบบขนาน	13
2.1.9.2 การติดตั้งพัดลมแบบอนุกรม	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.10	วิธีการกำหนดขนาดของพัดลม	15
2.1.10.1	กำลังงานที่ออกจากพัดลม	15
2.1.10.2	ค่าแฟกเตอร์ตัวคูณปรับแก้ปริมาตรของลม	15
2.1.10.3	ค่าแฟกเตอร์ตัวคูณปรับแก้ค่าความกดดัน	16
2.1.10.4	กำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนพัดลม หรือกำลังงานที่ป้อนให้กับเพลาพัดลม	17
2.1.10.5	โพลีโทรปีคเฮด	18
2.1.11	การเคลื่อนที่ของอากาศในระบบท่อส่งลม	19
2.1.12	การประหยัดพลังงานในระบบการส่งลมมาจากพัดลม	21
2.1.13	ข้อควรพิจารณาในการติดตั้งพัดลม	22
2.1.13.1	การควบคุมพัดลม	22
2.1.13.2	การสั่นสะเทือน	22
2.1.13.3	ความดังของเสียง	22
2.1.13.4	ข้อพิจารณาอื่นๆ	22
2.1.14	การกำหนดลักษณะเทคนิคของพัดลม	23
2.2	ทฤษฎีการคำนวณใบพัด	24
บทที่ 3	การคำนวณ, การออกแบบและการสร้าง	35
3.1	การคำนวณใบพัด	35
3.2	การออกแบบจุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการดูดและเก็บเศษหญ้า	37
3.2.1	ส่วนครอบใบพัดและใบตัด	37
3.2.1.1	จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ	37
3.2.1.2	หน้าที่ของส่วนครอบใบพัดและใบตัด	38
3.2.2	ส่วนกรวยดูดเศษหญ้า	38
3.2.2.1	จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ	38
3.2.2.2	หน้าที่ของส่วนกรวยดูดเศษหญ้า	39
3.2.3	ส่วนข้อต่อหักมุม	39
3.2.3.1	จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ	39
3.2.3.2	หน้าที่ของข้อต่อหักมุม	40
3.2.4	ส่วนท่อลำเลียงหญ้า	40
3.2.4.1	จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ	40
3.2.4.2	หน้าที่ของส่วนท่อลำเลียงเศษหญ้า	41
3.2.5	ส่วนยึดถุงดาข่ายเก็บเศษหญ้า	41
3.2.5.1	จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ	41
3.2.5.2	หน้าที่ของส่วนยึดถุงดาข่ายเก็บเศษหญ้า	42
3.2.6	ถุงดาข่ายเก็บเศษหญ้า	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6.1 จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ	42
3.2.6.2 หน้าที่ของฉนวนคายเก็บเศษหญ้า	43
3.2.7 ส่วนยึดกรวยคูดเศษหญ้าเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้า	43
3.2.7.1 จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ	43
3.2.7.2 หน้าที่ของส่วนยึดกรวยคูดเศษหญ้าเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้า	43
3.2.8 ใบพัด	44
3.2.8.1 จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ	45
3.2.8.2 หน้าที่ของใบพัด	45
3.2.9 ใบตัด	46
3.2.9.1 จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ	46
3.2.9.2 หน้าที่ของใบตัด	46
3.3 การสร้าง	46
3.3.1 การสร้างส่วนครอบใบพัดและใบตัด	46
3.3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้	46
3.3.1.2 ขั้นตอนการผลิต	47
3.3.1.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้	47
3.3.1.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน	47
3.3.1.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา	47
3.3.2 การสร้างส่วนกรวยคูดเศษหญ้า	48
3.3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้	48
3.3.2.2 ขั้นตอนการผลิต	48
3.3.2.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้	49
3.3.2.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน	49
3.3.2.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา	49
3.3.3 การสร้างส่วนข้อต่อหักมุม	50
3.3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้	50
3.3.3.2 ขั้นตอนการผลิต	50
3.3.3.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้	50
3.3.3.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน	51
3.3.3.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา	51
3.3.4 การสร้างส่วนท่อลำเลียงเศษหญ้า	51
3.3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้	51
3.3.4.2 ขั้นตอนการผลิต	52
3.3.4.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน	52
3.3.4.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา	53
3.3.5 การสร้างส่วนยึดดูดาข่ายเก็บเศษหญ้า	53
3.3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้	53
3.3.5.2 ขั้นตอนการผลิต	53
3.3.5.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้	54
3.3.5.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน	54
3.3.5.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา	54
3.3.6 การสร้างส่วนดูดาข่ายเก็บเศษหญ้า	54
3.3.6.1 อุปกรณ์ที่ใช้	54
3.3.6.2 ขั้นตอนการผลิต	54
3.3.6.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้	55
3.3.6.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน	55
3.3.6.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา	55
3.3.7 การสร้างส่วนยึดกรวยคูคเศษหญ้าเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้า	55
3.3.7.1 อุปกรณ์ที่ใช้	55
3.3.7.2 ขั้นตอนการผลิต	56
3.3.7.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้	56
3.3.7.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน	57
3.3.7.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา	57
3.3.8 การสร้างใบพัด	58
3.3.8.1 อุปกรณ์ที่ใช้	58
3.3.8.2 ขั้นตอนการผลิต	58
3.3.8.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้	58
3.3.8.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน	60
3.3.8.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา	60
3.3.9 การสร้างใบตัด	61
3.3.9.1 อุปกรณ์ที่ใช้	61
3.3.9.2 ขั้นตอนการผลิต	61
3.3.9.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้	61
3.3.9.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน	62
3.3.9.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา	62
3.4 ขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์ในส่วนของการลำเลียงเศษหญ้า	62
3.5 ขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดเข้ากับเครื่องตัดหญ้า	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองใช้งานและผลการทดลอง	66
4.1 การทดลองใช้งาน	66
4.1.1 ลักษณะการใช้งาน	66
4.1.2 การตัดหญ้าสั้น	67
4.1.3 ลักษณะการตัดหญ้ายาว	68
4.2 ผลการทดลอง	69
บทที่ 5 วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง	70
ภาคผนวก	71
บรรณานุกรม	77



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 2.1 แสดงประเภทของพัฒนาในงานอุตสาหกรรมต่างๆ	12
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าที่ได้จากการทดลอง	69



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะการทำงานของพนักงานตัดหญ้า	1
รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะเก็บเศษหญ้า	1
รูปที่ 1.3 แสดงเครื่องตัดหญ่้าก่อนทำการตัดแปลง	2
รูปที่ 2.1 แสดงไดอะแกรมความเร็วของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบต่างๆ	5
รูปที่ 2.2 พัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้ง ไปข้างหน้า	5
รูปที่ 2.3 กราฟสมรรถนะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้ง ไปข้างหน้า	6
รูปที่ 2.4 พัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้ง ไปข้างหลัง	6
รูปที่ 2.5 กราฟสมรรถนะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้ง ไปข้างหลัง	7
รูปที่ 2.6 พัดลมอากาศไหลตามแนวแกนแบบลมพัดเป็นเสกฐ	7
รูปที่ 2.7 พัดลมอากาศไหลตามแนวแกนแบบลมพัดเป็นแบบเส้นตรง	8
รูปที่ 2.8 กราฟสมรรถนะของพัดลมอากาศไหลตามแนวแกนทั้งสองแบบ	8
รูปที่ 2.9 กราฟลักษณะเฉพาะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งหลังขนาด 27 นิ้ว ทำงานที่ความเร็ว 1080 รอบต่อนาที	9
รูปที่ 2.10 กราฟสมรรถนะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้ง ไปข้างหลัง	12
รูปที่ 2.11 แสดงการติดตั้งพัดลมสองตัวแบบขนานและแบบอนุกรม	13
รูปที่ 2.12 กราฟสมรรถนะของพัดลม A และ B ทำงานอิสระต่อกันกับระบบ S	14
รูปที่ 2.13 กราฟสมรรถนะของพัดลม A และ B ติดตั้งแบบอนุกรมกับระบบ S	14
รูปที่ 2.14 กราฟสมรรถนะของพัดลม A และ B ติดตั้งแบบขนานกับระบบ S	15
รูปที่ 2.15 แสดงการวัดค่าความดันสถิตด้วยமானอมิเตอร์	20
รูปที่ 2.16 แสดงการวัดค่าความดันรวมด้วยமானอมิเตอร์	20
รูปที่ 2.17 แสดงการวัดค่าความดันไดนามิกด้วยமானอมิเตอร์	21
รูปที่ 2.18 An axial compressor stage	24
รูปที่ 2.19 Velocity triangles for an axial flow compressor stage	24
รูปที่ 2.20 Mollier chart for an axial flow compressor stage	25
รูปที่ 2.21 แสดงทิศทางการเข้าและออกโรเตอร์	25
รูปที่ 2.22 แสดง Enthalpy-entropy diagram for compression	26
รูปที่ 2.23 Variation of work done factor with number of stage	28
รูปที่ 2.24 Effect of reaction ratio on the velocity triangles	29
รูปที่ 2.25 Cascade nomenclature	30
รูปที่ 2.26 Cascade deflection and pressure loss curves at one angle of incidence	30
รูปที่ 2.27 Cascade mean deflection and pressure loss curves	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.28 Cascade nominal deflection versus air outlet angle	31
รูปที่ 2.29 Forces and velocities in a cascade	32
รูปที่ 2.30 Lift and drag coefficients for the cascade from Eqs. (2.46) and (2.47)	34
รูปที่ 2.31 Nominal lift coefficients for the cascade	34
รูปที่ 3.1 ส่วนกรอบใบพัดและใบตัด	37
รูปที่ 3.2 กรวย	38
รูปที่ 3.3 ข้อต่อหักมุม	39
รูปที่ 3.4 ท่อลำเลียง	40
รูปที่ 3.5 ส่วนยึดจุดตาย	41
รูปที่ 3.6 ฤงเก็บหญ้า	42
รูปที่ 3.7 ส่วนยึดกรวย	43
รูปที่ 3.8 ใบพัดแบบ 2 ใบ แบบที่ 1	44
รูปที่ 3.9 ใบพัดแบบ 2 ใบ แบบที่ 2	44
รูปที่ 3.10 ใบพัดแบบ 3 ใบ	44
รูปที่ 3.11 ใบพัดแบบ 4 ใบ	45
รูปที่ 3.12 ใบตัดแบบแบน	46
รูปที่ 3.13 ท่อลำเลียง	52
รูปที่ 3.14 ส่วนที่ครอบ, ส่วนกรวยที่สร้างเสร็จแล้ว	57
รูปที่ 3.15 ลักษณะใบพัด 2 ใบ ที่ทำเสร็จแล้ว	58
รูปที่ 3.16 ลักษณะใบพัด 2 ใบ ที่ทำเสร็จแล้ว	59
รูปที่ 3.17 ลักษณะใบพัด 3 ใบ ที่ทำเสร็จแล้ว	59
รูปที่ 3.18 ลักษณะใบพัด 4 ใบ ที่ทำเสร็จแล้ว	60
รูปที่ 3.19 แสดงลักษณะใบตัดที่สร้างขึ้น	62
รูปที่ 3.20 แสดงให้เห็นท่อลำเลียง	63
รูปที่ 3.21 ชุดอุปกรณ์คูหญ้าที่ประกอบแล้ววางหงาย	65
รูปที่ 3.22 ชุดอุปกรณ์คูหญ้าที่ประกอบแล้ววางคว่ำ	65
รูปที่ 4.1 รูปค้ำหลัง	66
รูปที่ 4.2 รูปค้ำหลัง	66
รูปที่ 4.3 รูปค้ำซ้าย	66
รูปที่ 4.4 รูปค้ำขวา	66
รูปที่ 4.5 หญ้าสั้นก่อนตัด	66
รูปที่ 4.6 หญ้าสั้นขณะที่กำลังตัด	67
รูปที่ 4.7 ลักษณะเศษหญ้าที่ออกจากท่อลำเลียง	67
รูปที่ 4.8 ลักษณะทิศทางของเศษหญ้า	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 ลักษณะหญ้ายาวก่อนทำการตัด	68
รูปที่ 4.10 ลักษณะหญ้าหลังจากถูกตัด	68
รูปที่ 4.11 ลักษณะเศษหญ้ายาวที่ถูกล้าเลียงออก	68



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปกติการตัดหญ้าที่เกาะกลางถนนมักจะต้องใช้คนกวาดเก็บเศษหญ้า ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดอุบัติเหตุจากยานพาหนะที่วิ่งบนท้องถนน และจะต้องใช้พนักงานเป็นจำนวนมากในการเก็บกวาด ด้วยเหตุนี้เองเราจึงได้สังเกตเห็นอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับพนักงาน เราจึงได้คิดค้นโครงการนี้ขึ้นเพื่อรองรับวัตถุประสงค์ที่ต้องการและพัฒนาในขั้นต่อไป



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะการทำงานของพนักงานตัดหญ้า



รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะเก็บเศษหญ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายติดตัวเป็นเครื่องตัดหญ้าที่สามารถนำติดตัวไปได้และสามารถทำงานได้ด้วยคนเพียงคนเดียว สามารถตัดหญ้าได้ในบริเวณพื้นที่แคบ หรือบริเวณที่พื้นดินไม่สม่ำเสมอเป็นลอนไม่เรียบได้ โดยตัวเครื่องจะเป็นเครื่องยนต์ 2 จังหวะ ทำหน้าที่เป็นตัวส่งกำลังไปยังใบพัดโดยผ่านชุดผ้าคลัตช์ แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของ ผ้าคลัตช์ ส่งถ่ายกำลังไปยังเพลาส่งกำลังผ่านเฟืองคอกจอกเปลี่ยนมุม การส่งกำลังไปยังใบมีดอีกทอดหนึ่ง เครื่องยนต์ใช้น้ำมันเบนซิน ออกเทนนิมเบอร์ (Octane number) 95 การหล่อลื่นเครื่องยนต์ ใช้น้ำมันหล่อลื่นผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงในอัตรา น้ำมันเชื้อเพลิง 25 ส่วน ต่อ น้ำมันหล่อลื่น 1 ส่วน โดย ปริมาตร ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 7000 – 7500 รอบต่อนาที มีกำลังงาน 1.8 แรงม้า(Horse Power)



รูปที่ 1.3 แสดงเครื่องตัดหญ่ก่อนทำการตัดแปลง

1.2 ความเป็นไปได้ของโครงการ

- 1.2.1 ความเป็นไปได้ทางนโยบาย
- 1.2.2 ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐกิจ
- 1.2.3 ความเป็นไปได้ทางสภาพแวดล้อมและสังคม
- 1.2.4 สรุปความเป็นไปได้ของโครงการ

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อช่วยเก็บเศษหญ้าในขณะที่ทำการตัด ปกติการตัดหญ้าตามเกาะกลางถนน เศษหญ้าที่ถูกตัดส่วนหนึ่งจะถูกเหวี่ยงไปตกบนถนน ซึ่งอุปกรณ์ชุดนี้จะช่วยลดเก็บเศษหญ้าจากการตัด ไปเก็บไว้ยังถุงใส่

1.3.2 เพื่อช่วยลดเวลาในการทำการเก็บกวาด ซึ่งจากการที่เศษหญ้าถูกดูดไปเก็บไว้ในถุงใส่ เราไม่ต้องทำการเก็บกวาดเศษหญ้า

1.3.3 เป็นการช่วยลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดกับคนกวาดเศษหญ้าได้ เมื่อไม่มีการเก็บกวาดเศษหญ้า คนกวาดก็ไม่ต้องลงเก็บกวาดตามท้องถนน ซึ่งมีการจราจรอยู่ โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุก็ลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของงาน

สร้างชุดอุปกรณ์คู่มือฯ ขณะที่ถูกตัดไปเก็บไว้ยังถูเก็บ

1.5 วิธีการดำเนินงาน

งานในโครงการนี้เริ่มต้นจากการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานโครงการนี้ ซึ่งประกอบด้วยเรื่องที่สำคัญต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ เรื่องของพัลลัม ,ไบพีด,การส่งกำลังของเครื่องยนต์จะมีรายละเอียดในบทที่ 2 จากนั้นเอาความรู้และข้อมูลเหล่านั้นไปทำการคำนวณ,การออกแบบและสร้างชิ้นงานออกมา ตามบทที่ 3

เมื่อสร้างเสร็จแล้วจึงทำการทดสอบใช้งาน โดยบทที่ 4 จะเป็นผลการทดลอง รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการใช้งาน และสำหรับบทที่ 5 จะเป็นการวิจารณ์และสรุปการทำงาน แนวทางแก้ไข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

2.1 พัดลม(fan)

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของใบพัด

พัดลมเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบังคับอากาศให้เคลื่อนที่ด้วยความกดดันต่ำๆ พัดลมที่ใช้ในงานวิศวกรรมส่วนใหญ่จะใช้ในงาน ออบแห้งวัสดุเกษตร การระบายอากาศ การทำความเย็น การลำเลียง การให้ความร้อน เป็นต้น

การกำหนดความหมายของ Fan, Blower บางครั้งมักจะใช้สับสนกันอยู่เสมอๆ The society of Mechanical Engineering ได้จำแนกอุปกรณ์ดังกล่าวเป็น 2 ประเภทคือ

- Class I เป็นอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดัน > 1 ปอนด์/นิ้ว² (27.7 นิ้วของน้ำ) อุปกรณ์ใน Class นี้ ส่วนใหญ่จะมีชื่อเรียกว่า Blower

- Class II เป็นอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดัน < 1 ปอนด์/นิ้ว² (27.7 นิ้วของน้ำ) อุปกรณ์ใน Class นี้ ส่วนใหญ่จะมีชื่อเรียกว่า Centrifugal Fans, Fan และ Exhausters

การจำแนกใน Class I นั้นจะพิจารณาถึง ความร้อนเนื่องจากการอัดและน้ำหนักจำเพาะของอากาศที่เปลี่ยนไป แต่ใน Class II นั้นจะพิจารณาในหัวข้อดังกล่าว

2.1.2 ลักษณะการสร้างของพัดลม มี 2 แบบคือ

2.1.2.1 แบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Flow Fans)

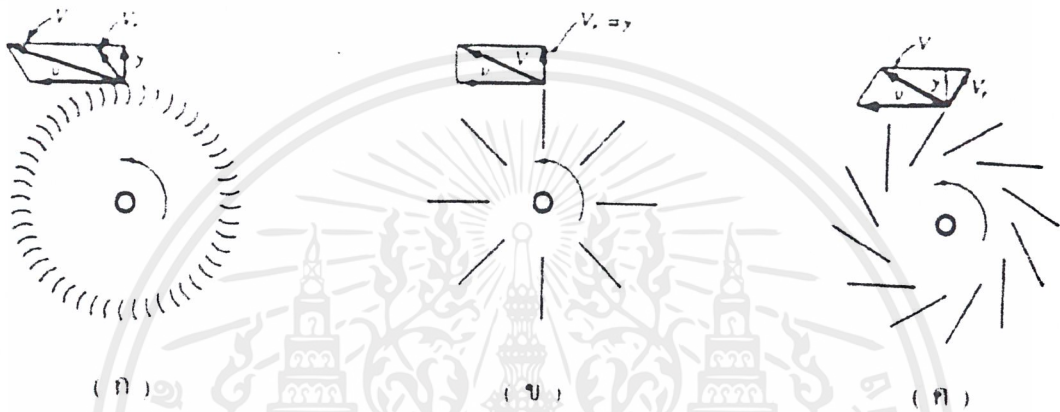
พัดลมแบบนี้ใช้ได้กับงานที่มีความต้านทานลมสูง หรือ “ เสถลมสูง ” อากาศจะไหลเข้าขนานกับแกนของใบพัดตรงทางออก มีลักษณะการสร้าง 3 แบบคือ

1. แบบใบพัดครีมีตรง (Straight Blade หรือ Radial Fans) พัดลมชนิดนี้จะมีเพลลาโต มีจำนวนซี่ใบพัด 5-12 ซี่ ลักษณะการสร้างเป็นใบล้อมวนด้วยความเร็วรอบต่ำ ปกติใช้เป็นพัดลมระบายอากาศเสียออกไปสู่ภายนอก เหมาะกับอากาศสกปรก หรืองานที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุซึ่งไหลผ่านตัวพัดลม

2. แบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า (Forward Curved Blade Fans) การทำงานของพัดลมชนิดนี้จะมีเสียงเบาที่สุดเมื่อเทียบกับพัดลมชนิดอื่นๆ มีข้อเสียคือมีลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลังและมีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่เสถียร ใบพัดของพัดลมชนิดนี้มีใบที่ละเอียดประมาณ 20-64 ซี่ เพลลาโตมีขนาดเล็ก หมุนด้วยความเร็วรอบสูงกว่าพัดลมใบพัดครีมีตรง ความเร็วลมที่เคลื่อนที่ จะเร็วกว่าใบพัดโค้งไปข้างหลัง ที่ความเร็วปลายใบพัดเท่ากันรูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างเพิ่มขึ้น ค่ากำลังงานที่ให้กับแกนของพัดลมจะเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลังได้ ดังนั้นจึงไม่ควรใช้พัดลมประเภทนี้กับระบบที่มีอัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมคือช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างประมาณ 30-50%

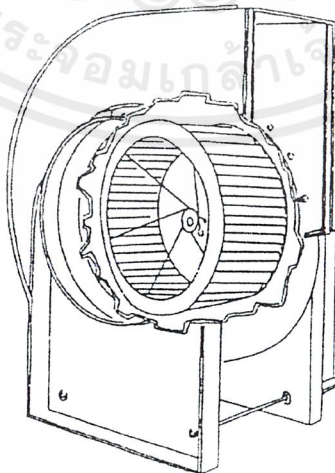
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง (Backward Curved Blade Fans) พัดลมประเภทนี้จะมีราคาสูง แต่มีราคาสูง แต่มีข้อได้เปรียบมากกว่าพัดลมประเภทอื่นอาทิ การทำงานของพัดลมไม่ก่อให้เกิดเสียงดังเกินควร ไม่มีลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลัง ไม่มีช่วงของการทำงานของพัดลมที่ไม่มีความเสถียร ช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมคือช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างประมาณ 50-60% ใบพัดของพัดลมประเภทนี้จะมีซี่ใบไม่ถี่ละเอียดเท่ากับพัดลมใบพัดโค้งไปข้างหน้า จะมีซี่ใบพัดประมาณ 10-15 ซี่ มุมที่โค้งไปข้างหลังนี้จะต้องเป็นมุมที่พอเหมาะ ซึ่งจะสามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานความกดดันโดยตรงได้มากที่สุด เหมาะใช้กับการระบายอากาศ เนื่องจากสามารถควบคุมความกดดันและปริมาณลมได้ง่ายกว่า



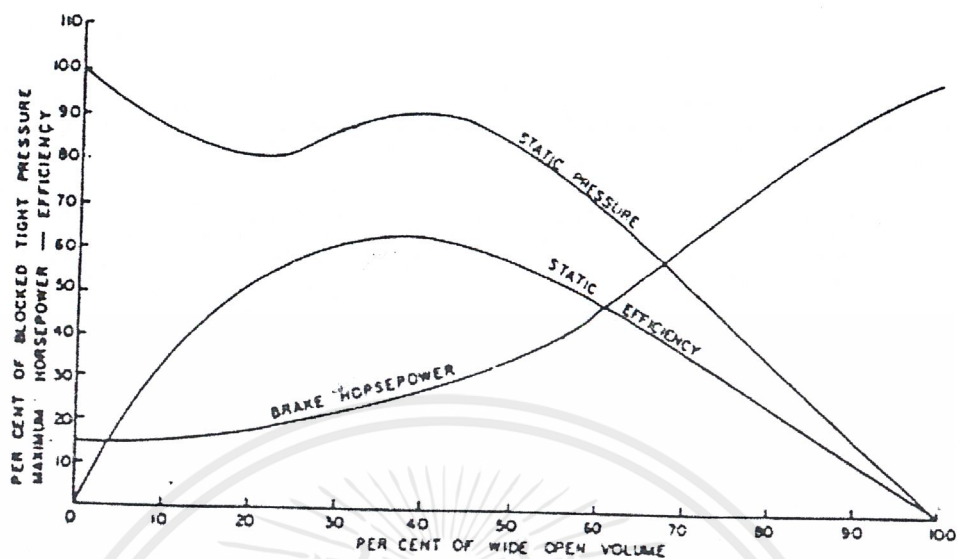
- ก. แบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า
ข. แบบใบพัด
ค. แบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง

รูปที่ 2.1 แสดงไดอะแกรมความเร็วของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบต่างๆ

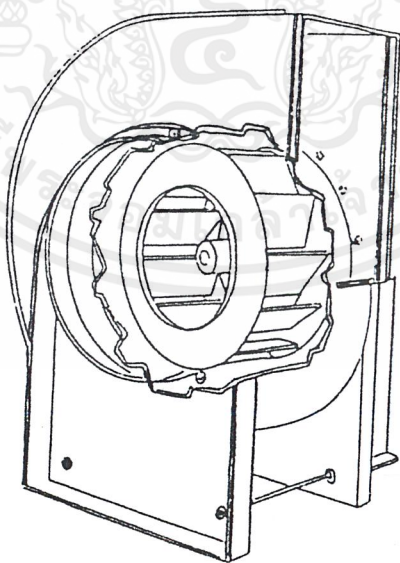


รูปที่ 2.2 พัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

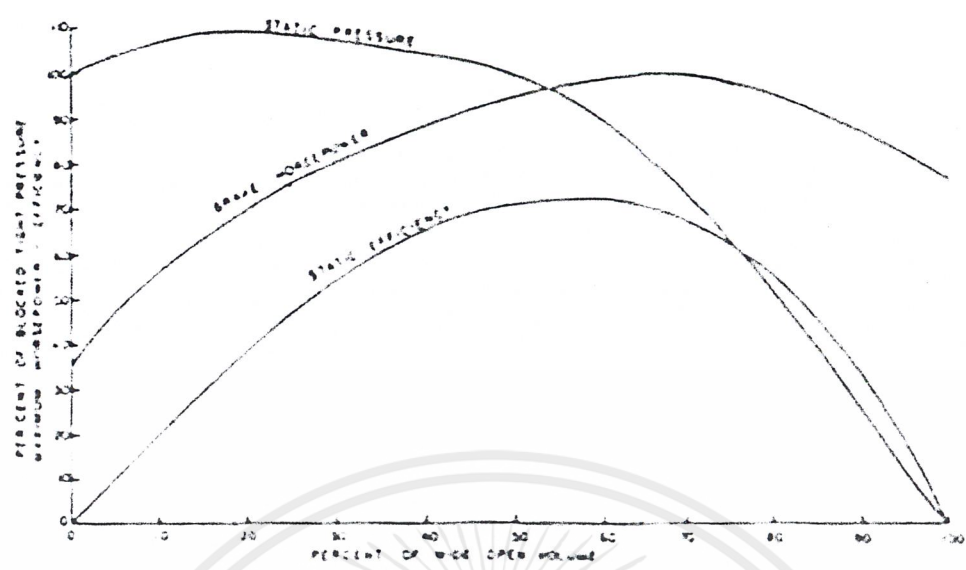


รูปที่ 2.3 กราฟสมรรถนะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า



รูปที่ 2.4 พัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

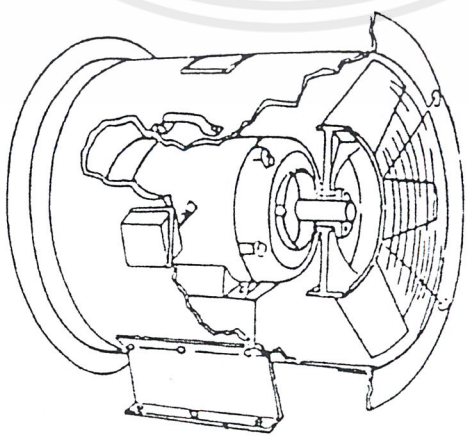


รูปที่ 2.5 กราฟสมรรถนะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง

2.1.2.2 พัดลมอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fans)

พัดลมแบบอากาศจะไหลขนานกับแกนของใบพัด มีราคาถูก ไม่มีลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลัง แต่การทำงานของพัดลมจะมีเสียงดังเมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงและมีช่วงการทำงาน ของพัดลมที่ไม่เสถียร รูปที่ 2.5 แสดงกราฟของความดันสถิตย์ลดลงและเพิ่มขึ้นในช่วงเปอร์เซ็นต์ของ ปริมาณเปิดกว้างระหว่าง 30-50 % ถ้าพัดลมทำงานอยู่ในช่วงนี้จะเกิดความไม่เสถียร ช่วงที่เหมาะสม สำหรับการ ทำงานของพัดลมประเภทนี้คือช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่เปิดกว้างประมาณ 55-75% ซึ่งจะ ให้ประสิทธิภาพสูงสุด สามารถส่งปริมาณลมได้มาก เหมาะกับงานที่มีความต้านทานลมต่ำ มีการสร้าง 2 ลักษณะคือ

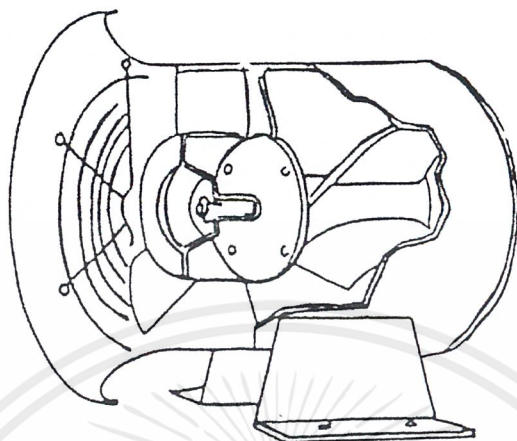
1. ลักษณะที่ลมพัดเป็นสกรู (Tube Axial Fans) จะมีโครงสร้างประกอบด้วย ใบพัดหมุนภายใน ทรงกระบอก ลมที่เคลื่อนที่ออกจะหมุนเป็นเกลียวสกรู ให้ความกดดันลมปานกลาง



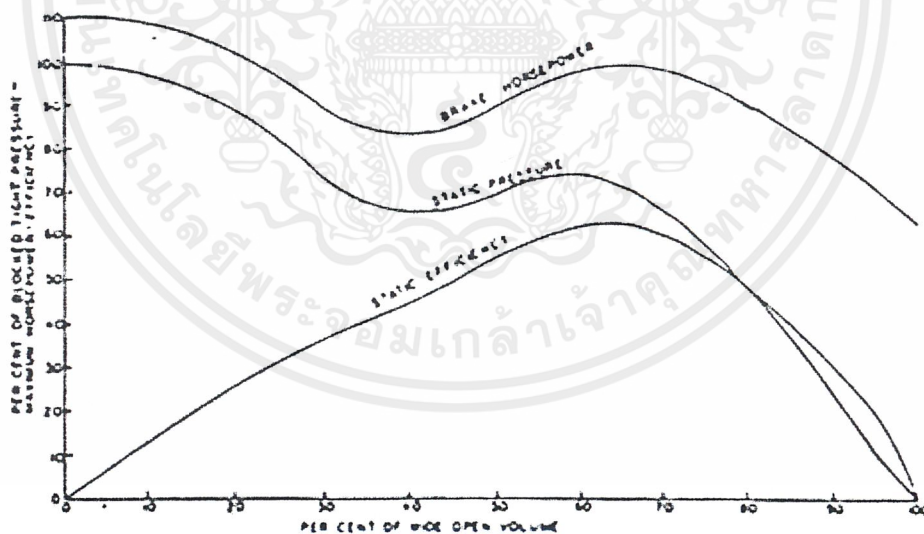
รูปที่ 2.6 พัดลมอากาศไหลตามแนวแกนแบบลมพัดเป็นสกรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลักษณะที่ลมพัดเป็นเส้นตรง (Vane Axial Fans) จะมีแท่งแผ่นเวน (Air Guide Vane) รับลมทางด้านออกช่วยให้การปรับทิศทางการเคลื่อนที่ของลมให้ไหลอยู่ในแนวเส้นตรง ทำให้การไหลของลมแบบปั่นป่วน (Turbulence) ลดลง มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบแรก



รูปที่ 2.7 พัดลมอากาศไหลตามแนวแกนแบบลมพัดเป็นแบบเส้นตรง

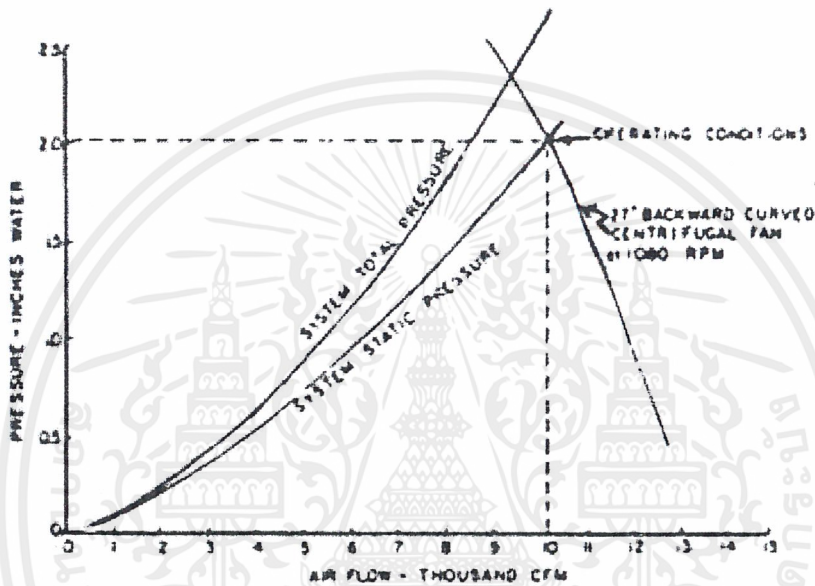


รูปที่ 2.8 กราฟสมรรถนะของพัดลมอากาศไหลตามแนวแกนทั้งสองแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 กราฟลักษณะเฉพาะของพัดลม

ขณะที่พัดลมทำงานจะทำให้อากาศเคลื่อนที่ได้ด้วยค่าความกดดันที่เกิดขึ้น เมื่ออากาศเคลื่อนที่ออกไปด้วยระยะทางที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าความกดดันลดลง ถ้าพล็อตกราฟค่าความดันรวมที่ลดลงของระบบกับค่าอัตราการไหลของอากาศ จะได้เส้นโค้งเส้นหนึ่ง เมื่อลบค่าความดันรวมที่ลดลงของระบบด้วยค่าความดันความเร็ว จะได้เส้นโค้งอีกเส้นหนึ่ง ซึ่งแสดงถึงความดันสถิตย์ เราสามารถนำไปใช้ในการเลือกชนิดและขนาดของพัดลมได้ เส้นโค้งดังกล่าวเรียกว่า กราฟลักษณะเฉพาะของพัดลม



รูปที่ 2.9 กราฟลักษณะเฉพาะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้ง หลังขนาด 27 นิ้ว ทำงานที่ความเร็ว 1,080 รอบ/นาที

2.1.4 ทฤษฎีของพัดลม

ความกดดันลมที่เกิดขึ้นมาจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งปริมาตรของลมหรืออากาศจะถูกจับเหวี่ยงออกด้วยใบพัดและเกิดจากการที่ปลายใบพัดขับลมมาด้วยความเร็ว ทำให้พลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นเปลี่ยนไปเป็นค่าความกดดัน

ความกดดันที่เกิดจากแรงเหวี่ยงดังกล่าวเรียกว่า ความกดดันสถิตย์ (Static Pressure) ความกดดันสถิตย์นี้จะสัมพันธ์กับอัตราส่วนระหว่างความเร็วลมที่เคลื่อนที่ขณะออกจากเส้นขอบใบพัดกับความเร็วมุมขณะเคลื่อนที่เข้าสู่ใบพัด ดังนั้นหากใบพัดยิ่งยาวความกดดันสถิตย์จะยิ่งมาก

ค่าประสิทธิภาพของพัดลมนั้นจะมีค่าประมาณ 40-70% ค่าความกดดันจริงของลมได้จากผลรวมของความกดดันสถิตย์กับค่าเสดความเร็วของลมขณะเคลื่อนที่ออกจากใบพัด

$$\text{ประสิทธิภาพทางกล} = (\text{อัตราการไหลของอากาศ}) \times (\text{ความดันรวม}) / KW \quad (2.1)$$

$$\text{กำลังงานที่ใช้ในการขับลม (KW}_{air}) = \frac{Q(P_1 - P_2)}{1000} \quad (2.2)$$

$$\text{กำลังงานที่ใช้ในการขับเพลลา (KW)} = \frac{KW_{air}}{\eta} \quad (2.3)$$

เมื่อ Q = ปริมาณลมวัดที่ความดันปกติ, m^3/sec

P_1, P_2 = ความดันลมทางเข้าและออกจากใบพัด, N/m^2

η = ประสิทธิภาพทางกลของพัดลม

KW = กำลังงานที่ใช้ในการขับเพลลา

2.1.5 กราฟสมรรถนะของพัดลม

สมรรถนะของพัดลมจะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมต่างๆ อาทิ อุณหภูมิ ความเร็วรอบและความหนาแน่นของลมหรือแก๊ส ปริมาณลมที่ได้จากพัดลมตามที่กำหนดในหนังสือคู่มือจากบริษัทผู้ผลิตปกติแล้วจะกำหนดค่าต่างๆ ณ สภาวะแวดล้อมปกติ ตัวอย่างเช่นที่อุณหภูมิ 20 °C และสภาวะบรรยากาศปกติ ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นต้น สภาวะที่กำหนดดังกล่าวอาจแตกต่างกับสภาวะจริงที่ติดตั้งใช้งาน จึงทำให้สภาวะใช้งานจริงไม่เป็นไปตามที่กำหนด ดังนั้นจึงต้องมีแฟคเตอร์ต่างมาคำนวณปรับแก้ ในกรณีต่างๆ ดังนี้

2.1.5.1 ความเร็วรอบผิดไปจากกำหนด

1. ปริมาณลมจะเปลี่ยนไปเป็นปฏิภาคโดยตรงกับอัตราส่วนความเร็วรอบ
2. ค่าความกดดันลมจะเปลี่ยนไปตามอัตราส่วนความเร็วรอบยกกำลังสอง
3. กำลังงาน ที่ต้องใช้จะเปลี่ยนไปตามอัตราส่วนความเร็วรอบยกกำลังสาม

2.1.5.2 อุณหภูมิของอากาศหรือแก๊สเปลี่ยนไป

กำลังงานและค่าความกดดันจะเปลี่ยนไปเป็นปฏิภาคผกผันกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ที่ความเร็วรอบและปริมาณลมคงที่

2.1.5.3 ความหนาแน่นของอากาศหรือแก๊สเปลี่ยนไป

กำลังงานและค่าความกดดันจะเปลี่ยนไปเป็นปฏิภาคผกผันกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ที่ความเร็วรอบและปริมาณลมคงที่

2.1.6 การนำกฎเกี่ยวกับปั๊มมาประยุกต์ใช้กับพัดลม

จากกฎเกี่ยวกับปั๊มหมุนเหวี่ยง เราสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับพัดลมหมุนเหวี่ยง ได้ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$D_2 = D_1 \left(\frac{H_1^{1/4}}{q_1^{1/2}} \right) \left(\frac{q_2^{1/2}}{H_2^{1/4}} \right) \quad (2.4)$$

$$N_2 = N_1 \left(\frac{q_1^{1/2}}{H_1^{3/4}} \right) \left(\frac{H_2^{3/4}}{q_2^{1/2}} \right) \quad (2.5)$$

$$hp_2 = hp_1 \left(\frac{D_2^5}{D_1^5} \right) \left(\frac{N_2^3}{N_1^3} \right) \quad (2.6)$$

เมื่อ	H	=	เซตรวมทั้งหมด
	D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อใบพัดลม
	q	=	อัตราการไหลของลมผ่านระนาบ
	N	=	ความเร็วรอบต่อนาที

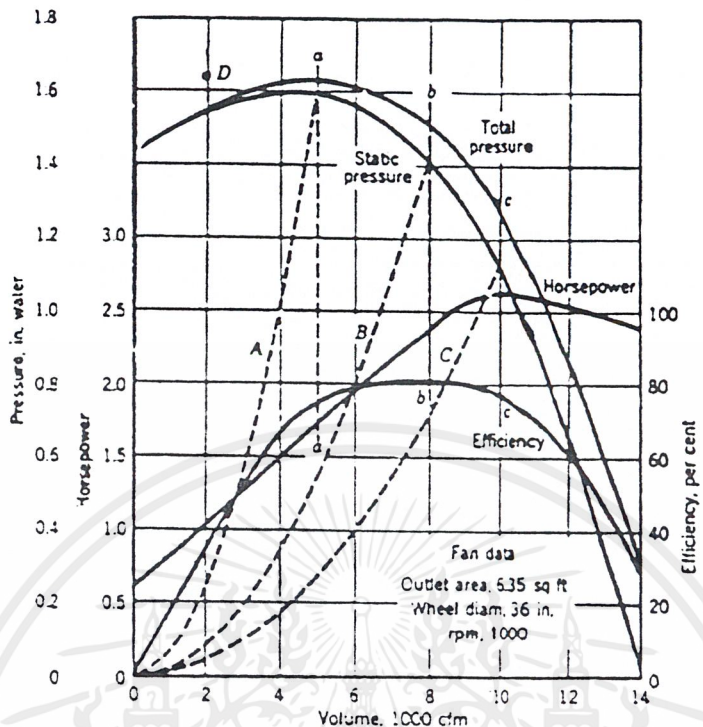
2.1.7 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การเลือกพัดลม

ปัจจัยต่างๆต่อไปนี้จะช่วยให้ประเภทของพัดลมและขนาดได้อย่างเหมาะสม

1. ปริมาณของลมที่เคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลา
2. การประมาณค่าความต้านทานในระบบและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ
3. ปริมาณเสียงที่ยอมให้ได้
4. พื้นที่ติดตั้งพัดลม
5. ความประหยัด

ปริมาณของลมที่เคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลาหาได้จากประเภทและขนาดของเครื่องยนต์ที่ติดตั้ง ค่าแรงดันสถิตย์ที่ตกคร่อมหรือเสดความเสียดทาน ซึ่งหาได้จากสมการเบอร์นูลลี(Bernoulli) ค่าความต้านทานทั้งหมดหรือค่าความดันสถิตย์ จะขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสลมในระบบ

ความดังของเสียงจะเป็นปัจจัยที่มักไม่ค่อยนำมาพิจารณาในการเลือกพัดลมมากนัก ในงานด้านการแปรรูป (Processing) ยกเว้นในงานด้านการปรับสภาวะอากาศหรือใช้ระบายอากาศในบ้านเรือนแต่ปริมาณเสียงของพัดลมที่ดังเกินไปจะเป็นปัจจัยที่มักไม่ค่อยนำมาพิจารณาแต่ปริมาณเสียงของพัดลมที่ดังเกินไปจะเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าเกิดการสูญเสียพลังงานในระบบขึ้น ดังนั้นความดังของเสียงในทางปฏิบัติแล้วจึงมีค่าน้อย



รูปที่ 2.10 กราฟสมรรถนะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง

2.1.8 การเลือกพัดลม

วิธีการเลือกใช้พัดลมให้ตรงกับงานที่ใช้จะต้องพิจารณาหลายๆสิ่งประกอบกัน อาทิ

1. มีความรู้และความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับพัดลม
2. ต้องทราบถึงภาระงานของพัดลมที่ต้องใช้และข้อกำหนดต่างๆของพัดลม

ลักษณะงาน	แบบพัดลม				
	Tube Axial Fan	Vane Axial Fan	Radial Fan	Forward Curved	Backward Curved
1. ระบบส่งวัสดุด้วยลม			*		*
2. ลมสันดาปที่ใช้กับน้ำมันหรือแก๊สในเตา	*	*	*	*	*
3. เพิ่มความดันแก๊ส			*		*
4. ระบายลมในโรงงาน	*	*			*
5. ลมเป่าอัดเข้าเตาหม้อน้ำ		*			*

6.ลมดูดเข้าเตาหม้อ น้ำ			*	*	
7.ลมดูดระบายออก จากเตาเผา			*	*	
8.ลมเป่าเข้าเตาเผา		*			*
9.หอน้ำเย็น	*				
10.ลมดูดจากปล่อง			*	*	
11.ลมอบแห้ง	*	*	*		*
12.ลมดูดจากปล่อง			*	*	

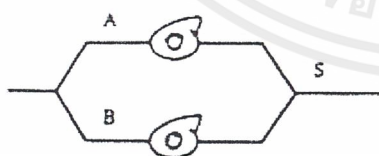
ตาราง ที่ 2.1 แสดงประเภทของพัดลมในงานอุตสาหกรรมต่างๆ

วิธีการเลือกชนิดหรือประเภทของพัดลม อาจทำได้โดยการพิจารณาจากกราฟที่อยู่ในหนังสือคู่มือของพัดลมชนิดนั้นๆ กรณีที่พัดลมที่ใช้ในอุตสาหกรรมทั่วไปทั้งพัดลมหมุนเหวี่ยงและพัดลมอากาศไหลตามแนวแกน ผลต่างของความดันด้านดูดและด้านจ่ายต้องไม่มากกว่า 550 มิลลิเมตร ของน้ำ แต่ถ้ามากกว่านี้จะต้องเลือกใช้พัดลมแบบใช้งานหนัก (Heavy Duty)

ในกรณีที่ผลต่างความดันของพัดลมด้านดูดและด้านจ่ายมีมากกว่า 550 มิลลิเมตร ของน้ำ จะต้องพิจารณาว่าควรจะใช้พัดลมหรือเครื่องอัด จึงจะเหมาะสมกว่าในแง่ของความประหยัดและความเหมาะสมในด้านต่างๆ

2.1.9 การติดตั้งพัดลมแบบอนุกรมและแบบขนาน

ในบางครั้งมีความจำเป็นต้องใช้พัดลมในระบบ 2 ตัว เราสามารถติดตั้งพัดลมดังกล่าวในลักษณะการต่อความต้านทานทางไฟฟ้าคือ แบบอนุกรมและแบบขนาน



ก. การติดตั้งพัดลมแบบขนาน



ข. การติดตั้งพัดลมแบบอนุกรม

รูปที่ 2.11 แสดงการติดตั้งพัดลมสองตัวแบบขนานและแบบอนุกรม

2.1.9.1 กรณีติดตั้งพัดลมแบบขนาน

$$\text{อัตราการใช้ลมรวม (} q_t \text{)} = q_A + q_B \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

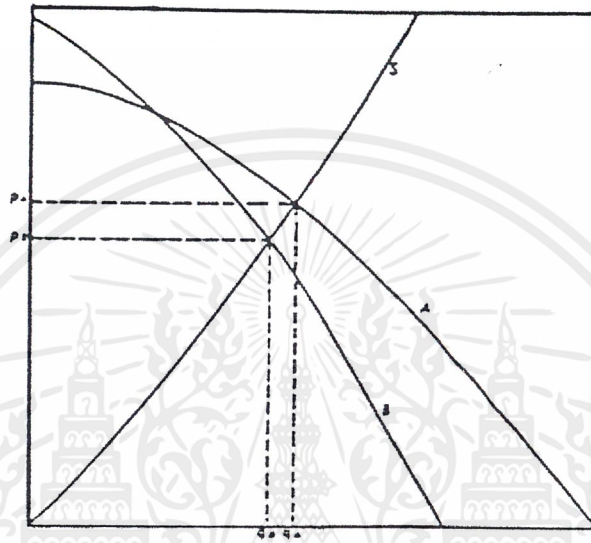
$$\text{เสถียรภาพของระบบ (P}_s\text{)} = P_A = P_B \quad (2.8)$$

2.1.9.2 การติดตั้งพัดลมแบบอนุกรม

$$\text{อัตราการไหลรวม (q}_s\text{)} = q_A = q_B \quad (2.9)$$

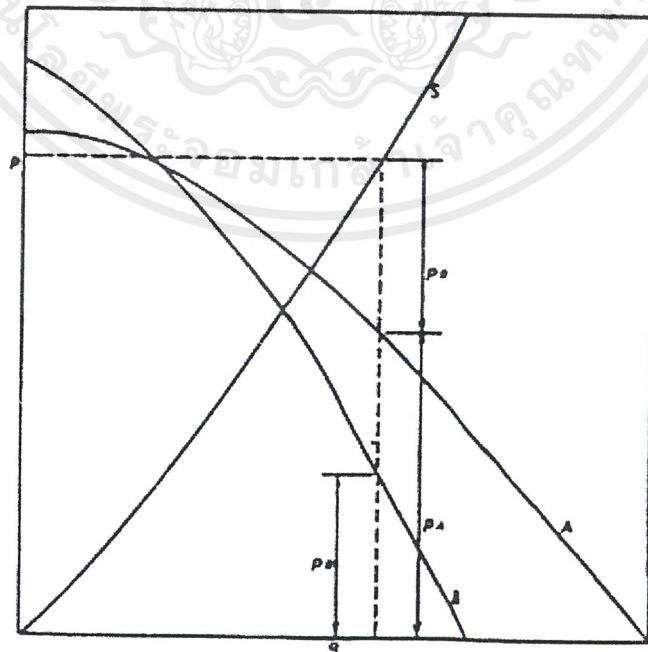
$$\text{เสถียรภาพของระบบ (P}_s\text{)} = P_A + P_B \quad (2.10)$$

สมมุติว่าพัดลม A และพัดลม B ทำงานอิสระต่อกันกับระบบ S จะได้อัตราการไหลและเสถียรภาพของระบบดังรูปที่ 2.12



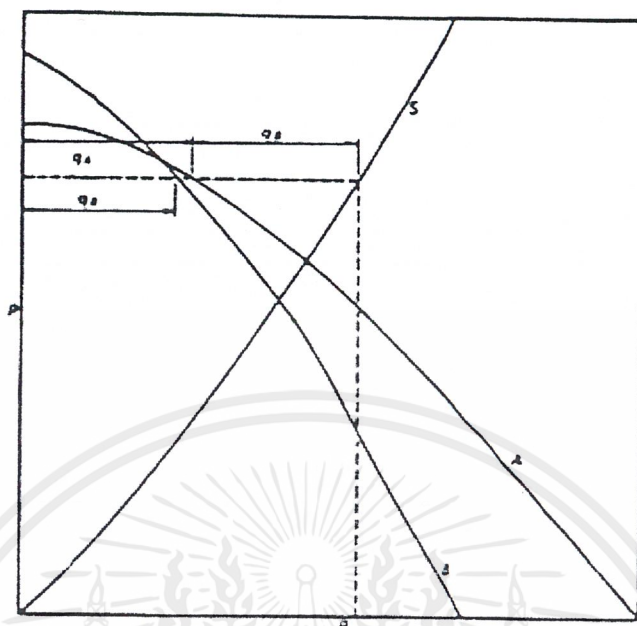
รูปที่ 2.12 กราฟสมรรถนะของพัดลม A และ B ทำงานอิสระต่อกันกับระบบ S

ถ้าพัดลมสองตัวดังกล่าวติดตั้งแบบอนุกรมและแบบขนานกับระบบ S จะได้อัตราการไหลรวมและเสถียรภาพของระบบดังกราฟสมรรถนะรูปที่ 2.13 และ 2.14 ตามลำดับ



รูปที่ 2.13 กราฟสมรรถนะของพัดลม A และ B ติดตั้งแบบอนุกรม กับระบบ S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 กราฟสมรรถนะของพัดลม A และ B ติดตั้งแบบขนาน กับระบบ S

2.1.10 วิธีการกำหนดขนาดของพัดลม

จะต้องพิจารณาถึงหัวข้อต่างๆดังต่อไปนี้

2.1.10.1 กำลังงานที่ออกจากพัดลม (Air Kilowatts)

เป็นกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนปริมาณลมหรืออากาศให้เคลื่อนที่ผ่านตัวพัดลม (Output)

$$\text{Air Kilowatts} = \frac{Q(P_2 - P_1)}{60 \times 100} \quad (2.11)$$

เมื่อ Q = ปริมาณลมด้านดูด (m^3/min)

$P_2 - P_1$ = ผลต่างความกดคันลมด้านปล่อยกับด้านดูด (N/m^2)

Air Kilowatts = กำลังงานที่ออกจากพัดลม (Kilowatts)

2.1.10.2 ค่าแฟกเตอร์ตัวคูณปรับแก้ปริมาตรของลม

ปริมาณลมที่กำหนดในหนังสือคู่มือของพัดลมชนิดนั้นๆ จะเป็นปริมาณลมตามมาตรฐานจริงๆ ซึ่งในขณะที่ใช้งานพัดลมจริงๆ สภาพของลมด้านดูดจะมีปริมาตร ความกดคัน และอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพจริงในขณะนั้น โดยที่อากาศในสภาวะมาตรฐานจะกำหนดที่อุณหภูมิ 15°C จะมีค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดดันเท่ากับ 1.013 บาร์ ดังนั้นจึงต้องมีแฟกเตอร์ตัวคูณปรับแก้ให้ค่าปริมาณลมด้านดูดในสภาวะทำงานจริงมีค่าถูกต้องด้วย

$$Q_{act} = \left(\frac{1.013}{P_1} \right) \left(\frac{273 + T_1}{288} \right) Q_{Std} \quad (2.12)$$

เมื่อ	Q_{act}	=	ปริมาณลมด้านดูดในสภาวะทำงานจริง (m^3/min)
	Q_{Std}	=	ปริมาณลมด้านดูดในสภาวะมาตรฐาน (m^3/min)
	P_1	=	ค่าความกดดันของบรรยากาศด้านดูด (Bar)
	T_1	=	ค่าอุณหภูมิของบรรยากาศด้านดูด ($^{\circ}C$)

2.1.10.3 ค่าแฟกเตอร์ตัวคูณปรับแก้ค่าความกดดัน

เนื่องจากพื้นที่บริเวณต่างๆบนพื้นผิวโลกมีค่าความสูงแตกต่างกัน จึงทำให้ค่าความกดดันบรรยากาศ ณ จุดต่างๆมีค่าแตกต่างกันไปด้วย ในการเลือกพัดลมจึงต้องพิจารณาค่าผลต่างความกดดันด้านปล่อยกับด้านดูดในสภาวะการทำงานจริงด้วย (ΔP_{act})

$$\Delta P_{act} = 1.013 (r_{Std.} - 1) \quad (2.13)$$

$$\text{กรณีเป็นอากาศ} \quad r_{Std.} = (X_{Std.} + 1)^{3.53} \quad (2.14)$$

$$X_{Std.} = X_{act.} [(T_1 + 273) / 288] \quad (2.15)$$

$$X_{act.} = \frac{0.283}{r_{act.}} - 1 \quad (2.16)$$

$$r_{act.} = P_2 / P_1 \quad (2.17)$$

เมื่อ	ΔP_{act}	=	ผลต่างค่าความกดดันด้านปล่อยกับด้านดูด (Bar)
	$r_{Std.}$	=	อัตราการอัดหรืออัตราส่วนค่าความกดดันด้านปล่อยต่อด้านดูด ที่การทำงานในสภาวะมาตรฐาน (อุณหภูมิ $15^{\circ}C$)
	$r_{act.}$	=	อัตราการอัดหรืออัตราส่วนค่าความกดดันด้านปล่อยต่อด้านดูด ที่การทำงานในสภาวะจริง
	$X_{Std.}$	=	ค่าแฟกเตอร์ตัวคูณปรับแก้อุณหภูมิ ที่ทำงานในสภาวะมาตรฐาน
	$X_{act.}$	=	ค่าแฟกเตอร์ตัวคูณปรับแก้อุณหภูมิ ที่ทำงานในสภาวะจริง
	P_1, P_2	=	ค่าความกดดันบรรยากาศ ในสภาวะจริงด้านข้างปล่อยและดูดตามลำดับ (Bar)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.10.4 กำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนพัลคม หรือกำลังงานที่ป้อนให้กับเพลลาพัลคม

พัลคมจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีพลังงานกลจากภายนอกมากระทำต่อเพลลาของพัลคมให้หมุน ซึ่งอาจเป็นมอเตอร์หรือเครื่องยนต์ พลังงานกลดังกล่าวจะทำให้เพลลาของพัลคมหมุนขับไปพัลคของพัลคมและขับให้ลมเกิดการเคลื่อนที่ขึ้น เนื่องจากค่าความกดตันลมที่สูงขึ้นเกิดจากการอัดตัวของปริมาตรจากความกดตันต่ำไปยังความกดตันสูง เมื่อพิจารณาระบบทางเทอร์โมไดนามิกส์ การเปลี่ยนแปลงสถานะของสภาวะของสารทำงาน การขยายตัวหรือการอัดตัวในกรณีทั่วไป ตามกฎ $Pv^n = k$ (เมื่อ k เท่ากับค่าคงที่และ n คือ ค่าพารามิเตอร์) เราเรียกรวมการขยายตัวแบบโพลีโทรปิก (Polytropic Expansion) หรือการอัดตัวแบบโพลีโทรปิก (Polytropic Compression) หรือเรียกรวมว่า Polytrope ซึ่งมีสมการที่ใช้ในการคำนวณหา งานที่ใช้ในการอัดแก๊ส

$$W = -\frac{k}{k-1} P_1 V_1 \left[\frac{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}}{-1} \right] \quad (2.18)$$

- เมื่อ
- W = งานกลในการอัดแก๊ส
 - k = ค่าเฉพาะของแก๊ส = C_p / C_v
 - P_1 = ค่าความกดตันบรรยากาศด้านดูด (Bar)
 - V_1 = ปริมาตรของอากาศด้านดูด, ลูกบาศก์เมตร
- กำหนดให้
- N = ค่าประสิทธิภาพโพลีโทรปิก
 - B = ค่าแฟคเตอร์ = $(k - 1) / kN$
 - R = ค่าคงที่ของแก๊ส = $83 \text{ Bar} \cdot \text{m}^3 / \text{g} \cdot \text{mole} \cdot \text{K}$
 - n = จำนวนกรัมโมลของแก๊ส

ดังนั้นงานกลของแก๊สเมื่อคิดค่าประสิทธิภาพโพลีโทรปิกจะได้

$$W = -\frac{kN}{k-1} P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{kN}} - 1 \right] \quad (2.19)$$

$$W = -\frac{P_1 V_1}{B} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^B - 1 \right] \quad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W = -\frac{nRT_1}{B} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^B - 1 \right] \dots\dots \frac{j}{g.mole} \quad (2.21)$$

2.1.10.5 โพลีโทรปิกเฮด (Polytropic Head)

ในกระบวนการอัดแก๊สจากความดันบรรยากาศต่ำไปยังความดันบรรยากาศที่สูงจะต้องใช้พลังงานจำนวนหนึ่ง ซึ่งพลังงานจำนวนดังกล่าวอาจเรียกว่า โพลีโทรปิกเฮด (H) หรือพลังงานกลที่ถูกป้อนเข้าสู่บรรยากาศภายในระบบและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดัน

ถ้าจำนวนกรัม โมลของแก๊ส (n) = 1 จะทำให้โพลีโทรปิกเฮดมีค่าเท่ากับ

$$H = -\frac{RT_1}{B} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^B - 1 \right] \dots\dots \frac{j}{g.mole} \quad (2.22)$$

ถ้ากำหนดให้อุณหภูมิบรรยากาศด้านดูด, ค่า k , ค่า N (ค่าประสิทธิภาพโพลีโทรปิก) มีค่าคงที่ จึงทำให้ค่า B มีค่าคงที่ด้วย ค่าโพลีโทรปิกจะแปรผันตรงกับอัตราส่วนความกดดันของบรรยากาศด้านปล่อยกับด้านดูด

หมายเหตุ

1. ค่าคงที่ของแก๊ส (R) = $0.083 \frac{\text{bar liter}}{\text{g.mole K}} = 83 \frac{\text{bar m}^3}{\text{g.mole K}} = 8.3 \frac{j}{\text{g.mole K}}$
2. กำลังงานจริงที่ป้อนให้กับเพลลาของพัดลม ($BKW_{act.}$) คำนวณได้จากสมการ

$$BKW_{act.} = -\frac{8.3nT_1}{1000 \times B} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^B - 1 \right] \quad (2.23)$$

3. เราสามารถหาค่าพลังงานจริง ที่ป้อนให้กับเพลลาของพัดลมได้จาก ค่ากำลังงานเพลลาของพัดลมมาตรฐานจากหนังสือคู่มือ (BKW_{Std}) ดังสมการ

$$BKW_{act.} = \left(\frac{P_1}{1.013} \right) \left(\frac{288}{273 + T_1} \right) \cdot BKW_{Std.} \quad (2.24)$$

4. ที่ความกดดันบรรยากาศ 1.013 บาร์, อุณหภูมิ 273 K หรือ 0 °C แก๊สใดๆก็ตามจำนวน 22.4 ลิตรจะมีมวลพอดีเท่ากับจำนวนมวลโมเลกุลของแก๊สนั้นเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แก๊สใด ๆ 1 กรัมโมล จะเท่ากับ มวลของแก๊สนั้นๆ อากาศและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีจำนวนโมลเท่ากับ 29 และ 44 กรัม ตามลำดับ ดังนั้นอากาศและแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์จำนวน 1 กรัม โมล จึงต้องมีมวล 29 และ 44 กรัม ตามลำดับด้วย

โดยทั่วไปแล้วระบบพัคลมหนึ่งๆ มักจะออกแบบและติดตั้งใช้งานกับอากาศหรือแก๊สชนิดหนึ่งเท่านั้นจะย้ายแหล่งติดตั้งเพื่อใช้กับแก๊สชนิดอื่นๆไม่ได้ ดังนั้นเวลาเปลี่ยนของไหลจากแก๊สหนึ่งไปยังแก๊สอีกชนิดหนึ่งคือเนื่องจากแก๊สแต่ละชนิดมีจำนวน โมลต่างกันทำให้กำลังงานในการขับพัคลมจึงแตกต่างกันด้วย

2.1.11 การเคลื่อนที่ของอากาศในระบบท่อส่งลม

อากาศซึ่งถูกขับจากใบพัดของพัคลม จะทำให้อากาศมีค่าความกดดันสูงขึ้น เมื่อถูกส่งเข้าสู่ระบบท่อ จะประสบกับความต้านทานต่อการไหลของอากาศ ซึ่งเรียกว่า การลดลงของความดัน (Pressure Drop) ซึ่งเป็นผลจากการสูญเสียพลังงานอันเนื่องมาจากความเสียดทานภายในของระบบท่อและอื่นๆ ดังนั้นพัคลมจึงต้องสร้างความแตกต่างของความดันรวม ทั้งทางค่านูดและทางค่านปลอยของระบบท่อ เพื่อให้ทำให้อากาศไหลเข้าสู่ระบบท่อได้ตามปริมาณที่ต้องการ และมีอัตราการไหลอย่างต่อเนื่อง

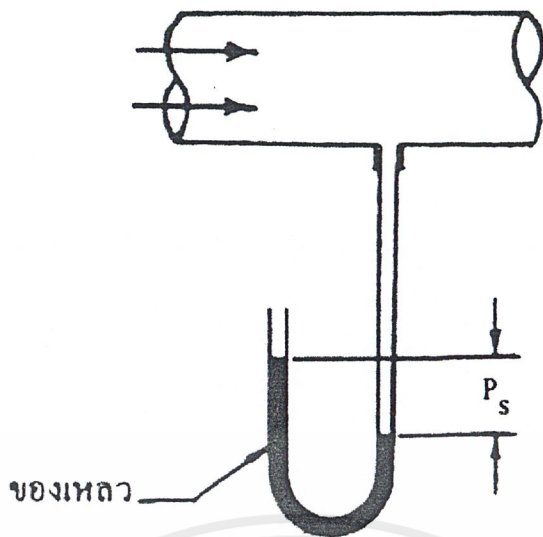
ความต้านทานการไหลของอากาศ หรือการลดลงของความดันในระบบท่อ เป็นผลมาจากความเสียดทานจากสิ่งกีดขวางการไหลของอากาศ การเปลี่ยนทิศทาง ความขรุขระของผิวท่อ ภายในระบบท่อ และการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของพื้นที่หน้าตัดท่อ เป็นต้น ซึ่งสามารถคำนวณการไหลของของไหลในท่อซึ่งของไหลดังกล่าวเป็นของไหลที่อัดไม่ได้ (Incompressible Fluid) ซึ่งได้แก่ อากาศหรือแก๊สต่างๆ จึงต้องเปลี่ยนคุณสมบัติใหม่ให้ถูกต้องกับแก๊สหรืออากาศที่ใช้ในการคำนวณ

ในขณะที่พัคลมทำงานจะมีผลทำให้ความกดดันสถิตย์ของอากาศมีค่าสูงขึ้น เพื่อที่จะเอาชนะความต้านทานภายในระบบท่อ และความกดดันไดนามิก เพื่อให้ทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่ได้

ค่าความกดดันเป็นผลจากความกดดันและระดับความสูงของระบบท่อ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นแรงที่กระทำตั้งฉากกับผนังภายในท่อ

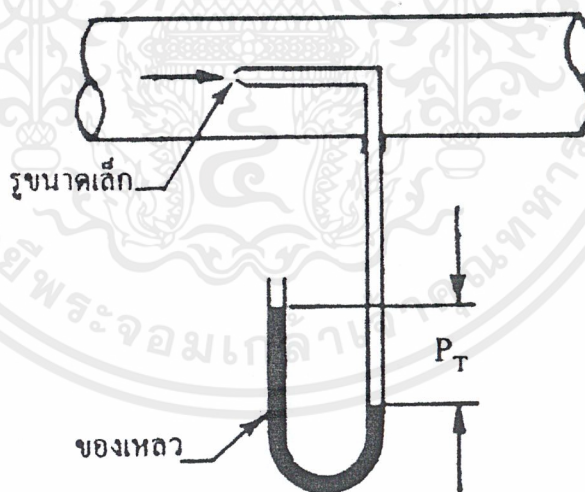
ค่าความกดดันไดนามิกเป็นผลจากแรงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ซึ่งสามารถใช้ในการวัดค่าเสดความเร็วในสมการ Bernoulli ได้

ในระบบท่อถ้าเจาะรูเล็กๆบริเวณด้านข้างท่อ แล้วสอดท่อเล็กๆเข้าไปในรู โดยให้ท่อตั้งฉากกับแนวทิศทางการไหลของอากาศ จากนั้นให้ติดตั้งமானอมิเตอร์เข้ากับท่อ ค่าความแตกต่างความกดดันที่ปรากฏ และความกดดันของบรรยากาศ คือค่าความกดดันสถิต (Static Pressure, P_s) ดังนั้นความดันในท่อที่อากาศไหลเนื่องจากการขับด้วยพัคลมจะมีค่าสูงกว่าความดันของบรรยากาศ



รูปที่ 2.15 แสดงการวัดค่าความดันสถิตด้วยมานอมิเตอร์

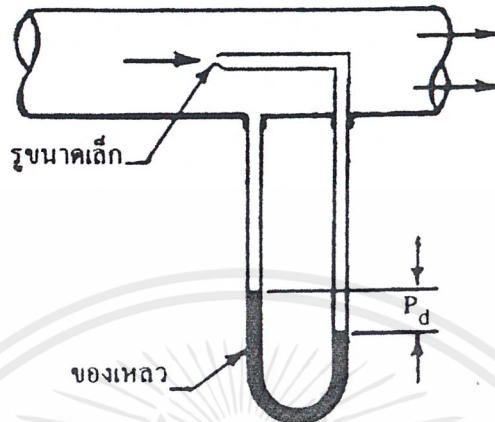
ถ้าสอดท่อรูปตัว L ที่มีรูเล็กๆ ที่ปลายท่อเข้าไปในท่อลมให้ปลายท่ออยู่ในแนวที่อากาศไหลแล้ว ติดตั้งมานอมิเตอร์เข้าไป ค่าความแตกต่างของของเหลวในมานอมิเตอร์จะเป็นค่าความดันสถิตย์ภายในท่อบวกกับค่าความดันเนื่องจากความเร็วของลมภายในท่อ ค่าความดันรวมที่อ่านได้จากมานอมิเตอร์ เรียกว่า ความดันรวม (Total Pressure, P_T) ดังรูป 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงการวัดค่าความดันรวมด้วยมานอมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และถ้าสอดท่อรูปตัว L ดังกล่าวเข้าไปในท่อลมและอีกจุดหนึ่งสอดท่อเข้าไปในรู โดยให้ท่อตั้งฉากกับทิศทางการไหลของอากาศภายในท่อ แล้วนำมานอมิเตอร์มาต่อเข้าดังรูปที่ 2.17 ค่าความแตกต่างระหว่างระดับของเหลวด้านหนึ่งลบด้วยความดันสถิตย์ที่กดลงบนของเหลวอีกด้านหนึ่งของมานอมิเตอร์ ค่าความแตกต่างความดันที่อ่านได้คือค่าความดัน ไดนามิก (Dynamic Pressure, P_d)



รูปที่ 2.17 แสดงการวัดค่าความดัน ไดนามิกด้วยมานอมิเตอร์

$$\begin{aligned} \text{ความดันรวม} &= \text{ความดันสถิตย์} + \text{ความดัน ไดนามิก} \\ \text{ความดัน ไดนามิก} &= \frac{V^2 \rho}{2g} \end{aligned} \quad (2.25)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} \text{ความดัน ไดนามิก} & \text{ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรของน้ำ} \\ V &= \text{ความเร็วลม (m/sec)} \\ &= \text{ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m}^3\text{)} \\ &= 1.16 \text{ กก./ลบ.ม. (ที่ความกดดันบรรยากาศ อุณหภูมิ 20 }^\circ\text{C)} \\ g &= \text{อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/sec}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\text{ความเร็วลมในระบบท่อ (เมตร/วินาที)} = 4.11 \sqrt{\text{ความดัน ไดนามิก, มม.น้ำ}} \quad (2.26)$$

2.1.12 การประหยัดพลังงานในระบบการส่งลมจากพัดลม

จะต้องพิจารณาถึงสิ่งต่างๆดังต่อไปนี้

1. ปริมาณที่ส่งจะต้องเหมาะสมกับภาระงานที่ใช้
2. ความยาวของท่อลมจะต้องมีขนาดสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้และมีจุดหักเลี้ยววนน้อยที่สุด เพื่อลดความต้านทานลมให้น้อยที่สุด
3. กรณีที่ท่อลมเป็นท่อสี่เหลี่ยม จะต้องมีความสูงของท่อเท่ากัน
4. ภายในบริเวณจุดที่ท่อต่อกัน จะต้องเป็นพื้นผิวที่เรียบเสมอกันหรือเป็นการต่อท่อแบบหน้าแปลน (Flange)
5. กรณีที่เครื่องต้นกำลังเป็นมอเตอร์ จะต้องสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.13 ข้อควรพิจารณาในการติดตั้งพัดลม

จะต้องพิจารณาถึงหัวข้อต่างๆดังต่อไปนี้

2.1.13.1 การควบคุมพัดลม (Fan Controls)

พัดลมทุกประเภทเราสามารถควบคุมปริมาณลมหรืออัตราการไหลของอากาศหรือแก๊สได้โดยการปรับความเร็วรอบการหมุนหรือปรับค่าความแตกต่างความดันด้วยการปรับตำแหน่งปิด-เปิดลม (Dampers) ทั้งด้านดูดและด้านปล่อย ส่วนใหญ่แล้วเราจะปรับที่ความเร็วรอบการหมุน ยกเว้นในกรณีที่เครื่องต้นกำลังเป็นมอเตอร์ซึ่งจะมีค่าความเร็วรอบคงที่ ดังนั้นจึงต้องปรับตำแหน่งปิด-เปิดลม แทนการใช้แผ่นเปิดปิดลม บริเวณด้านดูด กรณีควบคุมให้อากาศเข้า ได้มากกว่า 50 % จะทำให้ความกดดันทางด้านดูดสูงขึ้น ทำให้อัตราส่วนความกดดันด้านปล่อยต่อด้านดูดมีค่าลดลงปริมาณลมด้านปล่อยจะมีค่าสูง ถ้าใช้แผ่นเปิดปิดลม บริเวณด้านปล่อยจะทำให้เกิดความต้านทานการไหลของอากาศเกิดขึ้น ถ้าบังคับแผ่นเปิดปิดลมด้านปล่อยให้ปริมาณลมออกได้น้อย ซึ่งมีผลต่อเครื่องต้นกำลังจะต้องรับภาระมากยิ่งขึ้น

ในวางแผนติดตั้งท่อส่งลมจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันลมกลับด้วย มิฉะนั้นแล้วในขณะที่หยุดทำงานจะทำให้ใบพัดลมหมุนกลับทางเป็นผลให้มีลมไหลย้อนกลับซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ

2.1.13.2 การสั่นสะเทือน (Vibration)

การสั่นสะเทือนเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุ อาทิ ความเร็วรอบที่ไม่เหมาะสม, การยึดท่อส่งลมไม่มั่นคงเพียงพอ, ชุดเพลาลับและใบพัดอยู่ในสภาวะไม่สมดุล เป็นต้น กรณีที่พัดลมมีขนาดใหญ่แรงสั่นสะเทือนจะมีผลต่อความมั่นคงของระบบติดตั้ง และอายุการใช้งานของพัดลมทั้งระบบ รวมทั้งอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานใกล้เคียงได้

2.1.13.3 ความดังของเสียง

เสียงที่ดังจนเกินไปถือว่าเป็นมลภาวะเป็นพิษอย่างหนึ่งความดังของเสียงจากพัดลมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณลม, ความแตกต่างความดันด้านดูดกับด้านปล่อย, ลักษณะการสร้างตลอดจนรูปร่างของใบพัด การลดความดันของเสียงจากพัดลมอาจกระทำได้โดยติดตั้งกล่องดับเสียงหรือใช้วัสดุที่เป็นฉนวนป้องกันเสียงหุ้มท่อลมนั้น

2.1.13.4 ข้อพิจารณาอื่นๆ

การติดตั้งพัดลมจะต้องติดตั้งบนฐานที่แข็งแรง เช่นบนพื้นคอนกรีต ถ้าจำเป็นต้องติดตั้งบนฐานที่อยู่สูงเช่นฐานเหล็กโครงสร้าง จะต้องคำนึงถึงการสั่นสะเทือนด้วย

ในการติดตั้งพัดลมบนฐานคอนกรีตนั้น จะต้องให้จำนวนมวลรวมของฐานคอนกรีตมีค่ามากกว่าจำนวนมวลรวมของชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ของพัดลมรวมกันเพื่อให้การยึดอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบมีความมั่นคงมากยิ่งขึ้น

ตัวพัดลมและระบบถ่ายทอคกำลังจะต้องได้แนวศูนย์กลางต่อกันระบบถ่ายทอคกำลังที่เป็นสายพาน ต้องมีความตึงที่เหมาะสม เพราะทำให้แบร์ริงรับภาระเนื่องจากแรงคั่นด้านข้างมากเกินไปหรืออาจทำให้เพลลาได้รับความเสียหายขึ้น

2.1.14 การกำหนดลักษณะเทคนิคของพัดลม (Specifications)

ในการกำหนดขนาดพัดลมที่ถูกต้องจะต้องกำหนดสภาวะการทำงานและภาระที่ถูกต้องใกล้เคียงกับสภาพจริง แต่ในการจัดซื้อพัดลม วิศวกรผู้รับผิดชอบต้องเขียน กำหนดลักษณะเทคนิคของพัดลมที่ต้องการนั้นขึ้นก่อนเพื่อดำเนินการจัดหา ข้อกำหนดลักษณะเทคนิคของพัดลมจะต้องให้รายละเอียดดังต่อไปนี้

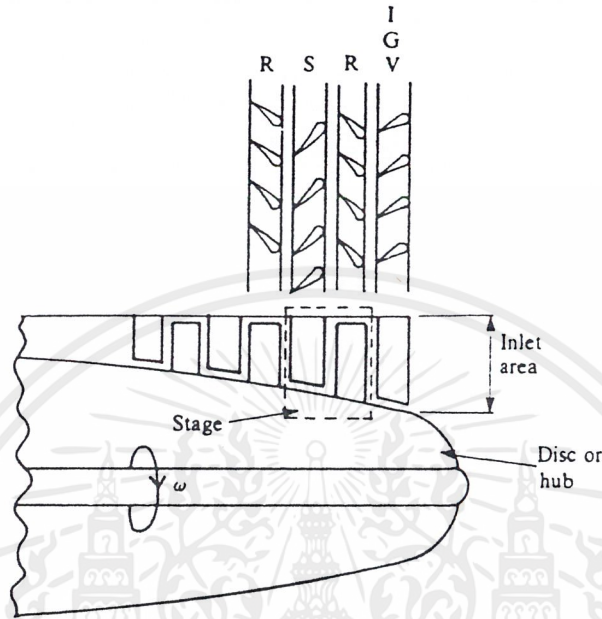
1. คุณสมบัติของแก๊ส ส่วนผสม, มวลโมเลกุล, ปริมาณลมที่ต้องการ
2. สภาวะการทำงานและลักษณะอื่นๆบางประการ ความกดคั่นด้านดูดและอุณหภูมิแก๊สด้านดูด ความกดคั่นและอุณหภูมิแก๊สด้านปล่อย, กำลังงานที่ต้องการ, ความเร็วรอบของพัดลม, ทิศทางการหมุนของพัดลม, ขนาดของใบพัด, จำนวนสเตจ, ชนิดของพัดลม, Torque ขณะเริ่มหมุน, โมเมนต์แรงเฉื่อย
3. แบร์ริงและระบบหล่อลื่น ชนิดของแบร์ริง, ระบบหล่อลื่นพร้อมตัวหล่อลื่นที่ต้องการใช้
4. ข้อต่อเข้าระบบ ขนาดและกำหนดต่างๆ, ตำแหน่งติดตั้ง, ข้อต่อระบบระบายออก
5. อุปกรณ์ประกอบที่ต้องการ ได้แก่
 - ตัวขับ (มอเตอร์ กังหัน ใอน้ำ เครื่องยนต์ ฯลฯ)
 - คัปปลิง (ประเภทและชนิด)
 - ชุดฟันเฟืองที่ต้องการ
 - ระบบควบคุม (แผ่นฝาเปิดปิดลม, ระบบส่งกำลัง ฯลฯ)
 - อุปกรณ์ป้องกันอันตราย (อุณหภูมิ, การสั่นสะเทือน, เครื่องกรองลม, เครื่องดับเสียง, และ ฉนวนกัน)
6. ลักษณะการสร้าง
 - วัสดุสร้าง ตัวถัง ใบพัด เพลลาและอื่นๆ วัสดุกันร้วและปะเก็น, ขนาดเพลลา
7. วิธีการทดสอบสมรรถนะ
 - กรรมวิธีทดสอบ, การตรวจรับ, ขนาด, มวลอื่นๆ

การกำหนดลักษณะเทคนิคของพัดลม สิ่งแรกที่จะต้องกำหนดคือ คุณสมบัติของแก๊ส และสภาวะปกติขณะใช้งาน หากเป็นพัดลมอากาศจะต้องทราบสภาวะอากาศหึ่งปีด้วย เช่น พัดลมที่ใช้เป่าอากาศเป็นพาหะหล่อเย็นในบางสถานที่ อาจร้อนมากและหนาวมากด้วย ซึ่งทำให้สภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงมาก ดังนั้นขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ก็จะต้องสามารถรับภาระที่เปลี่ยนแปลงได้เพียงพอ

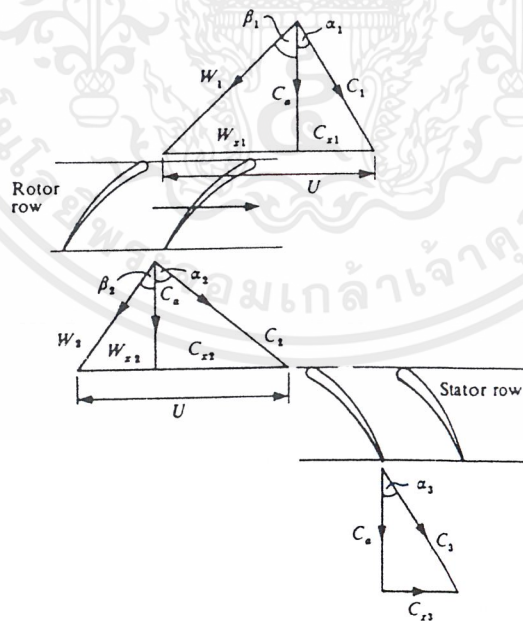
พัดลมที่สร้างจำหน่ายในสหรัฐอเมริกา จะต้องสร้างตามกำหนดมาตรฐานซึ่งกำหนดขึ้นด้วยสมาคมปรับอากาศและเป่าลม (Air Moving and Conditioning Association AMCA) การกำหนดขนาดมาตรฐานเหล่านี้ได้แก่ กรอบโครงสร้างที่ทนต่อการ spark ของไฟฟ้า ขนาดใบพัด ลักษณะการต่อขับต่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้อนคูศ ทิศทางหมุน ท่อปล่อยออก ตำแหน่งติดตั้งมอเตอร์ และขีดจำกัดการใช้งานไว้อย่างชัดเจน ข้อกำหนดต่างๆเหล่านี้เรียกว่า กำหนดมาตรฐาน (Standard Specificatia)

2.2 ทฤษฎี การคำนวณใบพัด

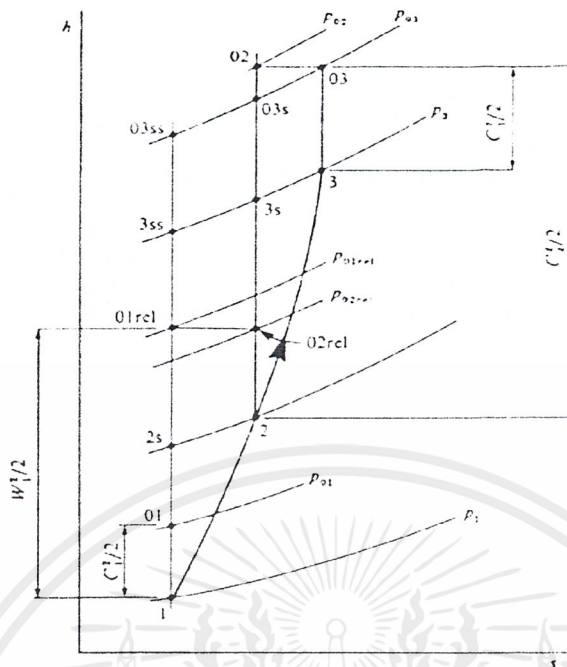


รูป ที่ 2.18 An axial compressor stage

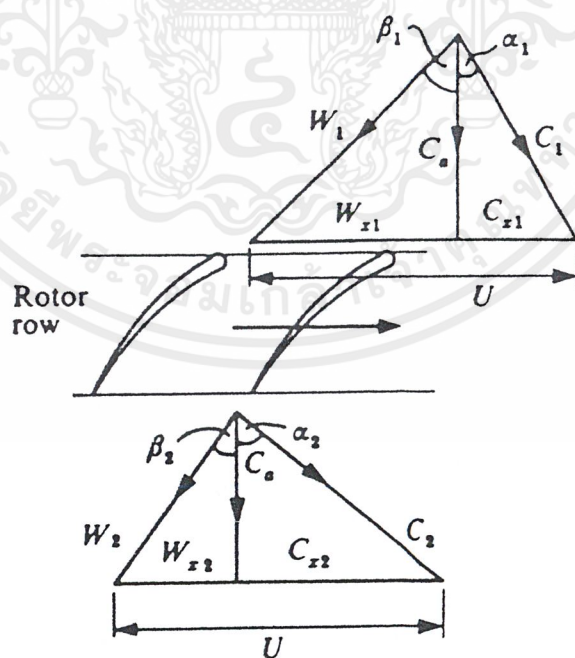


รูป 2.19 Velocity triangles for an axial flow compressor stage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

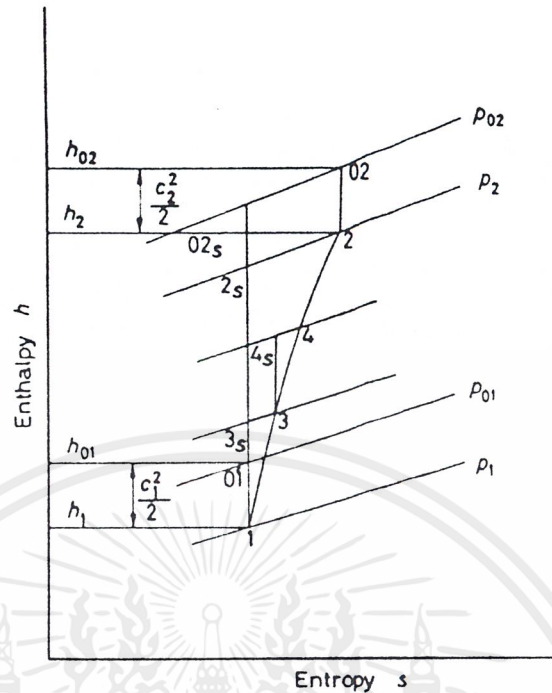


รูป 2.20 Mollier chart for an axial flow compressor stage



รูปที่ 2.21 แสดง ทิศทางลมเข้าและออกโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 แสดง Enthalpy-entropy diagram for compression

สมการพลังงานของ Euler's equation

$$W/m = U_2 C_{x2} - U_1 C_{x1} \quad (2.27)$$

หรือ $E = (U_2 C_{x2} - U_1 C_{x1})/g \quad (2.28)$

จากสามเหลี่ยมความเร็ว เมื่อ C_a มีค่าคงที่ตลอด stage แล้ว $U_1 = U_2 = U$

$$C_{x2} = U - C_a \tan \beta_2$$

$$C_{x1} = U - C_a \tan \beta_1$$

$$C_{x2} - C_{x1} = C_a (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)$$

$$E = U C_a (\tan \beta_1 - \tan \beta_2)/g \quad (W/(N/s)) \quad (2.29)$$

พลังงานสามารถส่งผ่าน ในเทอมของ ความเร็วการไหล

$$E = U C_a (\tan \alpha_2 - \tan \alpha_1)/g \quad (W/(N/s)) \quad (2.30)$$

จากรูป 2.20 เราสามารถหาพลังงานโดยใช้ Mollier Chart ในรูปที่ 2.20 ซึ่งเอนทัลปีเปลี่ยนแปลงไปทำให้เป็นขบวนการ Irreversible ใน โรเตอร์และสเตเตอร์

สมมุติการไหลเป็น adiabatic ตลอด stage , $h_{03} = h_{02}$ ดังนั้นสมการ 2.27 เขียนเป็น

$$W/m = h_{02} - h_{01} \quad (W/(kg/s)) \quad (2.31)$$

เขียนเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h_0 = h + C^2/2 = h + (C_a^2 + C_x^2)/2$$

แล้วได้

$$h_{02} - h_{01} = (h_2 - h_1) + (C_{x2}^2 - C_{x1}^2)/2 = U(C_{x2} - C_{x1})$$

หรือ $(h_2 - h_1) - (C_{x2} - C_{x1})[2U - (C_{x2} + C_{x1})]/2 = 0$

จัดสมการได้

$$(h_2 - h_1) - (C_{x2} - C_{x1})[(U - C_{x2}) + (U - C_{x1})]/2 = 0$$

$$(h_2 - h_1) + (W_{x2} - W_{x1})(W_{x2} + W_{x1})/2 = 0$$

$$(h_2 - h_1) + (W_{x2}^2 - W_{x1}^2)/2 = 0$$

แต่ $(W_{x2}^2 - W_{x1}^2) = (W_2^2 - W_1^2)$ ขณะที่ C_a คงที่ ดังนั้น

$$h_2 + W_2^2/2 = h_1 + W_1^2/2 \quad (2.32)$$

จากสมการ 2.32 สามารถเขียนเป็น

$$h_{02rel} = h_{01rel} \quad (2.33)$$

ประสิทธิภาพ ไอเซนทรอปิก

$$\eta_c = \frac{Ideal\ Isentropic\ Work\ Input}{Actual\ Work\ Input}$$

$$= (h_{03ss} - h_{01}) / (h_{03} - h_{01})$$

จัดสมการเป็น

$$\eta_c = T_{01} [(T_{03ss}/T_{01}) - 1] / (T_{03} - T_{01})$$

จัดได้

$$P_{03}/P_{01} = (T_{03ss}/T_{01})^{\gamma/(\gamma-1)}$$

อัตราส่วนการอัดตัวเป็น

$$P_{03}/P_{01} = [1 + \eta_c (T_{03} - T_{01}) / T_{01}]^{\gamma/(\gamma-1)} \quad (2.34)$$

พลังงานที่ให้กับของไหล จะถูกดูดกลืน ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นและความเร็วของอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปตามความเสียดทาน อย่างไรก็ตาม งานที่ให้เข้าไปปรากฏว่าอุณหภูมิที่ stagnation เพิ่มขึ้น แต่ถ้าเราคิดเป็นประสิทธิภาพ Isentropic แล้วสมการ 2.31 เขียนในเทอมของ อุณหภูมิและมุมของอากาศเข้าจากสมการ 2.29 เป็น

$$(T_{03} - T_{01}) = U C_a (\tan \beta_1 - \tan \beta_2) / C_p \quad (2.35)$$

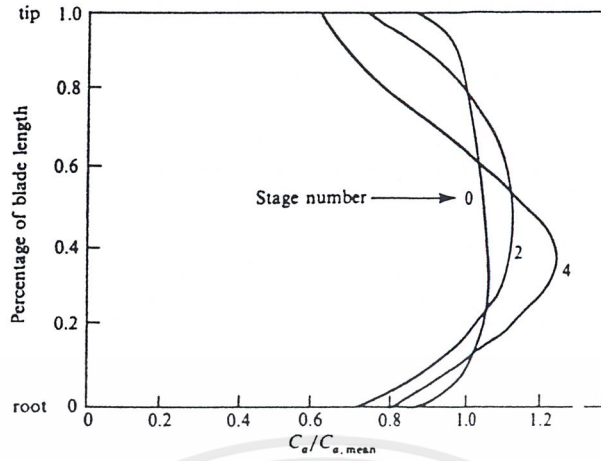
ในความเป็นจริงแล้ว C_a จะไม่คงที่ จะเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวใบพัด และจะสอดคล้องกับค่า work done factor (λ) ซึ่งหาได้โดย

$$\text{work done factor } (\lambda) = \frac{Actual\ Work\ Absorbing\ Capacity}{Ideal\ Work\ Absorbing\ Capacity}$$

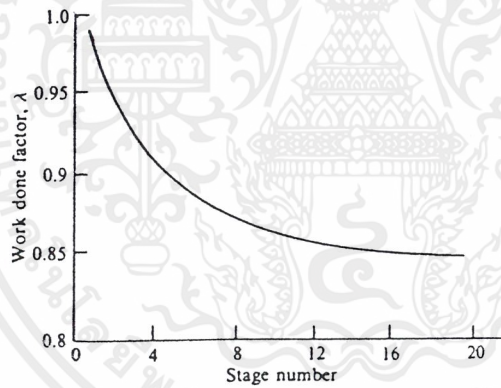
แล้ว

$$(T_{03} - T_{01}) = \lambda U C_a (\tan \beta_1 - \tan \beta_2) / C_p \quad (2.36)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.22 Variation of axial velocity along a blade



รูปที่ 2.23 Variation of work done factor with number of stage

REACTION RATIO อัตราส่วนปฏิกิริยา เป็นการวัดเอนทัลปีที่เพิ่มขึ้นในระบบ

$$R = \frac{\text{Static Enthalpy Rise In Rotor}}{\text{Static Enthalpy In Stage}} = (h_2 - h_1) / (h_3 - h_1) \tag{2.37}$$

เมื่อ $h_{02rel} = h_{01rel}$ แล้วจะได้

$$(h_2 - h_1) = (W_1^2 - W_2^2) / 2$$

ดังนั้น ถ้า $C_1 = C_3$ แล้ว

$$(h_3 - h_1) = (h_{03} - h_{01}) = U(C_{x2} - C_{x1})$$

แทนค่า $(h_2 - h_1)$ และ $(h_3 - h_1)$ ในสมการ 2.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 \text{จะได้ } R &= (W_1^2 - W_2^2) / [2U(C_{x2} - C_{x1})] \\
 &= [(C_a^2 + W_{x1}^2) - (C_a^2 + W_{x2}^2)] / [2U(C_{x2} - C_{x1})] \\
 &= (W_{x1} + W_{x2})(W_{x1} - W_{x2}) / [2U(C_{x2} - C_{x1})]
 \end{aligned}$$

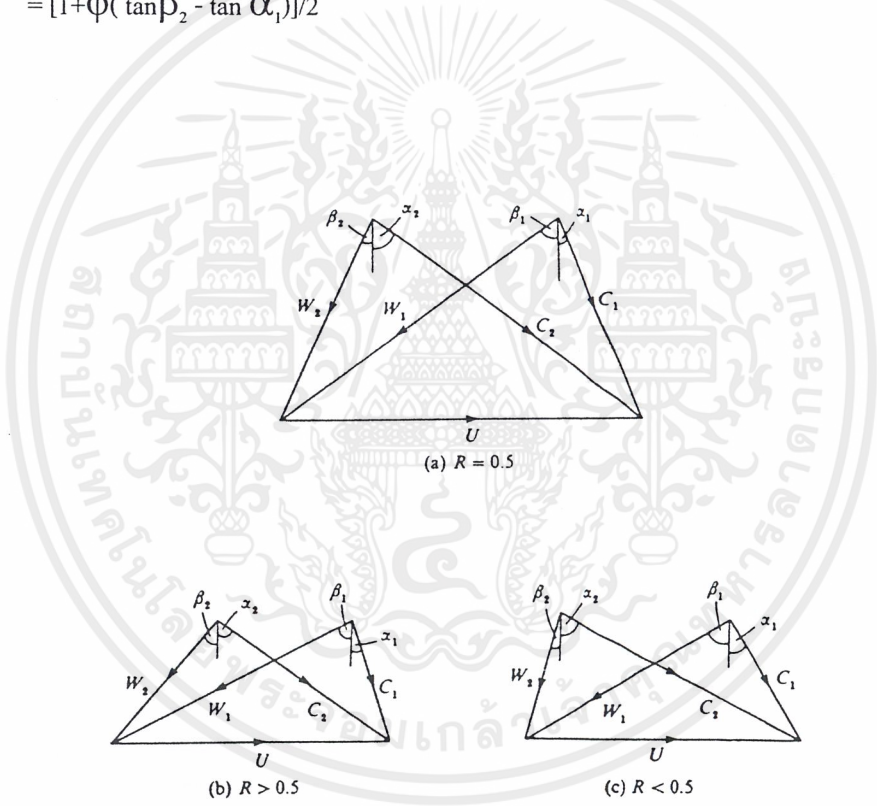
แต่ $C_{x2} = U - W_{x2}$ และ $C_{x1} = U - W_{x1}$ ดังนั้น

$$(C_{x2} - C_{x1}) = (W_{x1} - W_{x2})$$

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น } R &= (W_{x1} + W_{x2}) / 2U \\
 &= C_a(\tan \beta_1 + \tan \beta_2) / 2U \\
 &= (C_a / U)(\tan \beta_\infty) \\
 &= \phi \tan \beta_\infty
 \end{aligned}$$

เมื่อ $\beta_\infty = (\tan \beta_1 + \tan \beta_2) / 2$ ในขณะที่ flow coefficient เขียนได้ดังนี้

$$R = [1 + \phi(\tan \beta_2 - \tan \alpha_1)] / 2 \tag{2.38}$$



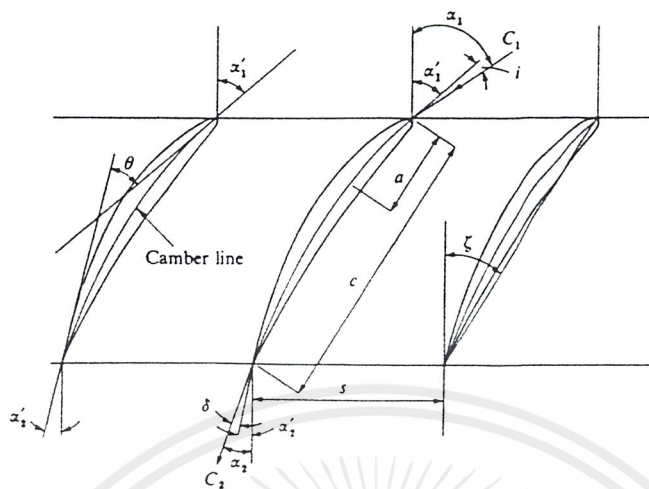
รูปที่ 2.24 Effect of reaction ratio on the velocity triangles

สำหรับ reaction ratio = 50 % แสดงว่า $(h_2 - h_1) = (h_3 - h_2)$ แสดงว่า static enthalpy และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ในโรเตอร์และสเตเตอร์เท่ากันทำให้ $\beta_2 = \alpha_1$

สำหรับ reaction ratio > 0.5 แสดงว่า $\beta_2 > \alpha_1$, static enthalpy เพิ่มขึ้นในโรเตอร์มากกว่าในสเตเตอร์

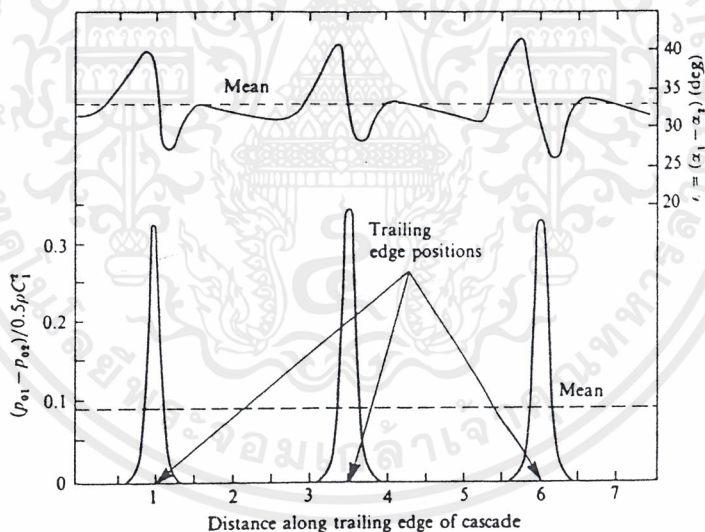
สำหรับ reaction ratio < 0.5 แสดงว่า $\beta_2 < \alpha_1$, static enthalpy เพิ่มขึ้นในโรเตอร์น้อยกว่าในสเตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Cascade Nomenclature and curves

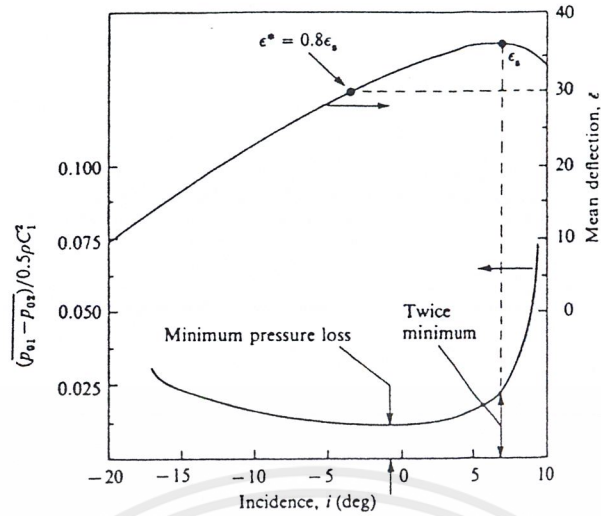
รูปที่ 2.25 Cascade nomenclature



รูปที่ 2.26 Cascade deflection and pressure loss curves at one angle of incidence

$$\text{Stagnation pressure loss coefficient} = (P_{01} - P_{02}) / 0.5 \rho C_1^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 Cascade mean deflection and pressure loss curved

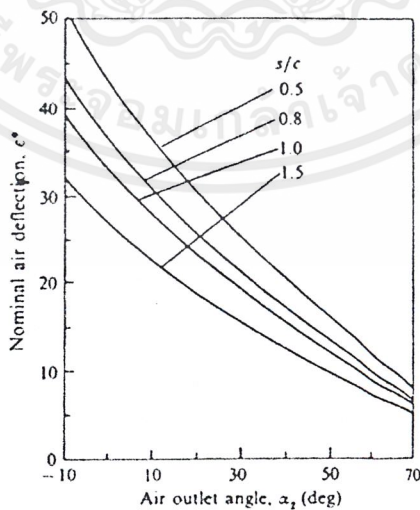
$$\delta = m\theta(s/C)^{(1/2)} \tag{2.39}$$

$$m = 0.23(2a/C)^2 + 0.1(\alpha_2/50) \tag{2.40}$$

a เป็นระยะจาก chord ถึงจุดที่มีแคมเบอร์มากที่สุดสำหรับ circular arc camber line จะทำให้ค่า $(2a/C) = 1$

Cascade Life and Drag Coefficient

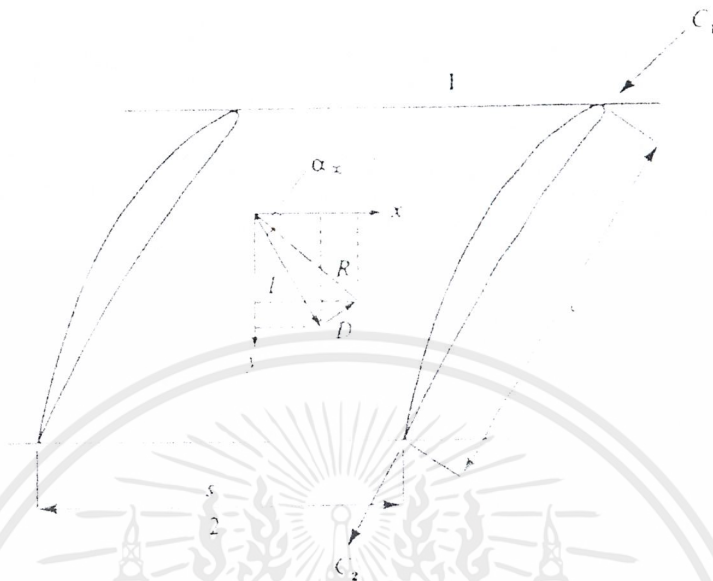
อัตราส่วนการอัดถูกควบคุมโดย ประสิทธิภาพของสแดง จากการวัดผลการทดลองผลลัพธ์ของ $(P_{01} - P_{02})$ ซึ่งสัมพันธ์กับแรงยก (C_L) และสัมพันธ์กับแรงดูด (C_D) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตาม โมเมนต์ดัดของอากาศ



รูปที่ 2.28 Cascade nominal deflection versus air outlet angle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบพัด 2 ใบ มีค่า chord c และ pitch s ดังแสดงตามรูปที่ 2.29 หน้าตัด 1 และ 2 แสดงค่าความดัน P_{01} และ P_{02} ตามลำดับ สอดคล้องกับค่าความเร็วของ C_1 และ C_2 ซึ่งไม่คิดความหนาแน่น



รูปที่ 2.29 Forces and velocities in a cascade

ความดันสถิตจะเปลี่ยนไปตามขวางของใบพัดแสดงได้โดย

$$(P_2 - P_1) = \rho(C_1^2 - C_2^2)/2 - \overline{(P_{01} - P_{02})} \quad (2.41)$$

ขณะที่ $P_{01} > P_{02}$ เพราะไม่มีงานกระทำที่ใบพัดและเป็นการไหลแบบย้อนกลับไม่ได้

$$\Delta P = \rho(C_1^2 - C_2^2)/2 - \overline{P_0} \quad (2.42)$$

เมื่อ $\Delta P = (P_2 - P_1)$

และ $\overline{P_0} = \overline{(P_{01} - P_{02})}$

ผลรวมของแรงทั้งหมดที่กระทำในปริมาตรควบคุม ในทิศทาง X และ Y จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของอากาศจะต้องเท่ากันทั้ง 2 ทิศทาง พิจารณา ในทิศทาง Y ก่อนซึ่งเมื่อ C_u คงที่และไม่มีความเร็วเปลี่ยนแปลง จาก 1 ถึง 2 ในทิศทาง Y และจะไม่มีโมเมนตัมเปลี่ยนแปลง ดังนั้น ดังนั้น สำหรับหน่วยของยาวของใบพัด

$$L \sin \alpha_\infty - D \cos \alpha_\infty - s \Delta P = 0$$

ดังนั้น $D = L \tan \alpha_\infty - s \Delta P / \cos \alpha_\infty \quad (2.43)$

ในทิศทาง X ความเร็วเปลี่ยนจาก C_{x1} ถึง C_{x2}

$$\begin{aligned} L \cos \alpha_\infty + D \sin \alpha_\infty &= \rho C_a s (C_{x2} - C_{x1}) \\ &= \rho C_a s (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดสมการได้

$$L = (\rho C_a^2 s / \cos \alpha_{\infty})(\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) - D \tan \alpha_{\infty} \quad (2.44)$$

แทนค่า L และ ΔP ในสมการ 2.43

$$D = [(\rho C_a^2 s / \cos \alpha_{\infty})(\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) - D \tan \alpha_{\infty}] \tan \alpha_{\infty} - (s / \cos \alpha_{\infty}) [\rho (C_1^2 - C_2^2) / 2 - \bar{P}_0]$$

และ

$$D = (1 + \tan^2 \alpha_{\infty}) (\rho C_a^2 s / \cos \alpha_{\infty})(\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) \tan \alpha_{\infty} - (s / \cos \alpha_{\infty}) [\rho (C_1^2 - C_2^2) / 2 - \bar{P}_0]$$

จากสมการทางคณิตศาสตร์

$$(1 + \tan^2 \alpha_{\infty}) = \sec^2 \alpha_{\infty} \quad , \quad \text{และ} \quad \tan \alpha_{\infty} = (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) / 2$$

ดังนั้น

$$D / \cos^2 \alpha_{\infty} = (\rho C_a^2 s / 2 \cos \alpha_{\infty})(\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2)(\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2) - (s / \cos \alpha_{\infty}) [\rho (C_1^2 - C_2^2) / 2 - \bar{P}_0]$$

แสดงได้ ก็คือ $(C_1^2 - C_2^2) / C_a^2 (\tan^2 \alpha_1 - \tan^2 \alpha_2)$

แล้ว

$$D / \cos^2 \alpha_{\infty} = (\rho C_a^2 s / 2 \cos \alpha_{\infty})(\tan^2 \alpha_1 - \tan^2 \alpha_2) - (\rho C_a^2 s / 2 \cos \alpha_{\infty})(\tan^2 \alpha_1 - \tan^2 \alpha_2) + \bar{P}_0 / \cos \alpha_{\infty}$$

สองเทอมแรกเท่ากันดังนั้น

$$D = s \bar{P}_0 \cos \alpha_{\infty}$$

หาร drag โดย $0.5 \rho C_a^2 c$ หา drag coefficient

$$C_D = 2(s/c) (\bar{P}_0 / \rho C_a^2) \cos \alpha_{\infty} \quad (2.45)$$

แต่ $C_{\infty} = C_a / \cos \alpha_{\infty}$ และ $C_a = C_1 \cos \alpha_1$ นำไปแทน ในสมการ 2.45

$$C_D = 2(s/c) (\bar{P}_0 / \rho C_1^2) (\cos^3 \alpha_{\infty} / \cos^2 \alpha_1) \quad (2.46)$$

ลักษณะคล้ายกันกับ C_D โดยการแทน C_L ใน D และ ΔP ในสมการ 2.44 ได้

$$L = (\rho C_a^2 s / \cos \alpha_{\infty})(\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) - \{L \tan \alpha_{\infty} - (s / \cos \alpha_{\infty}) [\rho (C_1^2 - C_2^2) / 2 - \bar{P}_0]\} \tan \alpha_{\infty}$$

และ

$$L = (1 + \tan^2 \alpha_{\infty}) (\rho C_a^2 s / \cos \alpha_{\infty})(\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) + (s \rho C_a^2 / 2 \cos \alpha_{\infty})(\tan^2 \alpha_1 - \tan^2 \alpha_2) \tan \alpha_{\infty} - (s \bar{P}_0 / \cos \alpha_{\infty}) \tan \alpha_{\infty}$$

$$L = (\rho C_a^2 s / \cos \alpha_{\infty}) [(\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) + (\tan^2 \alpha_1 - \tan^2 \alpha_2)(\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2) / 4] - (s \bar{P}_0 / \cos \alpha_{\infty}) \tan \alpha_{\infty}$$

$$= (\rho C_a^2 s / \cos \alpha_{\infty})(\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) + [1 + (\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2)^2 / 4] - (s \bar{P}_0 / \cos \alpha_{\infty}) \tan \alpha_{\infty}$$

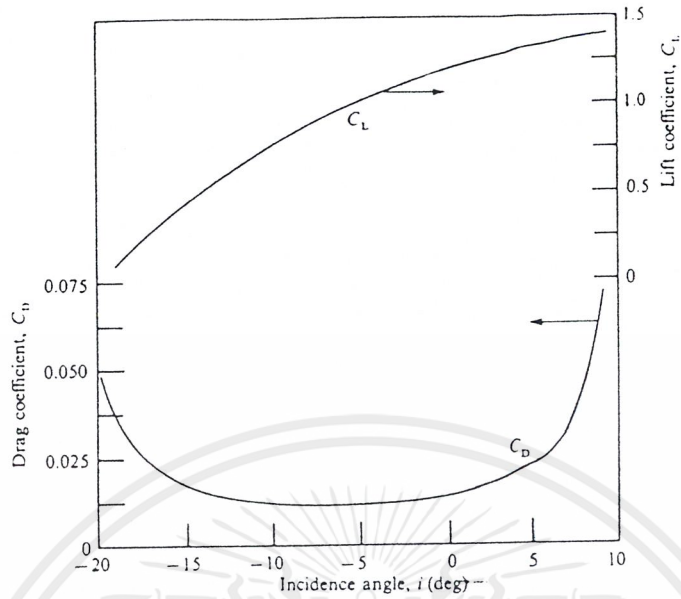
ขณะที่

$$C_L = L / 0.5 \rho C_a^2 c = 2L \cos^2 \alpha_{\infty} / \rho C_a^2 c = 2L \cos^2 \alpha_{\infty} / \rho C_1^2 c \cos^2 \alpha_1$$

ดังนั้น

$$C_L = 2(s/c) \cos \alpha_{\infty} (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) - 2(s/c) (\bar{P}_0 / \rho C_1^2) (\cos^3 \alpha_{\infty} / \cos^2 \alpha_1) \tan \alpha_{\infty} \\ = 2(s/c) \cos \alpha_{\infty} (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) - C_D \tan \alpha_{\infty} \quad (2.47)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 Lift and drag coefficients for the cascade from Eqs. (2.46) and (2.47)

ถ้าทราบอากาศเข้าความเร็ว C_1 และมุมตก i และมุมอากาศเข้า α_∞' ดังนั้นสามารถหา

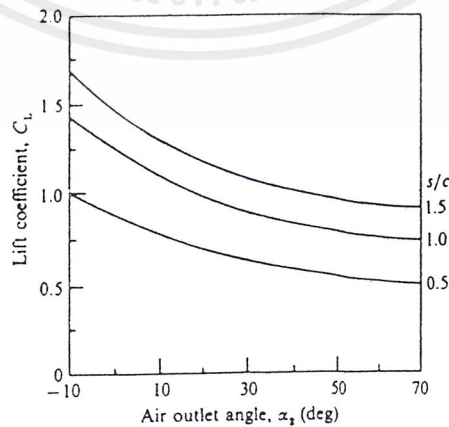
$$\alpha_1 = \alpha_\infty' + i, \text{ สามารถหา } \epsilon \text{ ได้ } \alpha_\infty = \tan^{-1}[(\tan\alpha_1 + \tan\alpha_2)/2]$$

ซึ่ง $\alpha_2 = (\alpha_1 - \epsilon)$

ขณะที่เราทราบ (s/c) ค่าของ $\overline{P}_0 / 0.5\rho C_1^2$

สัมประสิทธิ์แรงจุดน้อยมากเมื่อเทียบกับ C_L ดังนั้นสมการ จึงเป็น

$$C_L = 2(s/c)\cos\alpha_\infty(\tan\alpha_1 - \tan\alpha_2) \tag{2.48}$$



รูปที่ 2.31 Nominal lift coefficients for the cascade

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Annulus drag coefficient

$$C_{DA} = 0.02 \text{ (s/l)} \quad (2.49)$$

ขณะที่ 1 คือ ความสูงของใบพัด

$$\text{Secondary losses} \quad C_{DS} = 0.018 C_L^2 \quad (2.50)$$

ผลรวม สัมประสิทธิ์แรงกดคือ

$$C_{DT} = C_D + C_{DA} + C_{DS} \quad (2.51)$$

3.1 การคำนวณใบพัด

วัดอุณหภูมิอากาศเข้า $30^\circ\text{C} = 303\text{ K}$, วัดอุณหภูมิอากาศออก $33^\circ\text{C} = 306\text{ K}$, อากาศที่ STP

$$\rho = 1.23 \text{ kg/m}^3, U = 1.45 \times 10^{-5}, C_p = 1.005 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}, C_v = 0.718 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}, \gamma = C_p / C_v, \gamma = 1.4,$$

$$\dot{m} = \rho A V = 1.23 \times \pi \times (0.1)^2 \times 25 = 0.97 \text{ kg/sec}, d = 0.2 \text{ m}$$

ความเร็วรอบคิดที่ 6000 RPM

ความเร็วลมจากตารางการคูณเศษวัสดุคิดที่คูณเศษตะกั่ว 5000 ฟุต/นาที หรือเท่ากับ 25 m/sec

Work done factor จากกราฟ 2.23 มีค่าเท่ากับ 0.98

ความเร็วเฉลี่ยใบพัด (6000 RPM, รัศมีใบพัด คิดที่กึ่งกลางใบพัด = 0.0675 เมตร)

$$U = 2\pi r n / 60 = 2\pi \times 0.0675 \times 6000 / 60 = 42.41 \text{ m/sec}$$

จากรูปที่ 2.21 กำหนดให้พิจารณาทิศทางลมเข้าสัมพันธ์กับทิศทางลมออก กำหนด $R = 0.5$

$$T_{03} - T_{01} = \lambda U C_a (\tan\beta_1 - \tan\beta_2) / C_p$$

$$3 = 0.98 \times 42.41 \times 25 (\tan\beta_1 - \tan\beta_2) / 1005$$

$$\tan\beta_1 - \tan\beta_2 = 2.9$$

จากสมการ $R = C_a (\tan\beta_1 + \tan\beta_2) / 2U$

$$\tan\beta_1 + \tan\beta_2 = 1.7$$

แก้สมการ

$$\beta_1 = 66.5^\circ = \alpha_2$$

$$\beta_2 = 21.81^\circ = \alpha_1$$

จากสมการ $C_1 = C_a / \cos \alpha_1$

$$C_1 = 25 / \cos(21.81)$$

$$= 26.93 \text{ m/sec}$$

$$T_1 = T_{01} - (C_1^2 / 2C_p)$$

$$= 303 - (26.93^2 / (2 \times 1005)) = 302.6 \text{ K}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมุติการไหลเป็นแบบไอเซนทรอปิก ได้สมการเป็น $P_1/P_{01} = (T_1/T_{01})^{(\gamma/(\gamma-1))}$

$$P_1 = 101.3 (302.6 / 303)^{3.5} = 100.8 \text{ kpa}$$

จาก $P = \rho RT$

$$\rho_1 = 100.8 / (0.287 \times 302.6) = 1.16 \text{ kg/m}^3$$

$$A = \pi(d^2) / 4 = 0.0314 \text{ m}^2$$

Blade height(h)

$$H = A / (2\pi r_m) = 0.0314 / (2\pi \times 0.675) = 0.075 \text{ m}$$

$$\epsilon' = \beta_1 - \beta_2 = 66.5 - 21.81 = 44.7^\circ$$

และมีมุมอากาศออก $\beta_2 = 21.81^\circ$

จากรูป 2.28 จะได้ $S/C = 0.4$

พิจารณาค่า S ที่ $r = 0.035 \text{ m}$.

$$\text{ที่ 2 ใบ } S = 2\pi \times 0.035 / 2 = 0.109, C = S / 0.4 = 0.27 \text{ m}$$

$$\text{ที่ 3 ใบ } S = 2\pi \times 0.035 / 3 = 0.073, C = S / 0.4 = 0.18 \text{ m}$$

$$\text{ที่ 4 ใบ } S = 2\pi \times 0.035 / 4 = 0.054, C = S / 0.4 = 0.13 \text{ m}$$

คำนวณค่า δ จาก สมการ $\delta = m\theta(S/C)^{(1/2)}$, $m = 0.23(2a/C)^2 + 0.1(\alpha_2/50)$, $\delta = \alpha_2 - \alpha_2'$

a เป็นระยะจาก chord ถึงจุดที่มีมุมแคมเบอร์ มากที่สุด สำหรับ camber line ที่เป็น circular arc camber line

$(2a/C) = 1$ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ทั่วไป และที่ mean radius (α_2 for cascade = β_2 for the moving blade)

$$m = 0.23(2a/C)^2 + 0.1(\alpha_2/50) = 0.23 \times 1 + (0.1 \times 21.81 / 50) = 0.27$$

จากสมการ $\delta = m\theta(S/C)^{(1/2)} = 0.27(0.4)^{(1/2)}$, $\theta = 0.171\theta$

Camber angle

$$\begin{aligned} \theta &= \alpha_1' - \alpha_2' \\ &= \alpha_1' - \alpha_2 + \delta \\ &= \alpha_1' - \alpha_2 + 0.171\theta \end{aligned}$$

มุมอากาศที่ทางเข้า (α_1) = compressor relative air inlet angle (β_1)

$$\begin{aligned} \theta &= \alpha_1' - \alpha_2 + 0.171\theta \\ &= 66.5 - 21.81 + 0.171\theta \\ &= 53.9^\circ \end{aligned}$$

Stagger angle (ζ)

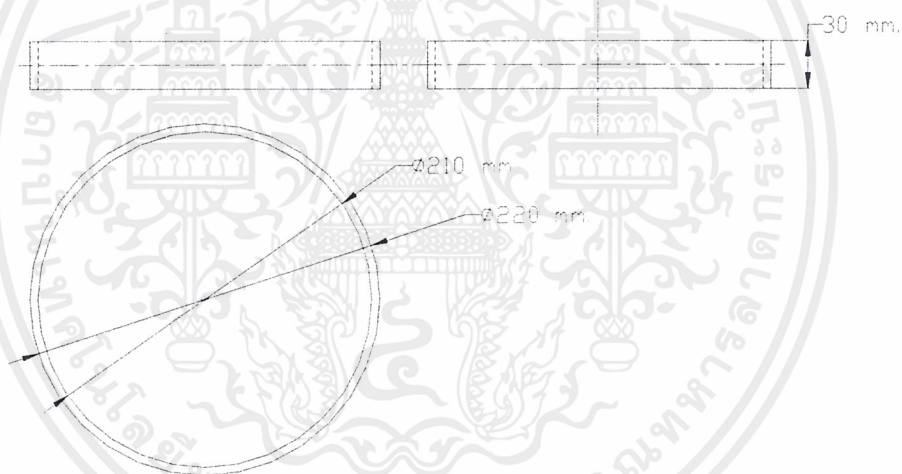
$$\begin{aligned} \zeta &= \alpha_1' - (\theta/2) \\ &= 66.5 - (53.9/2) \\ &= 39.55^\circ \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการดูและเก็บเศษหญ้า ประกอบด้วยชิ้นส่วนดังนี้

1. ส่วนกรอบใบพัดและใบตัด
2. ส่วนกรวยดูดเศษหญ้า
3. ส่วนข้อต่อหักมุม
4. ส่วนท่อลำเลียงเศษหญ้า
5. ส่วนยึดถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้า
6. ถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้า
7. ส่วนยึดกรวยดูดเศษหญ้าเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้า
8. ใบพัด
9. ใบตัด

3.2.1 ส่วนกรอบใบพัดและใบตัด เป็นส่วนที่อยู่ปลายสุดของปากกรวยดูดเศษหญ้า มีขนาดตามรูป



รูปที่ 3.1 ส่วนกรอบใบพัดและใบตัด

3.2.1.1 จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ

1. ต้องการให้สามารถมองเห็นลักษณะการทำงานของใบพัดได้
2. ต้องการให้มีน้ำหนักเบา
3. มีผิวเรียบเพื่อลดแรงเสียดทานจากผิววัสดุ
4. สามารถสร้างได้และนำไปใช้งานได้จริง
5. ระดับความสูงของเศษหญ้าที่ตัดมีความสูงพอดี
6. สามารถเคลื่อนที่อุปกรณ์ในขณะที่ตัดได้สะดวก
7. สามารถซ่อมแซมอุปกรณ์ได้ง่ายเมื่อเกิดความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

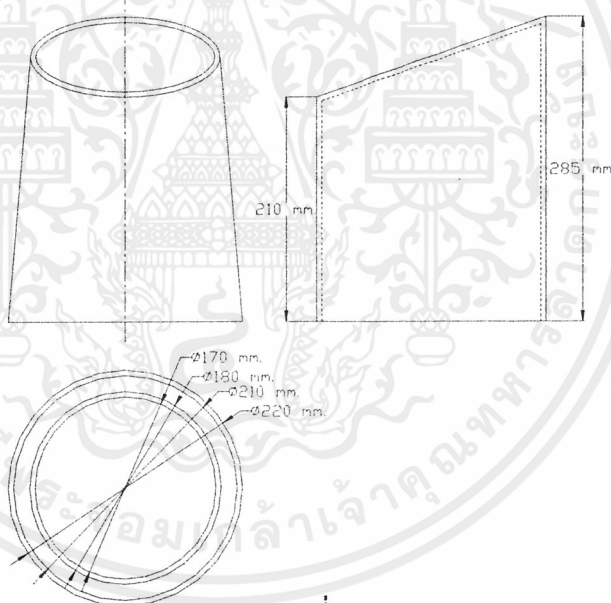
8. นำไปประกอบกับชิ้นส่วนอื่นได้ง่าย
9. ควรมีขนาดไม่ใหญ่มากเกินไปจนนำไปใช้งานได้อย่างสะดวก
10. ควรมีขนาดไม่เล็กมากเกินไปจนทำให้ไม่สามารถดูหญ้าได้
11. มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่าความยาวของใบพัดเล็กน้อย เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการดูหญ้าสูงสุด โดยเกิดความสูญเสียของพลังงานน้อยที่สุด

3.2.1.2 หน้าที่ของส่วนครอบใบพัดและใบตัด

1. ปรับระดับความสูงต่ำสุดของหญ้าที่ถูกตัดเรียบร้อยแล้ว
2. เป็นส่วนครอบเพื่อบังคับลมจากบริเวณปลายใบพัดให้เข้าสู่ส่วนกรวย
3. เป็นตัวกำหนดให้การเคลื่อนที่ในขณะที่ตัดเป็นไปได้อย่างสะดวก
4. เป็นส่วนบังไม่ให้เศษหญ้าที่ตัดแล้วกระจายออกทั่วบริเวณจากแรงของใบพัด

3.2.2. ส่วนกรวยดูเศษหญ้า

เป็นส่วนที่ต่อเชื่อมระหว่างส่วนครอบใบพัดและใบตัดกับส่วนข้อต่อหักมุม โดยมีขนาดตามรูปดังนี้



รูปที่ 3.2 กรวย

3.2.2.1 จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ

1. ต้องการให้สามารถมองเห็นลักษณะการทำงานของใบพัดและการลำเลียงของเศษหญ้าได้
2. ต้องการให้มีน้ำหนักเบา
3. สามารถสร้างได้และนำไปใช้งานได้จริง
4. มีผิวเรียบเพื่อลดแรงเสียดทานจากผิววัสดุ
5. สามารถลดขนาดของอุปกรณ์ที่จะใช้ลำเลียงเศษหญ้าได้โดยมีประสิทธิภาพในการดูเศษหญ้า

สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

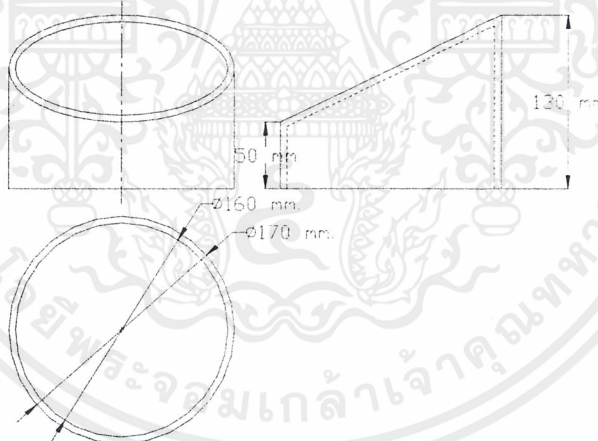
6. มีความสูงมากพอที่จะทำให้การดูดเศษหญ้าเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ
7. มีการทำมุมในส่วนที่จะประกอกับชุดข้อต่อหักมุม โดยต้องการให้เกิดความสูญเสียของพลังงานให้น้อยที่สุด เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการดูดเศษหญ้าสูงสุด
8. สามารถซ่อมแซมอุปกรณ์ได้ง่ายเมื่อเกิดความเสียหาย
9. นำไปประกอกับชิ้นส่วนอื่นได้ง่าย
10. ควรมีขนาดไม่ใหญ่มากเกินที่จะนำไปใช้งานได้อย่างสะดวก
11. ควรมีขนาดไม่เล็กมากเกินไปจนทำให้ไม่สามารถดูดหญ้าได้

3.2.2.2 หน้าที่ของส่วนกรวยดูดเศษหญ้า

1. เป็นส่วนลำเลียงเศษหญ้าจากใบพัดเข้าสู่ระบบการลำเลียง
2. เป็นส่วนลดขนาดจากปากท่อดูดหญ้าให้มีขนาดเล็กลงเพื่อลดขนาดและน้ำหนักของอุปกรณ์เพิ่มเติมทั้งหมดจะได้ใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น
3. เป็นส่วนบังคับทิศทางลมให้หมุนวนขึ้นสู่ส่วนลำเลียง
4. เป็นส่วนป้องกันการกระจายตัวของเศษหญ้าหลังจากถูกตัด

3.2.3 ส่วนข้อต่อหักมุม

เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างส่วนกรวยดูดหญ้ากับส่วนของท่อลำเลียง โดยมีขนาดตามรูปดังนี้



รูปที่ 3.3 ข้อต่อหักมุม

3.2.3.1 จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ

1. ต้องการให้สามารถมองเห็นลักษณะการลำเลียงเศษหญ้าเข้าสู่ท่อลำเลียงได้
2. ต้องการให้มีน้ำหนักเบา
3. มีผิวเรียบเพื่อลดแรงเสียดทานจากผิวของวัสดุ
4. สามารถสร้างได้และนำไปใช้งานได้จริง
5. สามารถซ่อมแซมอุปกรณ์ได้ง่ายเมื่อเกิดความเสียหาย
6. นำไปประกอกับชิ้นส่วนอื่นได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

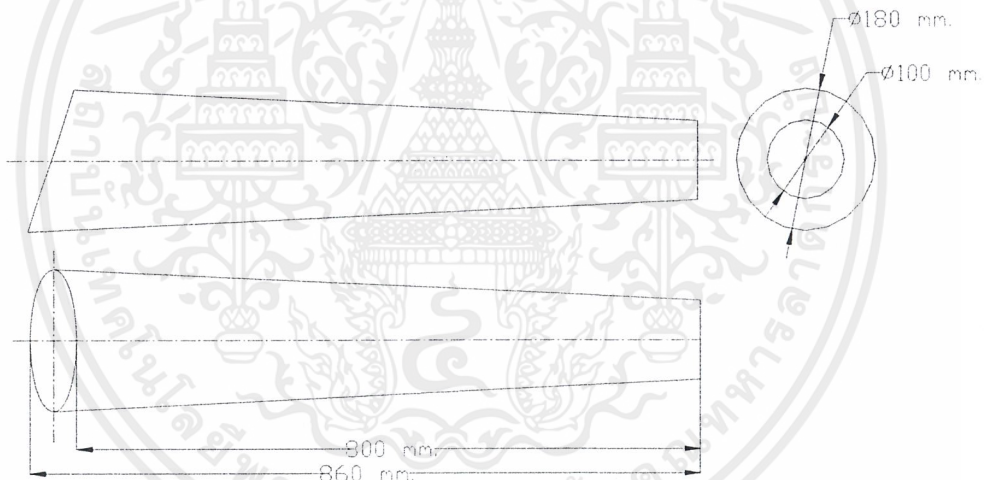
7. กำหนดมุมให้สามารถเปลี่ยนที่ทางลมในแนวตั้งฉากได้ โดยสูญเสียพลังงานในการลำเลียงน้อยที่สุด
8. กำหนดมุมในส่วนปลายอีกด้านที่เชื่อมต่อกับท่อลำเลียง โดยพยายามให้ขนาดของท่อลำเลียงมีขนาดเล็กที่สุดแต่สามารถลำเลียงเศษหญ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ
9. มีความสูงมากพอที่จะทำการดูดเศษหญ้าโดยให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด
10. มีขนาดไม่เล็กมากเกินไปจนทำให้ไม่สามารถดูดหญ้าได้

3.2.3.2 หน้าที่ของข้อต่อหักมุม

1. เป็นส่วนลำเลียงหญ้าจากส่วนกรวยไปยังท่อลำเลียง
2. เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางลมในแนวตั้งฉากจากส่วนกรวยไปยังท่อลำเลียง
3. เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ลดขนาดจากปากกรวยไปยังท่อลำเลียง โดยมีการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด

3.2.4 ส่วนท่อลำเลียงเศษหญ้า

เป็นส่วนที่เชื่อมต่อจากข้อต่อหักมุม ไปยังจุดดาข่ายเก็บเศษหญ้า โดยมีขนาดตามรูปดังนี้



รูปที่ 3.4 ท่อลำเลียง

3.2.4.1 จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ

1. ต้องการให้มีน้ำหนักเบา
2. มีผิวด้านในเรียบเพื่อลดค่าสูญเสียของพลังงาน
3. มีความแข็งแรงเพียงพอในการลำเลียงเศษหญ้า
4. สามารถสร้างและนำไปใช้งานได้ง่าย
5. สามารถใช้งานได้สะดวกไม่เกะกะ
6. สามารถซ่อมแซมได้ง่ายเมื่อเกิดการชำรุด
7. นำไปประกอบกับชิ้นส่วนอื่นได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

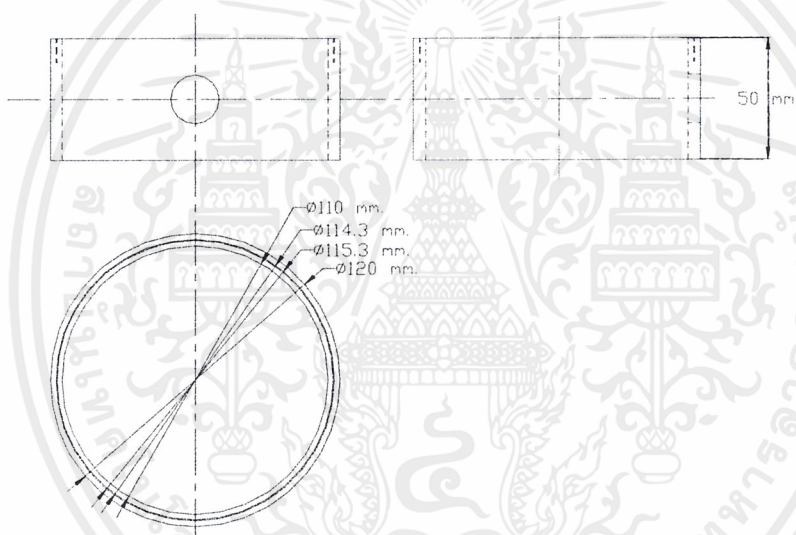
8. มีขนาดลดลงของเส้นผ่าศูนย์กลางตามแนวแกนในทุกๆ ช่วงเพื่อลดขนาดที่ปลายท่อ
9. มีขนาดไม่เล็กจนเกินไปเพื่อลดการสูญเสียของพลังงาน

3.2.4.2 หน้าที่ของส่วนท่อลำเลียงเศษหญ้า

1. ทำหน้าที่ลำเลียงเศษหญ้าหลังจากถูกตัดไปยังถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้า
2. บังคับทิศทางลมภายในไปยังท่อลำเลียงด้านหลัง
3. ลดขนาดท่อลงโดยให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงตามเดิม

3.2.5 ส่วนยึดถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้า

เป็นส่วนที่เชื่อมต่อที่ปลายท่อลำเลียงเพื่อใช้ยึดถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้า โดยมีขนาดและรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.5 ส่วนยึดถุงตาข่าย

3.2.5.1 จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ

1. ต้องมีน้ำหนักเบา
2. ต้องมีความแข็งแรงเพียงพอในการจับยึดอุปกรณ์ต่างๆ
3. มีผิวด้านในเรียบเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน
4. สามารถสร้างและนำไปใช้งานได้จริง
5. สามารถซ่อมแซมได้ง่ายเมื่อมีการชำรุด
6. นำไปประกอบเข้ากับชิ้นส่วนอื่นได้ง่าย
7. มีขนาดไม่เล็กไปจนไปลดพลังงานที่ใช้ในการดูดเศษหญ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.2 หน้าที่ของส่วนยึดถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้า

1. เป็นส่วนที่ใช้ยึดถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้าเข้ากับท่อลำเลียง
2. ใช้ยึดปลายของท่อลำเลียงเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้า
3. เป็นส่วนที่ใช้บังคับทิศทางลมเข้าสู่ถุงตาข่ายที่ใช้เก็บเศษหญ้า

3.2.6 ถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้า

เป็นส่วนปลายสุดของอุปกรณ์โดยยึดติดกับส่วนยึดถุงตาข่าย โดยมีขนาดและรายละเอียดตามรูป



รูปที่ 3.6 ถุงเก็บหญ้า

3.2.6.1 จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ

1. สามารถเก็บเศษหญ้าได้หมดโดยไม่ทำให้ลมอื่นภายในถุงตาข่าย
2. ต้องมีขนาดยาวเพียงพอที่จะสามารถลากบนพื้นได้
3. ใช้วัสดุที่มีความแข็งแรง ทนต่อการเสียดสี
4. มีน้ำหนักเบา
5. สามารถสร้างและนำไปใช้งานได้จริง
6. มีขนาดพอเหมาะเพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน
7. สามารถเทเศษหญ้าออกได้ง่าย
8. สามารถประกอบและถอดกลับชิ้นส่วนที่ใช้ยึดถุงตาข่ายกับท่อลำเลียงได้ง่าย

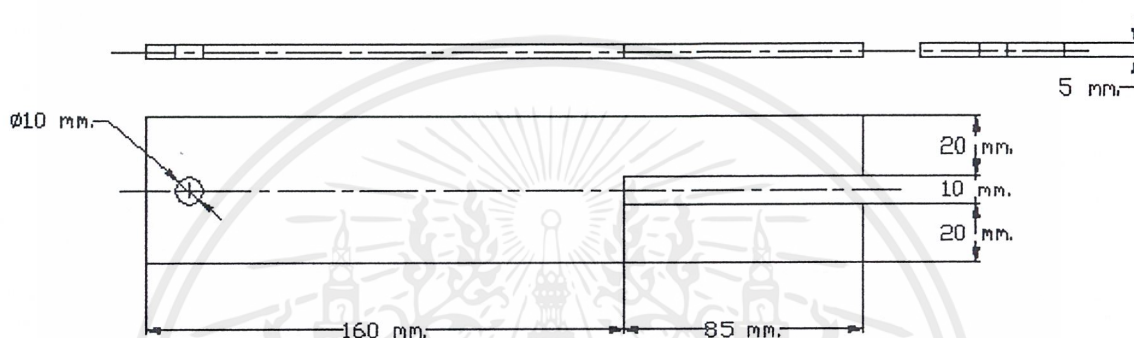
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6.2 หน้าที่ของถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้า

1. ใช้ดักเศษหญ้าที่ล้าเลียงมาหลักจากถูกตัด
2. ใช้เก็บเศษหญ้าในขณะที่ตัดหญ้า
3. ใช้เก็บเศษหญ้าเพื่อนำไปไว้ในที่ที่ต้องการ

3.2.7 ส่วนยึดกรวยดูดเศษหญ้าเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้า

เป็นส่วนที่ยึดติดกรวยดูดหญ้าเข้ากับท่ออลูมิเนียมซึ่งยึดกับแกนของเครื่องตัดหญ้า อีกที่หนึ่ง โดยมีขนาดและลักษณะตามรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ส่วนยึดกรวย

3.2.7.1 จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบ

1. ต้องการให้มีน้ำหนักเบา
2. สามารถสร้างและนำไปใช้งานได้จริง
3. ทนต่อการสั่นสะเทือนในขณะที่จับยึด
4. มีขนาดไม่ใหญ่จนเกินไป
5. สามารถปรับระดับเพื่อนำไปประกอบกับเครื่องตัดหญ้ายี่ห้ออื่นได้
6. มีความแข็งแรงในการจับยึดอุปกรณ์ต่างๆ
7. มีการซ่อมแซมได้ง่ายเมื่อเกิดความเสียหาย
8. สามารถปรับระดับความเที่ยงตรงในการจับยึดกรวยได้

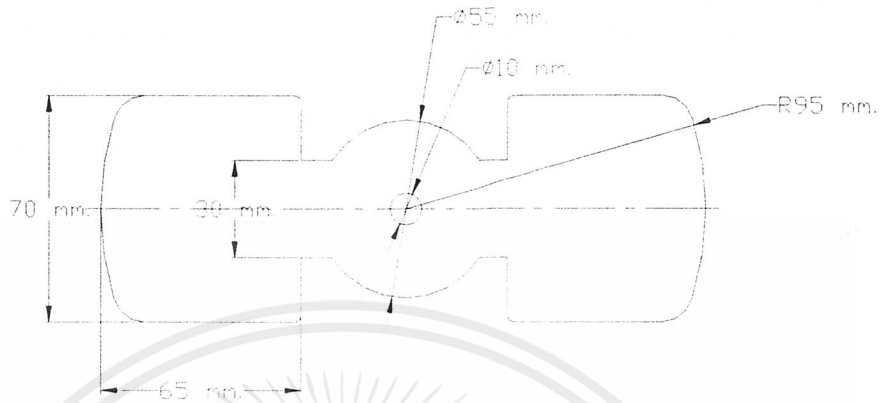
3.2.7.2 หน้าที่ของส่วนยึดกรวยดูดเศษหญ้าเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้า

1. ยึดกรวยตัดหญ้าและระบบการลำเลียงเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้า
2. ปรับระดับความสูงของกรวยกับใบพัด
3. ปรับระยะของกรวยให้ตรงกับใบพัดและใบตัด
4. ช่วยยึดไม่ให้กรวยเกิดการสั่นสะเทือนในขณะที่เดินเครื่อง
5. ปรับมุมของกรวยให้ตรงกับชุดส่งถ่ายกำลังของส่วนยึดใบพัด

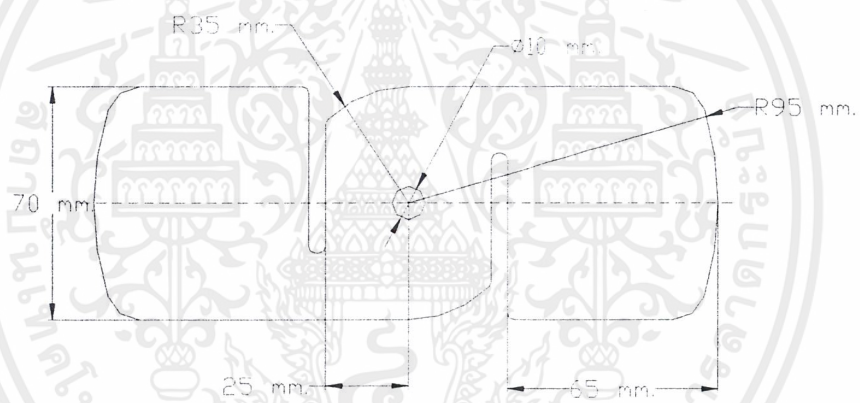
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 ใบพัด

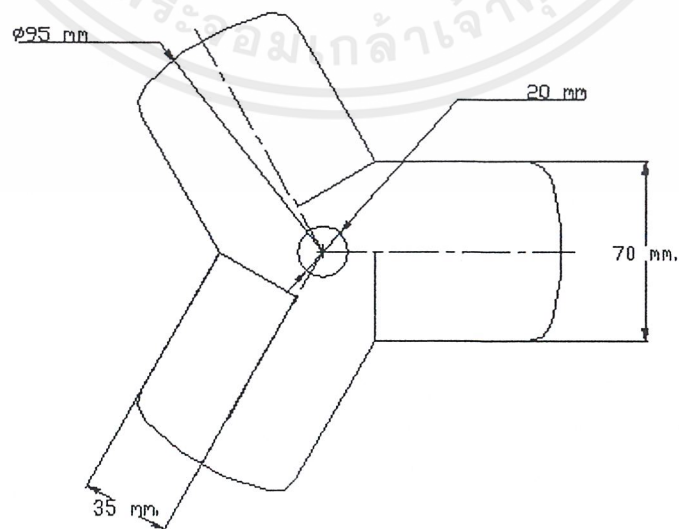
เป็นส่วนที่ยึดอยู่ใต้ใบตัด โดยอยู่ภายในกรวยซึ่งมีขนาดและรูปร่างดังรูปนี้



รูปที่ 3.8 ใบพัดแบบ 2 ใบแบบที่ 1

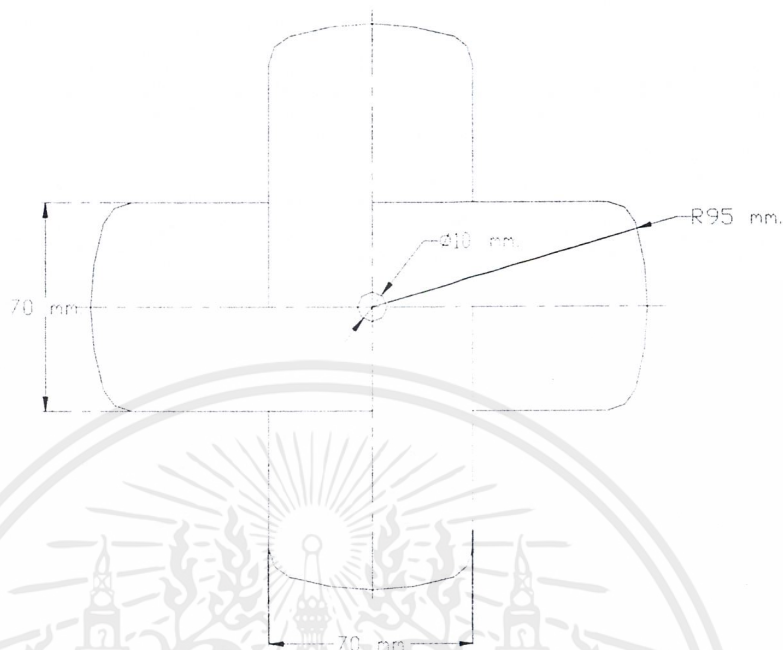


รูปที่ 3.9 ใบพัดแบบ 2 ใบแบบที่ 2



รูปที่ 3.10 ใบพัดแบบ 3 ใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ใบพัดแบบ 4 ใบ

3.2.8.1 จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ

1. สามารถดูดหญ้าได้ในความเร็วยรอบที่เครื่องตัดหญ้าทำได้
2. สามารถหมุน โดยที่ไม่ไปลดประสิทธิภาพของเครื่องตัดหญ้า
3. ทำความเร็วลมได้สูงสุด
4. มีความแข็งแรงทนทานต่อการเสียดสีและการกระแทก
5. มีน้ำหนักเบาและบาง
6. สามารถทนต่อการบิดตัวเมื่อเกิดการหมุน
7. มีขนาดพอดีกับกรวย และเมื่อเดินเครื่องของใบพัดจะไม่เสียดสีกับด้านในของกรวย
8. สามารถดูดเศษหญ้าที่ตัดแล้วได้หมด

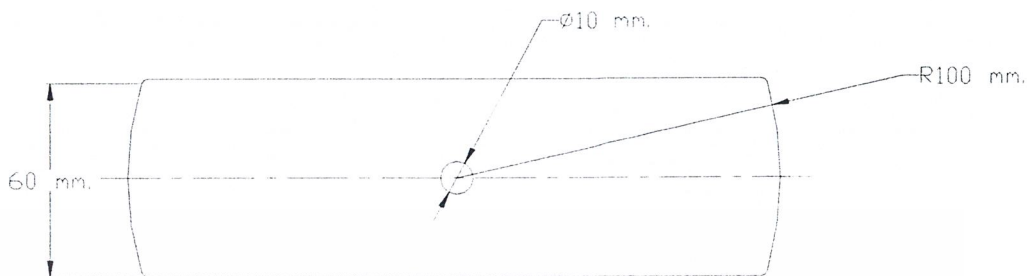
3.2.8.2 หน้าที่ของใบพัด

1. ดูดเศษหญ้าเข้าสู่ระบบลำเลียงหมุนให้มีความเร็วลมพอที่จะสามารถลำเลียงเศษหญ้าไปเก็บที่ ถูคาข่ายเก็บหญ้าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.9 ไบตัด

เป็นส่วนที่อยู่บนไบพัด โดยอยู่ภายในกรวย และยึดติดด้วยหัวจับยึดของเครื่องตัดหญ้า



รูปที่ 3.12 ไบตัดแบบแบน

3.2.9.1 จุดประสงค์หลักที่ต้องคำนึงในการออกแบบ

1. สามารถทนต่อการเสียดสีได้ดี
2. มีน้ำหนักเบาและบาง
3. มีขนาดเพียงพอในการตัดหญ้าได้โดยไม่เกิดความเสียหายขึ้นกับไบตัด
4. ไม่บวมที่ถูกรูดด้วยไบพัด
5. สามารถลับหรือซ่อมแซมได้
6. ตัดหญ้าให้ขาดได้โดยใช้แรงน้อย

3.2.9.2 หน้าที่ของไบตัด

ใช้ตัดหญ้าให้ขาดออกจากต้นหญ้า

3.3 การสร้าง

3.3.1 การสร้างส่วนกรอบไบพัดและไบตัด

3.3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้

1. แผ่นพลาสติกขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตรหนา 0.5 เซนติเมตร
2. กาวพลาสติกอย่างดี
3. ชูคเป่าเปลมไฟด้วยแก๊ส
4. เลื่อยฉลุ
5. ตะไบ
6. ถุงมือผ้า
7. ฝักากว้าง 1 นิ้ว
8. กระดาษทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 ขั้นตอนการผลิต

1. ตัดแผ่นพลาสติกหนา 5 มิลลิเมตร ด้วยเลื่อยฉลุให้ได้ขนาด 5 X 70 เซนติเมตร
2. ใช้ตะไบปรับแต่งความเรียบของปลายแผ่นพลาสติกทั้งสองด้าน
3. ใช้ชุดเป่าเปลวไฟด้วยแก๊สมาเป่าลงบนแผ่นพลาสติกให้อ่อนตัว
4. นำแผ่นพลาสติกมาตัดให้เกิดความโค้งเป็นวงกลมโดยให้ปลายชนกัน
5. ใช้กาวพลาสติกทาที่ปลายทั้งสองด้าน แล้วนำปลายทั้งสองด้านมาประกบกันให้แน่นจนกว่ากาวจะแห้ง
6. นำผ้ากาวมาติดรอยต่อของปลายพลาสติกเพื่อให้มีความแน่นมากขึ้น
7. นำชิ้นส่วนที่ได้มาขัดบนกระดาษทรายให้มีความเรียบทั้งสองด้าน

3.3.1.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้

1. เพื่อเป็นต้นแบบในการศึกษาเนื่องจากสามารถมองเห็นลักษณะการตัดหญ้าและการลำเลียงเศษหญ้าหลังการตัดได้
2. เนื่องจากต้องการความแข็งแรงของอุปกรณ์ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดจากเศษวัสดุอื่นถูกเหวี่ยงเข้าในส่วนกรวย
3. เนื่องจากต้องการให้น้ำหนักไม่มากนักเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

3.3.1.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน

1. ทำการตัดได้ยากเนื่องจากแผ่นพลาสติกมีความหนามาก
2. การตัดแผ่นพลาสติกต้องทำอย่างประณีต เนื่องจากแผ่นพลาสติกจะแตกง่าย
3. ทำการตัดได้ยากเนื่องจากเมื่อแผ่นพลาสติกโดนไฟจะอ่อนตัว และจะคืนตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง
4. ทำการให้ความร้อนลงบนแผ่นพลาสติกให้เท่ากันทั่วบริเวณเป็นไปได้ยาก จึงอ่อนตัวไม่เท่ากัน และทำให้มีปัญหาในการตัดให้กลม
5. ทำการตัดได้ยากเนื่องจากเมื่อแผ่นพลาสติกโดนไฟและเย็นตัวลง แผ่นพลาสติกจะกรอบและแตกได้ง่ายในขณะที่ทำการตัด

3.3.1.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

1. ในการเป่าไฟลงบนแผ่นพลาสติกควรมีระยะห่างจากหัวเป่ากับแผ่นพลาสติกพอสมควร
2. ในการเป่าไฟควรเคลื่อนที่หัวเป่าอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ความร้อนกระจายอย่างทั่วถึง
3. ในการตัดควรมีต้นแบบที่มีลักษณะเป็นวงกลมและมีขนาดใกล้เคียงกับของจริง เพื่อเอาไว้ทาบและกดแผ่นพลาสติกอ่อนลงบนแบบ
4. ในการตัดควรใช้ความระมัดระวังอย่างสูง
5. ควรใช้หัวเป่าไฟโดยใช้ปริมาณไฟพอสมควรไม่มากจนเกินไปซึ่งอาจจะทำให้พลาสติกหลอมละลายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การสร้างส่วนกรวยคูคเศษหญ้า

3.3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้

1. แผ่นพลาสติกขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร
2. กาวพลาสติกอย่างดี
3. ชุดเป่าเปลมไฟด้วยแก๊ส
4. เลื่อยฉลุ
5. ตะไบ
6. ถุงมือผ้า
7. ผ้ากาวกว้าง 1 นิ้ว
8. กระดาษทราย
9. สว่านมือ
10. ดอกสว่านขนาด 6 มิลลิเมตร
11. ชุดเจาะพลาสติกด้วยไฟฟ้า

3.3.2.2 ขั้นตอนการผลิต

1. ตัดแผ่นพลาสติกหนา 5 มิลลิเมตร ด้วยเลื่อยฉลุให้ได้ขนาด
2. ใช้ตะไบปรับแต่งความเรียบของปลายแผ่นพลาสติกทั้งสองด้าน
3. ใช้ชุดเป่าเปลมไฟด้วยแก๊สมาเป่าลงบนแผ่นพลาสติกให้อ่อนตัว โดยจะเริ่มจากปลายด้านหนึ่งแล้วค่อยๆ เลื่อน ไปยังปลายอีกด้านหนึ่งอย่างช้าๆ เนื่องจากแผ่นพลาสติกมีขนาดใหญ่มาก
4. นำแผ่นพลาสติกมาตัดให้เกิดความโค้งเป็นวงกลมในลักษณะรูปกรวยโดยให้ปลายชนกัน
5. ใช้กาวพลาสติกทาที่ปลายทั้งสองด้าน แล้วนำปลายทั้งสองด้านมาประกบกันให้แน่นจนกว่ากาวจะแห้ง
6. นำผ้ากาวมาติดรอยต่อที่ประกบด้วยกาวของปลายพลาสติกเพื่อให้มีความแน่นมากขึ้น
7. นำชิ้นส่วนที่ได้มาขัดบนกระดาษทรายให้มีความเรียบในส่วนด้านที่ประกอบเข้ากับส่วนครอบใบพัดและใบตัด
8. ในส่วนยอดของกรวยทำการตัดกรวยพลาสติกให้เป็นมุมแหลมด้านหนึ่งตามที่ได้ออกแบบไว้ด้วยเลื่อยฉลุอย่างระมัดระวัง
9. ทำการขัดส่วนที่ตัดด้วยกระดาษทรายให้เรียบ
10. เจาะรูที่จะนำไปยึดเข้ากับอุปกรณ์ที่ใช้จับยึดกับแกนเครื่องตัดหญ้าอย่างระมัดระวัง
11. เจาะรูที่ใช้ร้อยกรวยเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้าด้วยอุปกรณ์ให้ความร้อนตามขนาดของแกนเครื่องตัดหญ้า
12. ใช้ตะไบกลมตกแต่งรูให้เรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้

1. เพื่อเป็นต้นแบบในการศึกษาเนื่องจากสามารถมองเห็นลักษณะการตัดหญ้าและการลำเลียงเศษหญ้าหลังการตัดได้
2. เนื่องจากต้องการความแข็งแรงของอุปกรณ์ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดจากเศษวัสดุอื่นถูกเหวี่ยงเข้าในส่วนกรวย
3. เนื่องจากต้องการให้มีน้ำหนักไม่มากนักเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

3.3.2.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน

1. ทำการตัดได้ยากเนื่องจากแผ่นพลาสติกมีความหนามาก
2. การตัดแผ่นพลาสติกต้องทำอย่างประณีต เนื่องจากแผ่นพลาสติกจะแตกง่าย
3. ทำการตัดได้ยากเนื่องจากเมื่อแผ่นพลาสติกโดนไฟจะอ่อนตัว และจะกินตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง
4. ทำการตัดชิ้นรูปลายเนื่องจากกรวยจะมีลักษณะเป็นมุมในรูปทรงกรวยและมีขนาดใหญ่
5. เนื่องจากมีขนาดใหญ่จึงทำให้การให้ความร้อนให้ทั่วได้ยากและไม่ทั่วถึง เนื่องจากหลังจากที่เปลวไฟจากหัวเป่าเปลวไฟผ่านไปอุณหภูมิจะลดตัวลงอย่างรวดเร็ว
6. ทำการให้ความร้อนลงบนแผ่นพลาสติกให้เท่ากันทั่วบริเวณเป็นไปได้ยาก จึงอ่อนตัวไม่เท่ากัน และทำให้มีปัญหาในการตัดให้กลม
7. ทำการตัดได้ยากเนื่องจากเมื่อแผ่นพลาสติกโดนไฟและเย็นตัวลง แผ่นพลาสติกจะกรอบและแตกได้ง่ายในขณะทำการตัด
8. ในการเจาะรูขีดยึดควรกระทำอย่างระมัดระวังเนื่องจากพลาสติกจะแตกได้ง่าย
9. ในการเจาะรูที่ใช้ร้อยกับแกนเครื่องตัดหญ้าจะทำให้ขนาดพอดีได้ยากและขนาดไม่ได้ตามที่กำหนด

3.3.2.5 แนวทางในการแก้ไข้ปัญหา

1. ในการเป่าไฟลงบนแผ่นพลาสติกควรมีระยะห่างจากหัวเป่ากับแผ่นพลาสติกพอสมควร
2. ในการเป่าไฟควรเคลื่อนที่หัวเป่าอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ความร้อนกระจายอย่างทั่วถึง
3. ในการตัดควรมีต้นแบบที่มีลักษณะเป็นวงกลมและมีขนาดใกล้เคียงกับของจริง เพื่อเอาไว้ทาบและกดแผ่นพลาสติกอ่อนลงบนแบบ
4. ในการตัดควรใช้ความระมัดระวังอย่างสูง
5. ควรใช้หัวเป่าไฟโดยใช้ปริมาณไฟพอสมควรไม่มากจนเกินไป อาจทำให้พลาสติกหลอมละลายได้
6. ควรจะค่อยๆ ทำจากขอบด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งอย่างช้าๆ
7. ก่อนการเจาะรูควรใช้ฝักาวขีดยึดบริเวณที่จะทำการเจาะรู เพื่อป้องกันการแตกของพลาสติกในขณะเจาะรูได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ในการเจาะรูกรวยที่ร้อยเข้าในเครื่องตัดหญ้าต้องร่างแบบให้ได้ขนาดที่แน่นอน
9. ในการเจาะรูกรวยที่ร้อยในแกนเครื่องตัดหญ้าจะต้องเจาะขนาดเพื่อเอาไว้แล้วใช้ตะไบตกแต่งให้ได้รูปร่างและขนาดตามที่ต้องการ

3.3.3 การสร้างส่วนข้อต่อหักมุม

3.3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้

1. แผ่นพลาสติกขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 65 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร
2. กาวพลาสติกอย่างดี
3. ชูตเป่าเปลมไฟด้วยแก๊ส
4. เลื่อยฉลุ
5. ตะไบ
6. ถุงมือผ้า
7. ผ้ากาวกว้าง 1 นิ้ว
8. กระจกทราย

3.3.3.2 การผลิต

1. ตัดแผ่นพลาสติกหนา 5 มิลลิเมตร ด้วยเลื่อยฉลุให้ได้ขนาด
2. ใช้ตะไบปรับแต่งความเรียบของปลายแผ่นพลาสติกทั้งสองด้าน
3. ใช้ชูตเป่าเปลมไฟด้วยแก๊สมาเป่าลงบนแผ่นพลาสติกให้อ่อนตัว โดยจะเริ่มจากปลายด้านหนึ่งแล้วค่อยๆ เลื่อน ไปยังปลายอีกด้านหนึ่งอย่างช้าๆ เนื่องจากแผ่นพลาสติกมีขนาดใหญ่มาก
4. นำแผ่นพลาสติกมาตัดให้เกิดความโค้งเป็นวงกลมโดยให้ปลายชนกัน
5. ใช้กาวพลาสติกทาที่ปลายทั้งสองด้าน แล้วนำปลายทั้งสองด้านมาประกบกันให้แน่นจนกว่ากาวจะแห้ง
6. นำผ้ากาวมาติดรอยต่อที่ขีดกาวของปลายพลาสติกเพื่อให้มีความแน่นมากขึ้น
7. นำชิ้นส่วนที่ได้มาขัดบนกระจกทรายให้มีความเรียบในส่วนด้านที่ประกอบเข้ากับส่วนกรวยคูคหญ้า
8. ในส่วนแคบทำการตัดพลาสติกให้เป็นมุมแหลมด้านหนึ่งตามที่ได้ออกแบบไว้ด้วยเลื่อยฉลุอย่างระมัดระวัง
9. ทำการขัดส่วนที่ตัดด้วยกระจกทรายให้เรียบ

3.3.3.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้

1. เพื่อเป็นต้นแบบในการศึกษาเนื่องจากสามารถมองเห็นลักษณะการตัดหญ้าและการลำเลียงเศษหญ้าหลังการตัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ต้องการความแข็งแรงของอุปกรณ์ และทนต่อความเสียหายที่อาจเกิดจากเศษวัสดุอื่นถูกเหวี่ยงเข้าในส่วนข้อต่อหักมุม
3. เนื่องจากต้องการให้มีน้ำหนักไม่มากนักเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

3.3.3.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน

1. ทำการตัดได้ยากเนื่องจากแผ่นพลาสติกมีความหนามาก
2. การตัดแผ่นพลาสติกต้องทำอย่างประณีต เนื่องจากแผ่นพลาสติกจะแตกง่าย
3. ทำการตัดได้ยากเนื่องจากเมื่อแผ่นพลาสติกโดนไฟจะอ่อนตัว และจะคืนตัวเมื่ออุณหภูมิลดลง
4. ทำการตัดขึ้นรูปยากเนื่องจากส่วนนี้จะเป็นวงรี
5. เนื่องจากมีขนาดใหญ่จึงทำการให้ความร้อนทั่วได้ยากและไม่ทั่วถึง เนื่องจากหลังจากที่เปลวไฟจากหัวเป่าไฟผ่านไปอุณหภูมิจะลดตัวลงอย่างรวดเร็ว
6. ทำการให้ความร้อนลงบนแผ่นพลาสติกให้เท่ากันทั่วบริเวณเป็นไปได้ยาก จึงอ่อนตัวไม่เท่ากัน และทำให้มีปัญหาในการตัดให้เป็นวงรีโดยไม่มีแบบ
7. ทำการตัดได้ยากเนื่องจากเมื่อแผ่นพลาสติกโดนไฟและเย็นตัวลง แผ่นพลาสติกจะกรอบและแตกได้ง่ายในขณะที่ทำการตัด

3.3.3.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

1. ในการเป่าไฟลงบนแผ่นพลาสติกควรมีระยะห่างจากหัวเป่ากับแผ่นพลาสติกพอสมควร
2. ในการเป่าไฟควรเคลื่อนที่หัวเป่าอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ความร้อนกระจายอย่างทั่วถึง
3. ในการตัดควรมีต้นแบบที่มีลักษณะเป็นวงรีและมีขนาดใกล้เคียงกับของจริง เพื่อเอาไว้ทาบและกดแผ่นพลาสติกอ่อนลงบนแบบ
4. ในการตัดควรรักษาความระมัดระวังอย่างสูง
5. ควรใช้หัวเป่าไฟโดยใช้ปริมาณไฟพอสมควรไม่มากจนเกินไป อาจทำให้พลาสติกหลอมละลายได้
6. ก่อนการตัดควรออกแบบให้มีขนาดค่อนข้างแม่นยำเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการตัด

3.3.4 การสร้างส่วนต่อลำเลียงเศษหญ้า

3.3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้

1. แผ่นอลูมิเนียมผสมอย่างบางหนา 0.5 มิลลิเมตร กว้าง 65 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร
2. มีดตัดกระดาษ
3. ไม้บรรทัดเหล็ก
4. ฝักาวกว้าง 1 นิ้ว
5. ดินสอดำ

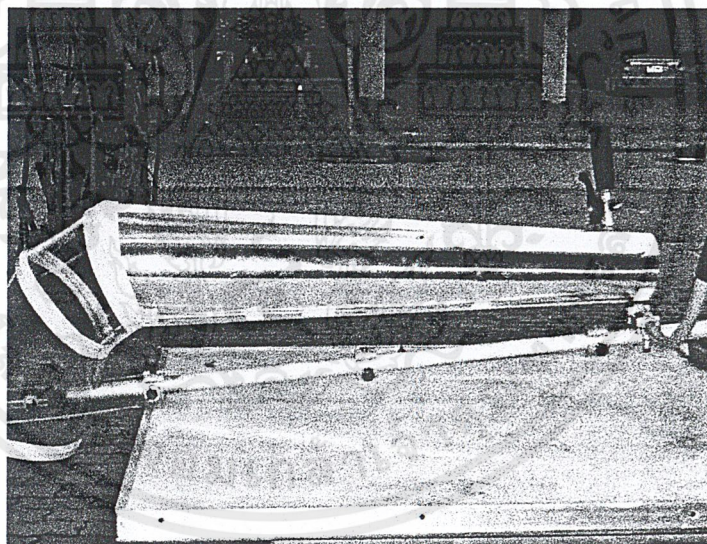
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.2 ขั้นตอนการผลิต

1. เขียนแบบตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้ลงบนแผ่นอลูมิเนียมผสม
2. ใช้มีดตัดกระดาษกับไม้บรรทัดเหล็ก ตัดให้ได้ขนาดตามแบบที่ได้ร่างไว้
3. นำไม้บรรทัดเหล็กกดที่ขอบทั้งสองด้าน แล้วพับขอบเข้าในลักษณะที่ใช้เกี่ยวกันไว้
4. นำขอบที่พับไว้มาเกี่ยวกันให้สนิทแล้วรีดให้มีความเรียบ
5. นำผ้ากาวมาปิดรอยที่พับไว้ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและป้องกันการหลุดออกจากกันของรอยพับ

3.3.4.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้

1. มีน้ำหนักเบา
2. มีความแข็งแรงพอประมาณ
3. สร้างได้ง่าย
4. สามารถซ่อมแซมได้ หรือในกรณีที่มีความเสียหายมาก เช่น บวม, หักหรืองอ ก็สามารถสร้างใหม่ได้โดยง่าย



รูปที่ 3.13 ท่อลำเลียง

3.3.4.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน

1. เนื่องจากเป็นแผ่นอลูมิเนียมผสมที่มีขนาดบางมากจึงเกิดการเสียหายได้ง่าย
2. รับแรงได้ไม่มาก ในการผลิตควรทำอย่างระมัดระวัง
3. มีความคมมากอาจเกิดการบาดได้
4. ในการพับมุมควรจะใช้ถุงมือป้องกันและควรใช้อุปกรณ์ช่วย เพื่อป้องกันการบาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

1. ควรใส่ถุงมือในการทำงานเพื่อป้องกันอันตรายจากแผ่นอลูมิเนียมผสม
2. ในการผลิตควรช่วยกันจับพับขอบเพื่อให้ได้ขอบที่สนิทและทำได้ง่ายขึ้น
3. ควรทำบนโต๊ะที่มีความราบเรียบ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นต่อชิ้นงาน

3.3.5 การสร้างส่วนยึดดูจตาข่ายเก็บเศษหุ้

3.3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้

1. ท่ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 110 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 120 มิลลิเมตร หนา 50 มิลลิเมตร
2. ท่ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 24 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 40 มิลลิเมตร หนา 20 มิลลิเมตร
3. เครื่องกลึงพร้อมอุปกรณ์ต่างๆ
4. เครื่องมือวัด
5. มีดกลึง
6. มีดเซาะร่องหน้ากว้าง 1 มิลลิเมตร
7. ตะไบระเอียด
8. เครื่องเจาะพร้อมดอกสว่าน เส้นผ่าศูนย์กลาง 8.5 มิลลิเมตร
9. TAP M10 พร้อมแขนจับ
10. น้ำมันตัด
11. สกรู M10 ยาว 1 นิ้ว 2 ตัว พร้อมแหวน
12. STUD M10 ยาว 2 นิ้ว 1 ตัว

3.3.5.2 ขั้นตอนการผลิต

1. กลึงท่ออลูมิเนียมให้ได้ขนาด 110 X 120 X 50 มิลลิเมตร
2. ใช้มีดเซาะร่องทำการเซาะร่องที่ด้านหนึ่งของท่ออลูมิเนียม เพื่อใช้ยึดเข้ากับปลายของท่อลำเลียง
3. ใช้ตะไบตบแฉ่งเพื่อลบรอยคมที่ขอบ
4. เจาะรูด้วยสว่านขนาด 8.5 มิลลิเมตร จนทะลุเพื่อใช้ยึด STUD
5. ใช้ TAP ทำเกลียวรูที่เจาะ โดยใช้ น้ำมันตัดร่วมในการทำเกลียว
6. กลึงท่ออลูมิเนียมให้ได้ขนาด 24 X 40 X 20
7. ใช้ตะไบตบแต่งเพื่อลบรอยคมที่ขอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เจาะรูด้วยสว่านขนาด 8.5 มิลลิเมตร จนทะลุ 3 รู โดยรูแรกใช้ชุด STUD อีก 2 รู ใช้ชุดกับแกน เครื่องด้วยสกรู M10

9. ใช้ TAP ทำเกลียวรูที่เจาะ โดยใช้น้ำมันตัดร่วมในการทำเกลียวทั้งหมด

3.3.5.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้

1. เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา
2. มีความแข็งแรงเพียงพอ
3. ไม่เกิดความเสียหายจากการกัดกร่อนด้วยน้ำกับออกซิเจน

3.3.5.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน

1. ทำการเจาะรูได้ยากเนื่องจากรูมีขนาดความกว้างที่แคบมาก
2. ในการทำเกลียวจะทำให้ตรงได้ยากเนื่องจากชิ้นงานบางเกินไปในการทำเกลียว

3.3.5.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

1. ในการเจาะรูควรใช้ความเร็วตัดพอประมาณ
2. มีดเจาะรูควรมีมุมมีดพอเหมาะในการเจาะรูโดยมีดไม่หักได้ง่าย
3. ในการทำเกลียวในควรใช้หัวสกรูหมุนเข้าไปใน TAP ก่อนเพื่อจะได้วางทาบกับชิ้นงานทำให้ออก TAP ตั้งตรงกับรู
4. ในการทำเกลียวต้องใช้ น้ำมันตัดอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ง่ายต่อการตัดเกลียวได้ง่าย โดยจะช่วยให้ดอก TAP ไม่หักได้ง่าย

3.3.6 การสร้างชุดจ่ายเก็บเศษหญ้า

3.3.6.1 อุปกรณ์ที่ใช้

1. ชุดจ่ายขนาด 30 X 30 X 150 เซนติเมตร
2. อลูมิเนียมเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร
3. เจ็มเย็บพร้อมค้าย

3.3.6.2 ขั้นตอนการผลิต

1. ตัดจ่ายให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ
2. เย็บจ่ายให้เป็นถุง
3. นำอลูมิเนียมเส้นมาตัดให้เป็นแหวนรัศที่ส่วนยึดถุงเก็บ
4. เย็บจ่ายเข้ากับแหวนรัศชุดจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้

1. สามารถรองรับน้ำหนักเศษหญ้าที่เก็บได้
2. สามารถให้ลมผ่านได้โดยเก็บเศษหญ้าที่ตัดไว้
3. มีแรงมากพอที่จะรัดและรับน้ำหนักถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้าได้
4. ทนทานต่อการประกอบเข้าและถอดออก
5. มีน้ำหนักเบา
6. สามารถซ่อมแซมเมื่อเกิดความเสียหายได้ง่าย

3.3.6.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วนนี้

1. ทำการตัดอลูมิเนียมเส้นให้กลมได้ยากเนื่องจากมีขนาดใหญ่
2. ทำการเลือกขนาดความถี่ของตาข่ายตาข่ายได้ยากต้องมีการทดลองเปรียบเทียบ

3.3.6.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

1. ในการตัดอลูมิเนียมเส้นควรจะมีแบบจำลองของท่อซึ่งใช้ในการทำแหวนรัด จึงจะทำให้แหวนรัดเป็นวงกลมและมีความโค้งสม่ำเสมอ
2. ในการเลือกขนาดตาข่ายตาข่ายควรเปรียบเทียบกับขนาดของเศษหญ้าที่ตัดแล้ว

3.3.7 การสร้างส่วนยึดกรวยดูดเศษหญ้าเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้า

3.3.7.1 อุปกรณ์ที่ใช้

1. แผ่นพลาสติกขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร
2. ชูดเป่าเปลมไฟด้วยแก๊ส
3. เลื่อยฉลุ
4. ตะไบ
5. ถุงมือผ้า
6. กระดาษทราย
7. สว่านมือพร้อมดอกสว่านขนาด 8 มิลลิเมตร
8. สกรูขนาด M6 ยาว 15 มิลลิเมตร 2 ตัว
9. สกรู M10 ยาว 1 นิ้ว 2 ตัว พร้อมแหวน
10. ท่ออลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 24 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 40 มิลลิเมตร หนา 20 มิลลิเมตร
11. เครื่องกลึงพร้อมอุปกรณ์ต่างๆ
12. เครื่องมือวัด
13. มีดกลึง
14. เครื่องเจาะพร้อมดอกสว่าน เส้นผ่าศูนย์กลาง 8.5 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. TAP M10 พร้อมแกนจับ
16. น้ำมันตัด
17. ไม้บรรทัดเหล็ก

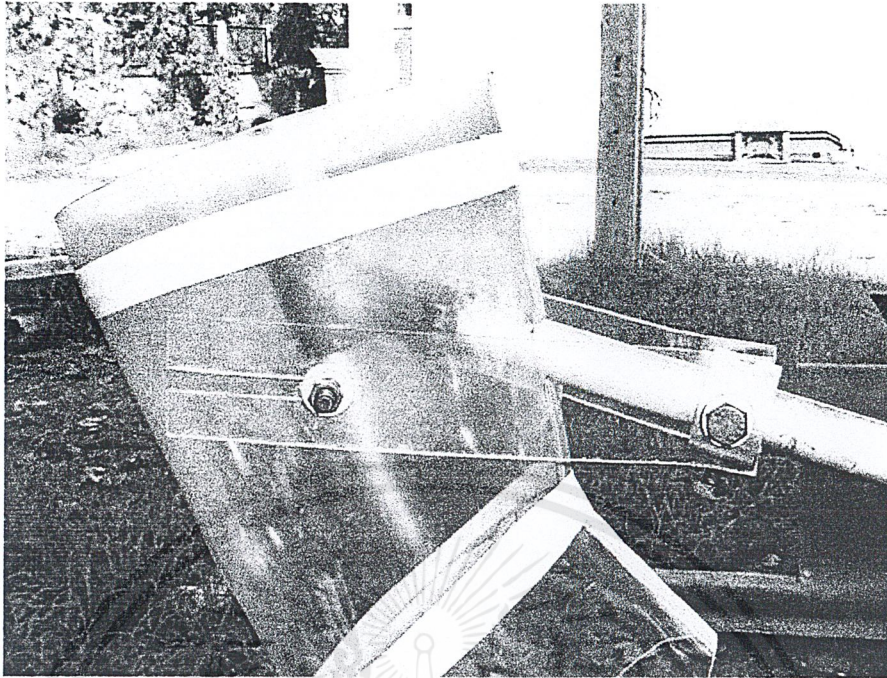
3.3.7.2 ขั้นตอนการผลิต

1. ตัดแผ่นพลาสติกหนา 5 มิลลิเมตร ด้วยเลื่อยให้ได้ขนาด
2. เขียนแบบร่องปรับลงบนแผ่นพลาสติก
3. ใช้สว่านเจาะรูที่ร่องด้านในสุดที่ร่างไว้
4. ใช้เลื่อยฉลุตัดร่องที่ร่างไว้
5. กำหนดจุดที่จะเจาะรูเพื่อยึดสกรู
6. ใช้สว่านเจาะรูที่จะนำไปร้อยในสกรู
7. ใช้ตะไบตกแต่งรายละเอียดต่างๆ และที่ขอบ
8. ใช้หัวฟันเปลวไฟเผาแผ่นพลาสติกในส่วนที่จะหักมุม
9. นำไม้บรรทัดเหล็กวางทาบแล้วหักมุมของพลาสติกก่อนที่จะเป็นตัว
10. กลึงอลูมิเนียมให้ได้ขนาดตามแบบ
11. เจาะรูด้วยดอกสว่านขนาด 8.5 มิลลิเมตร 2 รู ด้านตรงข้ามกัน
12. ใช้ TAP ทำเกลียวด้านในของรูที่เจาะทั้ง 3 รู
13. ตกแต่งด้วยตะไบเพื่อลบคมต่างๆ

3.3.7.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้

1. มีน้ำหนักเบา
2. มีความแข็งแรงตามที่ต้องการ
3. ใช้เศษวัสดุที่เหลือจากการทำอุปกรณ์อื่นเพื่อประหยัด
4. สามารถทำได้โดยง่าย
5. สามารถซ่อมแซมได้เมื่อเกิดการชำรุด
6. ทนต่อปฏิกิริยาเคมีจากน้ำกับออกซิเจนได้จึงไม่เกิดสนิม
7. สามารถรับแรงสั่นสะเทือนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ส่วนที่ครอบ,ส่วนกรวยที่สร้างเสร็จแล้ว

3.3.7.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน

1. ในการเผาไฟต้องระมัดระวังเนื่องจากแผ่นพลาสติกมีขนาดเล็ก
2. ในการตัดมุมจะได้มุมที่ไม่เท่ากันทั้งสองชิ้น
3. ในการเจาะรูจะทำให้แผ่นพลาสติกแตกได้ง่าย
4. ในการทำเกลียวจะทำให้เกลียวเอียง
5. ในการขันสกรูี้อาจทำให้แผ่นพลาสติกเสียหายได้
6. ในการเลื่อยและตะไบร่องอาจทำให้แผ่นพลาสติกส่วนที่เหลือหักได้

3.3.7.5 แนวทางการแก้ไขปัญหา

1. ในการเผาควรระวังระยะเวลาห่างของหัวฟันทอสมควร
2. ในการตัดแผ่นพลาสติกขนาดเล็กควรมีอุปกรณ์รองรับเพื่อป้องกันการหัก
3. ในการตัดมุมควรใช้เครื่องมือช่วยในการวัดเพื่อให้ได้มุมที่เท่ากัน
4. ในการเจาะรูควรใช้ผ้ากาวปิดหัวบริเวณที่เจาะเพื่อป้องกันการแตกของแผ่นพลาสติก
5. ในการทำเกลียวในควรใช้หัวสกรูช่วยโดยการใส่ไว้ใน TAP ก่อนเพื่อช่วยบังคับทิศทางให้ตรง
6. ในการขันสกรูควรมีแหวนยางหรือแหวนอลูมิเนียมรองรับเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรับแรง
7. ในการขันสกรูไม่ควรขันให้แน่นจนเกินไปเนื่องจากเมื่อเครื่องตัดหญ้าทำงานจะเกิดการสั่นสะเทือน
8. ในการเลื่อยและตะไบร่องควรใช้ปากกาจับงานช่วยจับเพื่อป้องกันการหัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.8 การสร้างใบพัด

3.3.8.1 อุปกรณ์ที่ใช้

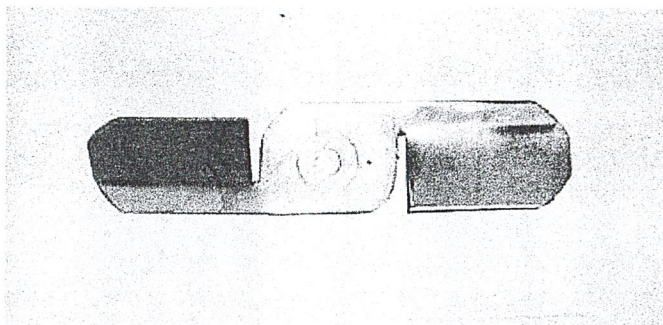
1. แผ่นสแตนเลสหนา 2 มิลลิเมตร
2. เครื่องตัดแผ่น โลหะ
3. กรรไกรตัดโลหะค้ำยาว
4. เครื่องเจาะและคอกสว่านขนาด 10 มิลลิเมตร
5. เครื่องเจียรไนตั้งโต๊ะ
6. ค้อนยางและท่อนับแบบ
7. ปากกาจับงาน

3.3.8.2 ขั้นตอนการผลิต

1. ตัดแผ่นสแตนเลสให้ได้ตามขนาดใบพัดทั้ง 3 แบบ
2. ร่างแบบใบพัดลงบนแผ่นสแตนเลส
3. ใช้กรรไกรตัดโลหะตัดส่วนที่ไม่ต้องการออก
4. นำไปเจาะรูตรงกลางเพื่อใช้ยึดกับตัวจับใบตัดของเครื่องตัดหญ้า
5. ใช้ตะไบและเจียรไนตกแต่งส่วนต่างๆ และลบคม
6. นำไปตีขึ้นรูปในลักษณะต่างๆ ตามที่ต้องการ
7. ใช้ตะไบตกแต่งให้เรียบร้อย

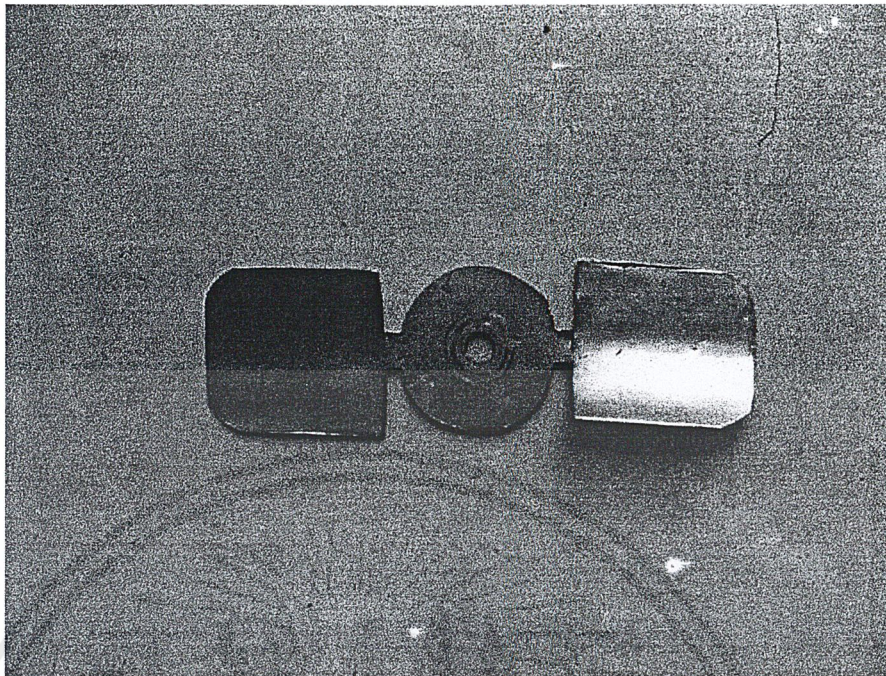
3.3.8.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้

1. มีน้ำหนักเบา
2. มีความแข็งแรงพอสมควรตามที่ต้องการ
3. ทนต่อการเสียดสี
4. มีผิวมันเพื่อลดค่าเสียดสีของพลังงาน
5. ทนต่อการกัดกร่อนจากน้ำกับออกซิเจนจึงไม่เกิดสนิม
6. รับแรงได้ ทนต่อการบิดตัวและฉีกขาด
7. นำไปขึ้นรูปได้ง่าย

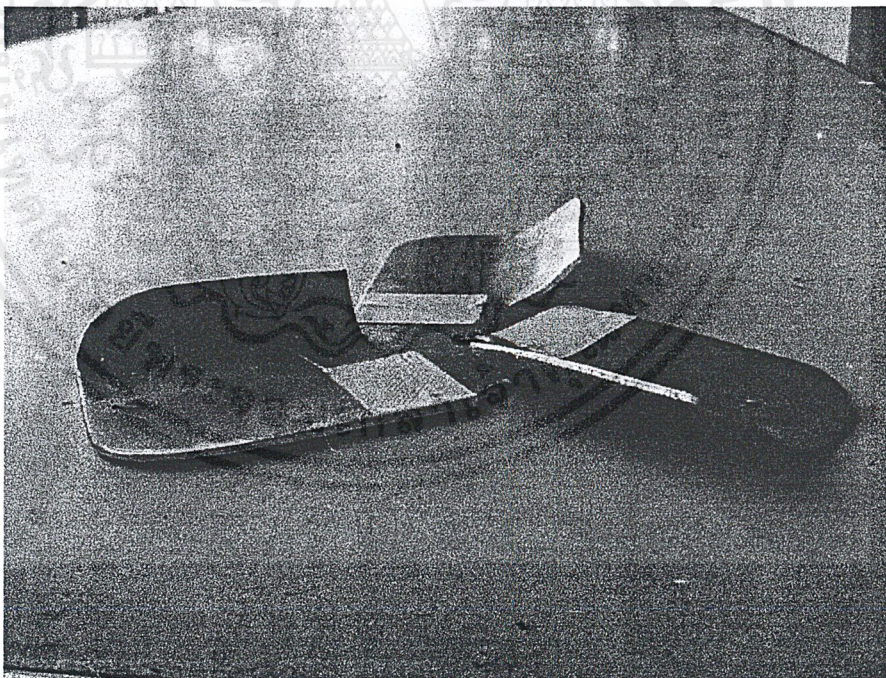


รูปที่ 3.15 ลักษณะใบพัด 2 ใบ
ที่ทำเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

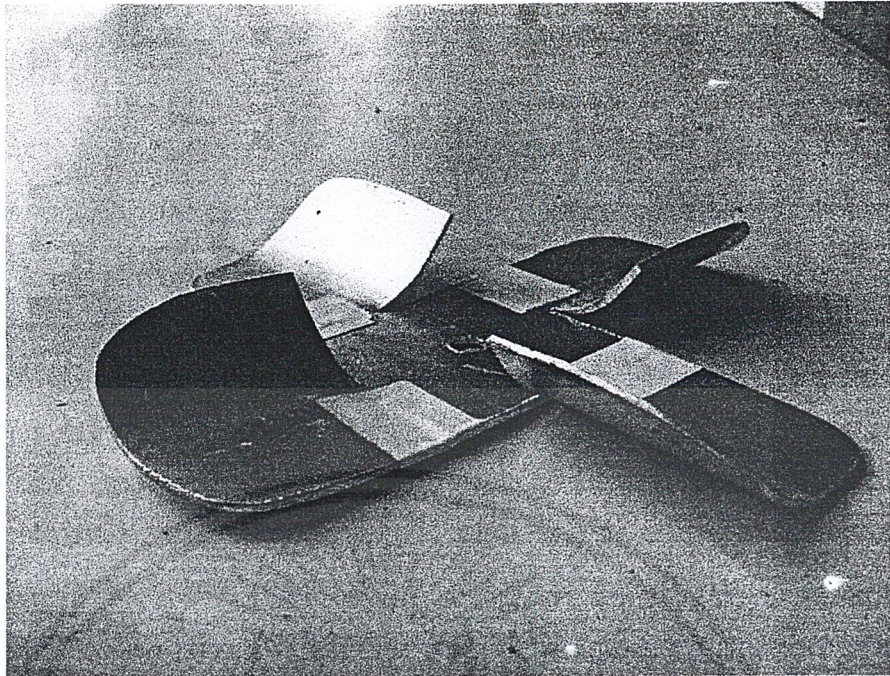


รูปที่ 3.16 ลักษณะใบพัด 2 ใบ ที่ทำเสร็จแล้ว



รูปที่ 3.17 ลักษณะใบพัด 3 ใบ ที่ทำเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 ลักษณะใบพัด 4 ใบ ที่ทำเสร็จแล้ว

3.3.8.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน

1. สามารถตัดให้ได้ขนาดพอดีและตรงได้ยากเนื่องจากมีความหนาค่อนข้างมาก
2. ในการใช้กรรโกตัดโลหะอาจเกิดอุบัติเหตุได้ เช่น กรรโกหนีบ เป็นต้น
3. เมื่อตัดแล้วที่ขอบจะมีความคมมาก
4. ในการเจาะจะทำให้ยากเนื่องจากไม่มีอุปกรณ์จับยึด
5. การเจาะต้องใช้ความระมัดระวังเนื่องจากวัสดุมีความบาง
6. ในการตีขึ้นรูปจะทำให้แผ่นสแตนเลสได้รับความเสียหาย

3.3.8.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

1. ในการตัดควรเผื่อระยะเอาไว้
2. ในการใช้กรรโกตัดควรสวมถุงมือและตัดอย่างระมัดระวัง
3. เมื่อตัดแล้วควรนำไปเจียรระโนหรือใช้ตะไบตกแต่งลบคม
4. ในการเจาะควรใช้ซีแคมป์ช่วยในการจับยึด
5. ในการเจาะควรกดคอกส่วอย่างช้าๆ
6. ในการตีขึ้นรูปควรจะใช้ฝารองชิ้นงานและใช้ค้อนยางตี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.9 การสร้างใบตัด

3.3.9.1 อุปกรณ์ที่ใช้

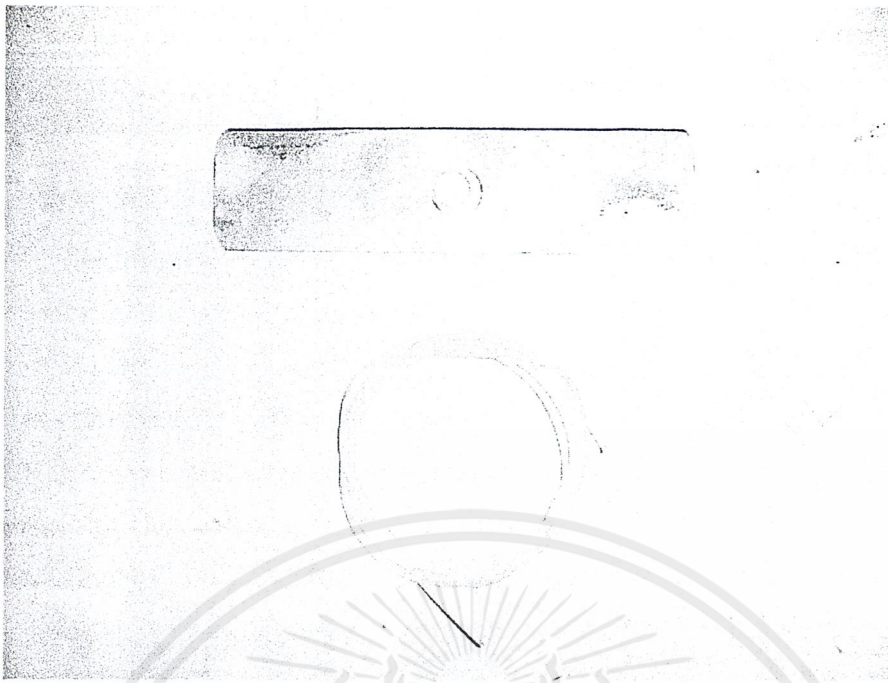
1. แผ่นสแตนเลสหนา 2 มิลลิเมตร
2. เครื่องตัดแผ่นโลหะ
3. กรรไกรตัดโลหะค้ำยาว
4. เครื่องเจาะและดอกสว่านขนาด 10 มิลลิเมตร
5. เครื่องเจียรไนตั้งโต๊ะ
6. ปากกาจับงาน

3.3.9.2 ขั้นตอนการผลิต

1. ตัดแผ่นสแตนเลสให้ได้ตามขนาดใบตัด
2. ร่างแบบใบตัดลงบนแผ่นสแตนเลส
3. ใช้กรรไกรตัดโลหะตัดส่วนที่ไม่ต้องการออก
4. นำไปเจาะรูตรงกลางเพื่อใช้ยึดกับตัวจับใบตัดของเครื่องตัดหญ้า
5. ใช้ตะไบและเจียรไนตกแต่งส่วนต่างๆ และลบคม
6. นำไปเจียรไนขอบเพื่อให้เกิดความคม
7. ใช้ตะไบตกแต่งให้เรียบร้อย

3.3.9.3 เหตุผลที่เลือกใช้วัสดุชนิดนี้

1. มีน้ำหนักเบา
2. มีความแข็งแรงพอตามที่ต้องการ
3. ทนต่อการเสียดสี
4. มีผิวมันเพื่อลดค่าสูญเสียของพลังงาน
5. ทนต่อการกัดกร่อนจากน้ำกับออกซิเจนจึงไม่เกิดสนิม
6. รับแรงได้ ทนต่อการบิดตัวและฉีกขาด



รูปที่ 3.19 แสดงลักษณะใบตัดที่สร้างขึ้น รูปล่างเป็นใบตัดที่ซื้อมาทดลองใช้งานดู

3.3.9.4 ปัญหาในการผลิตชิ้นส่วน

1. สามารถตัดให้ได้ขนาดพอดีและตรง ได้ยากเนื่องจากมีความหนาค่อนข้างมาก
2. ในการใช้กรรไกรตัด โลหะอาจเกิดอุบัติเหตุได้ เช่น กรรไกรหนีบ เป็นต้น
3. เมื่อตัดแล้วที่ขอบจะมีความคมมาก
4. ในการเจาะจะทำให้ยากเนื่องจากไม่มีอุปกรณ์จับยึด
5. การเจาะต้องใช้ความระมัดระวังเนื่องจากวัสดุมีความบาง

3.3.9.5 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

1. ในการตัดควรเพื่อระยะเอาไว้
2. ในการใช้กรรไกรตัดควรสวมถุงมือและตัดอย่างระมัดระวัง
3. เมื่อตัดแล้วควรนำไปเจียรระโนหรือใช้ตะไบตกแต่งลบคม
4. ในการเจาะควรใช้ซีแคมป์ช่วยในการจับยึด
5. ในการเจาะควรกดสว่านอย่างช้าๆ

3.4 ขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์ในส่วนของการลำเลียงเศษหญา

ในการประกอบส่วนลำเลียงเศษหญาจะประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังนี้ คือ

1. ส่วนกรอบใบพัดและใบตัด
2. ส่วนกรวยดูดเศษหญา
3. ส่วนข้อต่อหักมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

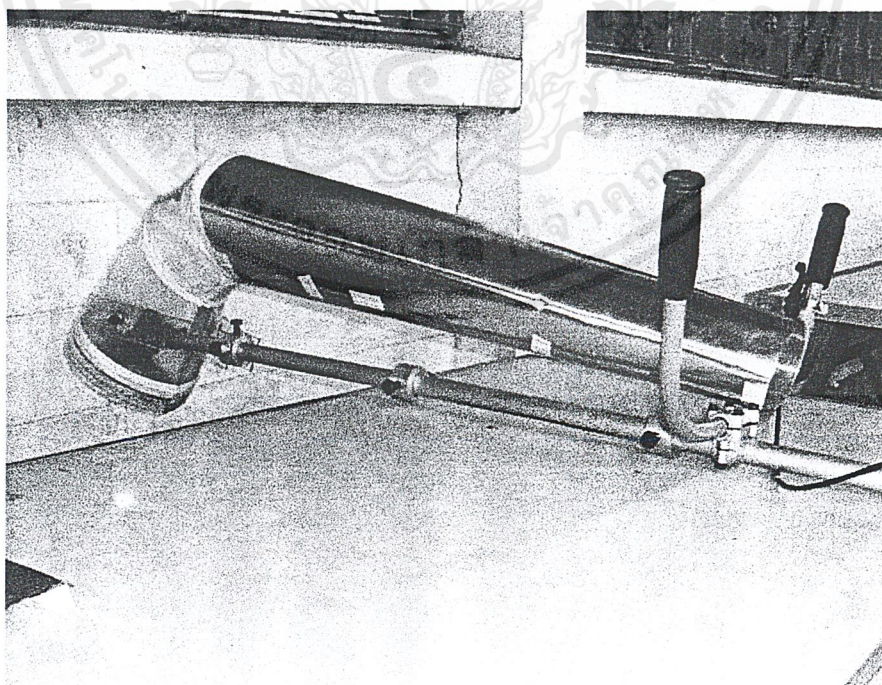
4. ส่วนท่อลำเลียง

โดยมีขั้นตอนในการประกอบดังนี้

1. นำส่วนกรอบใบพัดและใบตัดด้านหนึ่งมาทางด้วยกาวพลาสติกและรอสักระยะ
2. ในขณะที่รอให้นำส่วนกรวยดูดเศษหญ้าด้านล่างมาทางด้วยกาวพลาสติก
3. นำชิ้นส่วนทั้งสองมาติดกันและกดให้แน่นจนกว่ากาวจะแห้ง
4. เมื่อกาวแห้งใช้ตะไบและมีดตอกแต่งกาวที่แห้งให้เรียบร้อย
5. ใช้ผ้ากาวพันรอบบริเวณรอยต่อเพื่อเพิ่มความแข็งแรง เนื่องจากเมื่อเดินเครื่องจะเกิดการสั่น

สะเทือน

6. ทากาวพลาสติกที่กรวยดูดเศษหญ้าอีกด้านหนึ่งและรอสักระยะ
7. ทากาวที่ด้านหนึ่งของข้อต่อหักมุม
8. นำส่วนข้อต่อหักมุมที่ทากาวแล้วไปติดกับส่วนกรวยดูดหญ้าที่ประกอบไว้ และกดให้แน่นจนกว่ากาวจะแห้ง
9. เมื่อกาวแห้งใช้ตะไบและมีดตอกแต่งกาวที่แห้งให้เรียบร้อย
10. ใช้ผ้ากาวพันบริเวณรอยต่อเพื่อเพิ่มความแข็งแรง
11. นำส่วนท่อลำเลียงมาครอบบริเวณ ปลายของส่วนข้อต่อหักมุม
12. ใช้ผ้ากาวพันที่บริเวณรอยต่อให้แน่นสนิท



รูปที่ 3.20 แสดงให้เห็นท่อลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดเข้ากับเครื่องตัดหญ้า

1. ถอดชุดหัวจับใบตัดที่ปลายแกนเครื่องตัดหญ้าออก
2. นำท่อลูมิเนียมที่ใช้ยึดส่วนยึดถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้าร้อยเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้า
3. นำท่อลูมิเนียมที่ใช้ยึดกรวยคูดเศษหญ้าร้อยเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้า
4. นำชุดลำเลียงทั้งหมดร้อยเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้า
5. นำชุดยึดกรวยคูดเศษหญ้ามายึดให้ติดกับท่อลูมิเนียมที่ร้อยไว้แล้ว และยึดด้วยสกรูให้แน่น

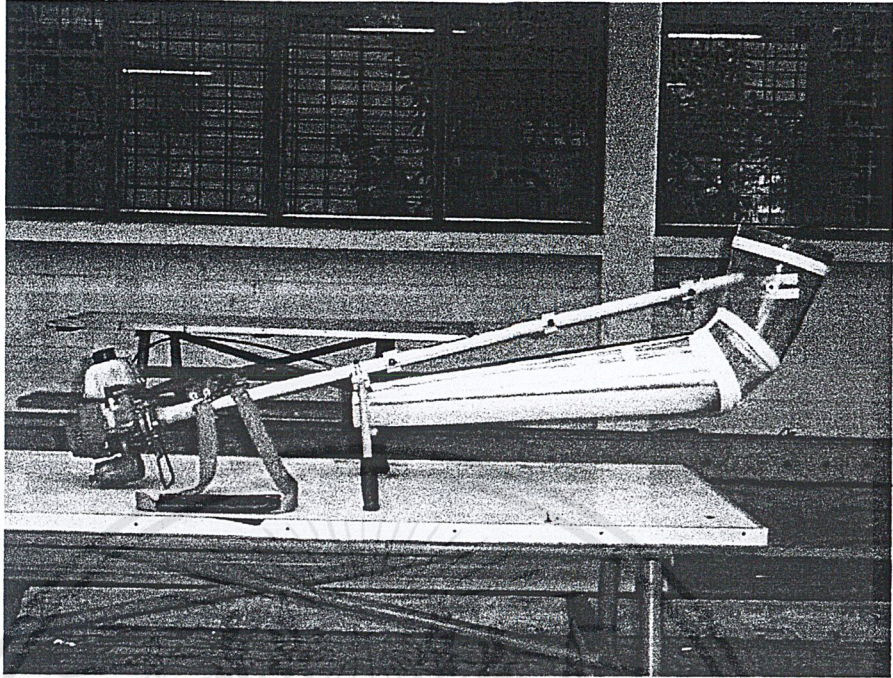
โดยใช้แหวนใน การกำหนดระยะและความแน่น

6. นำชุดยึดกรวยคูดเศษหญ้ายึดเข้ากับกรวยโดยปรับระยะให้ตรงตามแนวแกนแล้วยึดด้วยสกรู
7. นำชุดยึดถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้ายึดติดกับท่อลูมิเนียมด้วย STUD ให้แน่น
8. นำชุดยึดถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้าสวมเข้ากับปลายท่อลำเลียงเศษหญ้าและตั้งระยะให้ได้ตามที่

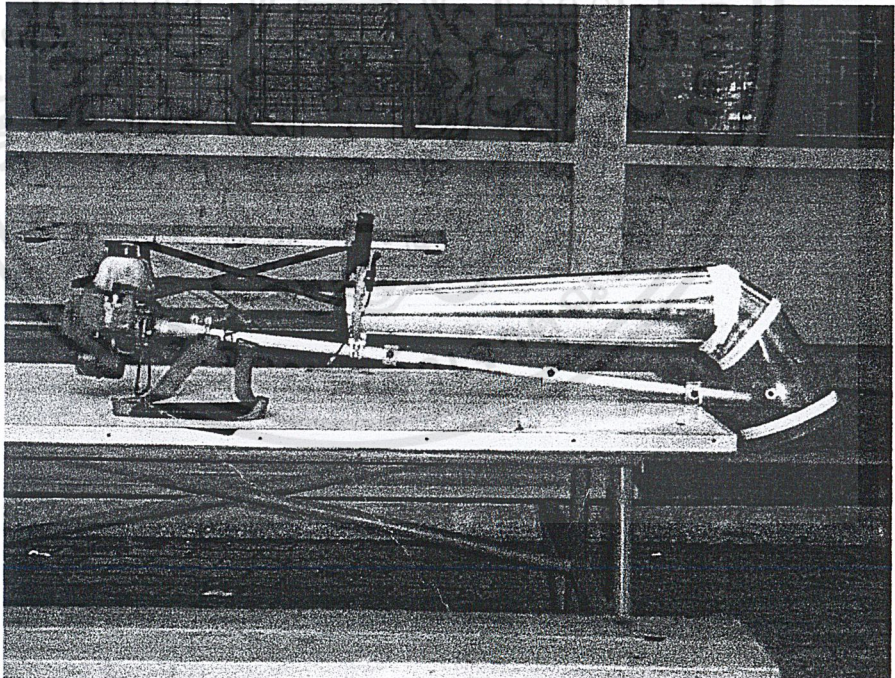
กำหนด

9. ยึดท่อลูมิเนียมให้แน่นด้วยสกรู
10. นำชุดหัวจับใบตัดมายึดเข้ากับแกนเครื่องตัดหญ้าตามเดิม
11. นำใบพัดมาร้อยลงในชุดหัวจับ
12. นำใบตัดมาร้อยลงในชุดหัวจับและกดอยู่บนใบพัด
13. ยึดใบพัดและใบตัดด้วยสกรูที่แกนของชุดหัวจับ
14. นำถุงตาข่ายเก็บเศษหญ้ามายึดเข้ากับส่วนยึดถุงตาข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 ชุดอุปกรณ์คู่มือที่ประกอบแล้ววางหงาย



รูปที่ 3.22 ชุดอุปกรณ์ที่ประกอบแล้ววางคว่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

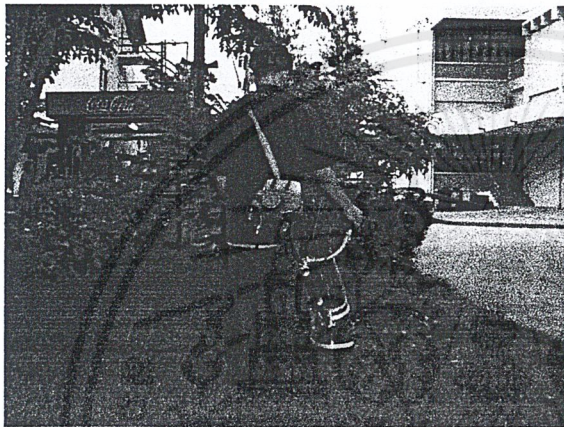
บทที่ 4

การทดลองใช้งานและผลการทดลอง

4.1 การทดลองใช้งาน

เมื่อเราทำการสร้างชุดคูดหญ้าเรียบร้อยแล้วเราจะทำการทดลองตัดหญ้าดู เพื่อดูว่าสามารถคูดหญ้าขึ้นรีเปลา่ซึ่งจากการทดลองปรากฏว่าสามารถคูดขึ้นได้ ดังรูปที่แสดงต่อไปนี้

4.1.1 ลักษณะการใช้งาน



รูปที่ 4.1 รูปด้านหลัง

รูปที่ 4.2 รูปด้านหลัง

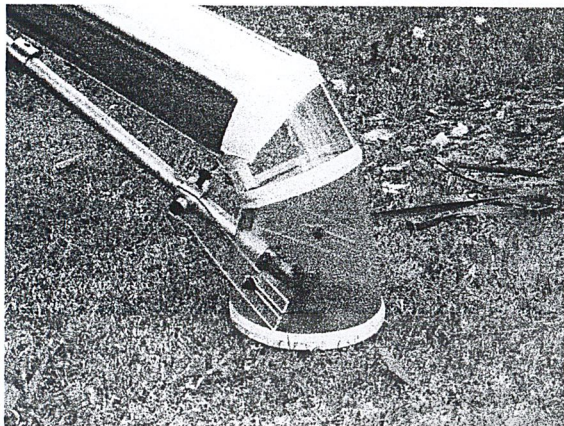


รูปที่ 4.3 รูปด้านซ้าย

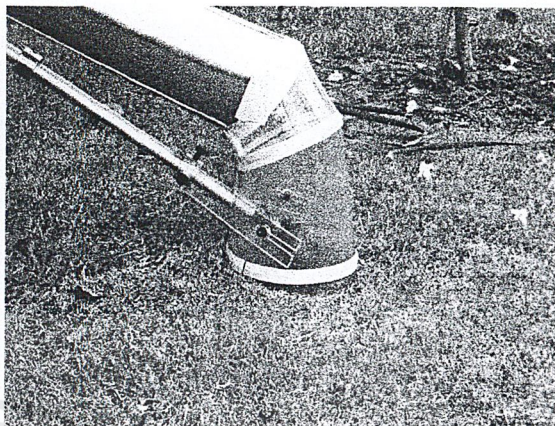
รูปที่ 4.4 รูปด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การตัดหญ้าสั้น



รูปที่ 4.5 หญ้าสั้นก่อนตัด



รูปที่ 4.6 หญ้าสั้นขณะที่ตัด



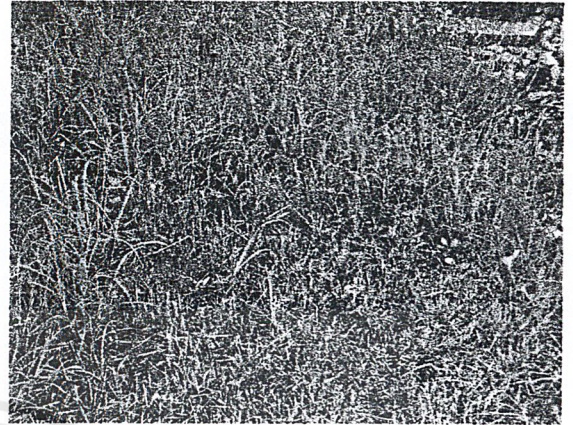
รูปที่ 4.7 ลักษณะเศษหญ้าที่ออก
จากท่อลำเลียง



รูปที่ 4.8 ลักษณะทิศทางของเศษหญ้า

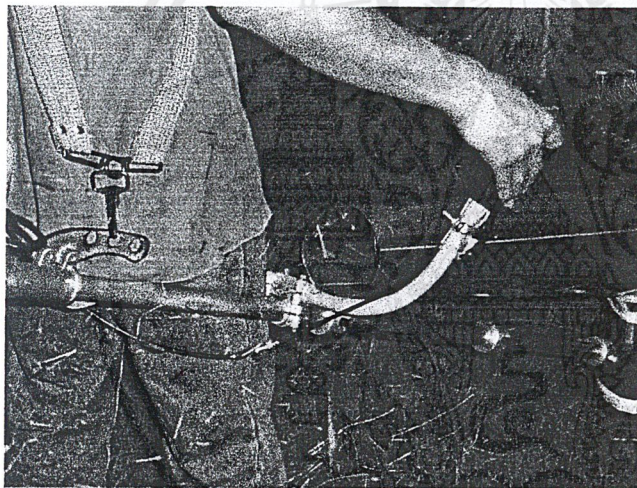
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ลักษณะการตัดหญ้ายาว

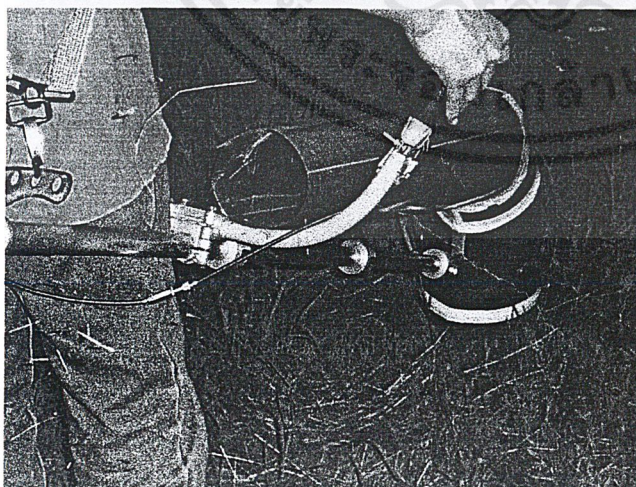


รูปที่ 4.9 ลักษณะหญ้ายาวก่อนทำการตัด

รูปที่ 4.10 ลักษณะหญ้าหลังจากถูกตัด



รูปที่ 4.11 ลักษณะเศษหญ้ายาวที่ถูก
ถ้ำเลี้ยงออก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลอง

ชนิดใบพัด	รอบเดินเบา		เร่งเครื่อง	
	ความเร็ว รอบ RPM	ความเร็วลม m/s	ความเร็วรอบ RPM	ความเร็วลม m/s
แบบ 2 ใบ	2620	17	6825	25
แบบ 3 ใบ	2090	15.3	6100	22.7
แบบ 4 ใบ	1902	14.9	5870	22.2

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าที่ได้จากการทดลอง

ตามตารางจะเห็นได้ว่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์และความเร็วลมที่ทำได้สูงสุดคือใบพัดแบบจำนวน 2 ใบ ซึ่งเราจะสังเกตและสันนิษฐานได้ว่าใบพัดจำนวน 3 ใบ และใบพัดจำนวน 4 ใบ จะทำให้ความเร็วรอบของเครื่องลดลงเป็นผลเนื่องมาจากใบพัดมีจำนวนยิ่งมากขึ้นในการต้านลมก็จะมากด้วยเช่นกัน จึงทำให้ใบพัดทั้งสองแบบต้านลมมากขึ้น เป็นผลให้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ลดลง จึงทำให้ความเร็วที่สามารถดูดได้ลดลง

จากผลการทดลองจึงได้ใบพัดที่เหมาะสมกับงานทำคือ ใบพัดแบบ 2 ใบ โดยใบทำมุม 30 องศา ซึ่งจะให้รอบเครื่องสูงสุดที่ 6825 รอบต่อนาที และความเร็วลมที่ทางออกของท่อลำเลียงสูงสุดที่ 25 เมตรต่อนาที ซึ่งสามารถดูดหญ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพตามจุดประสงค์ที่เราต้องการ

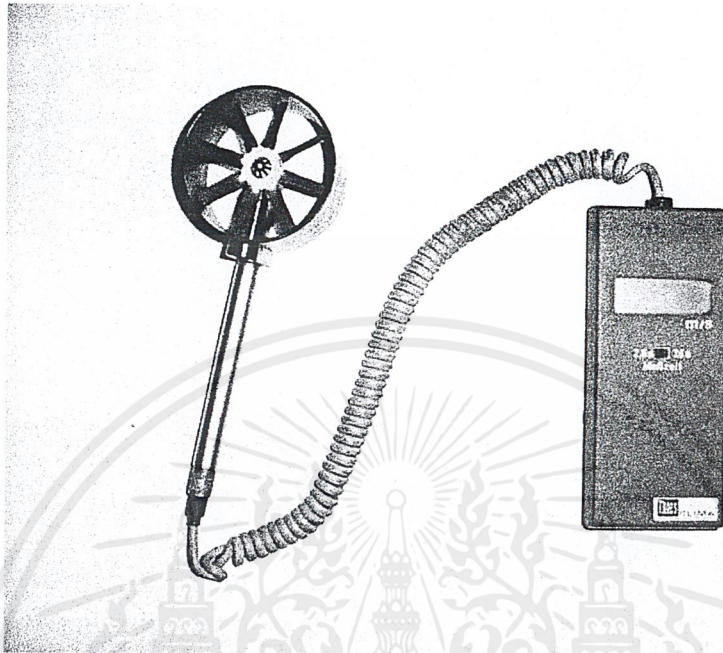
บทที่ 5

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

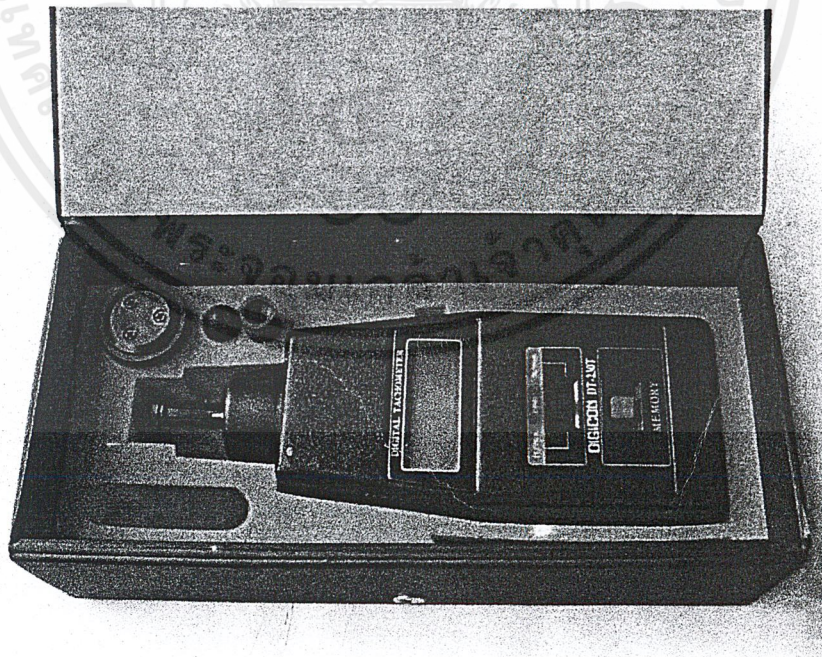
หลังจากที่เราได้ผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ตามที่เราได้ออกแบบไว้และนำมาประกอบเพื่อใช้ในการทดลองและใช้งานจริง จากจุดประสงค์หลักที่เราได้กำหนดในการสร้างอุปกรณ์ชุดนี้เป็นต้นแบบ เราจึงเลือกใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสมนัก ซึ่งจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป กล่าวได้ว่าอุปกรณ์ในชิ้นส่วนที่เราผลิตในส่วนที่ใช้แผ่นพลาสติกหนา 5 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีน้ำหนักมากและผลิตได้ยากซึ่งก็คือข้อเสียที่เกิดขึ้น แต่ข้อดีคือเราสามารถมองเห็นการทำงานของระบบในการตัดและลำเลียงหญ้า อีกส่วนคืออุปกรณ์ที่เราออกแบบมีขนาดค่อนข้างใหญ่ซึ่งให้ผลการทำงานสูงกว่าที่เราได้กำหนดเอาไว้ คือสามารถดูดเศษหญ้าสูงที่มีน้ำหนักมากกว่าได้ ฉะนั้นในการออกแบบและพัฒนาขั้นต่อไป ก็คือลดขนาดอุปกรณ์เพิ่มเติมทั้งหมดให้มีขนาดเล็กลง แต่ยังมีประสิทธิภาพเพียงพอตามที่กำหนดไว้ก็จะทำให้เครื่องตัดหญ้าสามารถใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้นและมีน้ำหนักลดลง

จากการดำเนินโครงการในครั้งนี้ ผลที่ได้จากการทดลองและการทำงานจริงมีประสิทธิภาพเกินที่เราได้กำหนดไว้ คือตัดหญ้าสั้นที่เกาะกลางถนนได้เป็นอย่างดี และยังตัดหญ้าที่มีความสูงไม่เกิน 8 นิ้วได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน แต่ทำให้เครื่องตัดหญามีน้ำหนักและขนาดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งไม่สะดวกต่อการทำงานจึงควรมีการออกแบบและพัฒนาให้มีขนาดเล็กลง เพื่อเพิ่มความสะดวกมากยิ่งขึ้น

ภาคผนวก



รูป R-1 แสดงเครื่องมือวัดความเร็วลม











รูป R-2 แสดงเครื่องมือวัดรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







แก๊ส	Cp KJ / Kg. K	Cv KJ / Kg. K	แก๊ส	Cp KJ / Kg. K	Cv KJ / Kg. K
คาร์บอนไดออกไซด์	0.840	0.650	มีเทน	2.220	0.170
คาร์บอนมอนอกไซด์	1.046	0.754	ออกซิเจน	0.920	0.670
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	0.796	0.690	อากาศ	1.005	0.718
ไนโตรเจน	1.046	0.754	ไฮโดรเจน	14.40	10.40

ตาราง R-1 แสดงคุณสมบัติของอากาศ

ชนิด	ลักษณะใบพัด	ลักษณะตัวถัง, โครงจัดลม
แอร์ฟอยล์ (Airfoil)	 <p>ใบพัดแอร์ฟอยล์ ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดในพวกพัดลมแรงเหวี่ยง จำนวนอยู่ในช่วง 10-16 ใบ โค้งไปคนละทางกับทิศทางการหมุน สมรรถนะดีด้วยความเร็ว น้อยกว่าความเร็วรอบปกติ ความลึกของใบจะช่วยให้ลมขยายตัวอย่างมีประสิทธิภาพ ในลักษณะงานอื่นที่ความเร็วลมนี้จะหมุนที่รอบสูงที่สุด</p>	 <p>โครงรูปท่อโวง ช่วยให้ออมเปลืองรูปพลังงาน จากความเร็ว ไม่เป็นความดันตกตก อย่างมีประสิทธิภาพ โครงวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกับใบพัด มีใช้บ้างในพัดลมแบบติดตั้งคาบ ทั้งนี้เพราะพลังงาน เปลี่ยนรูปได้เพียงพอในช่วงใบ</p>
ใบพัดโค้งหลัง (Backward curved)	 <p>แค่ตะใบพัดเป็นรูปคูนเด่นขึ้นเดียว มีลักษณะอื่น ๆ เช่นเดียวกับแอร์ฟอยล์ ประสิทธิภาพต่ำกว่า แอร์ฟอยล์ เล็กน้อย</p>	 <p>โครงเช่นเดียวกับ แอร์ฟอยล์</p>
ใบพัดรัศมีแนวรัศมี (Radial)	 <p>สร้างง่าย, ร่มง่าย และมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด ในพวกพัดลมแรงเหวี่ยง ใบพัดแข็งแรง ส่วนมากทำงานที่รอบปานกลาง มีทั้งแบบธรรมดา (R) และแบบมีตัดท้าย (M) จำนวนใบอยู่ในช่วง 6-10 ใบ</p>	 <p>โครงรูปท่อโวง เนื่องจากประสิทธิภาพของใบพัดทำ ทำให้การกักเก็บคัตตันของโครงไม่เข้มงวดเท่ากับในสองแบบแรก</p>
ใบพัดโค้งหน้า (Forward curved)	 <p>ประสิทธิภาพต่ำกว่าแอร์ฟอยล์ และแบบโค้งหลัง มีน้ำหนักเบาและราคาถูก ใบตื้นงอโค้งไปข้างหน้า มีตั้งแต่ 24-26 ใบ สมรรถนะดีด้วยความเร็วสูงกว่าความเร็วรอบปกติ สมรรถนะดีรับพลังงานส่วนมากในรูปของความเร็ว ในงานอื่นที่ความเร็วลมนี้จะหมุนที่รอบสูงที่สุด</p>	 <p>โครงท่อโวง แอร์ฟอยล์ แต่ดีกว่า ความกดหรือแรงปากทางทำไม่เข้มงวดขึ้นกับแอร์ฟอยล์ และแบบโค้งหลัง</p>

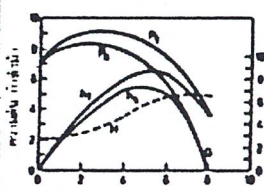
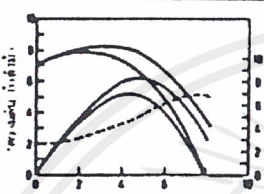
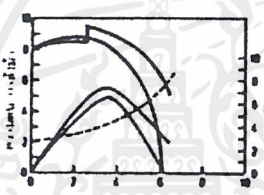
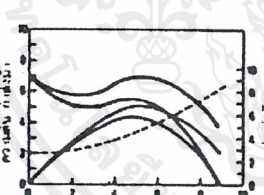
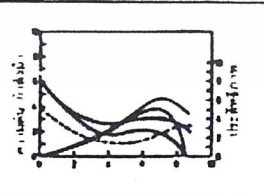
ตาราง R-2 แสดงคุณสมบัติของพัดลมแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		ชนิด	ลักษณะใบพัด	ลักษณะตัวถัง วัสดุที่นิยม
พัดลมดูดอากาศ (Axial flow fan)	พลาเนตารี (Propeller)		ประสิทธิภาพและความเร็ว มีใบ หรือมากกว่า 4 ใบ จากวัสดุแผ่นขึ้นฉนวน ติดอยู่กับแกนกลางอีก 7 ซม. ได้กับความเร็วลม ส่วนมากใบประกอบความเร็ว	เป็นวงกลมธรรมดา อดิติกที่แผ่นรูรั่วประสิทธิภาพต่ำ ติดใบที่ช่องระหว่างใบพัดกับวงกลมขอบ และตะขารับใบ
	ทิวบิวลาร์ (Tubaxial)		ประสิทธิภาพ และความดันสูงกว่าพัดลมพลาเนตารี แกนกลางมีขนาดเล็กลง 50% ของพัดลม ใบอาจเป็นแบบเอ็กซ์ทรีมหรือวัสดุแผ่นขึ้นฉนวน มีจำนวนใบตั้งแต่ 8-9 ใบ	ตัวถังทำเป็นรูปท่อ ทำให้สามารถลดช่องว่างระหว่างปลายใบพัดกับตัวถังและเพิ่มสมรรถนะของพัดลม
	เวนเนซิวลาร์ (Vaneaxial)		ใบพัดถูกออกแบบอย่างดี ทำให้อากาศไหลเวียนดีและประสิทธิภาพสูง อาจทำเป็นเอ็กซ์ทรีม มีจุดติดตั้งที่หรือปรับได้ แกนกลางมักจะใหญ่กว่า 50% ของพัดลม	ตัวถังทำเป็นรูปท่อ เช่นเดียวกับทิวบิวลาร์พัดลมที่มีใบผัน ช่วยให้อากาศและเพิ่มสมรรถนะของพัดลม
พัดลมดูดอากาศ	แบบท่อ (Tubular) แร่นเวียน		จุดใบพัดมักจะเป็นแบบเดียวกับแบบโค้งหลัง (แต่เมื่อมาใช้กับตัวถังแบบนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่า) ใบพัดเอียง (mixed flow) มีใช้บ้างเหมือนกัน	ตัวถังมีขอบ เหนือซี่พัด แต่ช่องว่างระหว่างปลายใบพัดกับตัวถังแคบ จะช่วยลดการดูดอากาศใน โคนวนซึ่งอาจกับแกนพัด ตัวถังใช้ยึดชนิดท่อ ซึ่งไปในแนวเดียวกับท่อ
	แบบระบายอากาศ (Power roof ventilators) แร่นเวียน		หลาย ๆ แบบใช้เอ็กซ์ทรีม (A) หรือแบบโค้งหลัง (B) ซึ่งได้กับการปรุงแต่งไม่ใช้กับแรงความดันต่ำ แร่นเวียนมาก ใบพัดแบบเอียง (mixed flow) บางชนิดไม่มีใช้บ้างเหมือนกัน	ตัวถังถูกออกแบบให้อากาศภายในเกิดสับสนเล็กน้อย และไม่ทำให้เป็นต้องช่วยในการเปลี่ยนรูปพลังงานความเร็ว
	พัดลมดูดอากาศ		ใบพัดถูกออกแบบ ให้ไม่สั่นไม่เกิดที่ตลุดและมีความดันต่ำ	ตัวถังเป็นโครงยึดพัดลมพลาเนตารีธรรมดา มีน้ำหนักเบา

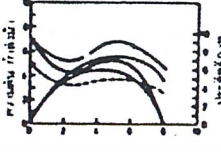
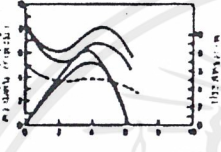
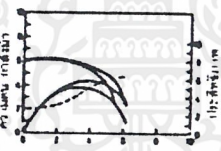
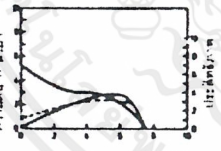
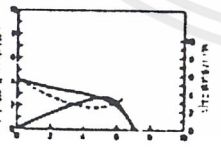
ตาราง R-3 แสดงลักษณะของพัดลมแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		กราฟแสดงสมรรถนะ	ลักษณะของสมรรถนะ	สภาพการใช้งาน
		Centrifugal Fan		
	<p>เช่นเดียวกับแอร์ฟอยล์ แต่มีค่า ประสิทธิภาพสูงสุดต่ำกว่า</p>			<p>ใช้ในงานประเภทเดียวกับแอร์- ฟอยล์ และใช้ ในงานอุตสาหกรรม ที่มีการกักความร้อน</p>
	<p>ให้ความดันสูงสุด และมีบริเวณ ที่ความดัน "กระโดด" สูงขึ้นเล็กน้อย ที่ปริมาณลมอื่นหนึ่ง กำลัง มีค่าจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อ ปริมาณลมมากขึ้น</p>			<p>ใช้ในการส่งวัสดุในงานอุตสาหกรรม โบตคหยาบแต่แข็งแรง บางครั้ง เคลือบสารพิเศษด้วย ให้ความดัน สูง ไม่ค่อยพบในระบบทำความ ร้อน ระบายอากาศหรือปรับอากาศ (HVAC)</p>
	<p>กราฟของความดันไม่ขึ้นเท่าใน แบบอื่น ๆ บุ่มลงเล็กน้อยทางซ้าย ของค่าความดันสูงสุด ประ-สิทธิภาพสูงสุดเอียงไปทางด้าน ขวา ที่ 40-50% ของปริมาณ ลมฟรี กำลังมีค่าจะเพิ่มมากขึ้น เรื่อย ๆ เมื่อปริมาณลมมากขึ้น เวลาเลือกมอเตอร์ต้องคำนึงถึง ข้อนี้ด้วย</p>			<p>ใช้ในระบบทำความร้อน, ระบาย อากาศ, ปรับอากาศความดันต่ำ</p>
	<p>ลมมาก แต่ความดันต่ำ ประ-สิทธิภาพสูงสุด ที่ปริมาณลมฟรี ลักษณะลมจะควงออกมาเป็นลำ</p>			<p>ใช้ในการหมุนเวียน, และระบาย อากาศที่ไม่ต้องการความดัน เช่น ดัดพัดลมไว้กับกำแพง ไม่มีกร ต่อท่อลม</p>

ตาราง R-4 แสดงกราฟคุณลักษณะของพัดลมแบบ Centrifugal Fan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		กราฟแสดงสมรรถนะ	ลักษณะของสมรรถนะ	สภาพการใช้งาน
Axial Flow Fan	tubeaxial		ลมมาก, ความดันปานกลาง เวลาใช้งานต้องพยายามหลีกเลี่ยงมุมทางด้านซ้ายของความดันสูงสุด ลักษณะของลมจะควงออกมาเป็นลำ ถ้าไม่มี โถงเว้น	ใช้ในระบบทำความร้อน, ระบายอากาศ ปรับอากาศ ความดันต่ำ และปานกลาง ที่การกระจายลมค่อนข้างดีแต่ลมไม่สำคัญมาก เช่น ในเตาอบ, ระบายไอเสีย
	vaneaxial		ลมปานกลางความดันสูง เวลาใช้งานต้องพยายามหลีกเลี่ยงมุมทางด้านซ้ายของความดันสูงสุด เนื่องจากผลทางด้านพลศาสตร์ โถงเว้นช่วยให้ความดันและประสิทธิภาพสูงขึ้น	ใช้ในระบบทำความร้อน, ระบายอากาศ ปรับอากาศ ความดันต่ำ, กลางและสูง และงานประเภทเดียวกับตู้แช่แข็ง การกระจายลมค่อนข้างดีแต่ลมไม่สำคัญมาก ทิศทางที่พัดลมแรงเหวี่ยง ที่มีสมรรถนะคล้าย ๆ กัน
	tubular		สมรรถนะคล้ายกับพัดลมแบบใบพัดโค้งหลัง แต่ประสิทธิภาพต่ำกว่า เนื่องจากการที่ลม ต้องเปลี่ยนทิศไป 90 องศา บางตัวมีมุมทางด้านซ้ายของความดันสูงสุดเหมือนกัน	ใช้ในระบบทำความร้อน ระบายอากาศ ปรับอากาศ ความดันต่ำ ลักษณะลม เข้าและออกในแนวเดียวกัน
Power Roof Ventilators	centrifugal		ลมมากกว่า และความดันต่ำมาก ไม่นิยมต่อท่อลม กราฟแสดงแต่ความดันสถิตและประสิทธิภาพสถิต	ใช้ในการระบายอากาศ สำหรับโรงงาน, ห้องครัว, โถง, อาคาร มีราคาถูก ดูแลง่าย และเรียบง่ายแบบพัดลมพัดตามแนวแกน
	axial		ลมมาก และความดันต่ำมาก ไม่นิยมต่อท่อลม กราฟแสดงแต่ความดันสถิตและประสิทธิภาพสถิต	เช่นเดียวกับแบบแรงเหวี่ยง แต่เสียงดังกว่า

ตาราง R-5 แสดงกราฟคุณลักษณะของพัดลมแบบ Axial Flow Fan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง หน่วยเบตริกค่าความต้านทานของข้อต่อต่าง ๆ ของท่อ (เทียบเป็นความยาวสมมูลของท่อตรงเป็นเมตร)												
ชนิดของข้อต่อ	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)											
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125		
ข้อต่อ	0.26	0.37	0.49	0.67	0.76	1.07	1.17	1.83	2.44	3.7		
ข้อต่อแบบ 90°	0.15	0.18	0.24	0.34	0.45	0.61	0.76	0.91	1.2	1.52		
ข้อต่อแบบ 45°	0.46	0.61	0.76	1.07	1.17	1.68	1.98	2.6	3.66	4.88		
ข้อต่อแบบ 15°	0.76	1.07	1.37	1.98	2.43	3.36	3.96	5.18	7.32	9.45		
ข้อต่อแบบ 30°	0.107	0.14	0.18	0.27	0.37	0.40	0.49	0.64	0.91	1.20		
ข้อต่อแบบ 45°	0.17	0.15	0.24	0.18	0.40	0.52	0.67	0.85	1.2	1.52		
ข้อต่อแบบ 60°	0.12	0.10	0.13	0.17	0.18	0.14	0.24	0.36	0.48	0.60		
ตาราง หน่วยอังกฤษ ค่าความต้านทานของข้อต่อต่าง ๆ ของท่อ (เทียบเป็นความยาวสมมูลของท่อตรงเป็นฟุต)												
ชนิดของข้อต่อ	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)											
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5		
ข้อต่อ	0.9	1.7	1.6	2.7	2.5	3.5	4.5	6.0	8.0	10.5		
ข้อต่อแบบ 90°	0.5	0.6	0.8	1.1	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0		
ข้อต่อแบบ 45°	1.4	2.0	2.5	3.5	4.0	5.5	6.5	8.5	12.0	16.0		
ข้อต่อแบบ 15°	2.5	3.5	4.5	6.5	8.0	11.0	10.3	17.0	24.0	31.0		
ข้อต่อแบบ 30°	0.4	0.5	0.6	0.9	1.0	1.3	1.6	2.1	3.0	4.0		
ข้อต่อแบบ 45°	0.4	0.6	0.8	1.1	1.3	1.7	2.2	2.7	2.8	5.0		
ข้อต่อแบบ 60°	1.7	2.3	3.0	4.5	5.2	7.0	9.0	12.0	16.0	21.0		

ตาราง R-6 แสดงค่าความต้านทานของ ข้อต่อแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] J.H. Horlock (1973) : “Axial Flow Compressors”, Robert E.Krieger Publishing Company, Hunting, New York 1973
- [2] อนุตร จำลองกุล, “ปั๊ม พัดลม เครื่องอัด และระบบจ่าย”, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปี พ.ศ.2540, หน้า 5-80
- [3] คู่มือวิศวกรเครื่องกล, สำนักพิมพ์ บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด, กรุงเทพฯ, ปี พ.ศ.2539, หน้า 1-100 – 2-124
- [4] SAKITA, “เครื่องจักรกลทางเกษตรกรรม”, บริษัท เอ.ที.เอส. โปรดักส์ จำกัด, กรุงเทพฯ, ปี พ.ศ.2542



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้