พัฒนาและทดสอบเครื่องพ่นหมอกชนิดใช้ลมไหลตามแนวแกน

(DEVELOPED AND TESTED PROPELLER TYPE MISTBLOWER)

โดย

นายวิฐูตร์ กุลวัฒนศาล

นายอรรถพร อิ่มเจริญ

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์วัชระ เพิ่มชาติ

วัน เดือน ปี 11 ก.ค. 2541

เลขทะเบียน 038867

เลขเรียกหนังสือ T 10111 ว 2541 พ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

038867

ปีการศึกษา 2540

พัฒนาและทดสอบเครื่องพ่นหมอกชนิดใช้ลมไหลตามแนวแกน

DEVELOPED AND TESTED PROPELLER TYPE MISTBLOWER

โดย

นายวิสูตร กุลวัฒนศาล

นายอรรถพร อิ่มเชิญ

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์วัชระ เพิ่มชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง พัฒนาและออกแบบเครื่องพ่นหมอกชนิดใช้ลมไหลตามแนวแกน

ผู้จัดทำ

1.นายวิสูตร กุลวัฒนศาล

2.นายอรรถพร อิ่มเจริญ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์วัชระ เพิ่มชาติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาและทดสอบเครื่องพ่นหมอกชนิดไหลตามแนวแกน

นายวิสูตร กุลวัฒนศาล 37014418
นายอรรถพร อิ่มเจริญ 37014569
อาจารย์วัชระ เพิ่มชาติ อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้ศึกษาออกแบบพัฒนาและทดสอบเครื่องพ่นหมอกชนิดใช้ใบพัดลมแบบลมไหลตามแนวแกน โดยได้สร้างเครื่องพ่นหมอกขึ้นใช้ในสวนผลไม้ หลักการทำงานจะใช้กำลังขับจากเพลาพีทีโอของรถแทรกเตอร์มาขับเครื่องสูบให้ส่งน้ำยาไปยังหัวฉีดและขณะเดียวกันก็ส่งกำลังจากเพลาพีทีโอไปยังพัดลมที่มีใบพัดขนาด 760 มิลลิเมตร พัดลมจะเป่าลมเข้าใส่ละอองน้ำยาสารเคมีออกมาจากหัวฉีดที่ติดอยู่รอบๆพัดลม ทำให้ละอองน้ำยากระจายเข้าสู่ต้นไม้ได้อย่างทั่วถึงและทำให้ละอองน้ำยามีขนาดเล็กลง จากการทดลองพบว่า ระยะการฉีดพ่นในแนวระดับ 4.8 เมตร ในแนวดิ่ง 4 เมตร ที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2000 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของพัดลม 2432 รอบต่อนาที ปริมาณลม 14.36 ลูกบาสก์เมตรต่อนาที ที่ความเร็วลม 18 เมตรต่อนาทีและความดันปั๊ม 11 บาร์อัตราการฉีดพ่น 16.73 ลิตรต่อนาที จากการคำนวณจะได้สมรรถนะของเครื่องด้วยอัตราแคพ่น 60 ลิตรต่อไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPED AND TESTED PROPELLER TYPE MISTBLOWER

Visoot Kulawattanasal 37014418
Atthaporn Imjaroen 37014569
Watchara Permchart Advisor
1997

Abstract

Propeller type mistblower was designed and developed for work with a big tree such as mango or durian tree. Power was transmitted from PTO to pump and blower via V-Belt and pulleys at the same time.The diameter of blower is 760 millimetres.The blower was scattered the droplet size into the trees.At 2000 rpm the maximum distance from the nozzle are 4.8 metres and 4 metres in horizontal and vertical distance respectively and the blower is rotates at 2432 rpm. At the simultaneously pump generated pressure 11 bars and gives paticles capacity 16.73 litres per minute.Efficient of this case is flow rate 60 litres/rai.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญภาพ	ข
สารบัญตาราง	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	2
2.1 พัฒนาการของเครื่องพ่นสารเคมีทางการเกษตร	2
2.2 หัวฉีด	5
2.3 พัดลม	6
2.4 เครื่องสูบ	9
2.5 สายพานลิ่ม	20
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	23
3.1 ส่วนประกอบของเครื่องพ่นหมอก	23
3.2 ลักษณะและหน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆ	23
3.3 คำนวณความเร็วรอบและปั๊ม	29
3.4 การคำนวณหาระบบส่งกำลัง	31
3.5 การคำนวณเครื่องสูบ	34
3.6 การหาตาราง (Load) ของรถแทรกเตอร์	35
บทที่ 4 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องพ่นหมอก	40
บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง	46
กิตติกรรมประกาศ	47
เอกสารอ้างอิง	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1 a	การเปลี่ยนแปลงขนาดท่อแบบค่อยๆเปลี่ยน	15
2.1 b	การเปลี่ยนแปลงขนาดท่อแบบกะทันหัน	15
2.2 a	สัมประสิทธิ์การสูญเสียสำหรับการเปลี่ยนแปลงขนาดท่อแบบกะทันหัน	15
2.2 b	สัมประสิทธิ์การสูญเสียสำหรับการเปลี่ยนแปลงขนาดท่อแบบกะทันหัน	16
2.3	สัมประสิทธิ์การสูญเสียที่อุปกรณ์ประกอบท่อชนิดต่างๆ	17
2.4	การเปลี่ยนอุปกรณ์ประกอบท่อเป็นความยาวสมมูล	18
2.5	สัมประสิทธิ์การสูญเสียที่ปากทางเข้า-ออก	19
3.1	ภาพถ่ายด้านข้างของเครื่องพ่นหมอก	25
3.2	ภาพถ่ายด้านบนของเครื่องพ่นหมอก	25
3.3	กรวยเปลี่ยนทิศทางลมและแผ่นปะทะล้อมรอบด้วยท่อโค้งพร้อมหัวฉีด	27
3.4	ใบพัดและฝาครอบใบพัด	27
3.5	ปั๊มและอุปกรณ์ประกอบท่อ	28
3.6	สปลายน์(spline)และเพลาสไลด์(slide shaft)	28
3.7	ระบบถ่ายกำลังไปยังปั๊ม	29
3.8	ระบบถ่ายทอดไปยังพัดลม	30
4.1	ภาพการทดสอบในพื้นที่	42
4.2	ภาพการทดสอบที่ความเร็วรอบต่างๆ	42
4.3	ภาพแสดงการทำงานด้านซ้าย	43
4.4	ภาพแสดงการทำงานด้านขวา	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การสูญเสียเนื่องจากการไหลภายในท่อ	13
2	ความเร็วในการไหลภายในท่อ	14
3	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_p ของล้อสายพานลิ่ม	35
4	ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ่ม	36
5	ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_c สำหรับสายพานลิ่ม	37
6	สมรรถนะการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด A ต่อเส้น PR เป็น kW สำหรับสายพานยาว L_p = 1732 มม. และส่วนโค้งผิวสัมผัส $\alpha = 180^0$	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในการปลูกไม้ผลให้ได้ผลดีนั้นจะต้องทำการบำรุงรักษาเป็นอย่างดี ถูกต้อง และเพียงพอ ขั้นตอนอย่างหนึ่งก็คือ การฉีดพ่นสารเคมีควบคุมและป้องกันโรคพืช แมลงศัตรูพืช ตลอดจนสิ่งต่าง ๆ ที่จะทำความเสียหายต่อผลิตผลของเกษตรกร ซึ่งการใช้สารเคมีเหล่านี้ให้ได้ผลนั้นจำเป็นต้องรู้ชนิด ที่อยู่ของศัตรูพืช และสามารถเลือกสารเคมีได้ว่ามีความเข้มข้น ปริมาณ และความหนาแน่นที่เหมาะสมที่ให้ต่อต้นพืชแล้วสามารถกำจัดศัตรูพืชนั้นได้อย่างทั่วถึง

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

- ศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องพ่นหมอกชนิดใช้ใบพัดแบบลมไหลตามแกน (Axial flow fan or propeller)
- ศึกษาสมรรถนะของเครื่องพ่นหมอกที่สร้างขึ้นมาได้
- สามารถพัฒนาเครื่องพ่นหมอกนี้ได้ต่อไปในอนาคต

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้ เนื่องจากมีการดูแลพืชผลโดยการใช้สารเคมีควบคุมศัตรูพืช
- สามารถกำจัดศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ เช่น วัชพืช โรคพืช ได้ตรงตามเป้าหมายในปริมาณที่เหมาะสม
- ลดค่าใช้จ่ายที่อาจเสียไปจากค่าสารเคมีที่อาจจะมีความเข้มข้นเกินกว่าที่ต้องการ
- สามารถนำไปใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 พัฒนาการของเครื่องพ่นสารเคมีทางการเกษตร

เครื่องพ่นสารเคมี (Sprayer) นับเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่จำเป็นในการประกอบอาชีพทางการเกษตรกรรม ไม่ว่าจะเป็นการพ่นสารเคมีเพื่อกำจัดแมลง กำจัดรา โรคพืช กำจัดวัชพืช ให้ฮอร์โมนหรือเคมีในการกระตุ้นการเจริญเติบโตแก่ต้นพืช เครื่องพ่นสารเคมีจะทำหน้าที่ในการพ่นสารเคมีที่เป็นของเหลวและผง ส่วนมากยังใช้เป็นเครื่องมือหลังจากการปลูกพืชแล้ว จากอดีตจนถึงปัจจุบันเครื่องพ่นสารเคมียังคงอาศัยแรงคนทำการพ่นโดยใช้มือโยกเพื่อให้เกิดแรงดันดันให้น้ำยาออกจากถัง นอกจากนี้เครื่องพ่นสารเคมีขนาดใหญ่ใช้ต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่นๆ เพื่อทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เครื่องพ่นสารเคมีที่ดีนั้นจะต้องมีลักษณะดังนี้

ก. สามารถพ่นสารเคมีลงยังตำแหน่งที่ต้องการอย่างทั่วถึง

ข. แรงดันที่ออกมาจากหัวฉีดจะต้องมีค่าคงที่อยู่ตลอดเวลา

ค. ขนาดของละอองสารเคมีควรมีขนาดสม่ำเสมอ

ง. การกระจายของละอองสารเคมีจะต้องสม่ำเสมอ

2.1.1 ชนิดของเครื่องพ่นสารเคมี

ในปัจจุบัน เครื่องพ่นสารเคมีใช้ได้กับสารเคมีหลายแบบ เช่น สารเคมีที่เป็นผง ละลายในน้ำ สารเคมีที่เป็นของเหลว และสารเคมีที่เป็นผง การใช้สารเคมีต่าง ๆ จำเป็นจะต้องใช้เครื่องพ่นสารเคมีที่แตกต่างไปด้วยซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามลักษณะการทำงานและรูปแบบของสารเคมีดังนี้

2.1.1.1 **แบบใช้แรงงานคน** (Hand - operated sprayer) เป็นเครื่องพ่นที่ไม่ต้องใช้เครื่องยนต์เข้ามาช่วยในการทำงาน ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมกันมากในการเกษตรบ้านเรา การใช้เครื่องมือประเภทนี้มักจะใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมขนาดเล็ก เช่น ในสวนผัก สวนดอกไม้ และพืชไร่ต่าง ๆ การทำงานของเครื่องพ่นแบบนี้ จะอาศัยแรงดันที่เกิดขึ้นในถังดันให้น้ำยาสารเคมีพ่นกระจายออกมาภายนอกถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของเครื่องพ่นสารเคมีที่ใช้แรงคนที่นิยมใช้กันมีดังนี้

ก. แบบอัดอากาศ (Compressed air sprayer)

ข. แบบสะพายหลัง (Knapsack sprayer)

ค. แบบสูบชัก (Double action slide pump sprayer)

สำหรับการทำงานของเครื่องพ่นสารเคมีที่ใช้แรงดันคนนี้มีข้อเสีย ดังนี้คือ

- แรงดันน้ำยาที่พ่นออกมานั้นไม่คงที่
- อัตราพ่นสารเคมีไม่มีความแน่นอน จะขึ้นอยู่กับการทำงานของผู้ใช้
- ขนาดละอองน้ำยามีขนาดไม่คงที่ จะขึ้นอยู่กับแรงดันของน้ำยาสารเคมี
- ผู้ใช้มีโอกาสได้รับอันตรายจากน้ำยาสารเคมี เนื่องจากกระแสลมหรือการเคลื่อนที่ของผู้ใช้
- การกระจายของน้ำยาสารเคมีไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของผู้ใช้และวิธีการทำงาน

2.1.1.2 **แบบใช้กำลังเครื่องยนต์สะพายหลัง** (Engine driven knapsack sprayer) แบบนี้ เริ่มจะกำลังเป็นที่นิยมกันมากในหมู่เกษตรกรเพราะสามารถทำงานได้เร็วขึ้น และทำงานได้หลายแบบ สามารถใช้พ่นสารเคมีที่เป็นของเหลวในลักษณะเป็นหมอกได้ และสามารถพ่นสารเคมีที่เป็นผง นอกจากนี้ยังสามารถใช้หว่านเมล็ดได้อีกด้วย การทำงานจะอาศัยความเร็วลมและปริมาณของลมที่เกิดจากพัดลมแบบหอยโข่ง พัดพาน้ำยาสารเคมีให้เกิดการแตกกระจายเป็นละอองหรือหมอก ขนาดละอองจะขึ้นกับความเร็วลมและปริมาณลมนั่นเอง

2.1.1.3 **แบบใช้ความดันของของเหลว** (Hydraulic sprayer) จะใช้การพ่นสารเคมีที่เป็นของเหลวเท่านั้น ซึ่งของเหลวจะอยู่ในรูปของของเหลวของสารเคมีผงละลายแขวนลอยอยู่ในของเหลว ของเหลวจะเป็นตัวพาสารเคมีนั้นออกมาจากเครื่องพ่นสารเคมีในลักษณะของละออง เครื่องพ่นสารเคมีแบบนี้จะต้องอาศัยกำลังจากเครื่องสูบ ซึ่งเป็นตัวเพิ่มแรงดันให้กับของเหลวของน้ำยา สารเคมีทำให้น้ำยาสารเคมีแตกตัวเป็นละอองขนาดเล็ก ขนาดของละอองน้ำยานี้จะขึ้นอยู่กับแรงดันหรือความดันที่เกิดขึ้นจากเครื่องสูบ ซึ่งเครื่องสูบสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ

ก. **เครื่องพ่นสารเคมี แบบแรงดันต่ำ** (Low pressure spayer) เป็นที่นิยมใช้กันมากในฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ แรงดันที่ใช้มีค่าตั้งแต่ 275 - 690 กิโลปาสคาล (kPa) อัตราการใช้น้ำยาสารเคมีประมาณ 8 - 144 ลิตรต่อพื้นที่ 1 ไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. **เครื่องพ่นสารเคมี แบบแรงดันสูง** (High pressure sprayer) ใช้แรงดัน 1.7 - 5.5 เมกกะปาสคาล (Mpa) การใช้งานจึงเหมาะสมกับพืชหรือไม้พุ่มหนา สวนผลไม้ เป็นต้น

2.1.1.4 **แบบผสมกับอากาศ** (Air blast sprayer) ทำงานโดยการพ่นสารเคมีออกมาผสมกับกระแสลมที่มีความเร็วสูง เมื่อน้ำยาสารเคมีถูกกระแสที่มีความเร็วสูงจะทำให้เกิดการแตกตัวออกมาเป็นละอองขนาดเล็กมีลักษณะเป็นหมอก นอกจากนี้ความเร็วและปริมาณลมมีส่วนในการทำให้ใบไม้ที่เป็นพุ่มเกิดการไหวไปมา ทำให้ละอองน้ำยาสารเคมีสามารถแทรกตัวเข้าไปในพุ่มไม้ได้ เครื่องพ่นแบบนี้เหมาะสมกับสวนผลไม้ พืชที่ปลูกเป็นแถว ไม้พุ่มต่าง ๆ อัตราการใช้น้ำยามีค่าประมาณ 10 - 750 ลิตรต่อพื้นที่ 1 ไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำยาสารเคมีด้วย พัดลมที่นิยมใช้ส่วนมากจะเป็นพัดลมแบบไหลตามแกน (Axial flow fan) และแบบหอยโข่ง (Centrifugal fan) ซึ่งเป็นพัดลมแบบไหลตามแกน (Axial flow fan) แบบหอยโข่ง (Centrifugal fan) ซึ่งสามารถให้ปริมาณลมประมาณ 14 - 33 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ด้วยความเร็ว 110 - 200 กิโลเมตรต่อวินาที

2.1.1.5 **เครื่องป้ายแบบหมอกและแบบเส้นเชือก** (Fogger and rope wick applicator) เครื่องพ่นสารเคมีแบบหมอก (Fogger) สามารถพ่นน้ำยาสารเคมีออกมาในลักษณะเป็นฝอยละเอียดคล้ายหมอก หยดน้ำยาที่พ่นออกมาจะมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ แต่สามารถเห็นได้ก็ต่อเมื่อหยดน้ำที่พ่นออกมานั้นจับตัวรวมกันเป็นกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายหมอกควัน ลักษณะของน้ำยาที่ออกมาซึ่งมีขนาดเล็กมากนี้เกิดจากการหมุนของจานเหวี่ยง (Spinning disk) หรือโดยการให้ความร้อนแก่น้ำยาสารเคมีแล้วทำการพ่นออกโดยอาศัยแรงขับดัน ของ ท่อไอเสีย ของเครื่องยนต์ เครื่องพ่นสารเคมีแบบหมอกนี้ใช้ได้ดีในพื้นที่จำกัด เช่น ในเรือนกระจก เรือนเพาะชำ เพราะจะทำให้น้ำยาสามารถครอบคลุมทุกส่วนของต้นพื้นที่อยู่เหนือดินได้ สำหรับเครื่องป้ายยาแบบเส้นเชือก (Rope wick applicator) นี้ไม่สามารถพ่นน้ำยาสารเคมีออกมาได้ แต่จะมีน้ำยาซึมออกมาสัมผัสกับส่วนต่าง ๆ ของพืช ลักษณะของเครื่องพ่นน้ำยาแบบเชือกนี้ จะประกอบไปด้วยเชือกร้อยเข้าไปในท่อกลมกลวงโดยที่บางส่วนของเชือกโผล่ออกมาทางด้านภายนอก ในท่อกลมจะบรรจุน้ำยาปราบวัชพืช ซึ่งจะเป็นน้ำยาสารเคมีประเภทดูดซึมทางใบ น้ำยาจะไหลซึมออกมาทางด้านนอกตามเส้นเชือก ส่วนมากจะใช้ในการกำจัดวัชพืชที่มีความสูงกว่าต้นพืชที่เพาะปลูก ในการทำงานจะลากเครื่องป้ายยานี้ผ่านไปตามวัชพืชโดยที่มีน้ำยาติดอยู่ตามใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ วัชพืชบางส่วนเท่านั้น สำหรับประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องป้ายยาแบบเส้นเชือกนี้ค่อนข้างต่ำและปริมาณน้ำยาที่ใช้น้อยจึงเหมาะสำหรับน้ำยาที่มีราคาแพง

2.1.1.6 **การพ่นชนิดใช้ลมเป่า** (Air shear and Airblast) หลักในการพ่นชนิด Air shear จะใช้ลมเป่าด้วยความเร็วสูง เข้าปะทะกับน้ำยาสารเคมีที่ถูกส่งออกมาจากหัวฉีด แรงลมจะทำให้น้ำยาแตกเกิดเป็นละอองฝอยอยู่แล้ว กระแสลมที่ถูกเป่าออกมาจากพัดลมและจะช่วยตีละอองน้ำยาที่ยังมีขนาดใหญ่ที่หลงเหลืออยู่ให้แตกเป็นละอองเล็กละเอียด ละอองน้ำยาเหล่านี้จะถูกพัดพาให้เข้าไปสู่ทรงพุ่มในลักษณะเดียวกันกับเครื่องพ่นชนิด Air shear ขนาดละอองที่ได้จะอยู่ในระดับประมาณ 100 ไมครอน (1 ไมครอน เท่ากับ 1/1000 มิลลิเมตร)

2.1.2 ข้อควรปฏิบัติในการใช้เครื่องพ่นสารเคมี

ในการใช้สารเคมีในการกำจัดแมลงศัตรูพืชหรือวัชพืชต่าง ๆ ผู้ปฏิบัติจำเป็นจะต้องมีการวางแผนในการทำงาน อีกทั้งต้องระมัดระวังในการใช้สารเคมีและเครื่องมือด้วย ดังนั้นผู้ปฏิบัติควรจะต้องพิจารณาถึงข้อปฏิบัติดังนี้

1.พิจารณาถึงการใช้สารเคมีว่า ได้ใช้ชนิดของสารเคมีถูกต้องกับการกำจัดแมลงศัตรูพืช วัชพืช หรือไม่ รวมทั้งปริมาณและอัตราส่วนของการใช้สารเคมี

2.ช่วงของระยะเวลาที่ใช้สารเคมีกับแมลงศัตรูพืชหรือวัชพืช

3.การปรับแต่งเครื่องมือที่ใช้พร้อมกับการบำรุงรักษา

4.การพ่นสารเคมีควรพ่นลงบนตำแหน่งที่ต้องการและทั่วถึง โดยเฉพาะต้นพืชซึ่งจะมีรูปร่างแตกต่างกันไป เช่น ไม้ใบพุ่มหรือไม้ใบโปร่ง

5.การใช้อุปกรณ์ป้องกันสารเคมี เช่น หน้ากาก ถุงมือ ชุด เสื้อผ้า และอื่น ๆ

6.การสังเกตทิศทางของกระแสลม ควรหลีกเลี่ยงการทำงานในกรณีที่มีกระแสลมแรงจัด

7.ลักษณะของละอองของสารเคมีที่เป็นของเหลว ต้องพยายามให้มีขนาดเล็กที่สุดเพื่อที่จะให้ละอองของสารเคมีมีการจับใบของพืช และแมลงศัตรูพืชอย่างทั่วถึง

2.2 หัวฉีด

มีหน้าที่ในการทำให้ของเหลวเกิดการแตกตัวเป็นละอองต่าง ๆ แผ่กระจายออกไป ขนาดของละอองและความกว้างของการกระจาย จะขึ้นอยู่กับชนิดของหัวฉีดและแรงดันขณะทำงาน หัวฉีดจะมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบ จะต้องการแรงดันที่แตกต่างกันออกไป เพื่อให้ละอองยามีขนาดตามต้องการในการใช้แรงดันต่ำขนาดของละอองน้ำยาของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีจะมีขนาดเล็กลง เมื่อแรงดันสูงขึ้นขนาดของละอองน้ำยาสารเคมีที่มีขนาดใหญ่กว่า จะสามารถวิ่งเข้าสู่ส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชได้ดีกว่าละอองน้ำยาที่มีขนาดเล็กโดยที่ละอองน้ำยา สารเคมีจะไม่มีการลอยตัว ความเร็วในการเคลื่อนที่ของละอองน้ำยาสารเคมีนับเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการเบี่ยงเบนต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำยาสารเคมีด้วย

ประเภทของหัวฉีด ที่ใช้ในงานทางการเกษตรสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ชนิดคือ

1. **หัวฉีดแบบกรวยกลาง** (Hollow cone type nozzle) ละอองของน้ำยาเอกสารเคมีที่ถูกพ่นออกมาจะเป็นรูปกรวยกลาง โดยมีบริเวณของละอองน้ำยาเฉพาะของรอบนอกคล้ายวงแหวน แต่บริเวณกลางจะกลวงไม่มีละอองน้ำยาอยู่ เหมาะสำหรับการพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพราะละอองที่เกิดจากหัวฉีดสามารถเข้าไปยังต้นพืชได้หลายทิศทาง

2. **หัวฉีดแบบกรวยตัน** (Solid cone type nozzle) ละอองของน้ำยาสารเคมีที่พ่นออกมาจะเป็นลักษณะกรวย บริเวณของละอองน้ำยาจะทึบเหมาะสำหรับการพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เพราะละอองที่เกิดจากหัวฉีดสามารถเข้าไปยังต้นพืชได้หลายทิศทาง

3. **หัวฉีดแบบแบนเรียบ** (Even flat type nozzle) ลักษณะของพื้นที่หน้าตัดของละอองน้ำยาสารเคมี จะคล้ายกับวงรีแคบ ๆ ปลายตัดซึ่งเหมาะในการพ่นยาเป็นแถบที่ไม่ต้องการคลุมพื้นที่ทั้งหมด

4. **หัวฉีดแบบครอบคลุม** (Flooding type nozzle) ลักษณะของน้ำยาสารเคมีที่พุ่งออกมาจากหัวฉีดจะเป็นบริเวณกว้าง ครอบคลุมพื้นที่ได้มากและละอองน้ำของน้ำยาสารเคมีขนาดใหญ่เหมาะสำหรับการพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช

5. **หัวฉีดแบบพัด** (Fan type nozzle) ลักษณะน้ำยาสารเคมีที่พ่นออกมาจะมีรูปร่างคล้ายพัด พื้นที่หน้าตัดของละอองยาจะเป็นรูปวงรีแคบปลายแหลม การกระจายละอองน้ำยาสารเคมีเป็นแถบกว้างสม่ำเสมอ เหมาะสำหรับใช้กับพื้นที่ผิวราบ ซึ่งอาจใช้ในการพ่นกำจัดวัชพืชหรือพ่นผนังเพื่อกำจัดแมลง

2.3 พัดลม

พัดลมที่ใช้ในงานวิศวกรรมเกษตรส่วนใหญ่จะใช้งานอบแห้ง วัสดุเกษตร, การระบายอากาศ, การทำความเย็น, การลำเลียง, การให้ความร้อน ฯลฯ

การกำหนดเทอมของพัดลม, blower, compresser ส่วนใหญ่แล้วมักจะใช้สับกันอยู่เสมอ ๆ The American Society of Mechanical Engineers จึงได้จำแนกอุปกรณ์ดังกล่าวออกเป็น 2 class คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

class 1 Compressor เป็นอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดันมากกว่า 1 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว อุปกรณ์ใน class นี้ส่วนใหญ่จะมีชื่อเรียกดังนี้

- Centrifugal compressors, Turbo Compressors และ Blowers

class 2 Fan เป็นอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดันน้อยกว่า 1 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว อุปกรณ์ใน class นี้ส่วนใหญ่จะมีชื่อเรียกดังนี้

- Centrifugal fans, Fan blowers หรือ Exhausters

2.3.1 **การจำแนกเป็น class** ดังกล่าวมีการทดสอบภายใต้เงื่อนไขหลักคือ

ความแตกต่างระหว่าง class ซึ่งพบว่า ความร้อนเนื่องจากการอัดและน้ำหนักจำเพาะที่เปลี่ยนไป จะพิจารณาให้อยู่ใน class 1 ในขณะที่ class 2 จะไม่พิจารณาในหัวข้อดังกล่าว

ลักษณะการสร้างของพัดลมมี 2 ชนิด คือ

- แบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal flow fans)
- แบบลมไหลตามแนวแกน (Axial flow fans)

2.3.1.1 **พัดลมแบบหมุนเหวี่ยง** มีลักษณะการสร้าง 4 แบบ คือ

- แบบใบพัดรัศมีตรง (Straight - blade หรือ Radial fans)
- แบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า (Forward - curve - blade fans)
- แบบใบพัดโค้งข้างหลัง (Backward - curve - blade fans)

พัดลมแบบหมุนเหวี่ยงนี้ใช้ได้ดีกับงานที่มีความต้านทานสูง หรือ "เฮดลม" สูง

ก) พัดลมใบพัดรัศมีตรง (Radial - blade Type)

เพลาใบพัดชนิดนี้มักจะเป็นเพลาโต มีจำนวนซี่ใบพัด 5 - 12 ซี่ ลักษณะสร้างเป็นใบล้อหมุนด้วยความเร็วรอบต่ำ ปกติใช้เป็นพัดลมระบายอากาศเสียออกไปข้างนอก

เหมาะใช้กับกระบวนการอุตสาหกรรมเคมี

ข) แบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า (Forward - curve - blade fans)

ใบพัดของพัดลมชนิดนี้มี ใบพัดที่ละเอียดถึง 20 - 64 ซี เพลาใบพัดจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เร็วกว่าพัดลมโค้งไปข้างหลัง ใบพัดมีขนาดเล็ก หมุนด้วยความเร็วรอบสูงกว่าพัดลมใบพัดรัศมีตรง ลมที่เร็วขอบปลายใบพัดเท่ากัน เป็นพัดลมที่หมุนด้วยความเร็วรอบต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค) แบบใบพัดโค้งข้างหลัง (Backward - curve - blade fans)

ซี่ใบพัดชนิดนี้ไม่ถี่ละเอียดเท่ากับซี่ใบพัดโค้งไปข้างหน้า คือ มีจำนวนซี่ประมาณ 10 - 80 ซี่ มุมที่โค้งไปข้างหลังนี้ต้องเป็นมุมที่พอดี และพอเหมาะที่จะสามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานความกดดันโดยตรงได้มากที่สุด เหมาะใช้กับการระบายอากาศ เนื่องจากสามารถควบคุมความกดดันและปริมาณได้ง่ายกว่า

2.3.1.2 **พัดลมแบบลมไหลตามแนวแกน** (Axial flow fans)

พัดลมประเภทนี้สามารถส่งปริมาณลมได้มาก เหมาะกับงานที่มีความต้านทานลมต่ำ มีการสร้าง 2 ลักษณะ คือ

ก) พัดลมที่ลมพัดเป็นสกรู (Tube axial fans)

มีโครงสร้างประกอบด้วยใบพัดหมุนภายใน Cylinder และมีกลไกขับเคลื่อนสายพานหรือขับโดยตรง ลมที่เคลื่อนออกจะหมุนเป็นเกลียว สกรู ให้ความกดดันลมปานกลาง

ข) พัดลมที่ลมพัดเป็นแถวตรง (Vane axial fans)

พัดลมชนิดนี้มีแท่งแผ่นเวน (Air guide vane) รับลมทางด้านออกช่วยให้ปรับทิศทางการเคลื่อนที่ของลมให้ไหลอยู่ในแนวเส้นตรง ทำให้การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent) มีประสิทธิภาพดีกว่าประเภทแรก

2.3.2 **ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเลือกพัดลม**

ปัจจัยต่าง ๆ ต่อไปนี้ จะช่วยให้การเลือกประเภทของพัดลมและขนาดได้อย่างเหมาะสม

1. ปริมาณของลมที่เคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลา
2. การประมาณค่าความต้านทานในระบบการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ
3. ปริมาณเสียงที่ยอมให้ได้
4. พื้นที่ติดตั้งพัดลม
5. ความประหยัด

ปริมาณของลมที่เคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลาหาได้จากประเภทและขนาดของพัดลมที่ต่อค่าแรงดันสถิตย์ที่ตกคร่อมหรือเฮดความเสียดทาน หาได้จากสมการของ Bernoulli (ความยาวท่อข้อต่อและอุปกรณ์ประกอบท่อต่าง ๆ) ค่าความต้านทานทั้งหมดหรือค่าแรงดันสถิตย์จะขึ้นอยู่กับค่าความเร็วของกระแสลมในระบบ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดังของเสียงจะเป็นปัจจัยที่มักไม่ค่อยนำพิจารณาในการเลือกพัดลมมากในงานด้าน Processing ยกเว้นในงานด้านปรับสภาพอากาศ (Air conditioning) หรือใช้ในการระบายอากาศ ในบ้านเรือนแต่ปริมาณเสียงของพัดลมที่ดังเกินไป จะเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าเกิดการสูญเสียพลังงานในระบบเกิดขึ้น ดังนั้นความดังของเสียงในทางปฏิบัติแล้วควรมีค่าน้อย

2.4 เครื่องสูบ (Pumps)

เครื่องสูบนั้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มพลังงานให้กับของเหลว เป็นผลให้ของเหลวนั้นเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง หรือจากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่งโดยผ่านทางท่อปิด แต่กลไกที่ใช้ในการเพิ่มพลังงานให้กับของเหลวนั้น ไม่จำกัดเฉพาะใบพัดเหมือนกับพัดลมเท่ากัน หากเป็นได้ทั้งใบพัด เกลียว, ลูกสูบ, ไดอะแฟรม, เฟือง เป็นต้น โดยเหตุนี้ จึงสามารถแบ่งเครื่องสูบออกได้เป็นหลายแบบตามหลักการทำงานของกลไกที่ใช้ในการเพิ่มพลังงานให้ของเหลวดังนี้

- เครื่องสูบแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (Centrifugal Pumps)
- เครื่องสูบแบบโรตารี่ (Rotary Pumps)
- เครื่องสูบแบบชัก (Reciprocating Pumps)
- เครื่องสูบแบบอัดอากาศ (Air Pumps or Jet Pumps)

ซึ่งเครื่องสูบแต่ละแบบมีความเหมาะสมที่จะใช้งานต่าง ๆ แตกต่างกันไป การเลือกใช้จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมากมาย การทำโครงงานนี้ได้เลือกใช้ "เครื่องสูบชนิดสูบชัก" เนื่องจากมีข้อดี คือ ให้อัตราการไหลคงที่ถ้าหมุนด้วยจำนวนรอบคงที่ และความดันที่ได้มี ค่าสูง

2.4.1 **ชนิดของเครื่องสูบแบบชัก** (Reciprocate Pumps)

แบ่งออกอย่างกว้าง ๆ ได้ 2 แบบคือ

- แบบส่งกำลังตรง (Direct action Pumps)
- แบบส่งกำลังผ่านลูกเบี้ยวหรือข้อเหวี่ยง (Power Pumps)

2.4.1.1**เครื่องต้นกำลังที่ใช้ขับสูบ** ประเภทนี้คือ เครื่องจักรไอน้ำ โดยก้านสูบของลูกสูบไอน้ำจะต่อตรงอยู่กับก้านสูบของปั๊มและเคลื่อนไปด้วยกันขังหวะต่อขังหวะ ลูกสูบไอน้ำ 1 สูบต่อ ลูกสูบ ปั๊ม1สูบ แสดงให้เห็นภาพตัดภายในของเครื่องสูบแบบส่งกำลังตรงแบบ Duplex

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการผลิตการผลิตเครื่องสูบน้ำเชิงพานิชย์โดยทั่วไปนิยมผลิตเฉพาะเครื่องสูบแบบ Simplex (ลูกสูบไอน้ำ และลูกสูบปั้มอย่างละสูบ) กับแบบ Duplex (ลูกสูบไอน้ำและลูกสูบปั้มอย่างละ 2 สูบ)เท่านั้น

แบบส่งกำลังตรงนี้มีทั้งแบบลูกสูบตั้ง (Vertical cylinder) และแบบลูกสูบนอน (Herizontal cylinder) ทั้งสองแบบนี้มีการนำไปใช้อาคารบ้านเรือน และงานอุตสาหกรรม รวมทั้งการเติมน้ำเข้าหม้อต้ม (Boiler feeder) ที่ใช้แรงต่ำจนไปถึงปานกลาง งานสูบน้ำปนโคลนหรือตะกอน ตลอดจนสูบน้ำมันและน้ำธรรมดา เนื่องจากสูบแบบนี้สามารถปรับปริมาณน้ำ เฮดและความเร็วได้ง่าย จึงทำให้มันมีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง

2.4.1.2 **แบบส่งกำลังผ่านข้อเหวี่ยง**

เครื่องสูบน้ำแบบนี้จะรับกำลังจากเครื่องต้นกำลังผ่านเข้ามาทางข้อเหวี่ยง (Crankshaft) โดยมีล้อช่วยแรง (Flywheel) เป็นอุปกรณ์ช่วยลดความเร็วรอบที่ผ่านจากเครื่องต้นกำลังเข้ามา โดยมีเฟืองเกียร์ ที่อยู่ภายในเรือนปั้มเป็นตัวช่วยลดความเร็วของลูกสูบลง นอกจากนี้ Flywheel ยังช่วยรักษา เสถียรภาพในจังหวะการทำงานของลูกสูบอีกด้วย

ขณะที่ทำงานด้วยความเร็วคงที่เครื่องสูบนี้จะส่งน้ำได้ในปริมาณเกือบจะคงที่ในขณะที่เฮดของมันอาจเปลี่ยนแปลงได้เป็นช่วงกว้างและมีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง แรงดันที่ได้จะสูงมาก จึงต้องใช้วาล์วลดแรงดันเพื่อช่วยป้องกันด้านความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องสูบและท่อปล่อย และเวลาจะหยุดการทำงานจะหยุดทันทีทันใดไม่ได้ อาจมีผลเสียต่อท่อและเครื่องสูบเองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 **การคำนวณหาเฮดของระบบ (System head)**

คำว่า "เฮดของระบบ" หมายถึง ความดันที่เกิดขึ้นจากผลรวมระหว่างค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นตามที่ต่าง ๆ ในระบบท่อ ความต้านทานนี้ประกอบด้วย เฮดความเสียดทานหรือเฮดความฝืด (Friction head) เริ่มตั้งแต่ปากทางเข้าท่อดูด (Entramce loss) การสูญเสียเฮดที่ข้อต่อ ข้องอต่าง ๆ ที่มีอยู่ในระบบ (Fitting loss) การสูญเสียเนื่องจากความยาวข้อท่อ (Loss in pipe length) และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ตั้งไว้ในระบบ (Equipment loss) ตลอดไปจนถึงการสูญเสียที่ปากทางเข้าออก (Exit loss) ค่าเฮดของระบบนี้เมื่อนำมารวมเข้ากับค่าเฮดเนื่องจากความสูง (Static head) ก็จะเรียกว่าเฮดรวม (Total head)

2.4.2.1 **การสูญเสียเนื่องจากความต้านทานภายในท่อ**

เมื่อน้ำหรือของเหลวไหลไปในท่อปิด ไม่ว่าจะเป็นการไหลแบบกระแสราบเรียบ (Laminer) หรือแบบกระแสไหลปั่นป่วน (Turbulent) ก็จะต้องเกิดการสูญเสียเฮด เนื่องจากปัจจัยทั้งสองประการคือ ความฝืดของผิวผนังภายในท่อและความยาวของท่อนั้น ถ้าท่อเรียบและสั้น การสูญเสียก็จะมีน้อย แต่ถ้าท่อนั้นหยาบและมีความยาวมาก การสูญเสียก็จะมีค่ามากขึ้น และถ้ายิ่งมีความเร็วในการไหลสูงในระดับการไหลแบบปั่นป่วน

<u>วิธีการหา</u> ใช้โนโมแกรมดังตารางที่ 2.1 โดยการนำค่าอัตราการไหล (Q) และขนาดท่อ (D) ไปเปิดเพื่อหาค่า ความเร็วในการไหล (V) หลังจากนั้นก็นำค่า V ที่ได้ไปเปิดตารางที่ 2.2 เพื่อหาค่าเฮดภายในท่อ แต่เฮดที่ได้จะเป็นเฮดต่อความยาวที่ 100 ฟุต ดังนั้นจะต้องนำค่าที่ได้จากตารางมาคิดต่อความยาวท่อทั้งหมด

2.4.2.2 **การสูญเสียเนื่องจากการเปลี่ยนขนาดท่อ**

ในระบบท่อบางครั้งอาจมีความทำเป็นต้องเปลี่ยนขนาดท่อจากที่ใช้อยู่เดิมให้โตขึ้นหรือเล็กลง ซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียเฮดขึ้น การเปลี่ยนขนาดท่อจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า "ข้อลด" (Reducer) เมื่อต้องการเปลี่ยนขนาดท่อให้มีขนาดเล็กลง และใช้ "ข้อเพิ่มหรือข้อขยาย" (Enlarger) เมื่อต้องการเปลี่ยนขนาดท่อให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ข้อลดและข้องอนี้มีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่ค่อยเปลี่ยนขนาด (ดังรูปที่ 2.1a) และแบบกระทันหัน (ดังรูป 2.1b)

จาก $h_f = k (V_1 - V_2)^2 / 2g$

โดยที่ h_f คือ การสูญเสียเนื่องจากการเปลี่ยนขนาดท่อ (ฟุตต่อวินาที)

k คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสีย (หาได้จากตารางที่ 2.2a และ 2.2b)

V_1 , V_2 หาได้จากตารางที่ 2.1 และ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.3 การสูญเสียที่ข้อต่อข้องอและลิ้นชนิดต่างๆ

เมื่อน้ำไหลผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นต้องมี ต้องใช้ในระบบการวางท่อ เช่น ข้อต่อ ข้องอ ประตูน้ำหรือลิ้น ก็ย่อมต้องมีการสูญเสียเฮดเกิดขึ้นและรวมการสูญเสียจากอุปกรณ์ประกอบนี้เรียกว่า Fitting Loss

จาก $h_f = kV^2 / 2g$

โดย k หาได้จากรูปที่ 2.3

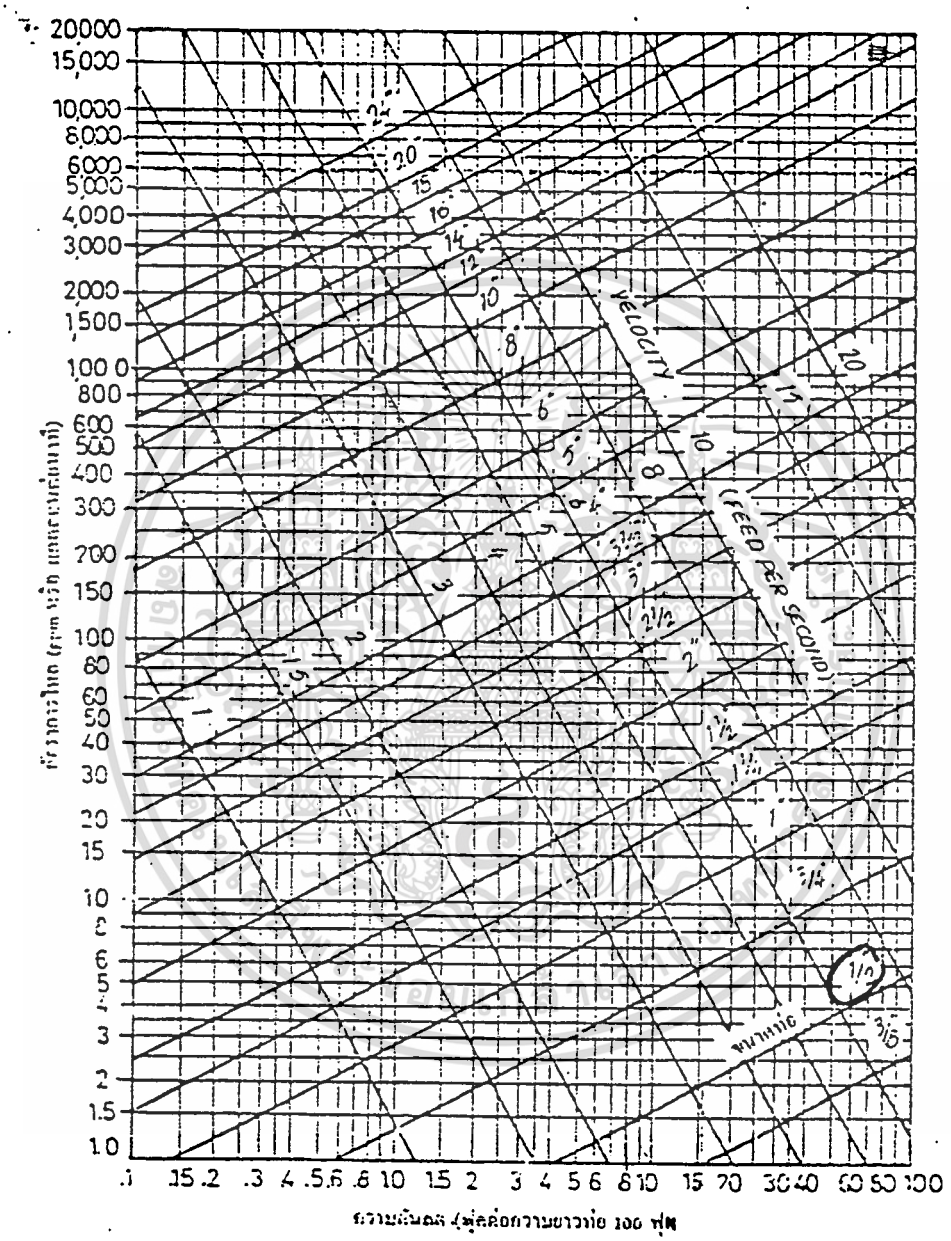
หรือ หา h_f โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ประกอบท่อให้เป็นความยาวสมมูล ดังรูปที่ 2.4

2.4.2.4 การสูญเสียที่บริเวณปากทางเข้า-ออก

เมื่อน้ำเริ่มไหลเข้าสู่ระบบปั๊มที่บริเวณปากท่อดูดและเมื่อไหลพ้นออกจากระบบไปก็จะมีการสูญเสียที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ

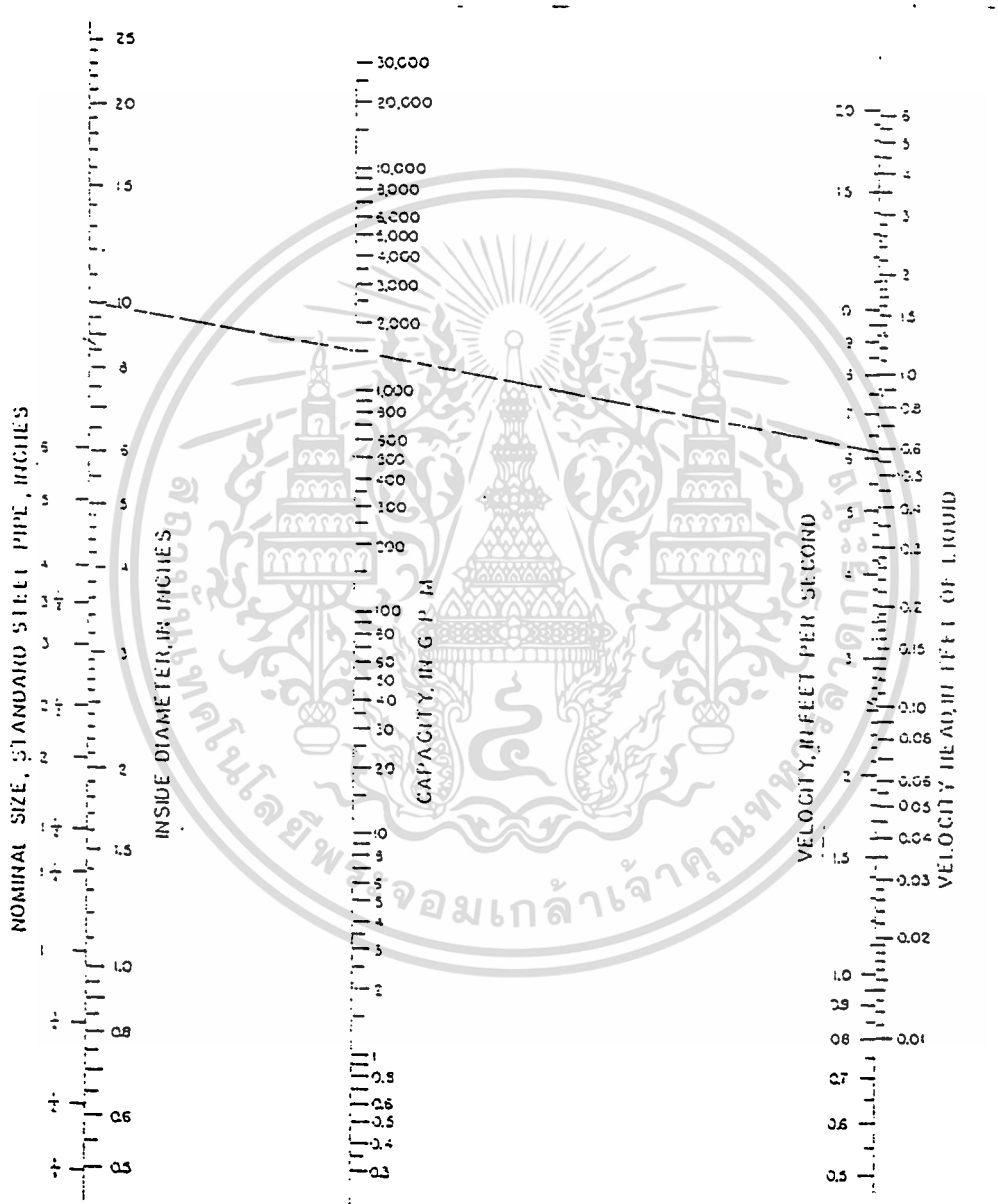
1. ขนาดของท่อ
2. วัสดุที่ใช้ทำท่อ
3. ลักษณะการออกแบบ
4. และสำหรับการคำนวณยังใช้สูตรเดิม คือ $h_f = kV^2 / 2g$ (k หาจากรูปที่ 2.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



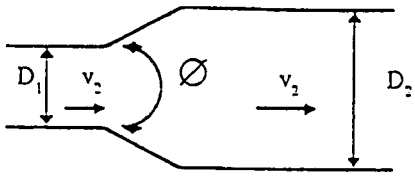
ตารางที่ 1 การสูญเสียเนื่องจากการไหลภายในท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

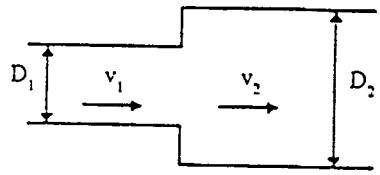


ตารางที่2 โนโมสำหรับใช้หาความเร็วการไหลภายในท่อ

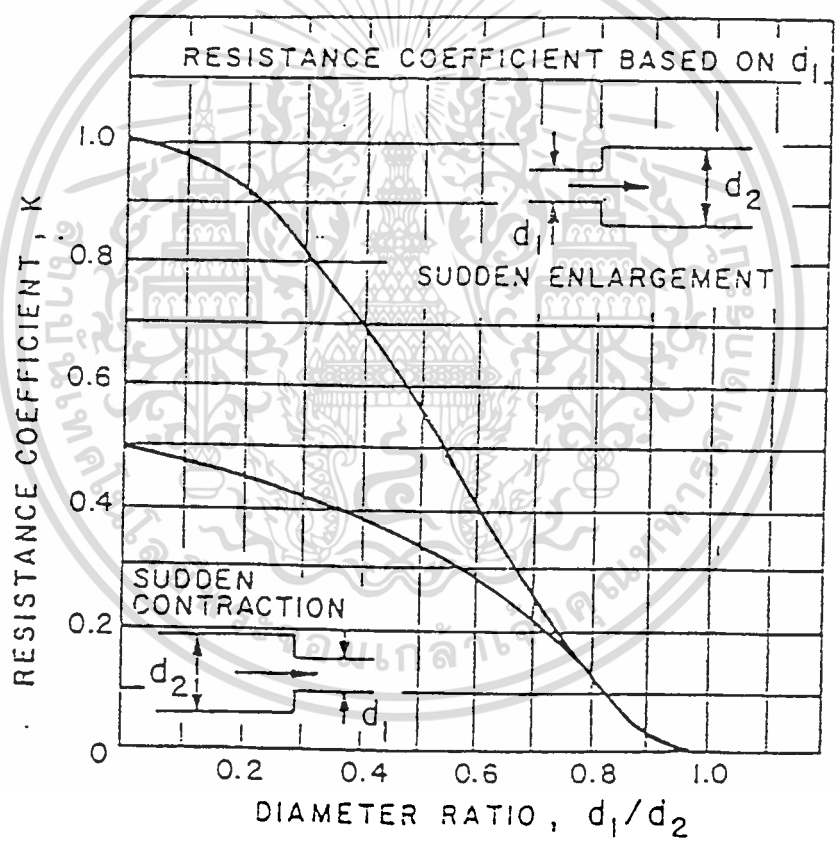
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1a การเปลี่ยนขนาดท่อแบบค่อยๆเปลี่ยน

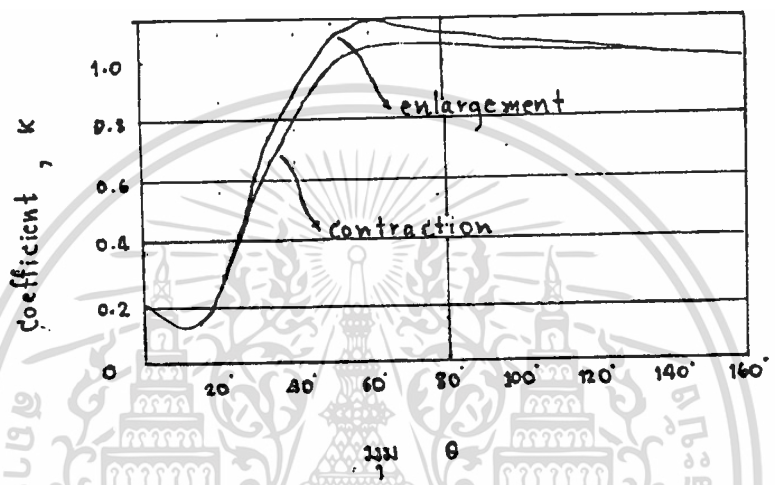


รูปที่ 2.1b การเปลี่ยนขนาดท่อแบบกะทันหัน



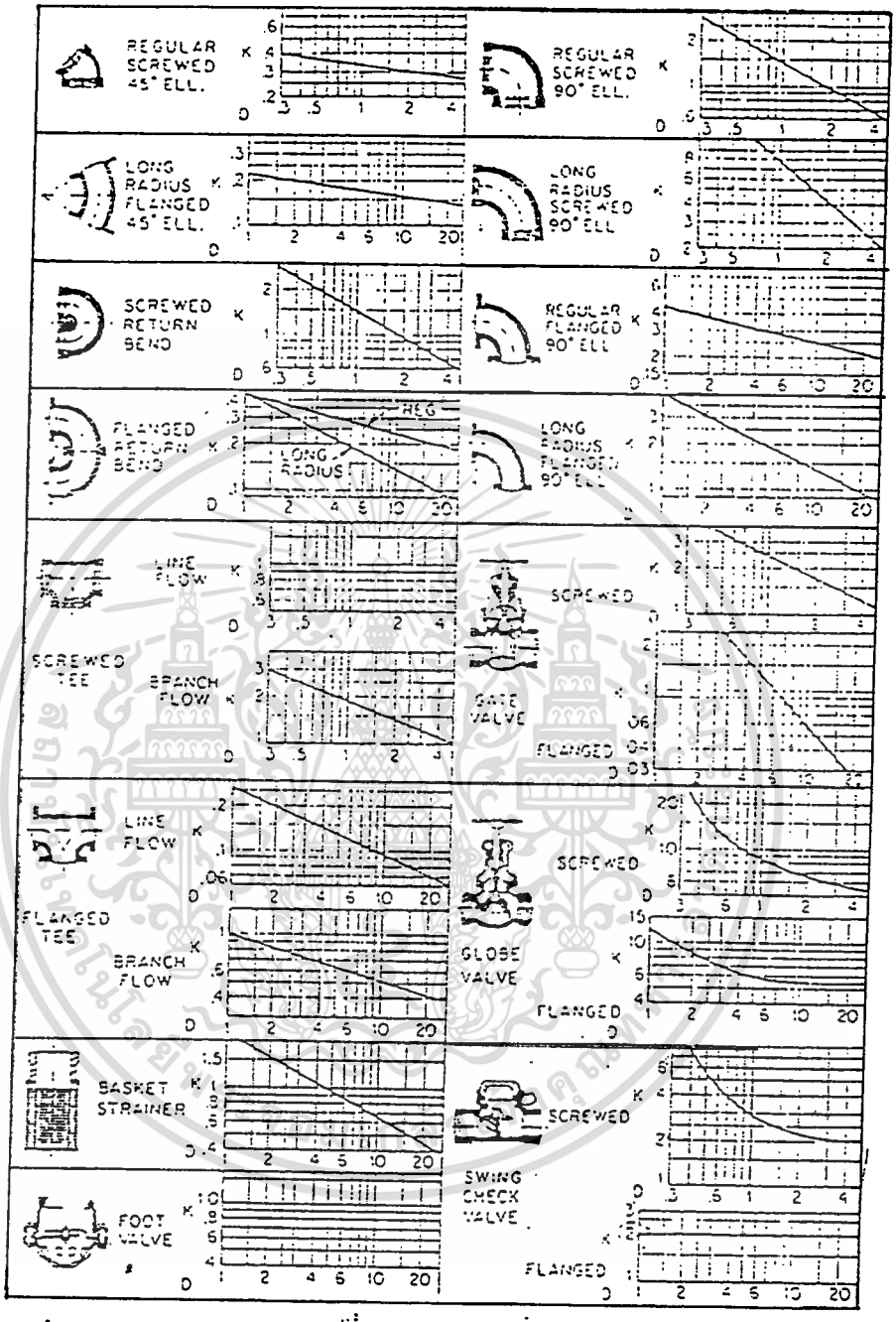
รูปที่ 2.2a สัมประสิทธิ์การสูญเสีย(K)สำหรับการเปลี่ยนแปลงท่อแบบกะทันหัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2b สัมประสิทธิ์การสูญเสีย(K)สำหรับการเปลี่ยนแปลงขนาดท่อแบบค่อยๆ เปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



* Hydraulic Institute. $h = k\frac{v^2}{2g}$ feet of fluid.

รูปที่ 2.3 สัมประสิทธิ์การสูญเสีย(K)ที่อุปกรณ์ประกอบท่อชนิดต่างๆ

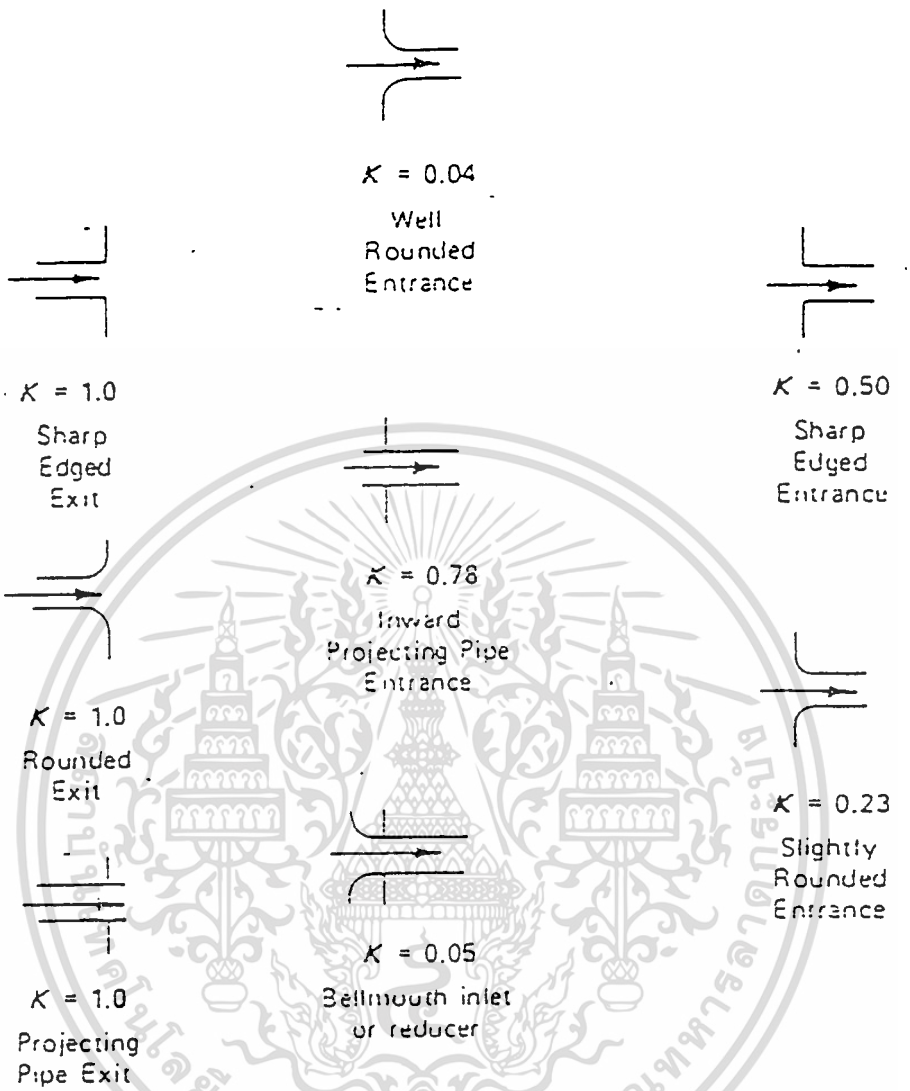
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOMINAL PIPE OR TUBE SIZE (mm)	SMOOTH BEND ELBOWS						SMOOTH BEND TEES				MITRE ELBOWS			
	90° Std.	90° Long Rad.	90° Street	45° Std.	45° Street	180° Std.	Flow-thru branch	Straight-thru Flow: No Reduction	Straight-thru Flow: Reduced ½	Straight-thru Flow: Reduced ½	90° Ell	60° Ell	45° Ell	30° Ell
	1.6	0.9	2.0	0.8	1.3	2.6	3.0	1.0	1.4	1.6	3.0	1.3	0.7	0.4
	2.0		3.2	0.9	1.6	3.2	4.0	1.4	1.9	2.0	4.0	1.6	0.9	0.5
1 ¼	3.3	1.7	4.1	1.3	2.1	4.1	5.0	1.7	2.3	2.5	5.0	2.0	1.0	0.7
1 ½	3.3	2.0	5.6	1.7	3.0	5.6	7.0	2.3	3.1	3.3	7.0	2.8	1.5	0.9
	4.0	2.5	6.3	2.1	3.4	6.3	8.0	2.6	3.7	4.0	8.0	3.4	1.8	1.1
2	5.2	3.3	8.2	2.6	4.5	8.2	10	3.3	4.7	5.0	10	4.5	2.3	1.3
2 ½	6.0	4.1	10	3.2	5.2	10	12	4.1	5.6	6.0	12	5.2	2.8	1.7
3	7.5	5.0	12	4.0	6.4	12	15	5.0	7.0	7.5	15	6.4	3.2	2.0
3 ½	9.0	5.9	15	4.7	7.3	15	18	5.9	8.0	9.0	18	7.3	4.0	2.4
4	10	6.7	17	5.2	8.5	17	21	6.7	9.0	10	21	8.5	4.5	2.7
5	12	8.2	21	6.6	11	21	25	8.2	12	13	25	11	6.0	3.2
6	14	10	25	7.5	13	25	30	10	14	16	30	13	7.0	4.0
8	20	13	–	10	–	33	40	13	18	20	40	17	9.0	5.1
10	25	16	–	13	–	42	50	16	23	25	50	21	12	7.2
12	30	19	–	16	–	50	60	19	26	30	60	25	13	8.0
14	34	23	–	18	–	55	68	23	30	34	68	29	15	9.0
16	38	26	–	20	–	62	78	26	35	38	76	31	17	10
18	42	29	–	23	–	70	85	29	40	42	85	37	19	11
20	50	33	–	26	–	81	100	33	44	50	100	41	22	13
24	60	40	–	30	–	94	115	40	50	60	115	49	25	16

NOMINAL PIPE OR TUBE SIZE (mm)	GLOBE†	60°-Y	45°-Y	ANGLE†	GATE†	SWING CHECK	LIFT CHECK
		45° OR 60°					
	12	8	6	6	0.6	5	Globe & Vertical Lift Same as Globe Valve**
	16	9	7		0.7	6	
	22	11	9		0.9	8	
1	29	15	12	12	1.0	10	
1 ¼	38	20	15	15	1.5	14	
1 ½	43	22	18	18	1.8	16	
2	55	30	24	24	2.3	20	
2 ½	63	35	29	29	2.8	25	
3	84	43	35	35	3.2	30	
3 ½	100	50	41	41	4.0	35	
4	120	58	47	47	4.5	40	
5	140	71	58	58	6	50	
6	170	84	70	70	7	60	
8	220	115	85	85	9	80	
10	280	145	105	105	12	100	
12	320	165	130	130	13	120	Angle Lift Same as Angle Valve
14	360	185	155	155	15	135	
16	410	210	180	180	17	150	
18	460	240	200	200	19	165	
20	520	275	235	235	22	200	
24	610	320	265	265	25	240	

รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนอุปกรณ์ประกอบท่อเป็นความยาวสมมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 สัมประสิทธิ์การสูญเสีย(K)ที่ปากทางเข้า-ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
038867

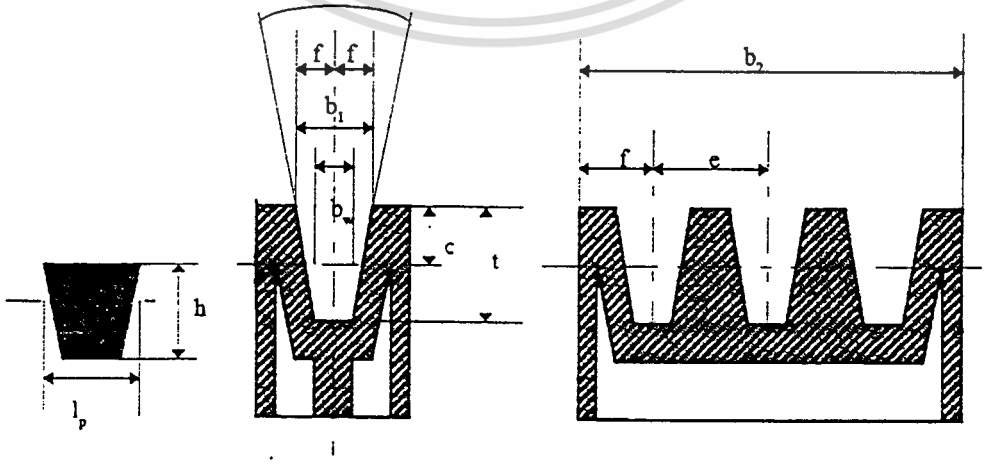
2.5 สายพานลิ่ม

สายพานลิ่มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมากโดยต้องการแรงดึงชั้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียว กับร่องรูปลิ่มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี แม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อย และมีแรงดึงชั้นต้นค่อนข้างต่ำ และเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อย ในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุด เมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพาน และในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉิน ก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรคได้ด้วย

การขับด้วยสายพานลิ่ม มีข้อดีคือ เงียบ สะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกจากนั้นยังมีขนาดกระทัดรัด มีประสิทธิภาพดี และแบริ่งของเพลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการขับทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งใช้สายพานขับได้โดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7 : 1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10 : 1

2.5.1 ขนาดสายพานและล้อสายพานลิ่ม

สายพานลิ่ม มีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์ (pitch width) และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ (narrow V - belts) มีขนาด SPZ , SPA , SPB และ SPC และสายพานลิ่มแบบธรรมดา มีขนาด Y , Z , A , B , C , D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ่มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ่มและล้อสายพานดูได้จากรูปข้างล่าง ส่วนขนาดต่างๆดูได้จากตาราง ข้างล่างด้วยเช่นกัน



หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 กลศาสตร์ของสายพานลิ่ม

การหาค่ากำลังส่งของสายพานลิ่มหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$W_p = z\,(F_1 - F_2)\,v$$

โดยที่ v = ความเร็วของสายพานเป็น เมตรต่อวินาที

z = จำนวนสายพาน

ความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพานลิ่มหาค่าได้จากสมการ

$$L_p \cong 2C + 1.57\,(D_p + d_p) + \frac{(Dp - dp)2}{4C}$$

โดยที่สัญลักษณ์ต่างๆ ยังคงมีความหมายเช่นเดียวกับสายพานแบน แต่ในกรณีของสายพานลิ่ม จะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์แทน หรือในกรณีที่ทราบความยาวพิตช์แล้วต้องการหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางก็ทำได้โดยใช้สมการ

$$C \cong p + \sqrt{p^2 - q}$$

โดยที่ $p = 0.25L_p - 0.393\,(D_p + d_p)$

$q = 0.125\,(D_p - d_p)^2$

2.5.3 การทำให้เกิดแรงดึงชั้นต้นในสายพานลิ่ม

การทำให้เกิดแรงดึงชั้นต้นจะช่วยทำให้การขับด้วยสายพานมีประสิทธิภาพดี และยืดอายุการใช้งานของสายพาน ถ้าออกแรงดึงชั้นต้นไม่เพียงพอจะทำให้ส่งกำลังได้น้อยลงประสิทธิภาพต่ำลง ทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลงเนื่องจากการสลิป แต่ถ้าออกแรงดึงชั้นต้นมากเกินไปจะทำให้ขอบสายพานยืดตัวมากเกินไป เกิดความเค้นในสายพานมาก แบริ่งที่รองรับล้อสายพานจะรับแรงมากเกินไป ด้วยเหตุนี้เองจึงต้องออกแรงดึงชั้นต้นให้เหมาะสมกับแรงภายนอกที่กระทำกับสายพาน

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลังคือ

$$F = F_1 - F_2 = \frac{Wp}{V}$$

ให้แรงดึงในแนวแกน

$$F_w = F_1 + F_2 = F\,\frac{e^{\alpha_f'} + 1}{e^{\alpha_f'} - 1}$$

แรงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักสายพาน

$$F_c = \frac{wAv^2}{g}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงลัพธ์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลางคือ

$$F_R = 2 \bullet 2 \bullet F_c \sin \alpha/2$$

โดยที่ z = จำนวนสายพาน

ดังนั้นแรงดึงชั้นต้นในสายพานจึงหาได้จากการรวมแรงดึงในแนวแกนขณะส่งกำลัง กับแรงลัพธ์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลางนั่นคือ

$$F_i = F_w + F_R$$

ในทางปฏิบัติมักจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนจากสมการ

$$F_w = k_1 \bullet F \bullet \sin \alpha/2$$

โดยที่ k_1 เป็นตัวประกอบใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานซึ่งหาค่าได้จากตารางแล้วใช้แรงนี้เป็นแรงดึงชั้นต้น

ในกรณีที่ขับโดยมีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคงที่ หรือไม่มีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแรงดึงในสายพานตลอดเวลา ก็จำเป็นที่จะต้องนำเอาแรงหนีศูนย์กลางมาคิดด้วยจากสมการ

$$F_R = 2 \bullet z \bullet F_c \sin \alpha/2$$

$$= 2 \bullet z \bullet \frac{wAv^2}{g} \sin \alpha/2$$

ซึ่งเขียนได้ใหม่เป็น

$$F_R = z \bullet k_2 \bullet v^2 \sin \alpha/2$$

ค่า k_2 หาได้จากตาราง ดังนั้นแรงดึงชั้นต้นในสายพานจึงเท่ากับ

$$F_i = (k_1 F + z k_2 v^2) \sin \alpha/2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

เนื่องจากเครื่องพ่นหมอกนี้ ได้รับกำลังขับจากรถแทรกเตอร์ ดังนั้นเราควรรู้ว่ารถแทรกเตอร์ที่ใช้นั้นมีรายละเอียดอย่างไร แล้วจึงไปคำนวณหารายละเอียดของอุปกรณ์และโครงสร้างของเครื่องพ่นหมอกที่จะนำมาใช้กับรถแทรกเตอร์นั้นได้อย่างเหมาะสม สำหรับโครงงานนี้ใช้รถแทรกเตอร์ รุ่น KUBOTA L2050 4WD ซึ่งมีความเร็วรอบของเพลาอำนวยกำลัง (PTO) 540 รอบต่อนาที ให้กำลังขับ 20 แรงม้า (14.9 กิโลวัตต์) และปั๊มก็ใช้ปั๊มที่มีแรงดัน 21-35 บาร์ ซึ่งมีอยู่แล้ว แต่เวลาออกแบบก็ต้องคำนวณหาขนาดของปั๊มที่จะต้องใช้ และดูว่าปั๊มที่มีอยู่แล้วนี้สามารถใช้ได้หรือไม่

3.1 ส่วนประกอบของเครื่องพ่นหมอกชนิดใช้ลมไหลตามแนวแกน (ดูรูปที่ 1-8 ประกอบ)

1) ถังบรรจุสารเคมี (Tank)
2) หัวฉีด (Nozzle)
3) ท่อ (Pipe)
4) อุปกรณ์ประกอบท่อ เช่น ข้อต่อ ข้องอต่างๆ
5) แผ่นปะทะและกรวยเปลี่ยนทิศทางลม (Deflector)
6) โครงสร้าง (Structure)
7) พัดลม (Blower)
8) ปั๊มสารเคมี (Pump)
9) ชุดถ่ายทอดกำลัง (Transmittion)

3.2 ลักษณะและหน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆ

1. ถังบรรจุสารเคมี (Tank) เป็นถึงสำหรับบรรจุสารเคมีที่ทนต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารเคมีและทนต่อการกัดกร่อน ควรมีปริมาตรบรรจุได้ไม่มากหรือน้อยเกินไป เพราะถ้ามากไปก็จะเป็นภาระต่อรถแทรกเตอร์ หรือถ้าน้อยเกินไปก็จะไม่พอสำหรับการใช้งาน สำหรับเครื่องพ่นหมอกนี้ เลือกใช้ถังพลาสติกปริมาตร 400 ลิตร จำนวน 2 ถัง
2. ชุดหัวฉีด (Nozzle) เลือกใช้หัวฉีดชนิดกรวยกลวง ทนแรงดัน 3-25 บาร์ เพราะสามารถทนความที่ดันขับมาจากปั๊มได้
3. ท่อ (Pipe) ควรใช้ท่อที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมี ไม่เป็นสนิม และมีอายุการใช้งานนานพอสมควร สำหรับการสร้างเครื่องพ่นหมอกนี้เลือกใช้ท่อแป๊บขนาด 0.5 นิ้ว นำมาทำเป็นท่อโค้งเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 เซนติเมตร หลังจากนั้นก็นำมาเจาะรูเพื่อเชื่อมต่อกันกับชุดหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อุปกรณ์ประกอบท่อ เช่น ข้อต่อ ข้องอ เลือกใช้ข้องอ 90 องศา Long radius elblow 2 ตัว เช่น เดียวกันมาทำเป็นกรวยเส้นผ่านศูนย์กลางที่ฐาน 70 เซนติเมตรส่วนปลายของกรวยตัดให้เป็นรู สำหรับใส่เพลาของพัดลมได้

5. โครงสร้าง (Strucure)

- แท่นเครื่องสร้างด้วยเหล็กรูปตัว C ขนาด 3" x 1" ½ หนา 5/32"
- โครงสร้างและเหล็กยึดสร้างด้วยเหล็กฉากขนาด 1" ½ x 1"1/2 หนา 1/8"
- เพลารับกำลังจากเพลาพีทีโอของรถแทรกเตอร์ทำด้วยเหล็กกลม รองรับด้วยลูกปืน กลมเพลาด้านที่ต่อกับเพลาอำนวยกำลังจะเซาะร่องเป็น Spline เพื่อสวมกับเพลาอำนวยกำลัง (PTO)

6. ชุดหัวฉีด (Nozzle) เลือกใช้หัวฉีดชนิดกรวยกลวงของบริษัท HARDI ประเทศ DENMARK ซึ่งทำมาจากเซรามิกเหมาะสำหรับใช้กับงานที่ทนแรงดันสูง สำหรับโครงงานนี้เลือกใช้ชนิดสีเหลืองและสีแดง ดังมีรายละเอียดการใช้งานดังนี้

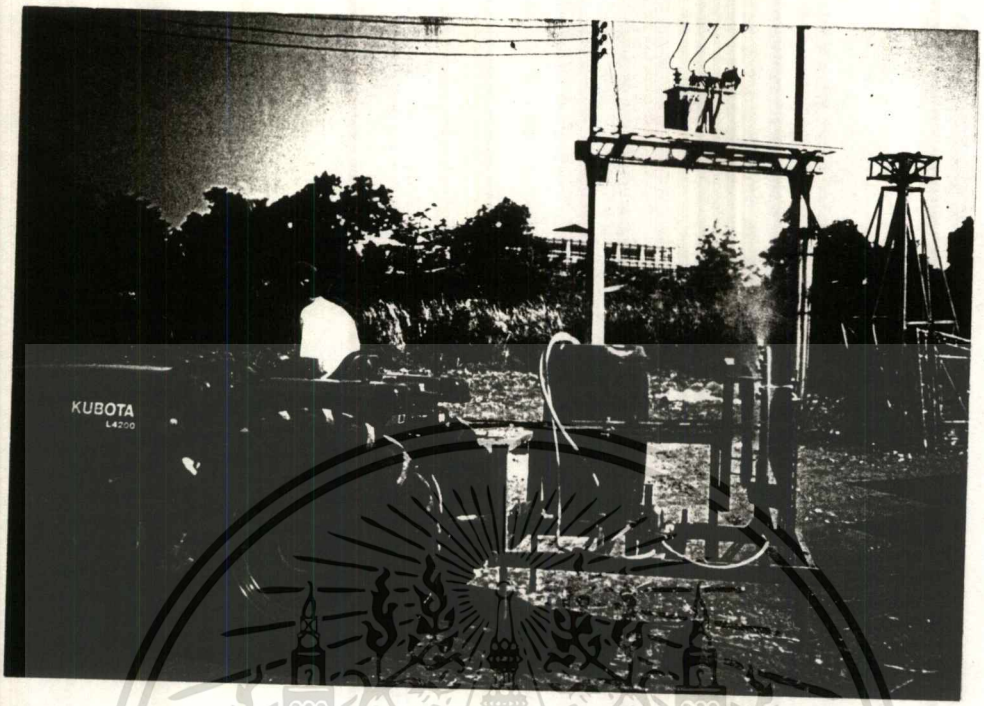
ตารางอัตราการฉีดพ่นสารเคมี ชนิด Ceramic Hallow cone (ลิตร/นาที)

PRESSURE (BAR)	1299-12 YELLOW	1299-16 RED
3	0.57	1.08
5	0.74	1.39
6	0.81	1.52
8	0.94	1.76
10	1.05	1.97
15	1.28	2.41
20	1.48	2.78
25	1.65	3.11
Ref.No.	371510	371512

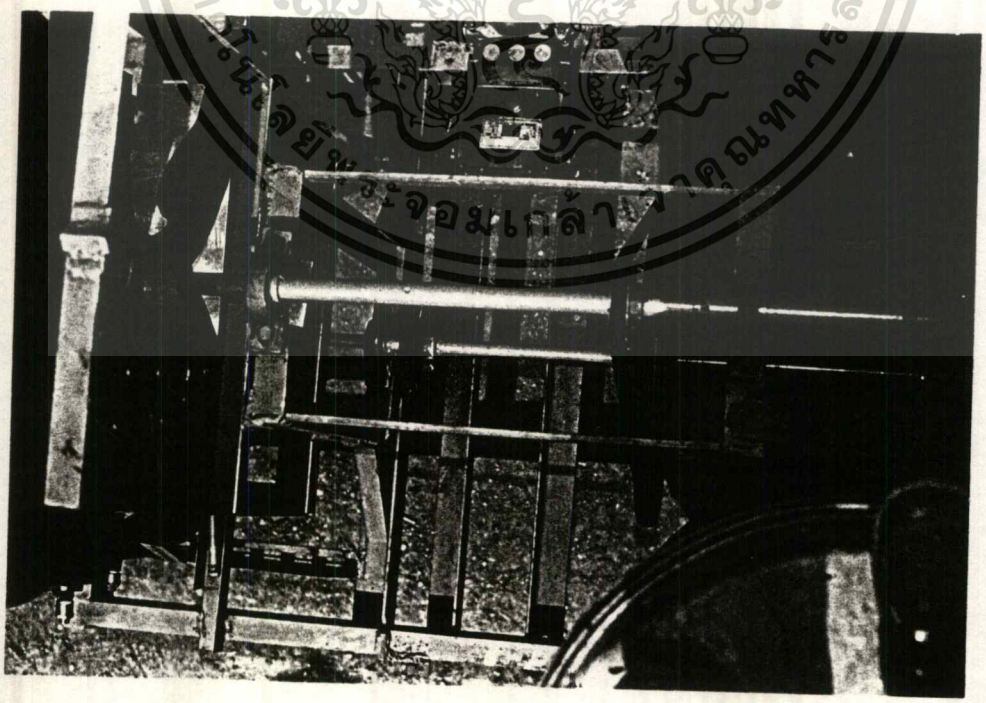
7. พัดลม(Propeller) ใช้ใบพัดลมแบบบลมไหลตามแนวแกน(Propeller)เพื่อช่วยเป่าลมที่ออกมาจากหัวฉีดออกในแนวรัศมี เพราะด้านหลังของพัดลมจะมีแผ่นปะทะและกรวยเปลี่ยนทิศทางอยู่

8. ปั๊มสารเคมี (Pump) เป็นแบบลูกสูบชักตามแนวนอน มีอัตราการส่งน้ำยาสูงสุด 18 ลิตรต่อนาที ส่งความดันปกติขณะทำงานได้ระหว่าง 21-35 บาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

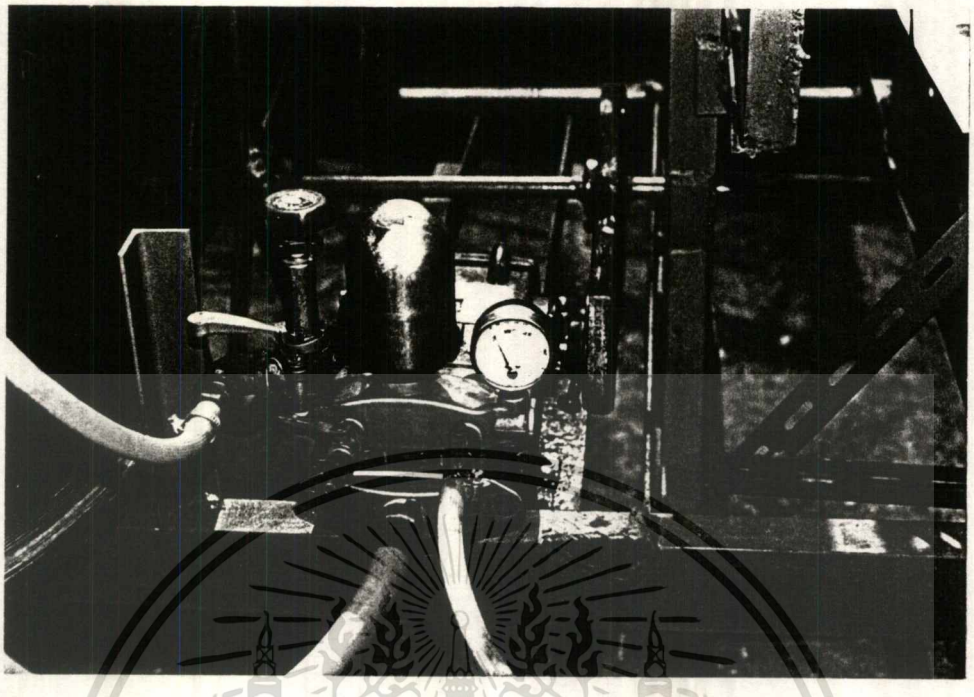


รูปที่ 3.1 ภาพถ่ายด้านข้างของเครื่องพ่นหมอก

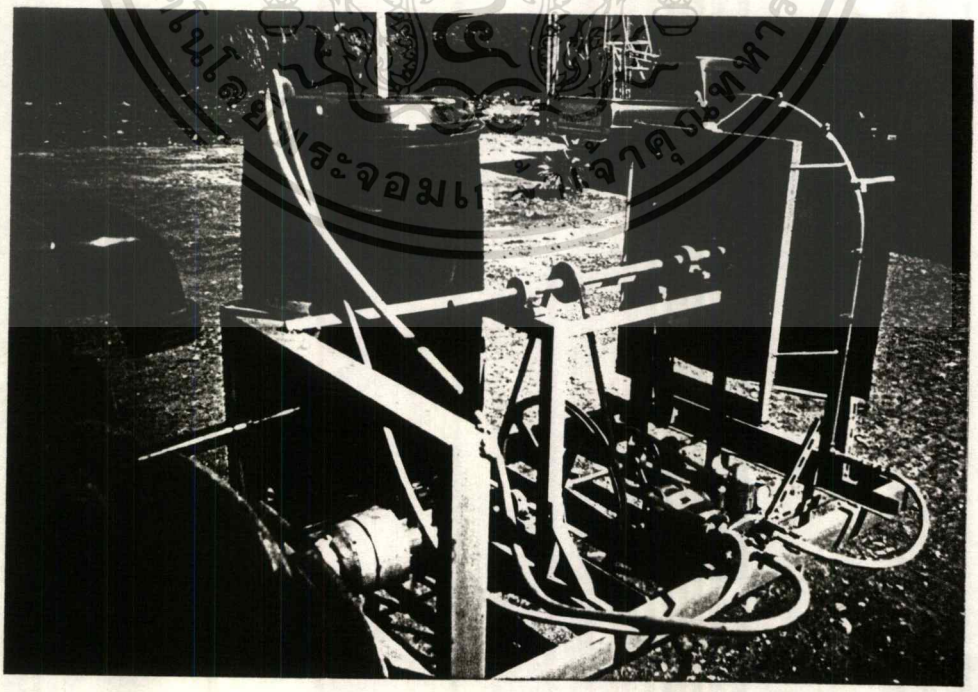


รูปที่ 3.2 ภาพถ่ายด้านบนของเครื่องพ่นหมอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

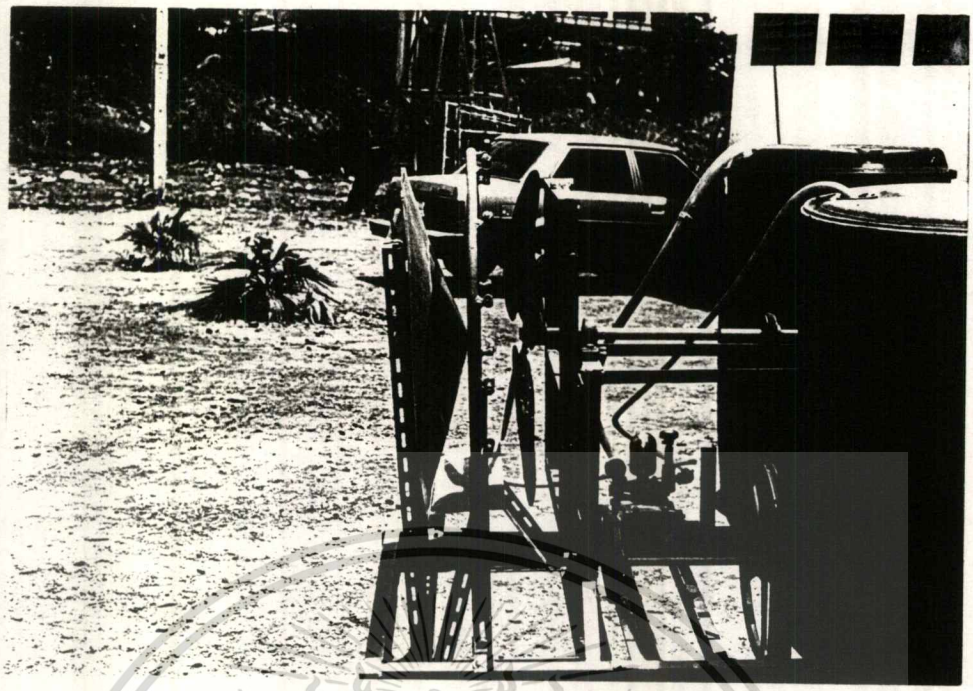


รูปที่ 3.3 ระบบถ่ายทอดกำลังไปยังปั๊ม

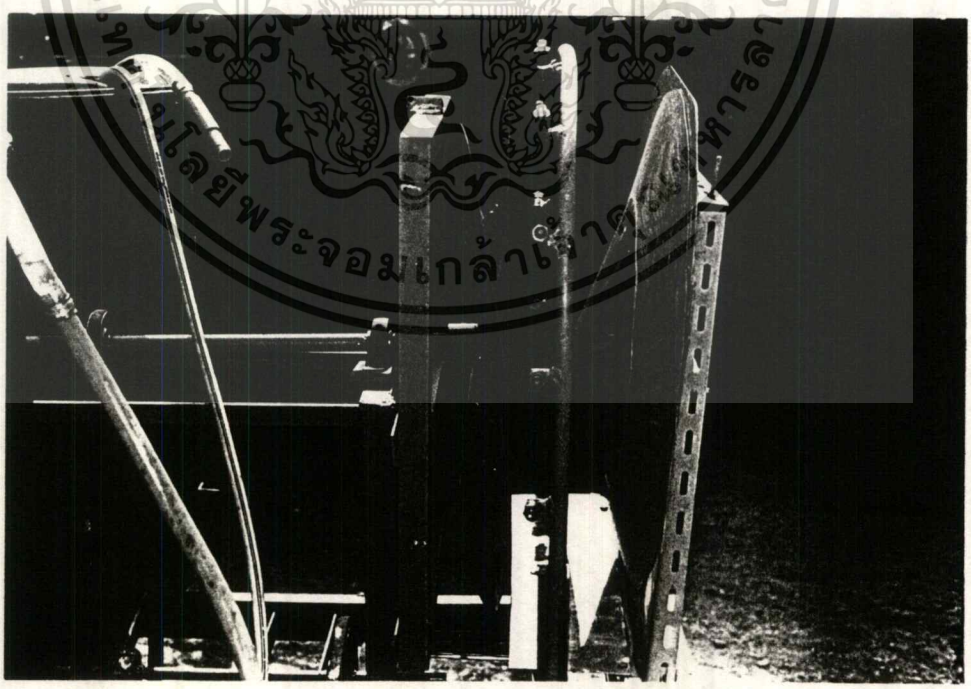


รูปที่ 3.4 ระบบถ่ายทอดกำลังไปยังพัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

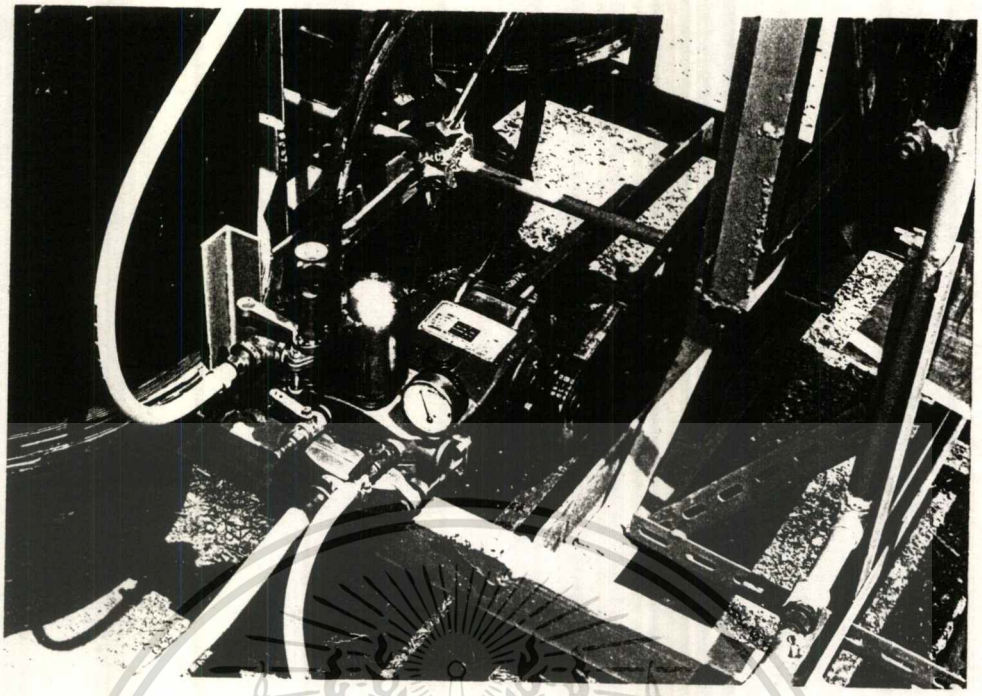


รูปที่ 3.5 กรวยเปลี่ยนทิศทางและแผ่นปะทะ

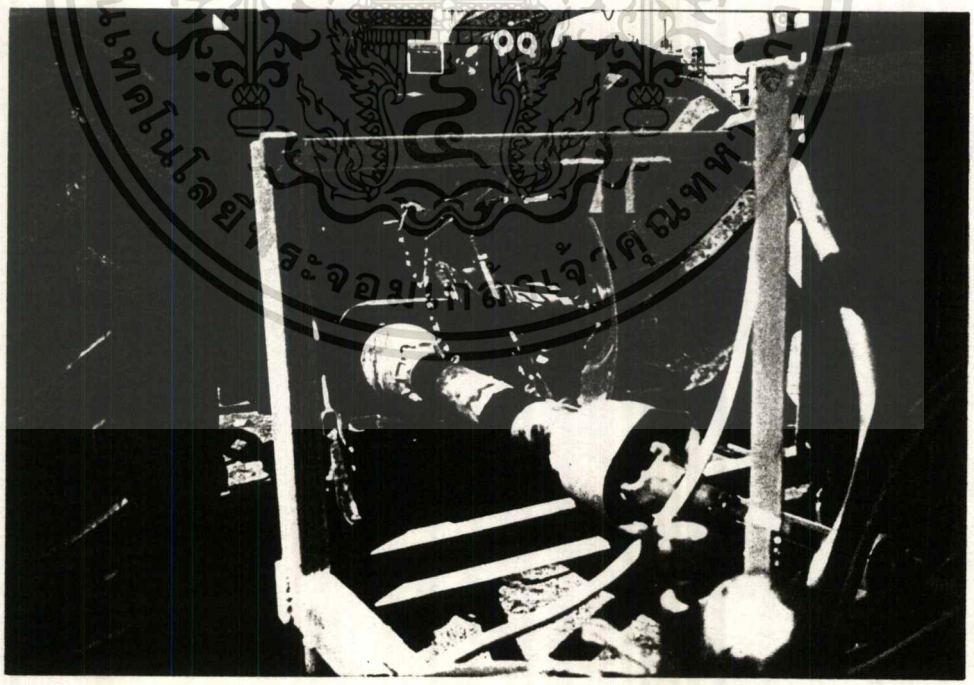


รูปที่ 3.6 ใบพัดและท่อโค้งพร้อมหัวฉีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ปั๊มและอุปกรณ์ประกอบท่อ



รูปที่ 3.8 สปลาขน์ (Spline) และเพลาสไลด์ (Slide shaft)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 คำนวณความเร็วรอบพัดลมและปั๊ม

ความเร็วรอบพัดลม

ความเร็วรอบของเพลา PTO	(n1)	=	540 รอบต่อนาที
เส้นผ่านศูนย์กลางมูเล่ย์ตัวใหญ่	(d1)	=	480 มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางมูเล่ย์บนเพลาพัดลม	(d2)	=	100 มิลลิเมตร

จากสมการ

$$n1/n2 = d2/d1$$

ดังนั้น

$$n2 = (480)(540)(3)/(100)$$

ความเร็วรอบพัดลมเท่ากับ 4773 รอบต่อนาที

ความเร็วรอบปั๊ม

ความเร็วรอบของเพลา PTO	(n1)	=	540 รอบต่อนาที
เส้นผ่านศูนย์กลางมูเล่ย์ตัวใหญ่	(d1)	=	190 มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางมูเล่ย์บนปั๊ม	(d2)	=	90 มิลลิเมตร

จากสมการ

$$n1/n2 = d2/d1$$

ดังนั้น

$$n2 = (190)(540)(3)/(90)$$

ความเร็วรอบปั๊มเท่ากับ 3420 รอบต่อนาที

อัตราส่วนของชุดถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์สู่เพลา PTO เท่ากับ 1:3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีคำนวณจุดทำงาน

เนื่องจาก Nozzle ทนแรงดันได้สูงสุดที่ 25 บาร์

ดังนั้น ถ้าลองเลือกจุดทำงานที่ 20 บาร์

Capacities (l / min) at various pressure

Flow rate in bar

PRESSURE in bar	Colors			
	yellow	x4	red	x6
10	1.05	4.20	1.97	11.82
15	1.28	5.12	2.41	14.46
20	1.48	5.92	2.78	16.68
25	1.65	6.60	3.11	18.66

ตารางเปรียบเทียบความเร็วกับเวลาที่ใช้ในระยะทาง 100 เมตร

sec/100m	54	56	58	60	62	64	66	68
km/h	6.7	6.4	6.2	6.0	5.6	5.6	5.5	5.3

อ้าพิจารณา

ที่ความเร็วเฉลี่ย 6 km/h ความดัน 11 บาร์ใช้น้ำยา 16.68 ลิตรต่อนาที

รัศมีการฉีดพ่นในระยะ 100 เมตร ต้องการ 4.50 เมตร

พื้นที่ระยะ 100 เมตร 4.50 x 100 = 450 ตารางเมตร

ถังน้ำยา 400 ลิตร 2 ถัง จะได้พื้นที่ = (450)(400)(2)/(16.68)

= 21582.73 ตารางเมตร

น้ำยา 800 ลิตร จะได้พื้นที่ฉีดพ่น = 13.5 ไร่

สมรรถนะจะเท่ากับ = 60 ลิตรต่อไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณการทำงาน

เนื่องจาก Nozzleทนแรงดันได้สูงสุดที่ 25 บาร์

ลองเลือกจุดทำงานที่ 11 บาร์

Capacities (l / min) at various pressure

Flow rate in bar

PRESSURE In bar	Yellow	X4	red	X6
10	1.05	4.20	1.97	11.82
15	1.28	5.12	2.41	14.46
20	1.48	5.92	2.78	16.68
25	1.65	6.60	3.11	18.66

ตารางเปรียบเทียบความเร็วกับเวลาที่ใช้ในระยะทาง 100 เมตร

Sec/100m	54	56	58	60	62	64	66	68
Km/h	6.7	6.4	6.2	6.0	5.6	5.6	5.5	5.3

ถ้าพิจารณาที่ความเร็วเฉลี่ย 6 km/h ความดัน 11 บาร์ ใช้น้ำยา 16.68 ลิตรต่อนาที

รัศมีการฉีดพ่นในระยะ 100 เมตร ได้พื้นที่ทำงาน 4.50 เมตร

พื้นที่ระยะ 100 เมตร 4.50*100 = 450 ตารางเมตร

ถังน้ำยา400ลิตร2ถัง จะได้พื้นที่ = (450)(400)(2)/(16.68)

= 21582.73 ตารางเมตร

น้ำยา 800ลิตร จะได้พื้นที่ฉีดพ่น = 13.5ไร่

สมรรถนะจะเท่ากับ = 60ลิตรต่อไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การคำนวณหาระบบส่งกำลัง

1. หาขนาดล้อขับสายพานและสายพาน

จากสูตร $P = W_p \cdot N_s \cdot \frac{1}{N_a}$

P = กำลังงานที่แก้ไข

W_p = กำลังงานที่ต้องการส่ง

N_s = ตัวประกอบใช้งาน

N_a = ตัวประกอบใช้งาน

ที่รถแทรกเตอร์ ค่ากำลังของ PTO = 20 กำลังม้า (14.9 กิโลวัตต์) ที่ 540 รอบต่อนาที

จากตาราง 4 ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 รอบ/นาที ชั่วโมงการทำงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 ชั่วโมง งานปานกลาง (10 ชั่วโมง) ได้ค่า $N_s = 1.1$

ดังนั้น $W_p = \frac{N_s}{1.1} = \frac{9.3}{1.1} = 8.45$

จากรูป 10.21 เลือกสายพานหน้าตัด A ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพาน d_p = 100 มม.

อัตราทด $m_w = n_1 / n_2 = 540 / 3420 = 0.157$

จาก $d_p = D_p \cdot m_w$

$\frac{100}{0.157} = D_p = 636.94$ มม.

จากตาราง 3 เลือกใช้ D_p = 600 มม.

จากสมการ 10.34 ความยาวพิทช์ โดยประมาณของสายพาน

$$L_p = 2c + 1.57 (B_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4c}$$

$$= 2 (500) + 1.57 (600 + 100) + \frac{(600 + 100)^2}{4 \times 500}$$

$$= 2344 \text{ มม.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง 6 เลือกใช้สายพาน $L_p = 2360 + 30 = 2390$

ระยะห่างระหว่าง คำนวณได้จากสมการ

$$c = P + \sqrt{P^2 + q}$$

$$p = 0.25\, L_p - 0.393\,(D_p + d_p)$$

$$= 0.25 \times 2390 - 0.393\,(600 + 100)$$

$$= 322.4$$

$$q = 0.125\,(D_p + d_p)^2$$

$$= 0.125\,(600 - 100)^2$$

$$= 31250$$

$$c = 322.4 + \sqrt{(322.4)^2 - 3125}$$

$$= 592.01 \text{ มม.}$$

ดังนั้น โค้งสัมผัส

$$\frac{D_p - d_p}{c} = \frac{600 - 100}{592}$$

$$= 0.84$$

จากตาราง 5 ส่วนประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส

$$N_p = 0.85$$

จากตาราง 6 ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน

$$N_l = 1.02$$

และสำหรับล้อสายพานขนาด 100 มม. อัตราทด 0.157

$$n = 3420 \text{ รอบ/นาที}$$ จากตาราง 6

$$P_R = 3.20 \text{ kW/เส้น}$$

จากสมการ 10.39

$$x = \frac{W_p \cdot N_s}{P_R \cdot N_a \cdot N_l}$$

$$= \frac{8.45 \times 1.1}{3.20 \times 0.85 \times 1.02}$$

$$= 3.35$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ 10.3 มุมสัมผัสสายพาน

$$\alpha_1 = \pi - 2\sin^{-1}\frac{(D_p - d_p)}{2c} \text{ rad}$$

$$= \pi - 2\sin^{-1}\frac{(600 - 100)}{2 \times 592} \text{ rad}$$

$$= 130^{\circ}$$

ความเร็วสายพาน

$$V = \pi d_p n$$

$$= \pi \frac{(100)}{1000}\frac{(3420)}{100}$$

$$= 17.9 \text{ เมตร/นาที}$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง

$$F = \frac{W_p}{V}$$

$$= \frac{4(1000)}{17.9}$$

$$= 223.4 \text{ นาที}$$

จากตาราง 10.18 $k_1 = 1.5$ $k_2 = 0.217$

$\sin\frac{(\alpha)}{2} = 0.906$ $V^2 = 320.41$

สมการ จาก 10.35 แรงดึงขั้นต้นในสายพาน

$$F_i = (k_1 F + Z k_2 V^2)\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$= (1.5 \times 223.4 + 4 \times 0.217 \times 320.41) \times 0.906$$

$$= 555.573$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การคำนวณเครื่องสูบ

ความดันที่ทางออกของเครื่องสูบ = $P_a + h_s - (H_{fs} + P_v)$

เมื่อ

P_a คือ ความดันของบรรยากาศที่ระดับห่างจากระดับน้ำทะเล

h_s คือ ระยะห่างจากปั๊มถึงผิวหน้าของสารเคมี (Static suction head)

H_{fs} คือ ความดันที่สูญเสียเนื่องจากความต้านทาน(Static sunction head)

P_v คือ ความดันของสารเคมี (ไม่นำมาคิด)

การวิเคราะห์

เลือกท่อขนาด 0.5 นิ้ว ยาว 9.15 ฟุต

นำไปเปิดตาราง ที่2.2 จะได้ค่า V = 2.4 ฟุตต่อวินาที

ใช้ Gate valve 1 ตัว ใช้ ข้องอ 90 องศา (Long radius smooth elbow) 2 ตัว

1) หา Pa จากตารางความดันบรรยากาศ(คิดที่ระดับน้ำทะเล)จะได้ว่า

Pa = 33.9 ฟุต

2) หา H_s จากรูปจะเห็นว่า

H_s = 3.28 ฟุต

3) หา H_{fs} ซึ่งคิดที่อุปกรณ์ประกอบท่อต่างๆ โดยการเปลี่ยนแปลงความยาวสมมูล

คิดที่ Gate valve โดยการนำค่า Q และ D ไปดูรูปที่ 2.4

จะได้ h_f = 7 ฟุต

คิดที่ ข้องอ 90 องศา Long radius smooth end elbow 2 ตัว ไปดูรูปที่ 2.4

จะได้ $h_f = 1x2 = 2$ ฟุต

คิดเนื่องจากความยาวท่อ 9.15 ฟุต รู้ค่า Q,V,D นำไปหาค่าความต้านทานโดย

ใช้ตาราง 2.1

จะได้ h_f = 9 ฟุต ต่อ ความยาวท่อ 100 ฟุต

= (9x9.15)/100 = 0.82 ฟุต

4) หาแรงดันที่ท่อทางออกของ Nozzle 10 ตัว จากรูปที่ 2.2a

= (2.4)(2.4)(0.3)(10)/2(9.81)

= 0.88 ฟุต

จะได้ว่า H_{fs} = 7+2+0.82 +0.88 = 10.7 ฟุต

ดังนั้น ความดันที่ทางออกของเครื่องสูบน้ำ = 44+3.28-10.7 = 36.58 ฟุต

36.58 x 2.989 x 1000 / 100,000 = 1.08 บาร์

จากผลการคำนวณปั๊มสามารถทำงานได้ เนื่องจากปั๊มทำงานอยู่ระหว่าง 21-35 บาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การหาภาระ (Load) ของรถแทรกเตอร์ L 2050 (4 WD)

ความสำคัญของจุดศูนย์ถ่วง

เครื่องจักรกลการเกษตรส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรที่ทำงานบนพื้นดิน ซึ่งมีสภาพแตกต่างจากท้องถนนที่สามารถควบคุมการขับเคลื่อนได้ง่าย เสถียรภาพของเครื่องจักรกลเกษตรที่เคลื่อนที่ เช่น รถแทรกเตอร์ เทรลเล่อร์ รถบรรทุก รถเก็บผลไม้ มีความสำคัญต่อความปลอดภัยของเกษตรผู้ขับ ดังที่ได้ทราบมาแล้วว่า "หากตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุเคลื่อนที่ออกนอกเส้นขอบฐานของวัตถุ วัตถุจะเสียสมดุล" เช่น พลิกคว่ำ โค่นล้ม เป็นต้น

การหาตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของเครื่องจักรกลเกษตร ซึ่งในที่นี้เป็นรถแทรกเตอร์ L 2050 (4WD) มีวิธีการดังต่อไปนี้

1. วัดระยะห่างระหว่างล้อหน้าและล้อหลัง (X_1 = 157 cm)
2. วัดระยะห่างระหว่างล้อหน้าและล้อหน้า (Z_1 = 102 cm) และระหว่างล้อหลังและล้อหลัง (Z_2 = 104 cm)
3. ชั่งน้ำหนักรถทั้งคัน (W = 950 kg)
4. ชั่งน้ำหนักที่ล้อหน้าทีละข้าง โดยให้ล้อทั้งสี่อยู่ในระดับเดียวกัน (N_1 = 268.5 kg , N_2 = 269.0 kg)
5. ชั่งน้ำหนักที่ล้อหลังทีละข้าง โดยให้ล้อทั้งสี่อยู่ในระดับเดียวกัน (N_3 = 281.8 kg , N_4 = 281.8 kg)
6. คำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงตามแกน X

$$X = \frac{X_1 (N_1 + N_2)}{W}$$

$$= \frac{157 (268.5 + 269)}{950}$$

$$= 88.83 \text{ cm}$$

7. คำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงตามแกน Z

$$Z = \frac{[Z_1 (N_1 - N_2) + (N_3 - N_4)]}{2W}$$

$$= \frac{[102 (268.5 - 269) + (104 (281.8 - 281.8)]}{2 \times 950}$$

$$= - 0.027 \text{ cm}$$

8. ใช้หมอนหนุนล้อหลังให้สูงขึ้นเป็นระยะ Y (Y = 14 cm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. คำนวณหามุมเอียงของรถ

$$\tan \phi = \frac{14}{157}$$

$$\phi = 5.1 \text{ องศา}$$

10. คำนวณระยะในแนวราบ จากจุดรับน้ำหนักที่ล้อหน้าถึงแนวรับน้ำหนักที่ล้อหลังตามแกนดิ่ง (X_3)

$$X_3 = X_1 \cos \phi$$
$$= 157 \cos 5.1^{\circ}$$
$$= 156.38 \text{ cm}$$

11. ชั่งน้ำหนักที่ล้อหลังทีละข้างขณะตัวรถเอียง ($N_3' = 295$ kg , $N_4' = 295$ kg)

12. คำนวณระยะในแนวราบจากจุดศูนย์กลางล้อหน้า ถึงแนวจุดศูนย์ถ่วงตามแกนดิ่ง (X_2)

$$X_2 = \frac{X_3 (N_3' + N_4')}{W}$$
$$= \frac{156.38 (295 + 295)}{950}$$
$$= 97.12 \text{ cm}$$

13. คำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงตามแกน Y

$$Y = \{ [X_1 - X - (X_2)] \cot \phi \} / \cos \phi$$
$$= [157 - 88.83 - (97.12)] \cot 5.1^{\circ} / \cos 5.1^{\circ}$$
$$= [157 - 88.83 - 97.51] \times 11.2$$
$$= -328.61 \text{ cm}$$

คำนวณค่า load ที่รถแทรกเตอร์สามารถรับได้

$$W \times X = W_L \times X_L$$
$$950 \times 88.83 = W_L \times X_L$$
$$W_L \times X_L = 84{,}388.5 \text{ kg.cm}$$

โดยที่ W_L คือ load ทั้งหมดที่รถแทรกเตอร์สามารถรับได้

X_L คือ ระยะจากจุดศูนย์ถ่วงถึงข้อต่อระหว่างตัวรถกับตัว load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ่ม

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ					
ตัวประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	มอเตอร์กระแสสลับ : high torque, high slip, repulsion-induction, singie phase, series wound and slip ring มอเตอร์กระแสตรง : series wound และ compound wound เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหนึ่งลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เพลาเมน คลัตช์			มอเตอร์กระแสสลับ : high torque, high slip, repulsion-induction, singie phase, series wound and slip ring มอเตอร์กระแสตรง : series wound และ compound wound เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มีหนึ่งลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เพลาเมน คลัตช์		
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤ 10	10-16	> 16	≤ 16	10-16	> 16
งานเบา : เครื่องกวนของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องอัดลมและเครื่องลูกสูบแบบหอยโข่ง, พัดลมที่มีกำลังสูบถึง 7.5 kW, สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
งานปานกลาง : สายพานลำเลียงทรายหรือเมล็ดพืช, เครื่องผสมของข้นเหนียว, พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, เพลาเมน, เครื่องซักผ้า, เครื่องมือกล Punches Presses-shear, เครื่องพิมพ์, positive displacement rotary pumps, เครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
งานหนัก : เครื่องทำอิฐ, bucket elevators, exciters, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบแบบลูกสูบ, สายพานลำเลียง, hammer mills, paper mill beaters, positive displacement blowers, เครื่องบด, เครื่อง	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

k_1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	ทำงานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยๆ

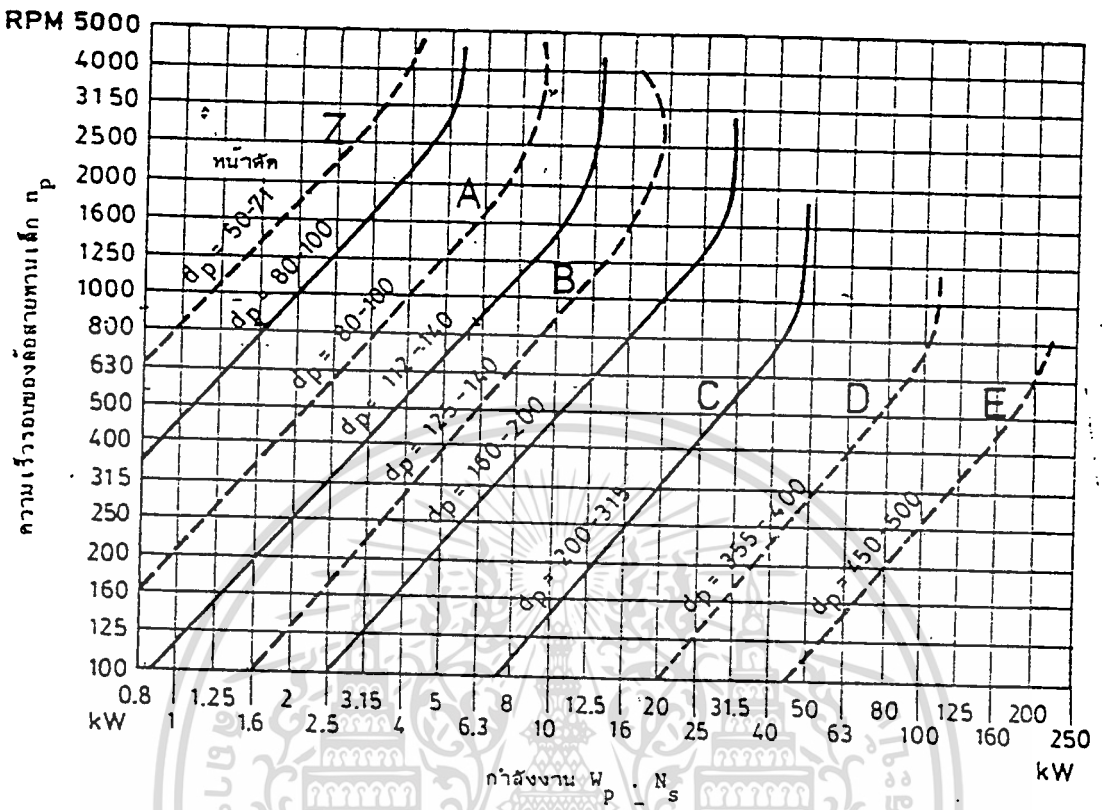
หน้าตัดสายพาน	k2
Y	0.042
Z	0.126
A	0.217
B	0.385
C	0.637
D	1.332

ตารางที่ 5 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานลิ่ม

$\frac{D_p-d_p}{C}$ (มม.)	ส่วนโค้งสัมผัส α (องศา)	N_a
0	180	1
0.15	170	0.98
0.35	160	0.95
0.5	150	0.92
0.7	140	0.89
0.85	130	0.86
1.0	120	0.82
1.15	110	0.78
1.3	100	0.73
1.45	90	0.68

* ค่าที่อยู่ระหว่างค่าในตาราง อาจหาค่าได้โดยประมาณ โดยใช้การประมาณแบบเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.21 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 สมรรถนะการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด " A" ต่อเส้น PR(เป็นKw)สำหรับสายพานยาว Lp = 1732 มิลลิเมตร และส่วนโค้งสัมผัส $\alpha = 180^{\circ}$

Dp (mm)	i	ความเร็วรอบของพูลเล่ย์ขับ (rpm)										
		≥400	≥700	≥800	≥950	≥1200	≥1450	≥1800	≥2400	≥2850	≥3200	≥3600
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น PR (kW)										
71	1.00	0.29	0.45	0.50	0.56	0.67	0.76	0.88	1.05	1.16	1.22	1.28
	1.05	0.30	0.46	0.51	0.59	0.69	0.80	0.92	1.11	1.22	1.30	1.36
	1.20	0.32	0.50	0.55	0.63	0.75	0.86	1.00	1.22	1.35	1.44	1.52
	1.50	0.33	0.52	0.58	0.66	0.79	0.91	1.07	1.30	1.45	1.55	1.65
	≥3.00	0.34	0.54	0.60	0.69	0.82	0.95	1.11	1.37	1.53	1.64	1.74
80	1.00	0.37	0.59	0.65	0.74	0.89	1.02	1.20	1.45	1.61	1.71	1.81
	1.05	0.38	0.60	0.67	0.77	0.92	1.06	1.24	1.51	1.68	1.79	1.89
	1.20	0.40	0.63	0.71	0.81	0.97	1.12	1.32	1.62	1.81	1.93	2.05
	1.50	0.42	0.66	0.73	0.84	1.01	1.17	1.38	1.70	1.91	2.05	2.10
	≥3.00	0.43	0.68	0.75	0.87	1.04	1.21	1.43	1.76	1.98	2.13	2.27
90	1.00	0.47	0.74	0.82	0.94	1.13	1.31	1.54	1.88	2.10	2.24	2.36
	1.05	0.47	0.75	0.84	0.96	1.16	1.34	1.58	1.94	2.16	2.31	2.45
	1.20	0.49	0.78	0.87	1.01	1.21	1.41	1.66	2.05	2.29	2.45	2.61
	1.50	0.51	0.81	0.90	1.04	1.26	1.46	1.73	2.13	2.39	2.57	2.74
	≥3.00	0.52	0.83	0.92	1.06	1.29	1.50	1.77	2.19	2.47	2.65	2.83
100	1.00	0.56	0.88	0.99	1.14	1.37	1.59	1.88	2.30	2.56	2.73	2.88
	1.05	0.56	0.90	1.01	1.16	1.40	1.62	1.92	2.36	2.63	2.80	2.97
	1.20	0.58	0.93	1.04	1.20	1.45	1.69	2.00	2.46	2.76	2.95	3.13
	1.50	0.60	0.96	1.07	1.24	1.50	1.74	2.06	2.55	2.86	3.06	3.26
	≥3.00	0.61	0.98	1.09	1.26	1.53	1.78	2.11	2.61	2.93	3.14	3.35
112	1.00	0.66	1.06	1.19	1.37	1.65	1.92	2.27	2.78	3.09	3.29	3.46
	1.05	0.67	1.08	1.20	1.39	1.68	1.96	2.31	2.84	3.16	3.36	3.54
	1.20	0.69	1.11	1.24	1.43	1.73	2.02	2.39	2.95	3.29	3.51	3.70
	1.50	0.70	1.13	1.27	1.47	1.78	2.07	2.46	3.03	3.39	3.62	3.83
	≥3.00	0.71	1.15	1.29	1.49	1.81	2.11	2.50	3.09	3.46	3.70	3.92
125	1.00	0.78	1.25	1.40	1.61	1.95	2.27	2.68	3.28	3.63	3.84	4.01
	1.05	0.79	1.27	1.42	1.64	1.98	2.31	2.73	3.34	3.70	3.92	4.09
	1.20	0.80	1.30	1.45	1.68	2.04	2.37	2.81	3.44	3.83	4.06	4.26
	1.50	0.82	1.32	1.48	1.71	2.08	2.42	2.87	3.53	3.93	4.18	4.39
	≥3.00	0.83	1.34	1.50	1.74	2.11	2.46	2.92	3.59	4.00	4.26	4.48
140	1.00	0.91	1.47	1.64	1.89	2.30	2.67	3.15	3.83	4.21	4.42	4.56
	1.05	0.92	1.48	1.66	1.92	2.32	2.70	3.19	3.88	4.27	4.49	4.64
	1.20	0.93	1.51	1.69	1.96	2.38	2.77	3.27	3.99	4.40	4.64	4.80
	1.50	0.95	1.54	1.72	1.99	2.42	2.82	3.33	4.08	4.50	4.75	4.93
	≥3.00	0.96	1.56	1.74	2.02	2.45	2.86	3.38	4.14	4.58	4.83	5.02

ตัวประกอบแก้ไขสายพาน N_1

L_p	662	742	832	932	1032	1152	1282	1432	1632	1732	1832	2032
N_1	0.81	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.96	0.99	1.00	1.01	1.03
L_p	2272	2532	2832	3182	4032	5032						
N_1	1.06	1.09	1.11	1.13	1.20	1.25						

ความยาวพิตช์ที่มีใช้ $L_o = L_i + 30$ mm

L_i												
	483	535	560	580	600	630	655	670	690	710	730	750
	780	787	800	813	825	838	850	855	875	889	900	914
	925	950	965	975	1000	1016	1041	1060	1090	1105	1120	1143
	1168	1180	1200	1220	1250	1270	1300	1320	1346	1372	1400	1422
	1448	1475	1500	1525	1550	1575	1600	1625	1651	1676	1700	1725
	1750	1780	1800	1854	1900	1980	2000	2030	2057	2083	2100	2120
	2150	2200	2240	2285	2360	2435	2475	2500	2650	2730	2800	2840
	3000	3050	3150	3250	3550	3650	4000					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

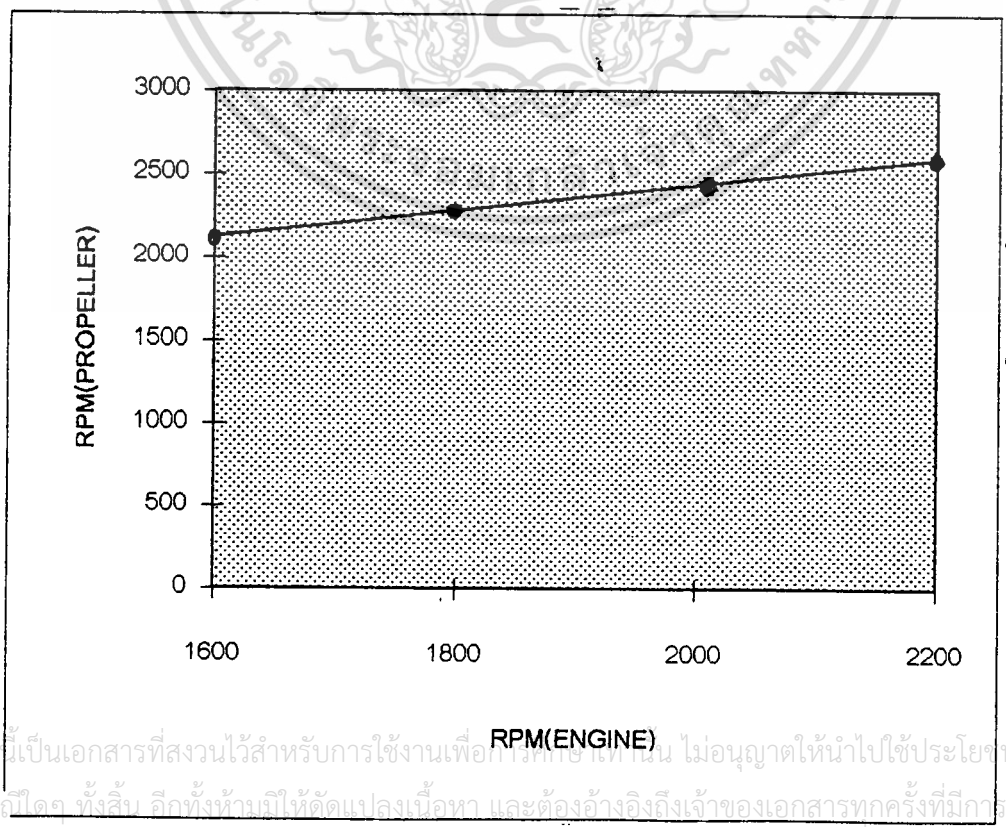
การทดสอบสมรรถนะของเครื่องพ่นหมอก

<u>การทดลองที่ 1</u>

เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่มีผลต่อความเร็วรอบของใบพัด

ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	ความเร็วรอบของใบพัด (รอบต่อนาที)
1600	2124
1800	2278
2000	2432
2200	2590

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์กับความเร็วรอบของพัดลม



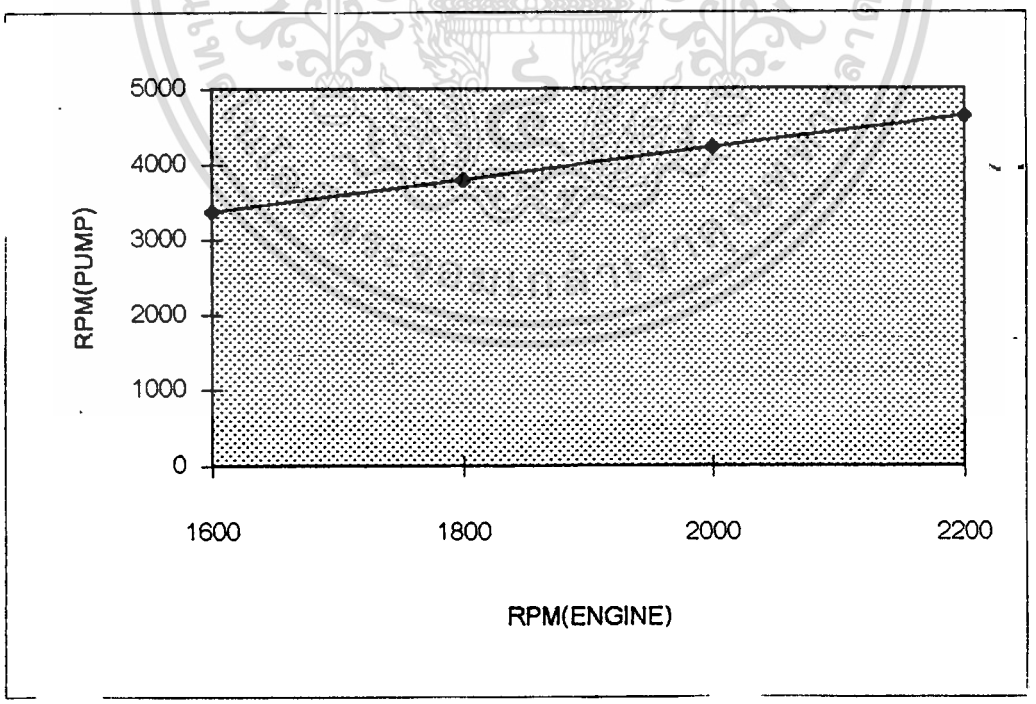
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่2

เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์กับความเร็วรอบปั๊ม

ความเร็วรอบของเครื่องยนต์(รอบต่อนาที)	ความเร็วรอบปั๊ม
1600	3377
1800	3800
2000	4222
2200	4644

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์กับความเร็วรอบปั๊ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่3

เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่มีผลต่อระยะการฉีดพ่นในแนวระดับ

ความเร็วรอบของเครื่องยนต์(รอบต่อนาที)	ระยะการฉีดพ่นในแนวระดับ (เมตร)
1600	3.5
1800	4.0
2000	4.8
2200	5.0

การทดลองที่4

เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่อระยะการฉีดพ่นในแนวดิ่ง

ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที)	ระยะการฉีดพ่นในแนวดิ่ง (เมตร)
1600	3.0
1800	3.5
2000	4.0
2200	5.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงการทดสอบขณะยังไม่เคลื่อนที่

รูปที่ 4.1 ภาพการทดสอบในพื้นที่

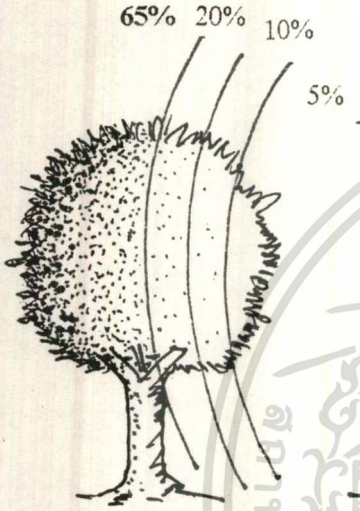
รูปที่ 4.2 ภาพการทดสอบที่ความเร็วรอบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

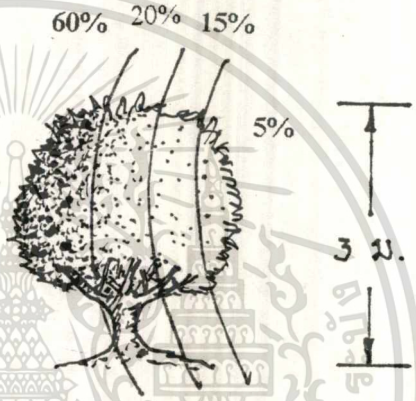
ผลการทดสอบในพื้นที่จริง

ลักษณะการฉีดพ่นและปริมาณการกระจายของน้ำยาในส่วนต่างๆ ของต้นมะม่วงและต้นแก้ว ที่พื้นคอนกรีต เปรียบเทียบกันที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที และใช้เกียร์ 1 ที่กระแสลมสงบนิ่ง ความหนาแน่นของใบต้นมะม่วง 40 ใบต่อตารางเมตร และต้นแก้ว 100 ใบต่อตารางเมตร คิดเป็น เปอร์เซ็นต์ของละอองน้ำยาที่ตกตามส่วนต่างๆของทรงพุ่ม โดยฉีดจากด้านข้าง

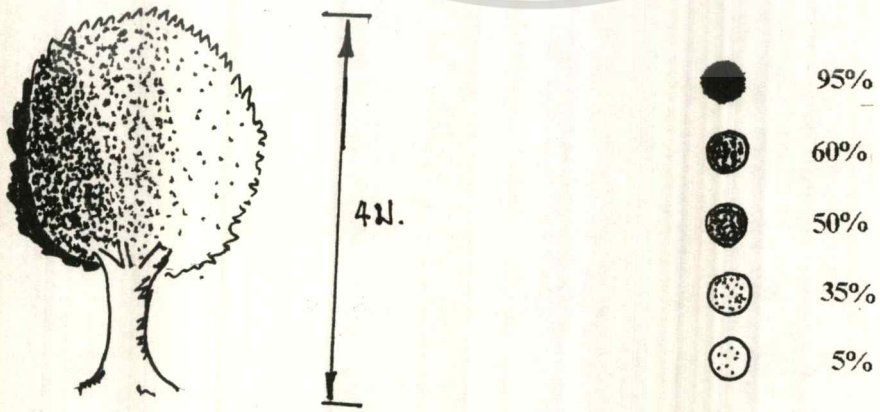
ต้นมะม่วง



ต้นแก้ว

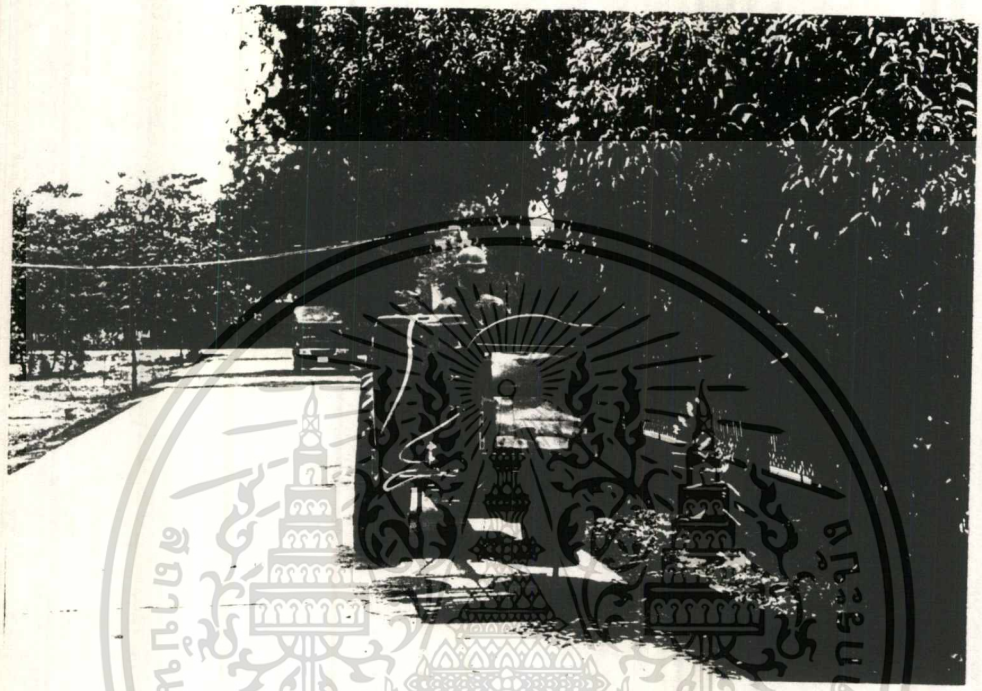


ลักษณะการฉีดพ่นและปริมาณการกระจายของละอองน้ำยาที่ตกลงบนใบมะม่วง ที่ความเร็ว 2000 รอบต่อนาที และใช้เกียร์ 1 กระแสลมสงบนิ่ง คิดเป็นเปอร์เซ็นของน้ำยาที่ตกลงบนใบตามส่วนต่างๆของทรงพุ่ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

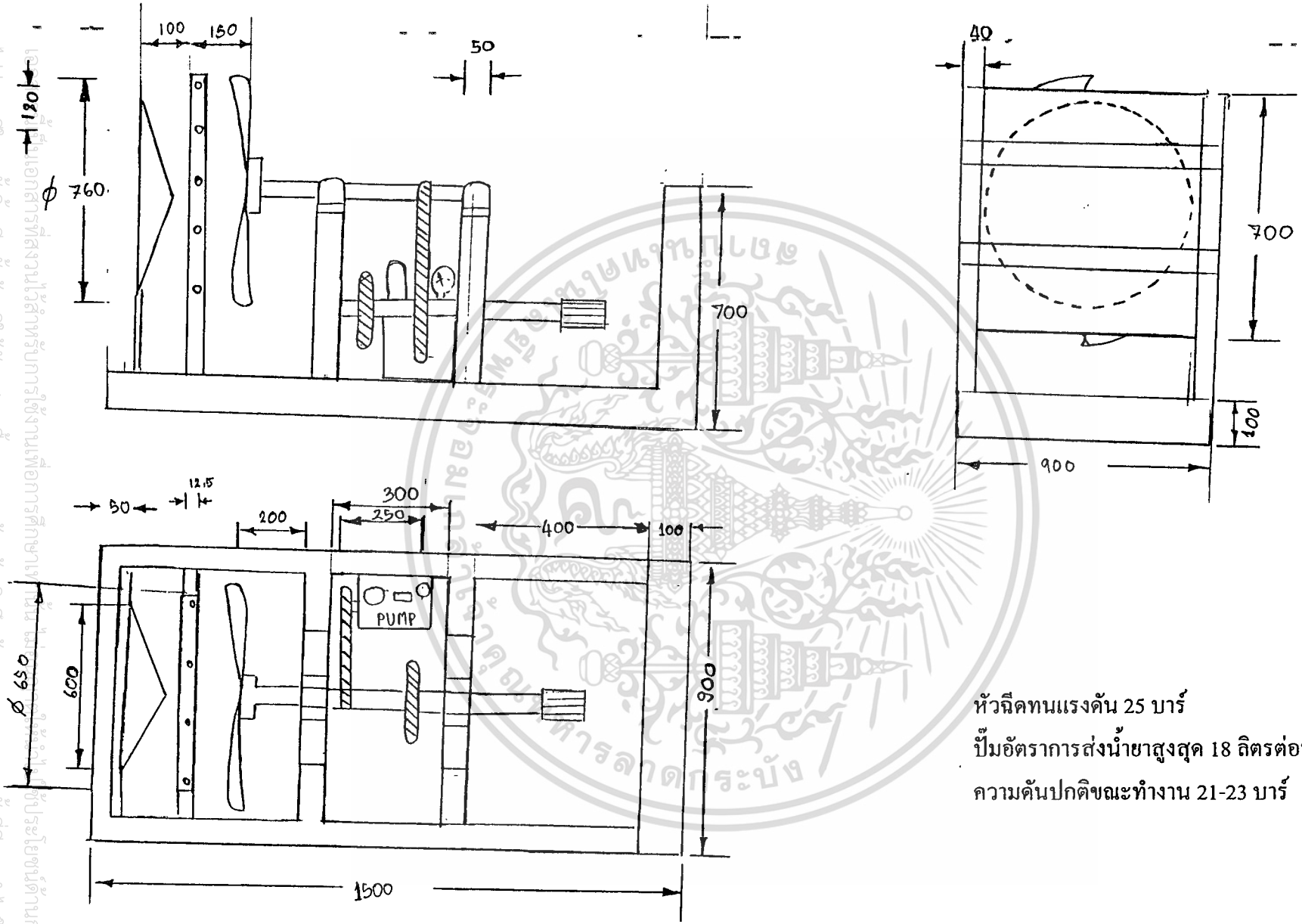
ภาพการทดสอบขณะกำลังเคลื่อนที่



รูปที่ 4.3 ภาพการทดสอบในพื้นที่ทางด้านซ้าย

รูปที่ 4.4 ภาพการทดสอบในพื้นที่ทางด้านขวา

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หัวฉีดทนแรงดัน 25 บาร์

ปั๊มอัตราการส่งน้ำยาสูงสุด 18 ลิตรต่อนาที

ความดันปกติขณะทำงาน 21-23 บาร์

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

บทที่ 5

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะมีผลต่อเพลาพีทีโอ ความเร็วรอบพัดลม ความดันของปั๊มปั๊ ระยะการฉีดพ่นในแนวระดับและแนวดิ่ง ปริมาณลมและอัตราการฉีดพ่นกล่าวคือ

ถ้าความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ยกเว้นระยะการฉีดพ่นในแนวระดับและแนวดิ่ง เพราะที่ความเร็วรอบสูง ๆ ความดันจะสูงทำให้ละอองน้ำยาที่ออกจากหัวฉีดมีขนาดโมเลกุลเล็กเกินไปเมื่อถูกลมเป่าก็จะฟุ้งกระจายกลายเป็นไอน้ำในอากาศหรือโดนลมพัดปลิวไม่โดนต้นไม้ ดังนั้นความเร็วลมและปริมาณลมที่ถูกเป่าจะมีความสัมพันธ์กับความดันปั๊มปั๊ที่มีค่าความดันค่าหนึ่ง เพราะฉนั้นเวลาใช้เครื่องพ่นนี้ก็เลือกใช้ตามความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ใช้งาน ทั้งนี้สามารถปรับอัตราทดโดยการเปลี่ยนมูเล่ย์และมีเกียร์ LOW สามารถรักษารอบสูง ๆ ไว้ได้

วิจารณ์ผลการทดลอง

เนื่องจากไม่สามารถหาความเร็วของรถที่เหมาะสมได้แน่นอน เพราะไม่สามารถรักษาความเร็วของรถได้ เกษตรกรสามารถปรับหาจุดทำงานที่เหมาะสมได้เองดังนี้

ความเร็วรอบสามารถปรับโดยตั้งจากการทดลองจุดที่เหมาะสมคือ 2000 rpm เลือกเกียร์เดินหน้าเป็นเกียร์ LOW หรือเกียร์เต่า สามารถทำความเร็วรอบสูงได้โดยยังคงความเร็วต่ำได้

จากการทดสอบที่ความเร็วรอบ 2000 rpm สามารถทำความเร็วรอบสูง ๆ ได้ถึง 4 เมตร และความกว้างในแนวระดับ 8 เมตร โดยพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในช่วง 3 x 4.5 เมตร สรุปได้ว่าสมรรถนะของเครื่องเป็นที่พอใจ

ข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ไขปรับปรุง

เครื่องพ่นหมอกที่สร้างขึ้นมานี้มีบางส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ กล่าวคือ

- ราว Nozzle สามารถขยายให้มีขนาดความกว้างและโค้งมากกว่านี้ จะได้ระยะทำงานจะเพิ่มขึ้น
- Nozzle ควรทำให้สามารถปรับมุมได้ทั้งในแนวดิ่งและแนวระดับเพื่อให้สามารถปรับมุมทำงานได้สะดวก
- จากการทดลองเราใช้แทรกเตอร์ที่ไม่มีหลังคาคลุมหากเกษตรกรนำไปใช้งานควรใช้รถแทรกเตอร์แบบที่มีหลังคาคลุมเพื่อป้องกันละอองน้ำยาปลิวมาถูกคนขับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ วัชระ เพิ่มชาติ ที่ได้ให้คำปรึกษา และเป็นที่ปรึกษาโครงงานนี้

ขอขอบคุณ รศ.ดร. มงคล กวางวโรภาส ที่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องพ่นสารเคมีแบบใช้ลมเป่าตามแนวแกน

ขอขอบคุณพี่ๆ ที่โรงประลองกำลังทุกคน ที่เป็นที่ปรึกษาทางเทคนิค

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่มีส่วนช่วยให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. " ข่าวสารศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ " , Volume 9 No.4 July-September 1996.

2. บริษัท เอ็นแอนอี จำกัด , ระบบท่อวาล์วปั๊ม , 2521.

3. มงคล กวางวโรภาส , ดร., "การวิจัยและพัฒนาเครื่องพ่นหมอกเพื่อใช้ในสวนผลไม้", มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

4. วรวิทธิ์ อึ้งภากรณ์, "การออกแบบเครื่องจักรกล", พิมพ์ครั้งที่ 10 , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด, 2521.

5. สมชัย นรเศรษฐ์โศภณ , "กลศาสตร์ของแข็งชั้นสูง", ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2534.

6. อำนวย ปั้นงา, "เครื่องจักรกลเกษตร", ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2534.

7. J.E. SHIGLEY, "Mechanical Engineeering Design" , 3rd Ed., Mc Graw-Hill Book Co, 1977.

8. JOHN WILEY & SONS "INTRODUCTION TO FLUID MECHANICS".

9. Nozzle Catalogue ของบริษัท HARDI ประเทศ DENMARK.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้