

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

ศึกษาและพัฒนาเครื่องพ่นหมอกตามแนวแกน

**STUDY AND DEVELOPMENT OF AN AXIAL FOGGING GENERATOR**



นายศุภณัฐ นธแสงพิรุณ  
นายปริญญา ชรรมรักษ์  
นายวรุฒ แก้วเกิด

๒๖๗.  
๘ ๖๘๖ ๘  
๒๕๕๐

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 81772  
วัน,เดือน,ปี 24 ส.ย. 2551

b. 11๑.๓๓๔๓๙  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและพัฒนาเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกน  
Study and development of an axial fogging generator

โดย



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาและพัฒนาเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกน

Study and development of an axial fogging generator

### ผู้จัดทำ

- |                |             |                       |
|----------------|-------------|-----------------------|
| 1. นายศุภณัฏฐ์ | นราแสงพิรุณ | รหัสประจำตัว 48015398 |
| 2. นายปริญญา   | ธรรมรักษ์   | รหัสประจำตัว 48015728 |
| 3. นายวรุฒ     | แก้วเกิด    | รหัสประจำตัว 48015734 |

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. พงษ์เจต พรหมวงศ์)

### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์โครงการนี้คือศึกษาและพัฒนาเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกน โดยใช้หลักการของแรงเหวี่ยงไปตามแนวแกนเพื่อให้น้ำเกิดการแตกตัวและระเหยตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้เราหมดปัญหาเรื่องความร้อนไปได้ เพื่อทดแทนระบบที่ใช้ปั๊มความดันสูง โดยการสูบน้ำแล้วนำมาเข้าสู่ชุดปรัดตั้งความดันแล้วพ่นออกมาเป็นละอองน้ำทางหัวฉีด โดยหลักการทำงานนี้ทำให้พัดลมไอน้ำมีราคาต่อชิ้นข้างสูง เราจึงได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องสร้างหมอกนี้ เพื่อลดต้นทุนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Study and development of an axial fogging generator**

Mr. Supanut Natasangpiroon Student ID 48015398

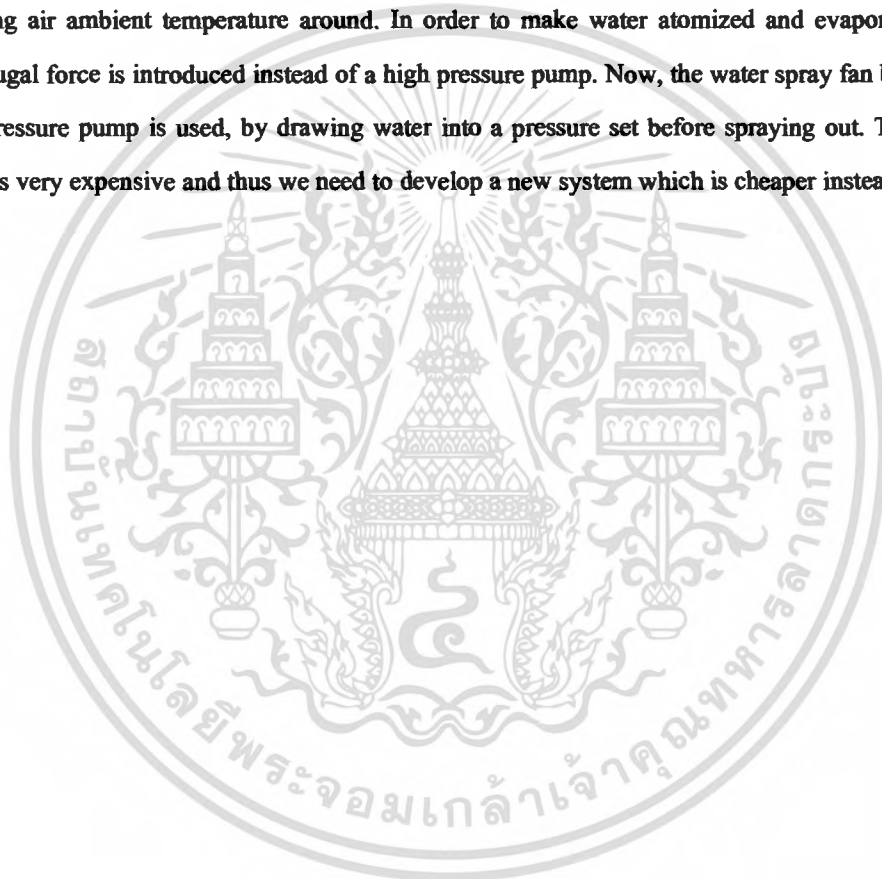
Mr. Parinya Tammarak Student ID 48015728

Mr. Waroot Kaewkerd Student ID 48015734

**Assoc.Prof.Dr.Pongjet Promvonge Advisor**

**Abstract**

An objective of this project is study and development of an axial fogging generator for reducing air ambient temperature around. In order to make water atomized and evaporative, using centrifugal force is introduced instead of a high pressure pump. Now, the water spray fan based on the high pressure pump is used, by drawing water into a pressure set before spraying out. The pressure pump is very expensive and thus we need to develop a new system which is cheaper instead.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถเสร็จลงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์เสร็จลงได้ก็คือ รศ.ดร. พงษ์เจต พรหมวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำปรึกษาและช่วยเหลือเสมอมาซึ่ง ต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ท้ายที่สุด คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่น้อง รวมถึงครอบครัวของคณะ ผู้จัดทำที่ให้การสนับสนุนทางด้านการศึกษา กำลังใจ และแนะแนวทางในการดำเนินชีวิต ด้วยความรัก และความปรารถนาดีตลอดมา

ผู้จัดทำ

นายศุภณัฐ นราแสงพิรุณ  
นายปริญญา ธรรมรักษ์  
นายวรุฒ แก้วเกิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

## หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ความรู้ทั่วไป	4
2.1 หัวฉีด (Atomizers)	5
2.2 หัวฉีดกระแสน้ำความดันสูง (Pressure-jet atomizers)	5
2.3 หัวฉีดแบบหมุน (Rotary atomizers)	5
2.4 พัดลมไอน้ำแบบ (High pressure force)	6
2.5 พัดลมไอน้ำแบบ (Centrifugal force)	7
บทที่ 3 ทฤษฎีพื้นฐาน	8
3.1 แรงตึงผิว	8
3.2 การเกิดหยดของไหล (Droplet)	8
3.3 การแตกออกของหยดในกระแสน้ำอากาศไหล	8
3.4 การแตกกระจายของกระแสน้ำเป็นลำของของเหลว	9
3.5 การแตกกระจายของแผ่นของเหลว	11
3.6 รูปแบบการแตกกระจายของแผ่นของเหลว	11
3.7 ขนาดของหยดและการกระจายขนาดของหยด	13
บทที่ 4 โครงสร้างและการออกแบบ	14
4.1 แสดงลักษณะของใบพัดที่สร้างขึ้น	14
4.2 แสดงโครงสร้างของชุดทดลอง	15

4.3 มอเตอร์	16
4.4 แนวคิดในการออกแบบ	16
<b>บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลองของใบพัดแต่ละแบบ</b>	<b>18</b>
5.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง	18
5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	18
5.3 เครื่องสร้างหมอกและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	18
5.4 ขั้นตอนเตรียมการทดลอง	21
5.5 ขั้นตอนการเก็บขนาดละออง	24
5.6 ขั้นตอนการวัดขนาดของละออง	25
5.7 ผลการทดลอง	26
<b>บทที่ 6 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง</b>	<b>57</b>
6.1 สรุปผลการทดลอง	57
<b>บรรณานุกรม</b>	
ภาคผนวก ก. แสดงรูปถ่ายของละอองบางส่วน	
ภาคผนวก ก(ต่อ). แสดงรูปถ่ายของละอองบางส่วน	
ภาคผนวก ข. ตารางแสดงผลการทดลอง	
ภาคผนวก ค.1 ตารางข้อมูลแสดงขนาดของละอองที่อัตราการไหล 285 ml/min	
ภาคผนวก ค.2 ตารางข้อมูลแสดงขนาดของละอองที่อัตราการไหล 371 ml/min	
ภาคผนวก ค.3 ตารางข้อมูลแสดงขนาดของละอองที่อัตราการไหล 467 ml/min	
ภาคผนวก ค.4 ตารางข้อมูลแสดงขนาดของละอองที่อัตราการไหล 545 ml/min	
ภาคผนวก ง. ตารางเชิงสถิติที่ระยะทาง 1 เมตร, 2 เมตร และ 3 เมตร	

## สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 1-1 แสดงละอองของพดลมไอน้ำ	2
รูปที่ 2.1 แสดงลำดับการเกิดสเปรย์เมื่อความดันเพิ่มขึ้น	4
รูปที่ 2.2 การฉีดพ่นเป็นหยดเล็ก ๆ ที่เกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจากพ่นหมุน	5
รูปที่ 2.3 การฉีดแบบด้วยหมุนที่ใช้อากาศพ่น	6
รูปที่ 2.4 แสดงการพ่นละอองแบบแรงดันสูง	7
รูปที่ 2.5 ใบพัดแบบด้วยหมุน	7
รูปที่ 3.1 แสดงกลไกการเกิดหยดที่อัตราเร็วของอากาศต่างกัน	10
รูปที่ 3.2 ภาพแสดงการพ่นฉีดเป็นละอองรูปแบบที่ 1 เกิดที่ขอบ	11
รูปที่ 3.3 ภาพแสดงการพ่นฉีดเป็นละอองรูปแบบที่ 2 เกิดเป็นคลื่น	12
รูปที่ 3.4 ภาพแสดงการพ่นฉีดเป็นละอองรูปแบบที่ 2 เกิดเป็นแผ่นพ่น	12
รูปที่ 3.5 แสดงสเปกตรัมของขนาดของหยด	13
รูปที่ 4.1 แสดงใบพัดแบบลูกถ้วย	14
รูปที่ 4.2 แสดงใบพัดเป็นแบบทรงกระบอก	15
รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างของชุดทดลอง	15
รูปที่ 5.1 แสดงเครื่องสร้างหมอก	18
รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะของใบพัดแบบที่ 1	19
รูปที่ 5.3 แสดงลักษณะของใบพัดแบบที่ 2	19
รูปที่ 5.4 แสดงลักษณะของใบพัดแบบที่ 3	19
รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะของใบพัดแบบที่ 4	20
รูปที่ 5.6 แสดงลักษณะของใบพัดแบบที่ 5	20
รูปที่ 5.7 แสดงลักษณะของใบพัดแบบที่ 6	20
รูปที่ 5.8 อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ 3 เฟส	21
รูปที่ 5.9 แสดงการต่ออินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ 3 เฟส	21
รูปที่ 5.10 แสดงการติดตั้งใบเข้าไปในโครง	22
รูปที่ 5.11 แสดงมานอร์มิเตอร์ที่ใช้ในการปรับอัตราการไหลเข้าของน้ำ	22
รูปที่ 5.12 แสดงภาพถ่ายปริมาณละอองที่เกิดขึ้นของใบพัด 3 ที่ 2000 รอบ	23
รูปที่ 5.13 แสดงภาพถ่ายปริมาณละอองที่เกิดขึ้นของใบพัด 3 ที่ 5000 รอบ	23
รูปที่ 5.14 แสดงภาพถ่ายปริมาณละอองที่เกิดขึ้นของใบพัด 4 ที่ 2000 รอบ	24
รูปที่ 5.15 แสดงภาพถ่ายด้านข้างของชุดทดลอง	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.16 แสดงวิธีการเก็บขนาดละออง	25
รูปที่ 5.17 แสดงภาพถ่ายขนาดละอองที่ได้จากการถ่ายภาพ	25
รูปที่ 5.18 แสดงภาพถ่ายขนาดละอองที่ได้จากการถ่ายภาพ	26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

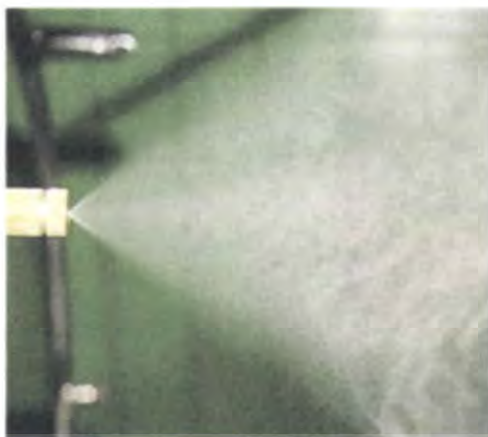
## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

เครื่องปรับอากาศนับว่ามีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมากเพราะมนุษย์จะใช้เครื่องปรับอากาศในการทำความเย็นให้แก่ที่อยู่อาศัยหรืออาคารสำนักงานและใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อีกมากมาย เครื่องปรับอากาศที่มีใช้ในปัจจุบันมีหลายชนิดแล้วแต่ความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในสถานที่ที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้เครื่องปรับอากาศแบบอัดไอเนื่องจากมีขนาดที่ไม่ใหญ่มากนัก แต่ยังมีปัญหาหลายด้านไม่ว่าจะเป็นด้านราคาการซ่อมบำรุง และไม่สามารถทำความเย็นในสถานที่กลางแจ้งได้ เพราะจะต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง ในปัจจุบันการปรับอากาศที่ใช้กับอาคารเปิด หรือสถานที่กลางแจ้งมักจะนิยมใช้ระบบทำความเย็นที่ใช้ละอองน้ำหรือละอองหมอก ( fog ) แบบใช้ลมเป่าละอองน้ำให้สัมผัสกับผู้อยู่อาศัยโดยตรง

ในปัจจุบันนี้พัฒนาเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทอย่างมากเพื่อใช้ในการลดความร้อนในสถานที่ต่าง ในปัจจุบัน โลกของเรามีอากาศที่ร้อนขึ้น สืบเนื่องมาจากสภาวะเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ทำให้อุณหภูมิในโลกสูงขึ้น ซึ่งประเทศไทยก็ประสบกับปัญหานี้เช่นกัน ข้ายังตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรของโลกอีกด้วย จึงทำให้มีอากาศที่ร้อนตลอดทั้งปี จากปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เราได้คิดค้นและประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ชิ้นหนึ่งขึ้นมาซึ่งสามารถลดความร้อนและให้ความเย็นสดชื่นที่มีประสิทธิภาพและคุณสมบัติที่ดีกว่าพัดลมธรรมดา และสิ่งประดิษฐ์นี้ยังเป็นระบบทำความเย็นที่สามารถใช้งานได้ทั้งภายใน – ภายนอกอาคารที่สามารถแก้ไขปัญหาอากาศร้อนในพื้นที่เปิดที่ไม่สามารถติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานได้เพียงแต่ในอาคาร อีกทั้งยังมีราคาสูงอีกด้วย เราเรียกสิ่งประดิษฐ์นี้ว่า พัดลมไอน้ำ

พัดลมไอน้ำเข้ามาในประเทศไทยเมื่อปี 2545 ด้วยหลักการแปลกใหม่โดยอาศัยการทำงานของละอองน้ำขนาดเล็กมาก ทำหน้าที่ลดความร้อนออกจากอากาศ และระเหยตัวไปอย่างรวดเร็วไม่มีความเปียกชื้น กลายเป็นความเย็นที่บริสุทธิ์ สดชื่น เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็น Micro technology อีกตัวหนึ่งที่น่าสนใจในปัจจุบัน



รูปที่ 1-1 แสดงละอองของพัตลมไอน้ำ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อสามารถใช้ลดความร้อนนอกตัวอาคารและที่โล่งแจ้ง
- 1.2.2 เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกน โดยการใช้หลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
- 1.2.3 เพื่อสามารถฝึกทักษะปฏิบัติงานจากทฤษฎีที่เรียนรู้นำมาทำเป็นเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกนได้
- 1.2.4 เพื่อสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่เกิดปัญหา ซึ่งจะเป็นการทำงานในอนาคตของเราได้

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ทำการสร้างชุดทดลองและใบพัดลักษณะต่างๆ ขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดลอง
- 1.3.2 ทำการวัดอัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้าใบพัดและวัดอัตราการไหลของน้ำที่ไหลออก เพื่อหาปริมาณน้ำที่ถูกใช้ไปของแต่ละใบและความเร็วรอบต่างๆ
- 1.3.3 ทำการวัดขนาดของละอองที่ระยะ 1 เมตร 2 เมตร และ 3 เมตร ที่ความเร็วรอบต่างๆ
- 1.3.4 ทำการวัดขนาดของละอองที่อัตราการไหลต่างๆ
- 1.3.4 ทำการวัดขนาดของละอองที่ความเร็วลมต่างๆ

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

- 1.4.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะของใบพัดแบบต่าง ๆ
- 1.4.2 ออกแบบและสร้างใบพัด
- 1.4.3 ติดตั้งและทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.4 สรุปผลการทดลอง

1.4.5 นำเสนอผลงาน

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถประดิษฐ์ถึงประดิษฐ์ที่เรียกว่า เครื่องสร้างหมอกตามแนวแกน ที่ใช้ดูความร้อนในอากาศและให้ความเย็น

1.5.2 เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการปรับปรุงแก้ไขเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกนให้สามารถทำงานได้ดีขึ้น

1.5.3 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกนต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ความรู้ทั่วไป

#### 2.1 หัวฉีด (Atomizers)

หัวฉีดทำหน้าที่ฉีดพ่นเชื้อเพลิงเหลวให้กลายเป็นหยดเล็ก ๆ หรือละออง โดยอัดเชื้อเพลิงเหลวความดันสูงผ่านรูขนาดเล็ก หรือเพิ่มพื้นที่ผิวของเชื้อเพลิงจนแผ่เป็นแผ่นแล้วแตกออกเป็นหยดเล็ก ๆ ซึ่งกระทำโดย

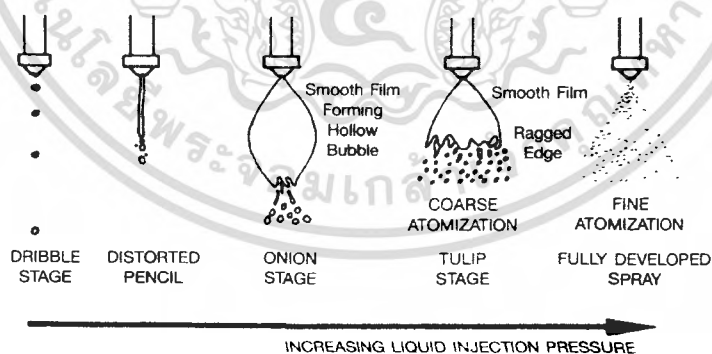
- ใช้เชื้อเพลิงเหลวที่มีความดันสูงอัดผ่านรูขนาดเล็ก เป็นหลักการของ หัวฉีดกระแสน้ำวนความดันสูง

- ใช้กระแสน้ำวนของเหลวที่พุ่งไปปะทะกับเชื้อเพลิงเหลว เป็นหลักการของหัวฉีดเสริม

- ใช้กระแสน้ำวนที่ความดันสูงพุ่งไปปะทะกับผิวของเชื้อเพลิงทำให้เกิดคลื่นแล้วแผ่ออกเป็นแผ่นของเหลวแล้วกลายเป็นหยด เป็นหลักการของหัวฉีดของไหลคู่

- ใช้หลักแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเหวี่ยงเชื้อเพลิงเหลวให้แผ่ออกที่ขอบด้วยแล้วถูกริดเป็นเส้นแล้วกลายเป็นหยด เป็นหลักการของหัวฉีดแบบถ้วยหมุน

- ใช้คลื่นเหนือเสียงผ่านเชื้อเพลิงเหลวทำให้แตกออกเป็นหยดเล็ก ๆ เป็นหลักการของหัวฉีดใช้คลื่นเหนือเสียง หัวฉีดที่คิดค้นทำหน้าที่ได้ตลอดทั้งช่วงการป้อนเชื้อเพลิง มีการตอบสนองที่ดีเมื่อมีการปรับอัตราการป้อนเชื้อเพลิง ไม่มีผลจากการไหลที่ไม่สม่ำเสมอ และสามารถออกแบบได้หลายขนาด สำหรับหัวฉีดเชื้อเพลิง ต้องไม่เกิดการอุดตันได้ง่ายไม่ว่าจะเกิดจากการคาร์บอน หรือขี้เถ้าก็ตาม และให้การกระจายสม่ำเสมอทั้งในแนวรัศมีและแนวเส้นรอบวง



รูปที่ 2.1 แสดงลำดับการเกิดสเปรย์เมื่อความดันเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 หัวฉีดกระแสน้ำความดันสูง (Pressure-jet atomizers)

หัวฉีดส่วนใหญ่ใช้หลักการนี้ โดยใช้เชื้อเพลิงเหลวความดันสูงอัดผ่านรูออร์ฟิซขนาดเล็กมาก เมื่อของเหลวพุ่งผ่านหัวฉีด ความดันของเชื้อเพลิงถูกแปลงเป็นพลังงานจลน์ทำให้ได้กระแสน้ำความเร็วสูงมากเทียบเท่ากับความเร็วของแก๊สล้อมรอบ พุ่งออกมาแล้วแตกออกเป็นหยดเล็ก ๆ (ระหว่าง 50 – 100 ไมโครเมตร) คุณภาพของการฉีดพ่นให้เกิดเป็นสเปรย์ที่ดีจึงขึ้นอยู่กับความดันของเชื้อเพลิงเหลวเป็นอย่างมากสเปรย์มีรูปร่างต่างกัน ขึ้นอยู่กับรูปร่างและช่องทางออกของเชื้อเพลิงเหลวและอากาศที่ล้อมรอบ เช่น สเปรย์รูปกรวยตัน รูปกรวยกลวง และรูปพัด เป็นต้น และมีการออกแบบหัวฉีดหลายแบบเพื่อให้ได้สเปรย์รูปร่างต่างๆ กันและสเปรย์มีคุณภาพที่ดีตลอดช่วงอัตราส่วนการป้อนระหว่างสูงที่สุดต่อดำที่สุด

## 2.3 หัวฉีดแบบหมุน (Rotary atomizers)

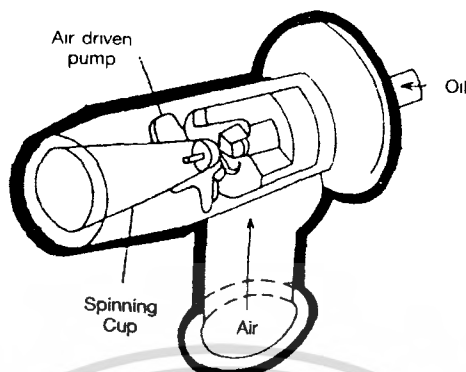
ป้อนน้ำมันเข้าสู่พื้นผิวที่ถ่างหมุนด้วยความเร็วรอบสูง เช่น จานเบน จานมิกริบ ถ้วยหรือวงล้อ แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะทำให้ชั้นน้ำมันหมุนแผ่ออกไปตามแนวรัศมีจนถึงขอบแล้วถูกสกัดออกจากขอบเป็นเส้นยาว ซึ่งจะบางลงกลายเป็นเชือกบางและขาดออกเป็นหยดเล็ก ๆ



รูปที่ 2.2 การฉีดพ่นเป็นหยดเล็ก ๆ ที่เกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจากพื้นหมุน

การฉีดพ่นเป็นหยดเล็ก ๆ ที่เกิดจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางได้หยดที่มีขนาดเล็กมาก และมีขนาดใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะจานหมุนให้หยดที่มีขนาดเท่ากัน ซึ่งนิยมใช้ในงานวิจัยลักษณะเฉพาะของหัวฉีดนี้คือสามารถควบคุมขนาดและความสม่ำเสมอของหยดได้โดยควบคุมอัตราเร็วของถ้วยหมุนและการป้อนเชื้อเพลิง และคุณภาพของสเปรย์จะดีขึ้นถ้าอัตราเร็วของถ้วยหมุนสูง อัตราเร็วของการป้อนเชื้อเพลิงต่ำ เชื้อเพลิงมีความหนืดต่ำ และขอบถ้วยเป็นพื้นปลา หัวฉีดที่นิยมใช้กันคือแบบวงล้อที่เจาะช่องที่ขอบ และแบบถ้วยหมุน แบบวงล้อนิยมใช้ในการพ่น

แห้งด้วยสเปร์ย์ ซึ่งพัฒนาขึ้นมากและให้หยดเล็กมาก (SMD เล็กกว่า 20 ไมโครเมตร) ส่วนแบบ  
ด้วยหมุนนิยมใช้ในระบบเผาไหม้เพราะสามารถใช้เชื้อเพลิงความหนืดสูง เช่น กากน้ำมันเตาได้ดี



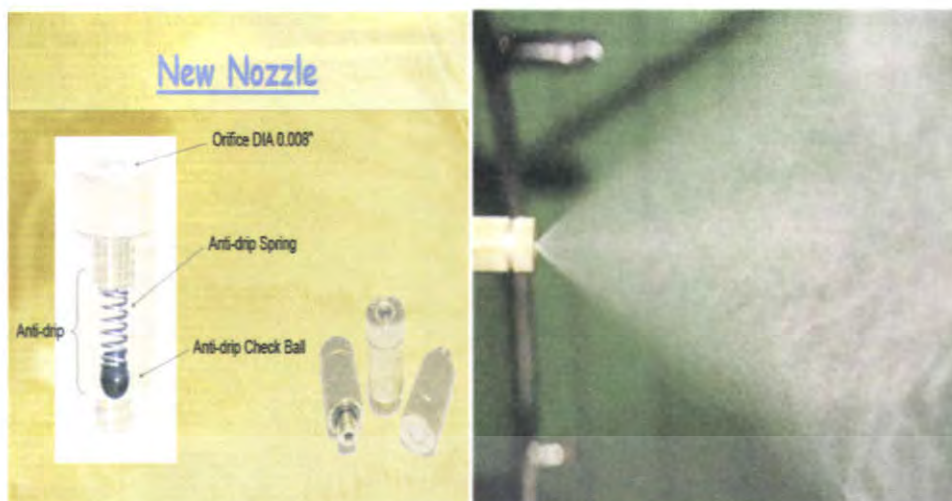
รูปที่ 2.3 การฉีดแบบด้วยหมุนที่ใช้อากาศพ่น

การทำงานของหัวฉีดแบบด้วยหมุน คือ ป้อนน้ำมันผ่านแกนด้วยเข้าสู่ผนังด้านในของด้วยที่  
กำลังหมุนอยู่ด้วยความเร็วรอบสูงประมาณ 4,000– 6,000 รอบต่อนาที น้ำมันที่ใช้ความหนืดประมาณ  
100 เซนติสโตก หัวฉีดมีอากาศพ่นล้อมรอบด้วยเพื่อทำหน้าที่หลอมรูปร่างของสเปร์ย์ให้พุ่งไปข้างหน้า  
ดังนั้นจึงคล้ายกับ หัวฉีดของไหลคู่ หอยคของเหลวมีขนาดประมาณ 40–200 ไมโครเมตร

#### 2.4 พัดลมไอน้ำแบบแรงดันสูง จะมีส่วนประกอบหลักแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก

- 2.4.1. เครื่องสร้างหมอกแรงดันสูง จะทำหน้าที่สร้างแรงดันให้กับน้ำ
- 2.4.2. หัวพ่นหมอก และสายน้ำพ่นแรงดันสูง

หลักการทำงานของพัดลมไอน้ำแบบแรงดันสูง เมื่อของเหลวถูกดูดเข้าไปในเครื่องสร้างหมอก  
แรงดันสูง เครื่องสร้างแรงดันจะทำหน้าที่ในการสร้างแรงดันให้กับของเหลว แล้วถูกบังคับให้ไหลผ่าน  
รูออริฟิซที่มีขนาดเล็กมาก เมื่อของเหลวที่พุ่งผ่านรูความดันของเหลวจะถูกแปลงเป็นพลังงานจลน์ทำให้  
ได้กระแสน้ำที่มีความเร็วสูงมากทำให้เกิดการแตกตัวเป็นละอองที่มีขนาดเล็กมาก แสดงดังรูป



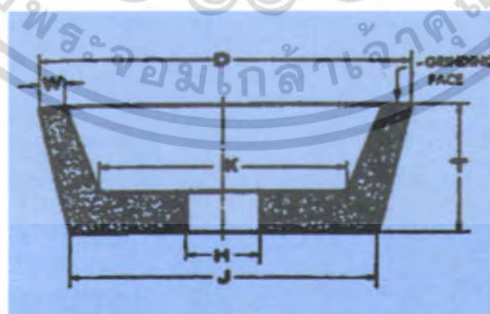
รูปที่ 2.4 แสดงการพ่นละอองแบบแรงดันสูง

## 2.5 พัดลมไอน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง จะมีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วน

2.5.1. มอเตอร์ความเร็วรอบสูง

2.5.2. ใบพัดหรือถ้วยหมุน

หลักการทํางานของพัดลมไอน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะใช้หลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางกลางเหวี่ยงของเหลวให้แผ่ออกที่ขอบแล้วถูกรัดเป็นเส้นแล้วกลายเป็นหยด โดยการ ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับให้ถ้วยหมุนแล้วทำการป้อนของเหลวเข้าไปที่กลางวงของถ้วยหมุนจนจะเหวี่ยงของเหลวด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางให้เกิดการแตกตัวของเหลวกลายเป็นละอองโดยการแตกตัวของของเหลว นั้นจะละเอียดมากหรือน้อยนั้น จะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของมอเตอร์



รูปที่ 2.5 ใบพัดแบบถ้วยหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### ทฤษฎีพื้นฐาน

#### 3.1 แรงตึงผิว

ในของไหลทุกชนิดจะมีคุณสมบัติของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล 2 ชนิด คือ

3.1.1 แรงยึดติด (Cohesion force) คือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของของไหลชนิดเดียวกัน แรงนี้สามารถรับความเค้นดึง (Tensile stress) ได้เล็กน้อย

3.1.2 แรงเกาะติด (Adhesion force) คือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของของไหลกับสารชนิดอื่น เช่น น้ำกับแก้ว ปรอทกับแก้ว เป็นต้น

แรงตึงผิว คือแรงที่เกิดขึ้นบริเวณที่ผิวของของไหลสัมผัสกับของไหลอื่นหรือกับผิวของแข็ง โดยมีพลังงานเพียงพอต่อการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ซึ่งมีขนาดสัมพันธ์กับแรงยึดติดและแรงเกาะติดทำให้เกิดเป็นลักษณะคล้าย ๆ กับแผ่นบาง ๆ ที่สามารถต้านแรงดึงได้เล็กน้อยแรงตึงผิวมีค่าเฉพาะที่เปลี่ยนแปลงได้ตามชนิดของของไหล เช่น ที่อุณหภูมิ 20 C มีหน่วยแรงตึงผิวของของไหลชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้แรงตึงผิวยังเปลี่ยนแปลงได้ตามอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงยึดเหนี่ยวในโมเลกุลของของไหลน้อยลง ทำให้แรงตึงผิวมีค่าน้อยลง เช่น หน่วยแรงตึงผิวของน้ำที่อุณหภูมิ 0 C ถึง 100 C อิทธิพลของแรงตึงผิวมีบทบาทต่อปัญหาทางศาสตร์บางลักษณะดังนี้

#### 3.2 การเกิดหยดของไหล (Droplet)

เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นกับของไหลที่มีขนาดเล็กและอยู่อย่างอิสระ เช่น เม็ดของของไหลในบรรยากาศ หรือเม็ดของของไหลที่เกิดจากหัวฉีดที่ฉีดของไหลออกมาเป็นฝอยหรือละอองเล็กๆ หรือเม็ดของของไหลที่เกาะตามใบไม้ ซึ่งอิทธิพลของแรงตึงผิวจะพยายามปรับรูปร่างให้เม็ดของของไหลมีลักษณะเป็นรูปทรงกลม ทำให้แรงดันในหยดของไหลมากขึ้น เพื่อให้เกิดแรงต้านแรงตึงผิวเป็นผลให้หยดของไหลคงสภาพอยู่ได้อย่างสมดุล

#### 3.3 การแตกออกของหยดในกระแสอากาศไหล

การแตกออกของหยดที่เคลื่อนที่ในอากาศ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของของเหลวและแก๊ส ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด แรงเค้นระหว่างพื้นผิว และขึ้นอยู่กับรูปแบบการไหลของแก๊สรอบ ๆ หยดด้วย โดยทั่วไปถูกควบคุมโดยแรงกล แรงตึงผิว และแรงต้านจากความหนืด

สำหรับของเหลวที่มีความหนืดต่ำ ของเหลวจะมีแรงกระทำจากอากาศพลศาสตร์แทนโดย  $0.5\rho_a U^2 R$  และแรงตึงผิวแทนโดย  $\sigma_L / D$  และมีผู้สร้างความสัมพันธ์เป็นเลขไร้นิติ คือ เลขเวเบอร์ (Weber no.) ดังสมการ

$$We = \frac{\rho_a U^2 R D}{\sigma_L} \quad (3.1)$$

เมื่อ  $U_R$  คือ ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างหยดของเหลวและอากาศ

โดยเมื่อค่า  $We$  สูงต้องใช้แรงภายนอกสูง สำหรับของเหลวทั่วไปจุดเริ่มต้นที่หยดแตกออกเกิดขึ้นเมื่อแรงต้านด้านอากาศพลศาสตร์คือแรงต้านผิวเท่ากับแรงตึงผิวพอดีนั่นคือ

$$C_D \left( \frac{\pi D^2}{4} \right) 0.5 \rho_a U^2 R D = \frac{\pi D \sigma_L}{g} \quad (3.2)$$

จัดทอมใหม่ได้

$$\left( \frac{\rho_a U^2 R D}{\sigma_L} \right) = \left( \frac{8}{C_D} \right) \quad (3.3)$$

จากสมการ สามารถหาความเร็ววิกฤตที่ทำให้หยดแตกออกและขนาดสูงสุดของหยดได้ด้วย

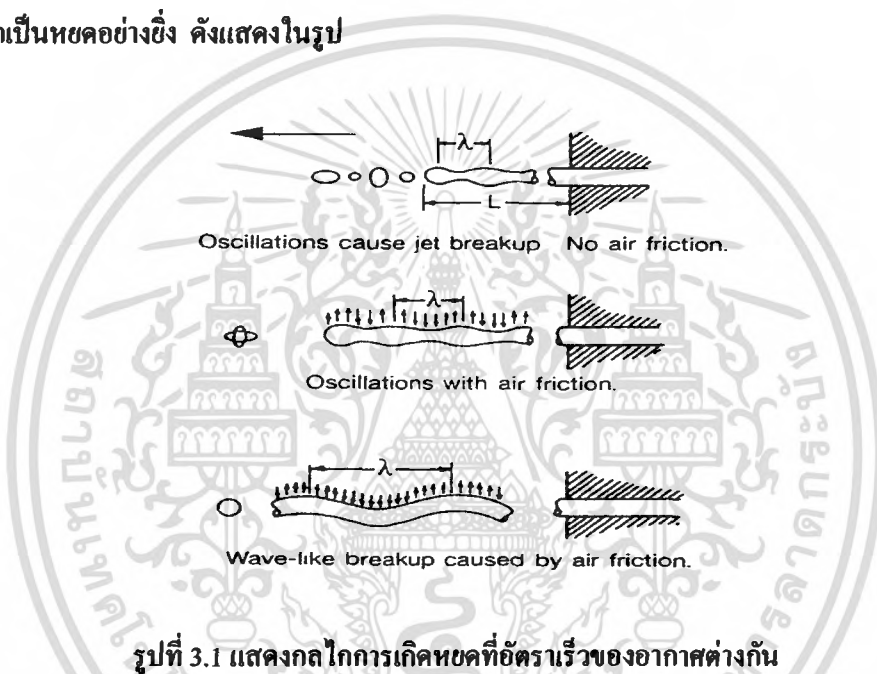
จากผลการศึกษาพบว่า วิธีที่ทำให้หยดแตกออกมี 2 วิธี คือ ได้รับแรงกระทำอย่างต่อเนื่อง หรือหยดถูกแรงกระทำโดยทันทีในวิธีแรก หยดใหญ่จะแบนออกและที่ความเร็ววิกฤตจะถูกเป่าออกเป็นดงกลวง จากดงกลวงจะแตกออกเป็นหยดเล็กในขณะที่ชอบ ๆ กลายเป็นหยดใหญ่ ในวิธีหลัง เช่นหยดเข้าไปในกระแสปั่นป่วนของแก๊สและมีแรงอากาศพลศาสตร์สูงมาก เนื่องจากพลังงานจลน์ของกระแสที่ปั่นป่วนเพิ่มขึ้นเมื่อความยาวเพิ่มขึ้น

### 3.4 การแตกกระจายของกระแสน้ำเป็นลำของของเหลว

เมื่อกระแสน้ำของเหลวพุ่งออกมาจากหัวฉีดเป็นลำ ซึ่งมีลักษณะเป็นกระแสน้ำทรงกระบอกต่อเนื่อง บนพื้นผิวมีแรงทั้งยึดติดและแรงหนีออกทำให้เกิดทั้ง การแกว่งกวัด และการส่าย การแกว่งกวัดที่เกิดที่ผิวนี้เองเมื่อขยายขนาดขึ้นมีผลทำให้มวลของเหลวแตกกระจายออกเป็นหยด ขั้นตอนเรียกว่า การฉีกพันเป็นละอองขั้นต้น ถ้าหยดที่เกิดขึ้นในขั้นนี้มีขนาดใหญ่กว่าขนาดวิกฤต จะแตกออกต่อไปเป็นหยดขนาดเล็กลงในขั้นตอนที่สอง เรียกว่า การฉีกพันเป็นละอองขั้นที่สองกระแสน้ำเป็นลำของเหลวและการแตกกระจายมีคุณสมบัติที่สำคัญได้แก่ รูปร่างของสเปรย์ทั้งหมดและความยาว ขนาดและการกระจายของหยด เป็นต้น

เมื่อพิจารณาสมบัติเบื้องต้นของกระแสพ่นเป็นลำในอากาศหนึ่ง พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางกับความยาวของกระแส คือ ความยาวของกระแสจะไม่เกินเส้นรอบวง มิฉะนั้นจะแตกออกเป็นสองหยด กระแสพ่นเป็นลำนี้แตกออกเป็นหยด เนื่องจากมีพลังงานจากคลื่นผิวมารบกวนระบบและการแตกออกขึ้นอยู่กับความยาวคลื่น เรียกว่าความยาวคลื่นของการรบกวน สำหรับกระแสของเหลวที่มีความหนืดต่ำและมีความเร็วต่ำพบว่า ที่ความยาวคลื่นของการรบกวนที่เหมาะสม จะเกิดการแตกออกเป็นหยดขนาดของหยดมีค่าเกือบสองเท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระแสพ่นเป็นลำ

ดังนั้นความเร็วของกระแสอากาศที่อยู่ล้อมรอบกระแสพ่นเป็นลำของของเหลวจึงมีอิทธิพลต่อการแตกออกเป็นหยดอย่างยิ่ง ดังแสดงในรูป



รูปที่ 3.1 แสดงกลไกการเกิดหยดที่อัตราเร็วของอากาศต่างกัน

- ก) ที่ความเร็วต่ำ กระแสพ่นเป็นลำเกิดการแกว่งแล้วแตกออกเป็นหยดใหญ่ขนาดสม่ำเสมอ คือ การแตกเป็นหยดแบบเรย์เลห์
- ข) ที่ความเร็วของอากาศเพิ่มขึ้น ความฝืดของอากาศมีผลให้เกิดการแกว่งของกระแสพ่นเป็นลำคืบแนวแกนของกระแส อัตราการแกว่งเพิ่มขึ้นเมื่อแรงต้านจากอากาศเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกิดการแตกออกเป็นหยด กรณีนี้ได้หยดเล็กที่มีขนาดต่างกัน คือ การแตกเป็นหยดด้วยแรงลม
- ค) ที่ความเร็วสูงมากขึ้นอีก ทำให้เกิดการแตกกระจายโดยการเกิดคลื่นของกระแสพ่นทันทีที่ออกจากหัวฉีด จะได้หยดที่มีขนาดเล็กมาก คือ การแตกออกเป็นหยดด้วยคลื่น

### 3.5 การแตกกระจายของแผ่นของเหลว

การแตกออกของกระแสน้ำเป็นลำเป็นหยดของของเหลวขนาดเล็ก โดยเกิดการฉีดพ่นของเหลวเป็นละออง ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กัน เช่น กระจับองสเปร์ย์ หัวฉีดยาฆ่าแมลง และอื่น ๆ อย่างไรก็ตามหัวฉีดหลายแบบโดยเฉพาะหัวฉีดน้ำมันเตาในหม้อไอน้ำอุตสาหกรรมและเตาเผาไม่ฉีดพ่นออกมาเป็นกระแสน้ำเป็นลำ แต่ฉีดพ่นของเหลวออกมาให้พุ่งแผ่เป็นแผ่นแบบรูปคล้ายพัด หรือแผ่นรูปกรวย ซึ่งจะกลายเป็นหยดขนาดเล็ก หรือละอองในที่สุด

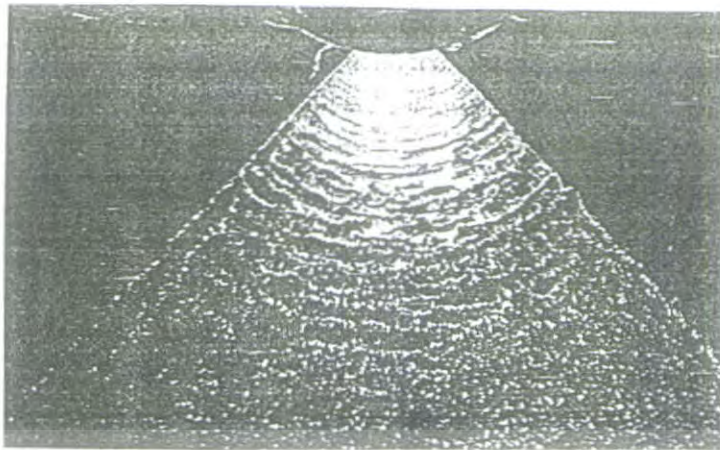
### 3.6 รูปแบบการแตกกระจายของแผ่นของเหลว แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

2.6.1 เกิดที่ขอบ แรงตึงผิวมีอิทธิพลมากในกรณีนี้ โดยของเหลวที่มีความหนืดและแรงตึงผิวสูงจะเกาะอยู่ที่ขอบหัวฉีดเป็นขอบหนา แล้วถูกดึงออกเป็นสายยาว ๆ และกลายเป็นหยดเรียงกันในแนวแกนของหัวฉีด หยดที่ได้มีขนาดใหญ่รวมทั้งหยดเล็กเกาะติดกับหยดใหญ่



รูปที่ 3.2 ภาพแสดงการพ่นฉีดเป็นละอองรูปแบบที่ 1 เกิดที่ขอบ

3.6.2 เกิดเป็นคลื่น ของเหลวแผ่ออกจากหัวฉีดด้วยความยาวคลื่นเท่ากับครึ่งหนึ่ง หรือเท่ากับความยาวคลื่นของการกวัดแกว่งแผ่นของเหลวจะหดตัวเล็กน้อยด้วยแรงตึงผิวแล้วถูกทำให้แตกกระจายออกด้วยแรงอากาศพลศาสตร์ หรือด้วยการปั่นป่วนที่ผิวของเหลว ก่อนที่จะถูกดึงออกเป็นเส้นยาว ลักษณะการแผ่ออกเป็นแผ่นที่เป็นคลื่นแล้วแตกออกเป็นหยดเห็นชัดเจน



รูปที่ 3.3 ภาพแสดงการพ่นฉีดเป็นละอองรูปแบบที่ 2 เกิดเป็นคลื่น

3.6.3 เกิดเป็นแผ่นพรุน แผ่นของเหลวแผ่ออกจนบางแล้วเกิดรูพรุนขึ้นทั่วไป รูพรุนจะขยายออกจนจรดกัน จนขอบของรูพรุนที่อยู่ติดกันรวมกันกลายเป็นแผ่นเยื่อ ของของเหลวบาง ๆ ซึ่งจะขาดออกจากกันกลายเป็นหยดเล็กขนาดต่าง ๆ กัน



รูปที่ 3.4 ภาพแสดงการพ่นฉีดเป็นละอองรูปแบบที่ 2 เกิดเป็นแผ่นพรุน

โดยสรุป ยังไม่สามารถใช้สมการต่าง ๆ ออกแบบและทำนายหัวฉีดที่ใช้งานกันอยู่ได้ แต่ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีการถ่ายภาพที่ความเร็วสูง ช่วยให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดหยดมากขึ้นอันอาจจะนำไปสู่เลขไรหน่วยที่นำมาใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปประเด็นในหัวข้อนี้คือ

- การแตกตัวออกเป็นหยดเริ่มจากการเพิ่มพื้นที่ผิว ในรูปกระแสเป็นลำหรือแผ่นจนเกิดสภาวะไม่อยู่ตัวแล้วแตกออกเป็นหยด ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราเร็ว
- ถ้าการไหลเป็นแบบราบเรียบ กลไกเกิดแบบเรย์เลห์
- ถ้าการไหลเป็นแบบปั่นป่วน กลไกเกิด เสริมโดย ความสัมพันธ์ของของเหลว และแรงต้านอากาศด้าน โดยความหนืดของของเหลว

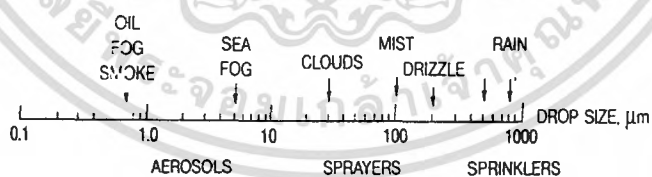
การมีแรงต้านจากอากาศ มีผล

- ช่วยการแตกตัวเป็นหยด โดยมีแรงอากาศพลศาสตร์ด้านกับแรงที่ผิว
- ทำให้เกิดการแกว่งกวัดและการส่ายของกระแสที่พื้นผิว
- ทำให้การกวัดแกว่งขยายขนาดในสภาวะที่เหมาะสม มีผลให้ กระแสพ่นของเหลวแตกออกเป็นหยด แผ่นของเหลว ขาดเป็นเยื้องบางและหยด หยดที่ใหญ่กว่าขนาดวิกฤตจะแตกต่อไปกลายเป็นหยดเล็กกว่าขนาดวิกฤต

การฉีดพ่นของเหลวเป็นหยดเล็กๆ หรือละอองมาว่าจะเกิดจากกระแสพ่นเป็นลำ หรือของเหลวที่แผ่เป็นแผ่น ให้หยดที่มีขนาดและช่วงขนาดต่างกันหลายขนาด ความเข้าใจเกี่ยวกับขนาดและช่วงขนาดของหยดจะแสดงในรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

### 3.7 ขนาดของหยดและการกระจายขนาดของหยด

การฉีดพ่นให้ของเหลวเป็นหยดที่เล็ก ๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ของเหลวโดยใช้หัวฉีด ได้สเปรย์ของของเหลว ที่ประกอบด้วยมวลของหยดของเหลวที่มีขนาดต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับชนิดของหัวฉีด แต่มักอยู่ในช่วง 1-500 ไมโครเมตร (ยกเว้นหัวฉีดที่ใช้ในงานวิจัย)



รูปที่ 3.5 แสดงสเปกตรัมของขนาดของหยด

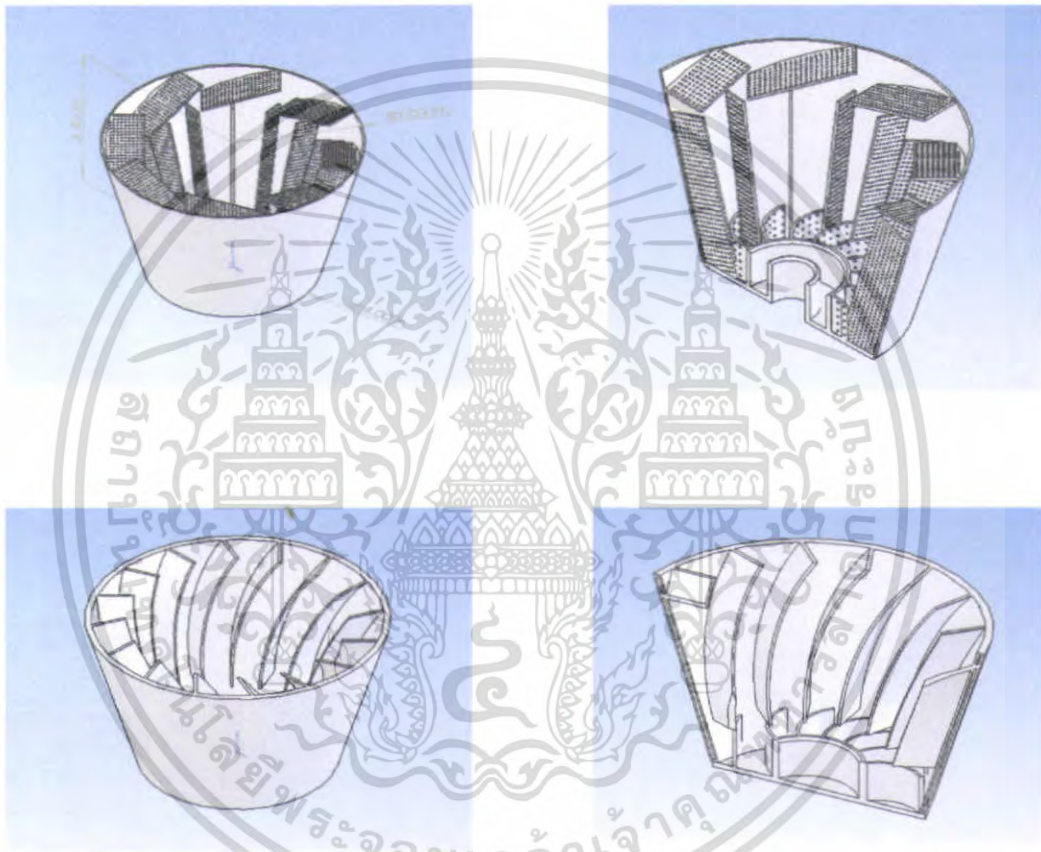
ภายในสเปรย์ประกอบด้วยขนาดต่าง ๆ กัน และจำนวนหยดที่มีขนาดเดียวกันในแต่ละช่วงขนาดก็มีไม่เท่ากัน ความรู้เกี่ยวกับหยดสำคัญมาก เพราะเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการเผาไหม้และความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาด้วย การแสดงขนาดและการกระจายขนาดด้วยกราฟเป็นวิธีที่นิยม

## บทที่ 4

### โครงสร้างและการออกแบบ

#### 4.1 แสดงลักษณะของใบพัดที่สร้างขึ้น โดยจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ

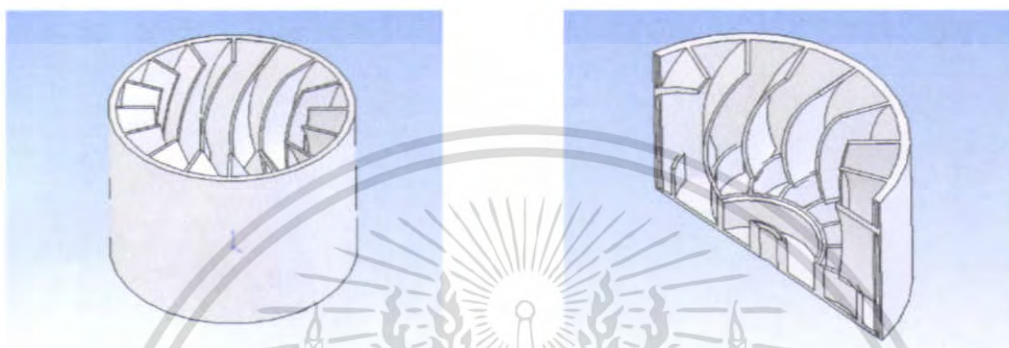
4.1.1 ลักษณะของใบพัดแบบที่ 1 จะเป็นใบพัดที่มีลักษณะเหมือนรูปถ้วยและจะมีครีบริบติดอยู่ที่ขอบของใบพัด โดยเหล็กที่ใช้ทำครีบริบจะเป็นเหล็กแผ่นเจาะรู ซึ่งรูจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.1 แสดงใบพัดแบบลูกถ้วย

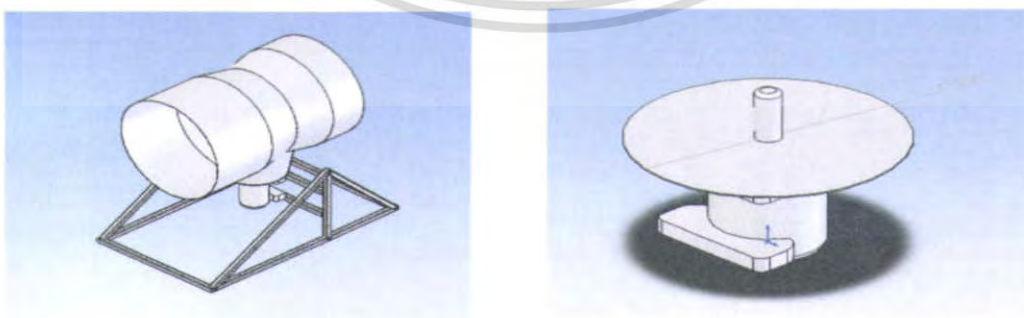
4.1.2 ลักษณะของใบพัดแบบที่ 2 จะเป็นพัดที่มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกและจะมีครีบริบติดอยู่ที่ขอบของใบพัดเหมือนกัน โดยเหล็กที่ใช้ทำครีบริบจะเป็นเหล็กแผ่นเจาะรู ซึ่งรูจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงใบพัดเป็นแบบทรงกระบอก

#### 4.2 แสดงโครงสร้างของชุดทดลอง



รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างของชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 มอเตอร์

SIMENS			
50 HZ	230/400 V	60 HZ	460 V
0.37 kW	1.74/1.0 A	0.43 kW	0.98 A
COS $\phi$ 0.82	2740/min	COS $\phi$ 0.82	3340/min
200-400/380-420	$\Delta/Y$	440-480	$\Delta/Y$

4.3.1 มอเตอร์ที่ใช้จะเป็นมอเตอร์ 3 เฟส โดยมีค่ากำหนดตามข้างบน จากฉลากแผ่นป้ายชื่อ (Name plate data) ของมอเตอร์ได้กำหนดรายละเอียดดังนี้

1. เป็นมอเตอร์ที่ใช้ได้กับความถี่ไฟฟ้า 50 HZ, 60 HZ
2. ความสามารถของมอเตอร์ในการหมุนขับโหลด 0.37 kW
3. ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ 200-400 V ให้ต่อวงจรมอเตอร์แบบ  $\Delta$  มอเตอร์กินกระแส 1.74 A
4. ในระบบไฟฟ้าแรงสูง 380-400 V ให้ต่อวงจรมอเตอร์แบบ Y มอเตอร์กินกระแส 1.0 A
5. มอเตอร์หมุนขับโหลดด้วยความเร็วรอบของโรเตอร์  $n = 2740$  รอบต่อนาที

### 4.4 แนวคิดในการออกแบบใบพัด

ในการสร้างและออกแบบใบพัดของเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกนนี้เรายังไม่สามารถหาทฤษฎีในการออกแบบใบพัดของใบพัดลักษณะนี้ได้ แนวคิดในการออกแบบใบพัดนี้เราก็ได้ทำการริเริ่มจากการทำการศึกษาใบพัดตามแนวรัศมีและหัวฉีดที่ใช้แรงเหวี่ยง จากการเริ่มศึกษาการทำงานของใบพัดแบบรัศมีเราพบว่าน้ำจะถูกเหวี่ยงออกไปตามแนวรัศมีทำให้มีละอองน้ำบางส่วนถูกเหวี่ยงไปกระทบกับตัวเฟรมด้านข้าง เราจึงได้มีแนวความคิดว่าจะทำอย่างไร เมื่อน้ำที่ถูกเหวี่ยงจะไปกระทบกับตัวเฟรมด้านข้างน้อย และทำให้ละอองพุ่งขึ้นไปข้างบน เราก็ได้ทำการออกแบบและสร้างใบพัดขึ้นมา 2 แบบ คือแบบทรงกรวยและแบบทรงกระบอกแล้วทำการติดครีบบ่มเข้าไปที่บริเวณขอบ ซึ่งใบพัดที่สร้างขึ้นมามี 2 แบบ และแต่ละแบบจะมี 3 ลักษณะคือ

ใบพัดแบบที่ 1 จะมีลักษณะเป็นรูปทรงกรวย ด้านล่างจะมีใบพัดรูปโค้ง บริเวณด้านข้างจะมีครีบบดอยู่ลักษณะตามยาว และมีแผนพูนปิดบริเวณขอบบน แนวคิดนี้เมื่อเราทำการป้อนน้ำเข้ามาตรกลางของใบพัด แล้วน้ำจะถูกเหวี่ยงออกไปด้านข้าง ไปกระทบกับครีบบดด้านข้างเพื่อที่จะทำให้น้ำเกิดการแตกตัวอีกครั้งและพุ่งกระจายไปด้านบน แต่ก่อนที่น้ำจะออกจากใบ ก็จะถูกดักด้วยแผ่นพูนเพื่อให้น้ำขนาดของละอองที่ออกมามีขนาดเล็กลงและให้ละอองออกมาตรงรูพูนอย่างเดียวและเพื่อที่จะให้มีปริมาณน้ำที่เกิดละอองมากขึ้น

ใบพัดแบบที่ 2 จะมีลักษณะคล้ายกับแบบที่ 1 แต่ถอดแผ่นพรุนที่ปิดบริเวณขอบบนออก เพราะต้องการดูว่าเมื่อเราเอาแผ่นพรุนออกแล้วจะมีความแตกต่างกันอย่างไร

ใบพัดแบบที่ 3 จะมีลักษณะคล้ายแบบที่ 2 แต่เราได้ติดแผ่นในลักษณะตามขวางขึ้นอีกชั้นบริเวณบนขอบใบ เพราะเมื่อน้ำมากระทบแผ่นครีbsd้านข้างแล้ว ก่อนที่จะออกจากใบก็จะไปกระทบกับแผ่นครีbsd ที่ติดตามขวางอีกครั้งเพื่อให้น้ำถูกตีให้เกิดการแตกตัวอีกครั้ง

ส่วนใบพัดแบบที่ 4 5 และ 6 จะมีลักษณะการติดครีbsd ลักษณะเดียวกัน แต่แบบนี้เราได้เปลี่ยนรูปทรงของใบเป็นทรงกระบอก เพราะเราต้องการดูว่าลักษณะของใบพัดแต่ละทรงมีความแตกต่างกันหรือไม่ในการเกิดละออง



81772

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### การทดลองและผลการทดลองของใบพัดแต่ละแบบ

#### 5.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อศึกษาขนาดของละอองที่ระยะ 1 เมตร 2 เมตร และ 3 เมตร ของใบพัดแต่ละแบบ
2. เพื่อศึกษาขนาดของละอองที่ความเร็วลมต่างกัน ของใบพัดแต่ละแบบ
3. เพื่อศึกษาอัตราการไหลของน้ำที่ถูกใช้ไปของใบพัดแต่ละแบบ

#### 5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดทดลอง
2. ใบพัด 6 แบบ
3. อินเวอร์เตอร์ ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส
4. บีกเกอร์
3. นาฬิกาจับเวลา
4. พัดลม
5. กล้องถ่ายภาพ
6. มานอรมิเตอร์
7. เทอร์โมมิเตอร์

#### 5.3 เครื่องสร้างหมอกและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 5.1 แสดงเครื่องสร้างหมอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะของใบพัดแบบที่ 1



รูปที่ 5.3 แสดงลักษณะของใบพัดแบบที่ 2

รูปที่ 5.4 แสดงลักษณะของใบพัดแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะของใบพัดแบบที่ 4



รูปที่ 5.6 แสดงลักษณะของใบพัดแบบที่ 5



รูปที่ 5.7 แสดงลักษณะของใบพัดแบบที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ 3 เฟส

#### 5.4 ขั้นตอนเตรียมการทดลอง

1. ทำการต่อสายไฟ 380 โวลต์ เข้ากับชุดอินเวอร์เตอร์ (Inverter)
2. ทำการต่อสายไฟจากชุดอินเวอร์เตอร์เข้ากับมอเตอร์



รูปที่ 5.9 แสดงการต่ออินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ 3 เฟส

3. ทำการประกอบใบพัด เข้ากับแกนมอเตอร์ (เมื่อทำการทดลองใบที่ 1 เรียบร้อยแล้ว จึงทำการทดลองใบพัดใบที่ 2-6 ตามลำดับต่อไป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 แสดงการติดตั้งใบเข้าไปในโครง

3.1 เปิดก๊อกน้ำโดยให้ระดับความสูงของน้ำที่மானอมิเตอร์ มีค่า  $\Delta H = 1$  cm. โดยให้ปลายทางออกของน้ำเข้าที่ช่องหยอดน้ำตรงกลางใบพัดแล้วทำการวัดอัตราการไหลเข้าของน้ำโดยการจับเวลา



รูปที่ 5.11 แสดงமானอมิเตอร์ที่ใช้ในการปรับอัตราการไหลเข้าของน้ำ

3.2 เปิดสวิตช์มอเตอร์แล้วปรับรอบที่ให้ได้ 2000 รอบ แล้วเปิดพัดลมที่ความเร็ว 1 (2.72 m/s)

3.3 ทำการวัดอัตราการไหลของน้ำที่ไหลออก โดยการรองน้ำที่จุดระบายน้ำออกด้วยบีกเกอร์ แล้วจับเวลานำปริมาณน้ำที่ได้หารด้วยเวลา แล้วบันทึกค่า

3.4 ทำการบันทึกค่าละอองน้ำในระยะ 1 เมตร, 2 เมตร, และ 3 เมตร ตามลำดับ (ซึ่งในส่วนนี้จะอธิบายในลำดับต่อไป) ด้วยการถ่ายรูป

3.5 เมื่อบันทึกค่าในขั้นตอนที่ 3.4 เรียบร้อยแล้วให้เปลี่ยนรอบพัดลมเป็นที่ความเร็วที่ 2 (3.42 m/s) แล้วบันทึกค่าที่ระยะ 1 เมตร, 2 เมตร, และ 3 เมตร อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ในลำดับต่อไปให้เปลี่ยนรอบของมอเตอร์เป็น 2000, 3000, 4000 และ 5000 รอบแล้วทำการบันทึกค่าตามขั้นตอนที่ 3.3 และ 3.5

3.7 ต่อไปทำการเปิดก๊อกน้ำโดยให้ระดับความสูงของมานอมิเตอร์ให้มีค่า  $\Delta H = 1.5, 2, 2.5$  cm. ตามลำดับ โดยทุกครั้งที่เปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำให้ทำการขั้นตอนที่ 3.2 - 3.6 แล้วบันทึกค่า

3.8 เมื่อบันทึกค่าครบถ้วนทุกค่าแล้ว จึงทำการเปลี่ยนใบพัดในขั้นตอนต่อไป

4. ทำการเปลี่ยนใบพัดจากใบที่ 1 เป็นใบที่ 2-6 และทำตามขั้นตอนที่ 3.1-3.8 แล้วบันทึกค่า



รูปที่ 5.12 แสดงภาพถ่ายปริมาณละอองที่เกิดขึ้นของใบพัด 3 ที่ 2000 รอบ



รูปที่ 5.13 แสดงภาพถ่ายปริมาณละอองที่เกิดขึ้นของใบพัด 3 ที่ 5000 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 แสดงภาพถ่ายปริมาณละอองที่เกิดขึ้นของไบพัด 4 ที่ 2000 รอบ



รูปที่ 5.15 แสดงภาพถ่ายด้านข้างของชุดทดลอง

#### 5.5 ขั้นตอนการเก็บขนาดละออง (จากขั้นตอนที่ 3.4)

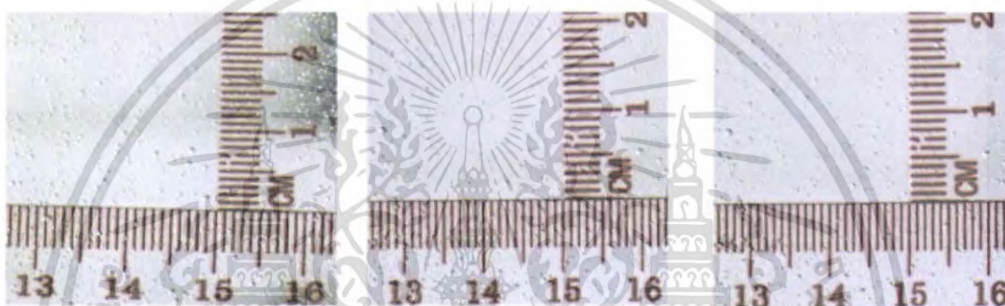
1. ทำการประกอบแผ่นใสเข้ากับกรอบของภาควัดละออง
2. ติดตั้งอุปกรณ์วัดขนาด (ไม้บรรทัด) ในลักษณะมุมฉาก (แกน x และแกน y)
3. ทำการติดตั้งเครื่องสร้างหมอกและทำการกำหนดค่าต่างๆตามขั้นตอนข้างต้น
4. ทำการเก็บละอองน้ำโดยนำจากมารับละอองน้ำโดยให้ได้ฉากกับแนวการตกของละออง
5. นำภาควัดละอองที่ได้มาทำการถ่ายรูปด้วยกล้องดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. ทำการถ่ายภาพละอองตามที่ระยะต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนข้างต้น จนครบ



รูปที่ 5.16 แสดงวิธีการเก็บขนาดละออง



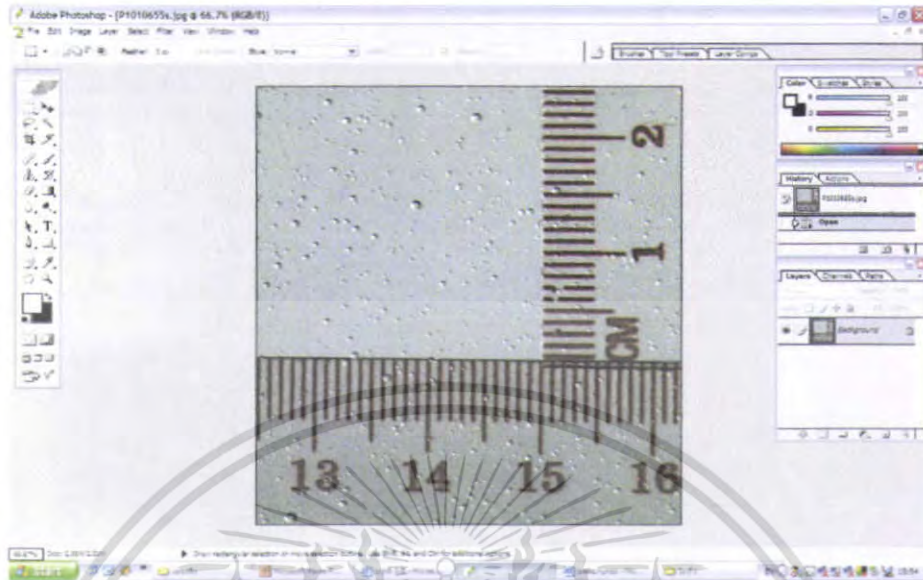
รูปที่ 5.17 แสดงภาพถ่ายขนาดละอองที่ได้จากการถ่ายรูป

### 5.6 ขั้นตอนการวัดขนาดของละออง

1. นำรูปที่ได้มาขยายในโปรแกรม Adobe Photoshop โดยตั้งกรอบรูปให้ครอบคลุมอุปกรณ์วัดขนาดตามจำนวนสเกล เช่น  $(x,y) = (50,50)$  มิลลิเมตร
2. นำรูปที่ได้มาวัดขนาดของละอองทุกเม็ด โดยนำค่าที่ได้จากการวัดมารวมกัน ผลรวมที่ได้คือขนาดของละอองน้ำรวม (ที่อัตราขยาย 5-10 เท่า)
3. นับจำนวนเม็ดของละอองน้ำที่ได้วัดขนาดในข้อ 2 จะได้จำนวนของละอองน้ำ
4. นำขนาดของละอองน้ำรวม (ที่อัตราขยาย 5-10 เท่า) มาหารด้วยจำนวนของละอองน้ำ จะได้ขนาดละอองน้ำโดยเฉลี่ย (ที่อัตราขยาย 5-10 เท่า)
5. แล้วทำการวัดขนาดสเกลที่อุปกรณ์วัด (ที่อัตราขยาย 5-10 เท่า) จะได้ขนาดที่วัดได้เป็น (มิลลิเมตร) เมื่อนำมาหารด้วยขนาดที่วัดได้ จะได้เป็นอัตราส่วนการขยายของรูปจริง
6. จากนั้นนำขนาดของละอองน้ำโดยเฉลี่ย (ที่อัตราขยาย 5-10 เท่า) มาหารด้วยอัตราส่วนการขยายรูปจริง จะได้ขนาดของละอองน้ำโดยเฉลี่ยจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ทำการวัดขนาดละอองตามขั้นตอนที่1-6 ทุกรูปจะได้ค่าขนาดละอองโดยเฉลี่ยจริง เพื่อบันทึกผลลงตารางต่อไป



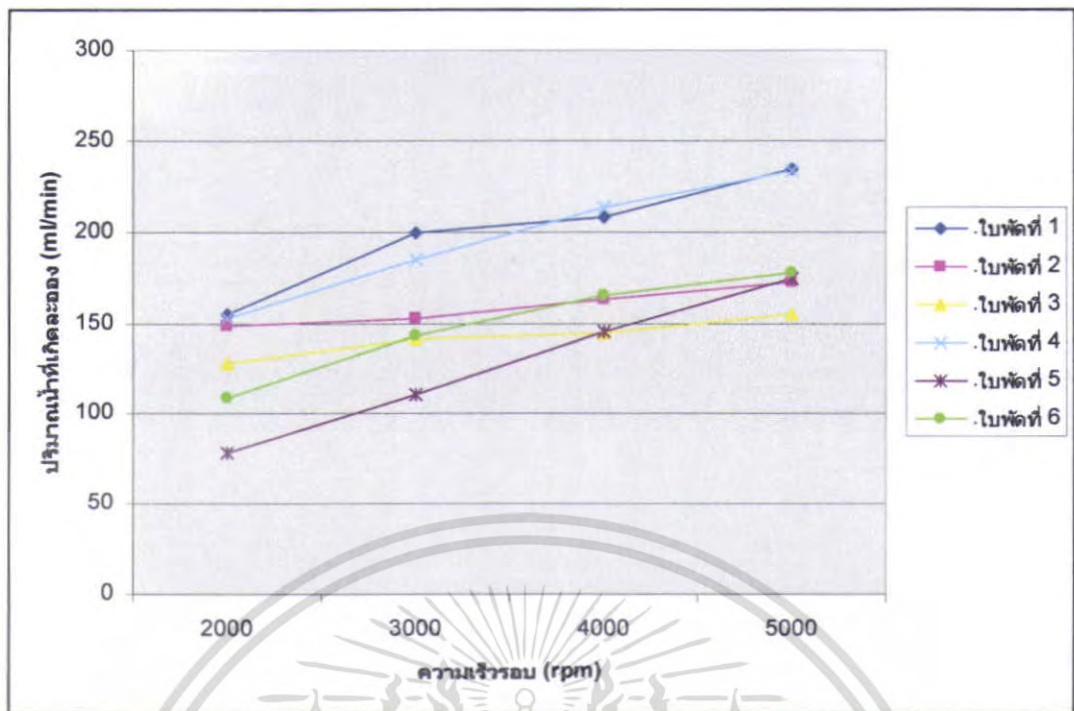
รูปที่ 5.18 แสดงภาพถ่ายขนาดละอองที่ได้จากการถ่ายภาพ

สรุปการได้ค่าจากการวัดขนาดละออง

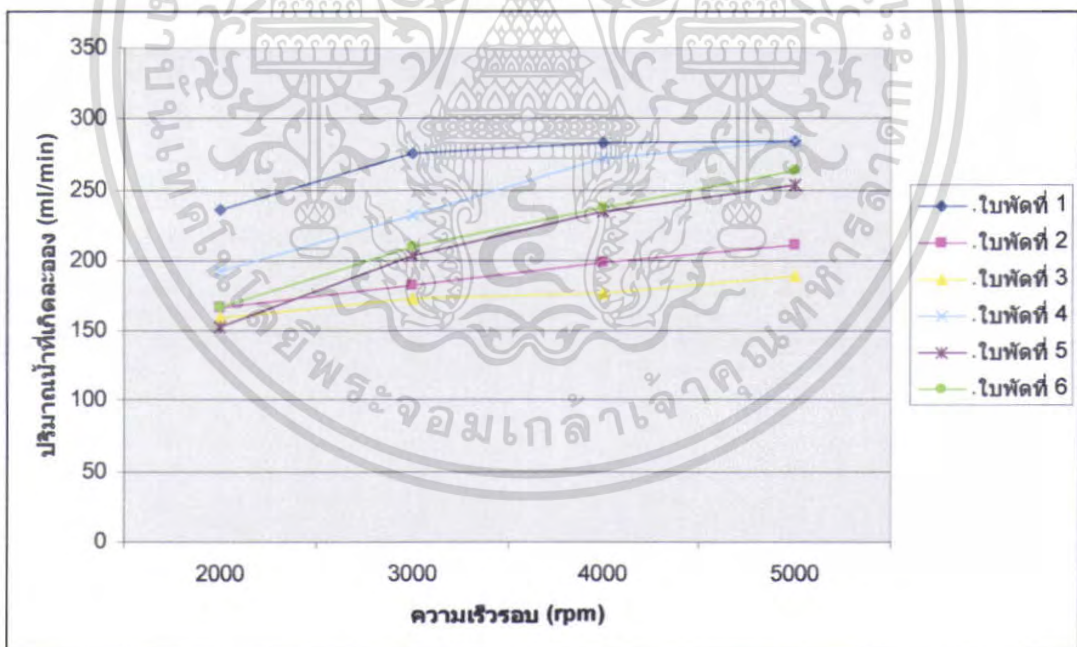
1. ขนาดของละอองน้ำรวม (ของอัตราขยาย 5-10 เท่า) / จำนวนของละอองน้ำ = ขนาดของละอองน้ำ โดยเฉลี่ย (ของอัตราขยาย 5-10 เท่า)
2. ขนาดของละอองน้ำโดยเฉลี่ย (ของอัตราขยาย 5-10 เท่า) / อัตราส่วนการขยายจริง = ขนาดของละอองน้ำโดยเฉลี่ยจริง (ของอัตราขยาย 5-10 เท่า)

### 5.7 ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

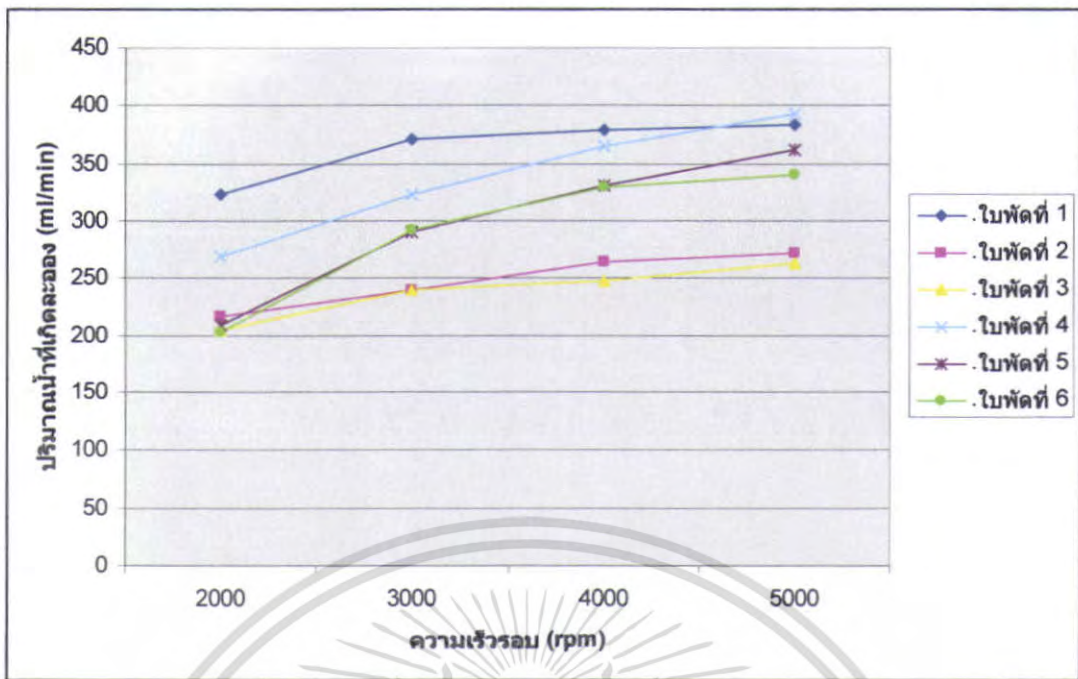


กราฟแสดงปริมาณน้ำที่เกิดละอองกับความเร็วรอบที่อัตราการไหลเข้าของน้ำ 286 ml/min

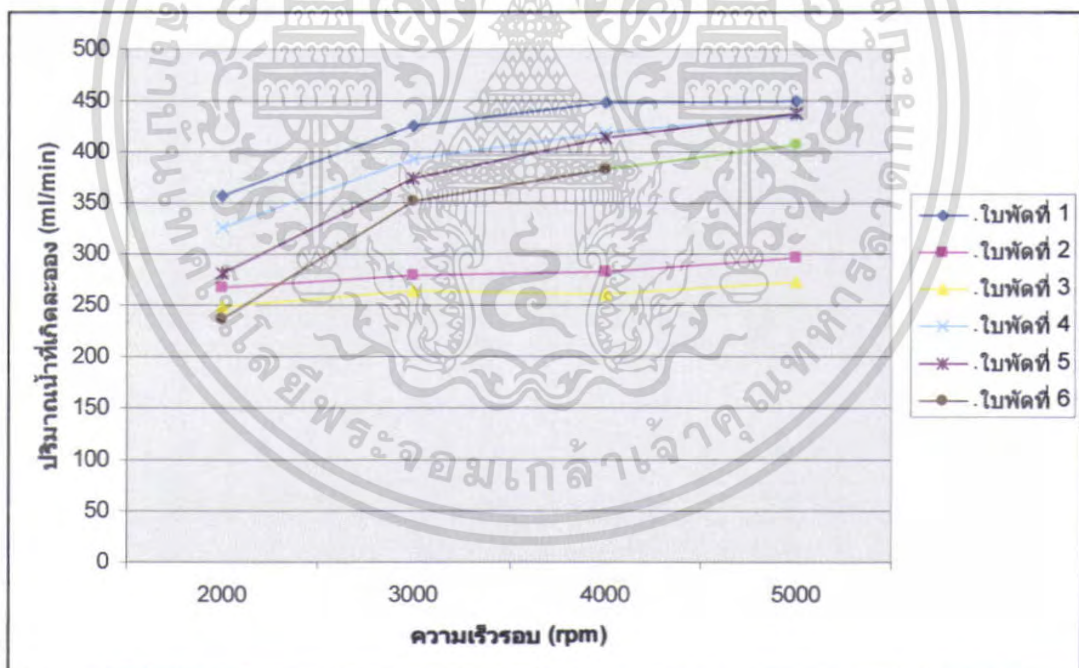


กราฟแสดงปริมาณน้ำที่เกิดละอองกับความเร็วรอบที่อัตราการไหลเข้าของน้ำ 371 ml/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

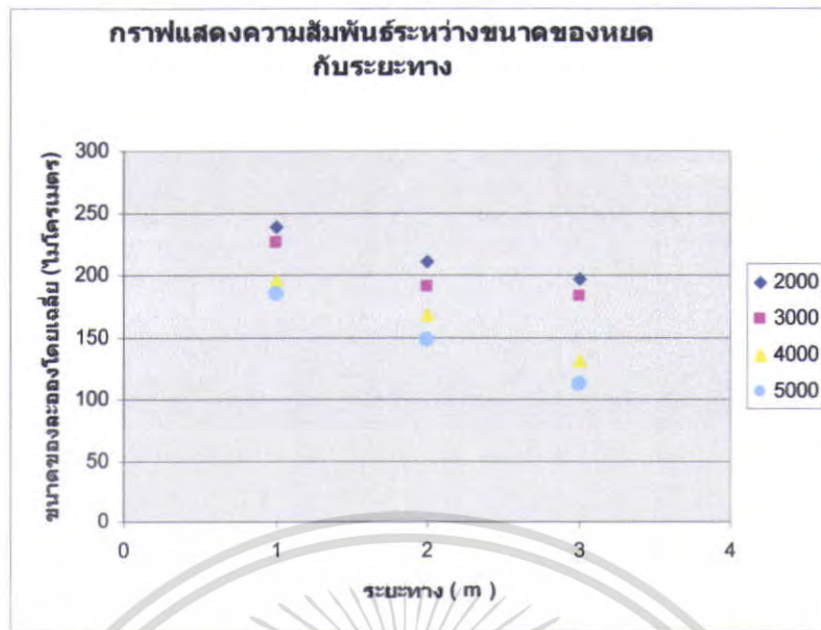


กราฟแสดงปริมาณน้ำที่เกิดละอองกับความเร็วยรอบที่อัตราการไหลเข้าของน้ำ 468 ml/min

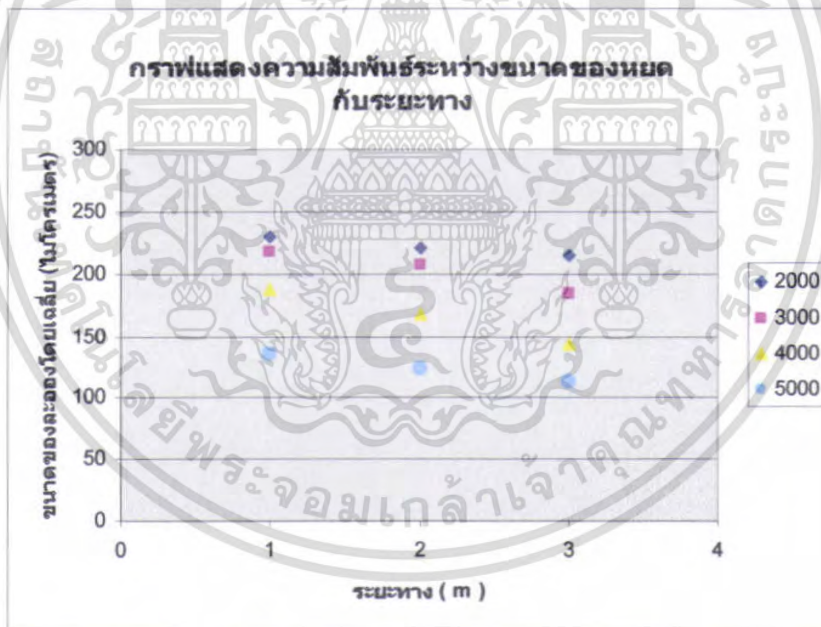


กราฟที่แสดงปริมาณน้ำที่เกิดละอองกับความเร็วยรอบที่อัตราการไหลเข้าของน้ำ 545 ml/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

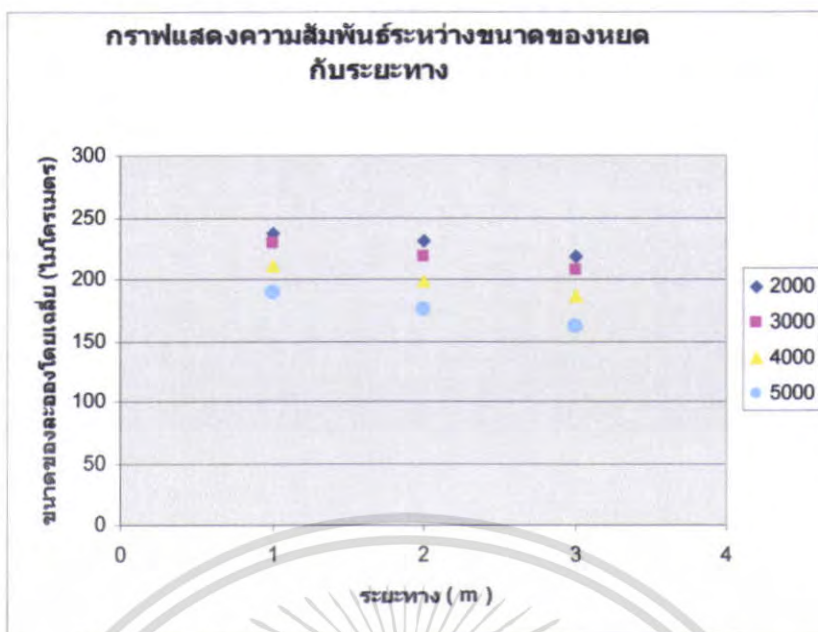


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 286 ml/min และความเร็วมวล 2.72 m/s คงที่

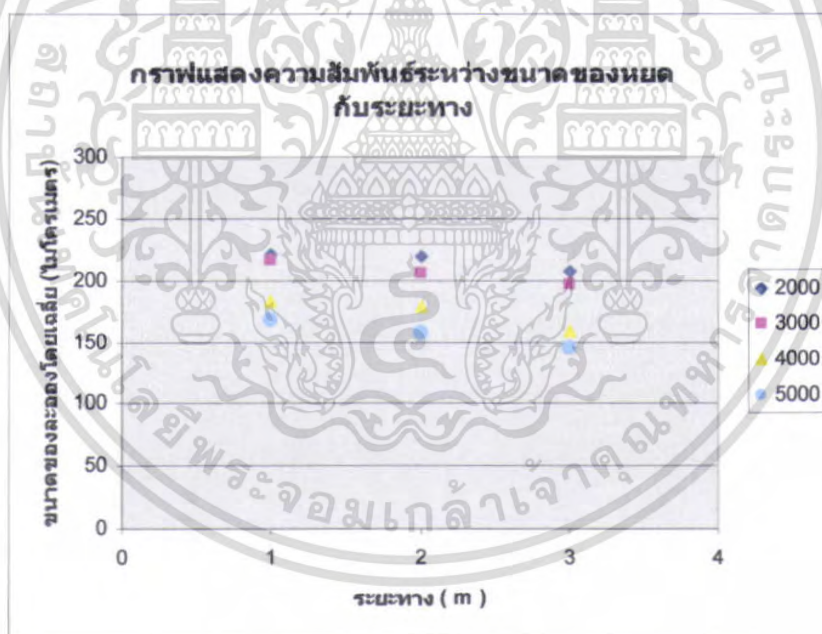


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 286 ml/s และความเร็วมวล 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

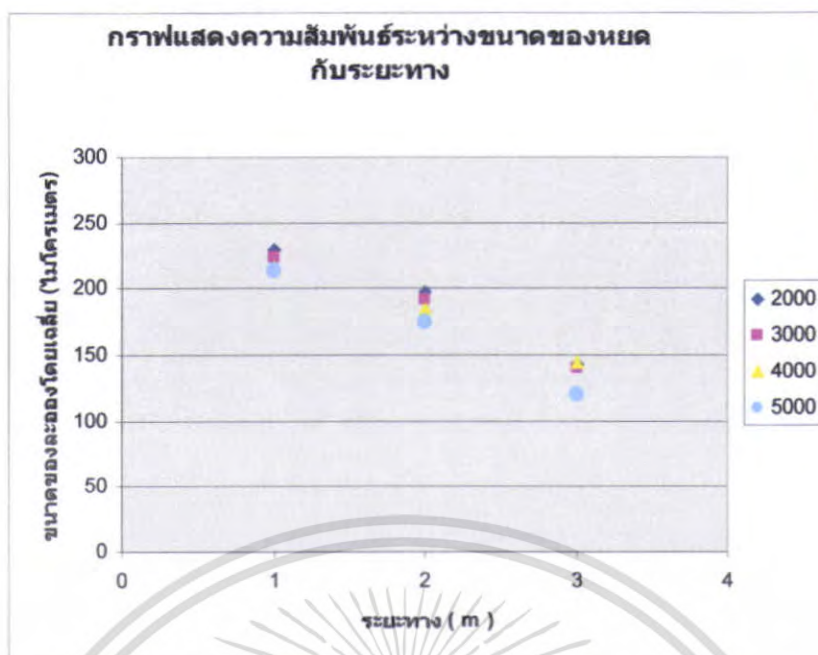


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 371 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่

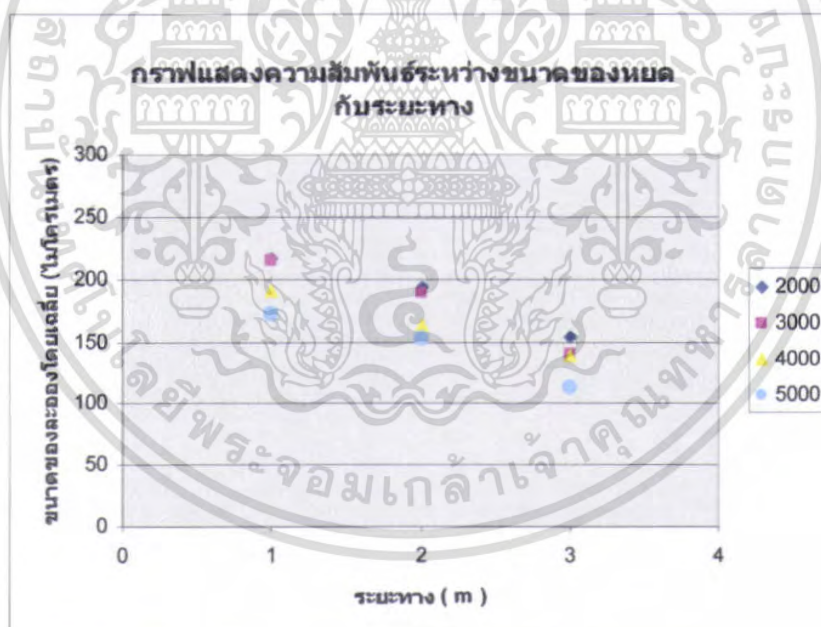


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 371 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

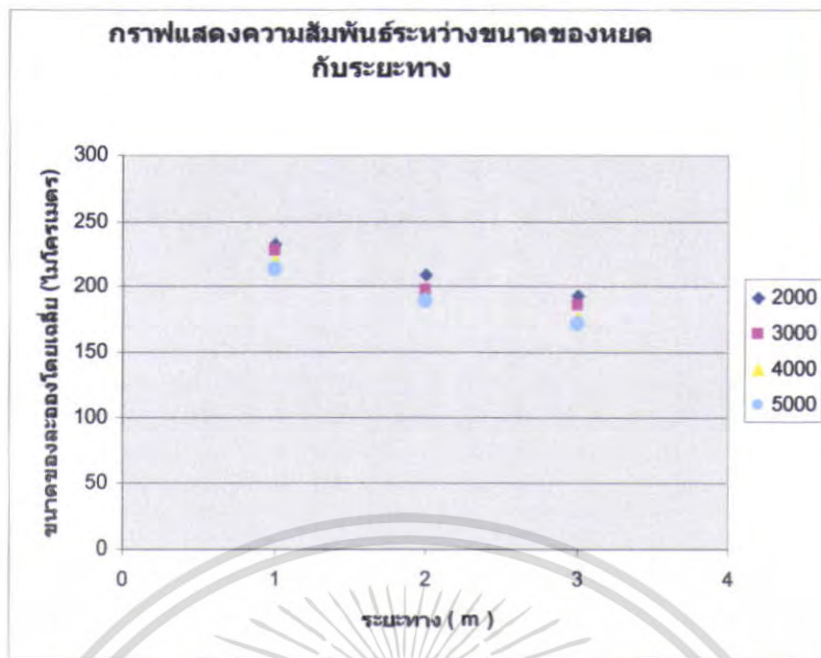


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 468 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s ดังที่

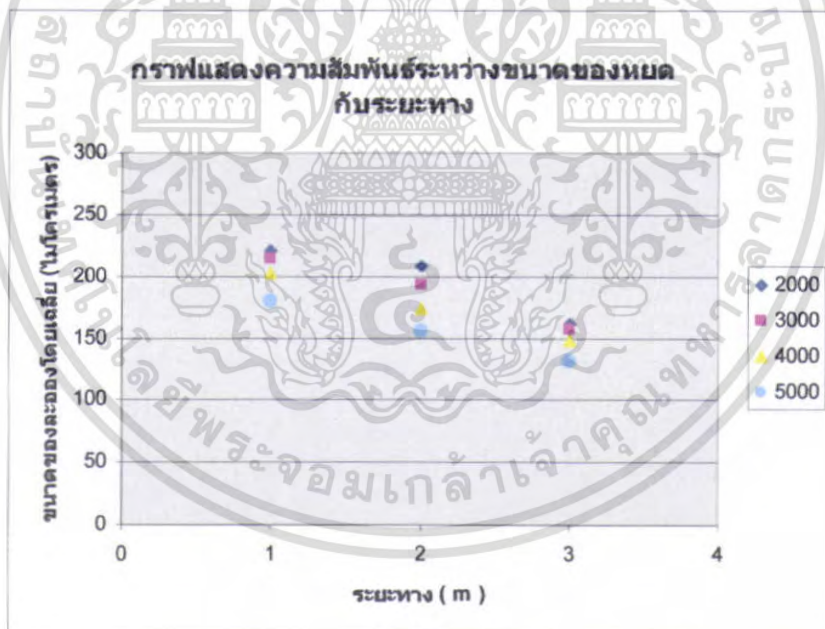


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 468 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s ดังที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

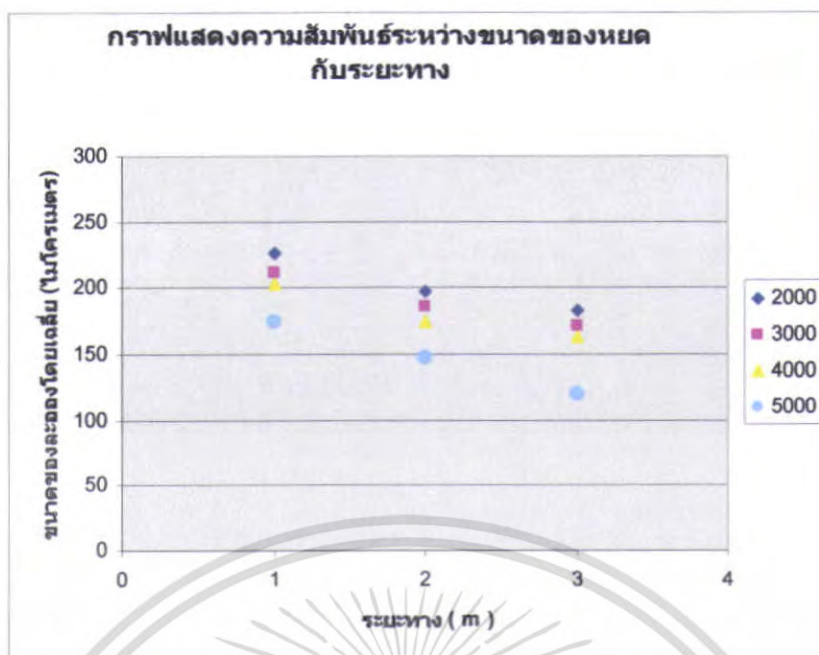


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 545 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่

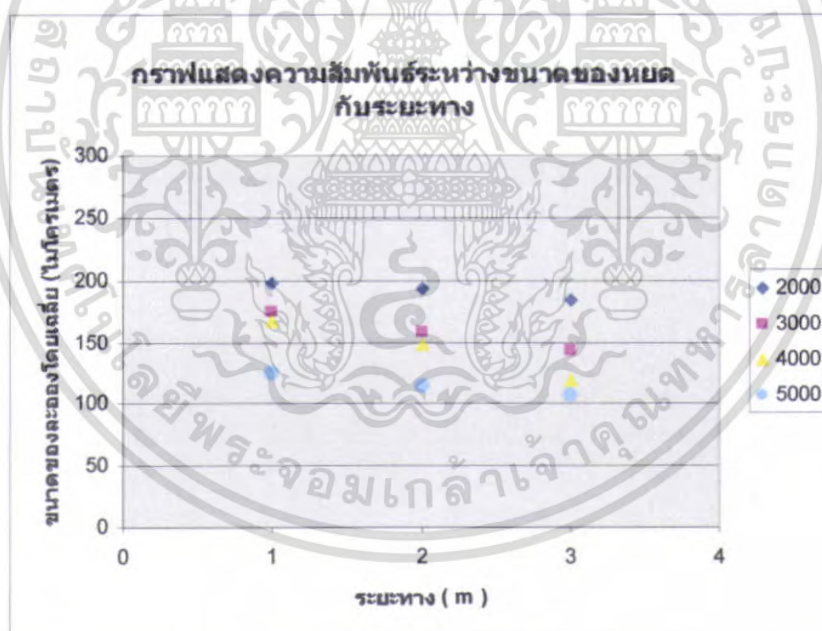


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 545 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

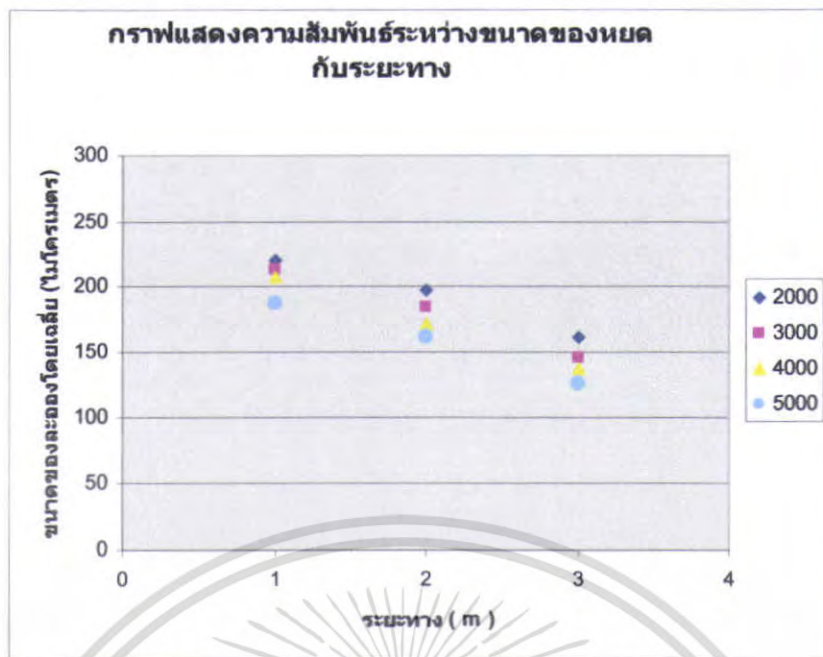


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 286 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s ดังที่

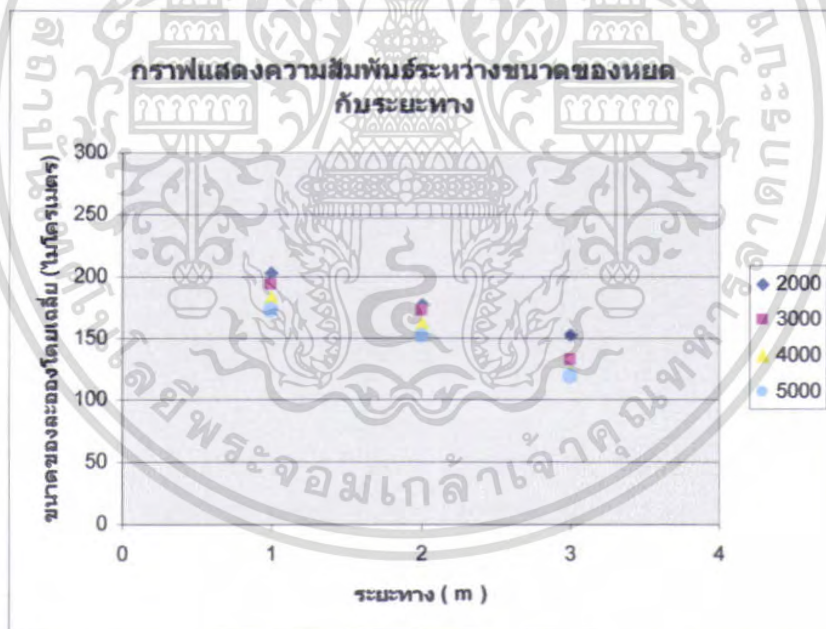


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 286 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s ดังที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

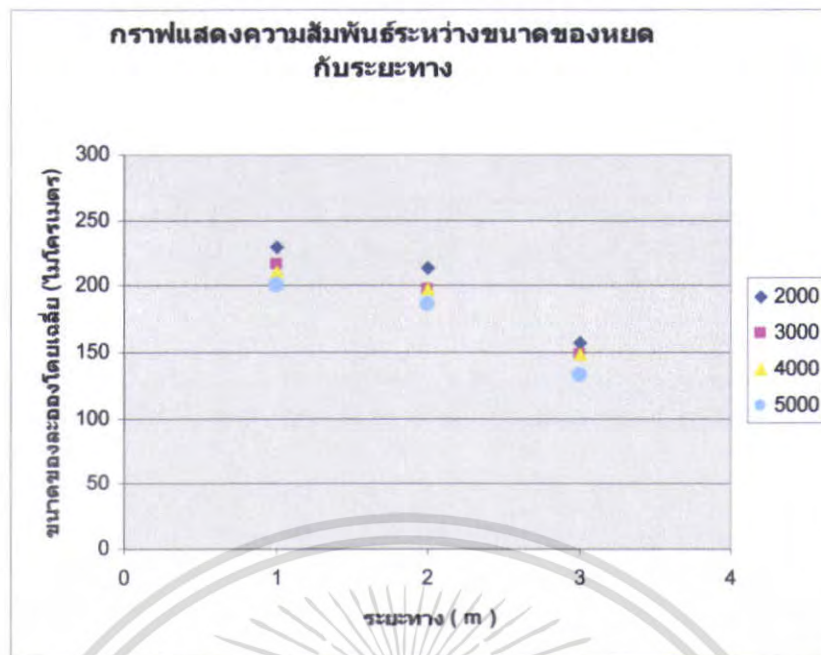


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 371 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่



กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 371 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

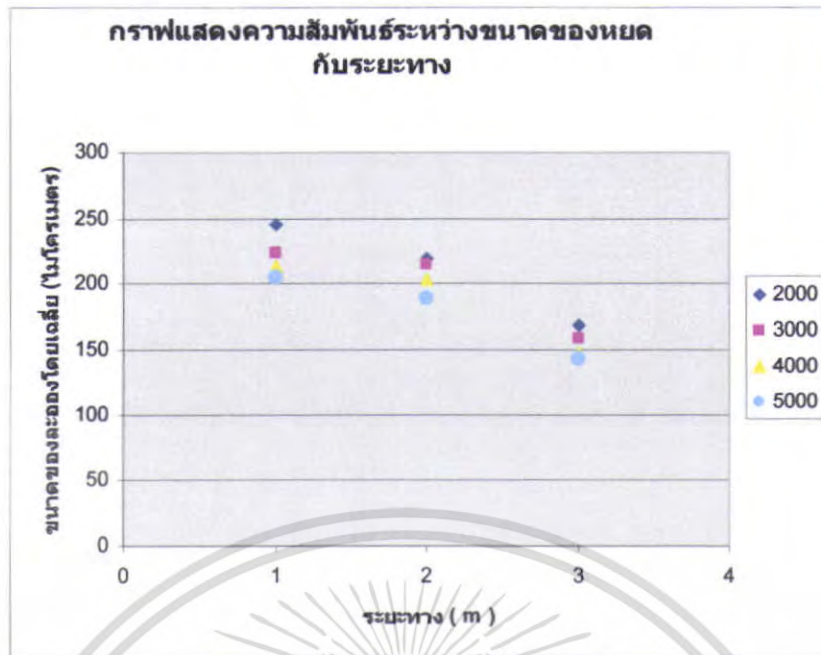


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 468 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่

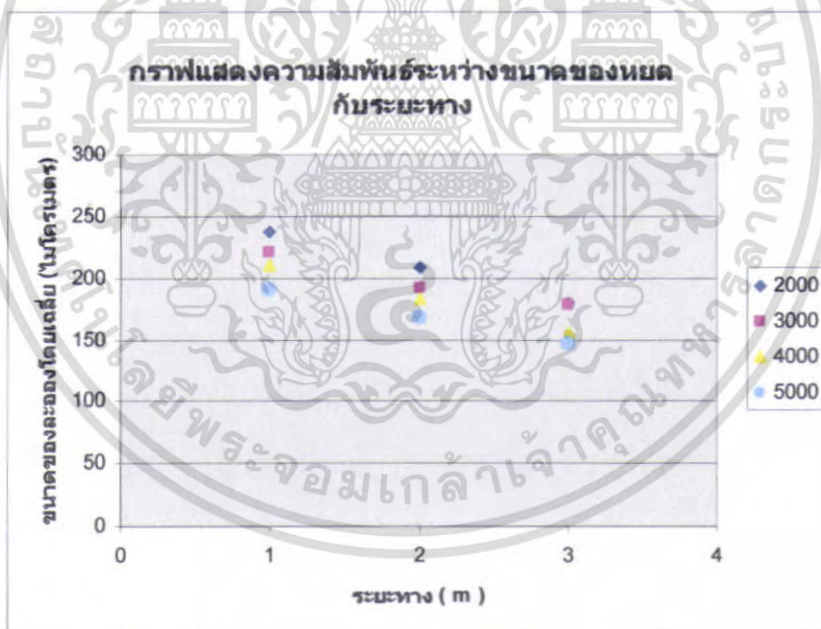


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 468 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

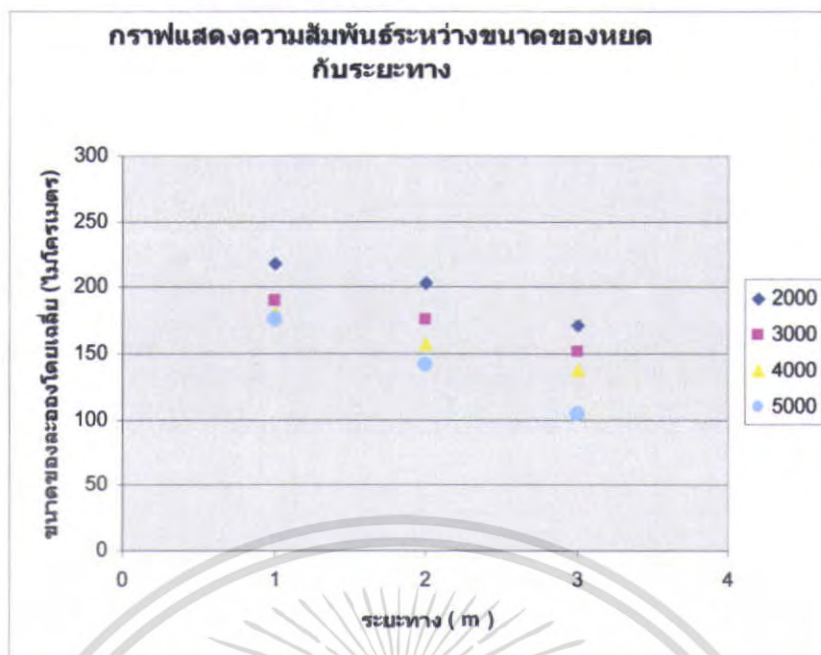


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 545 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s กงที่

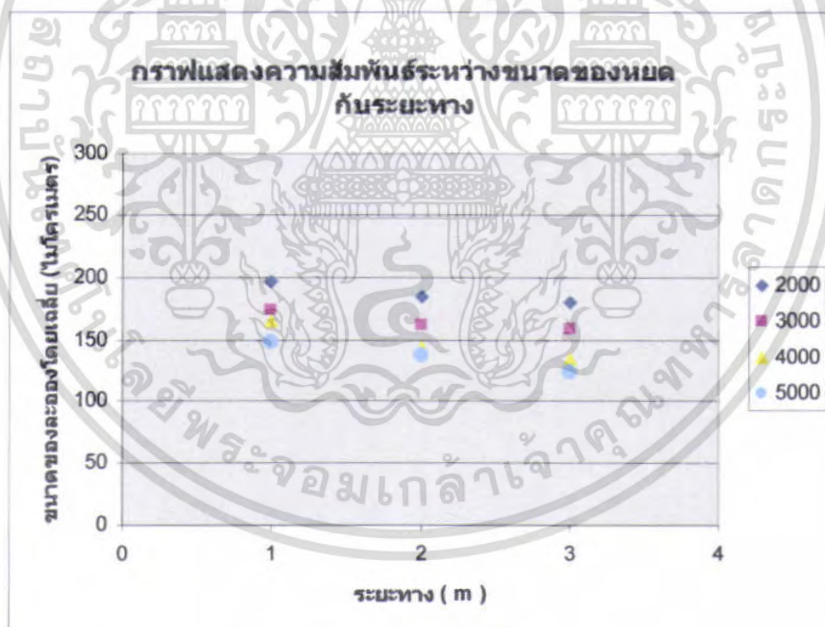


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 545 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s กงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

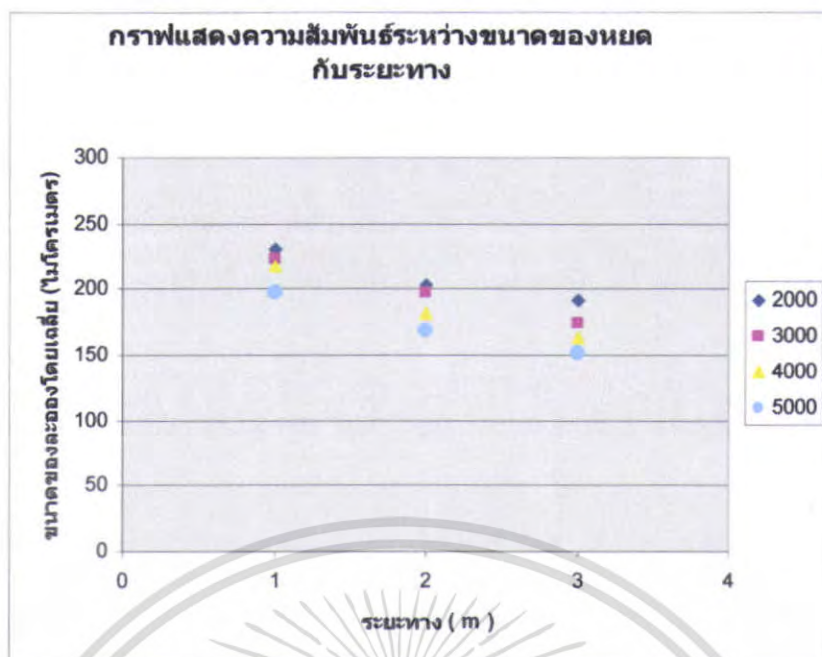


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 286 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่



กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 286 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

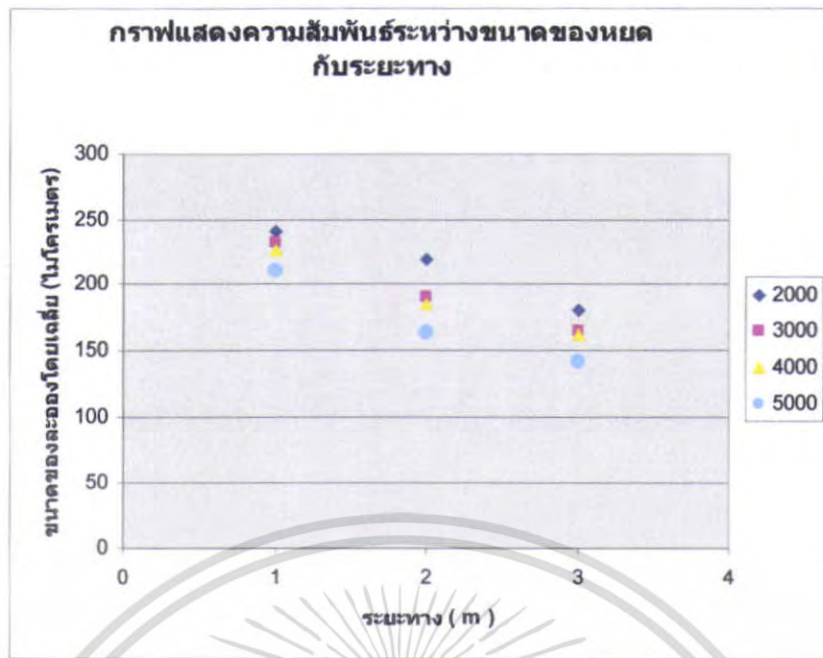


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 371 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่

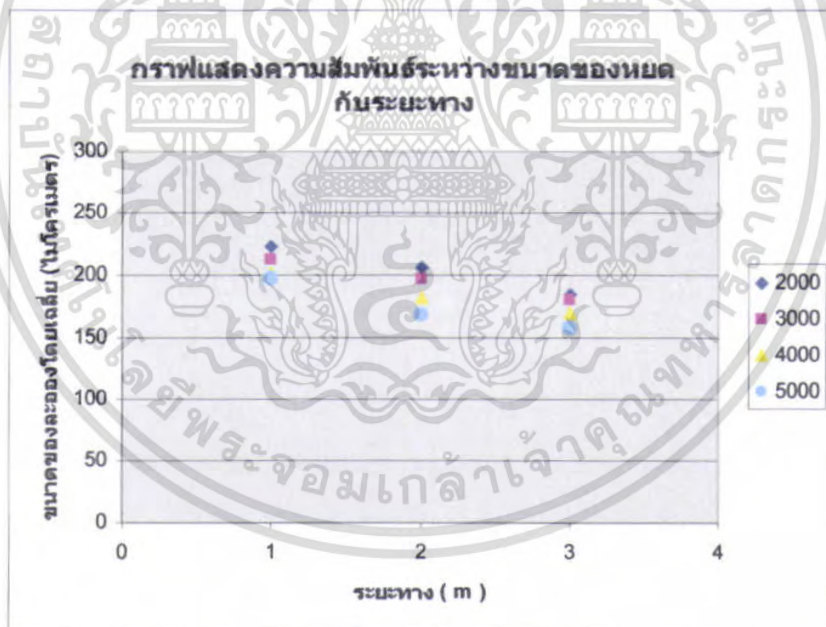


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 371 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

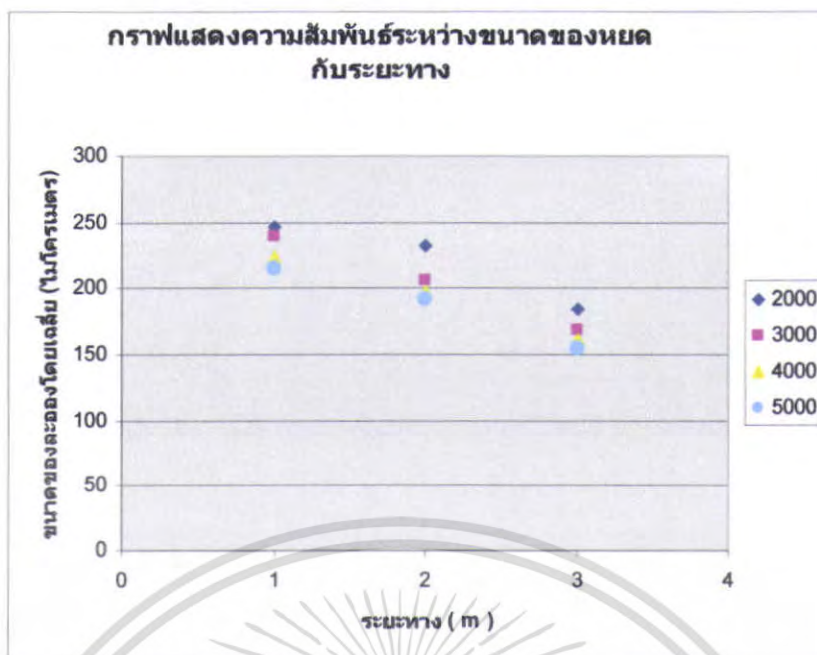


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 468 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่



กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 468 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

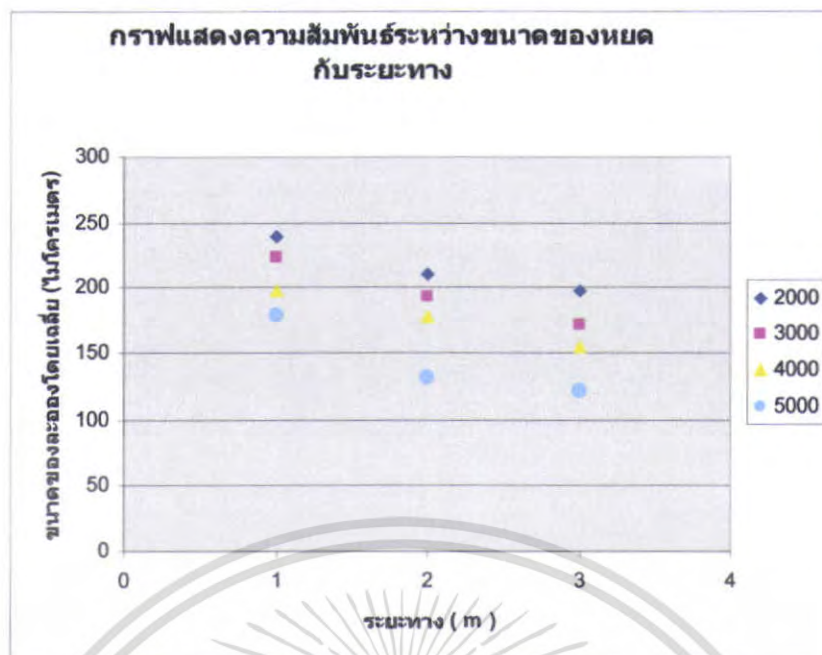


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 545 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่

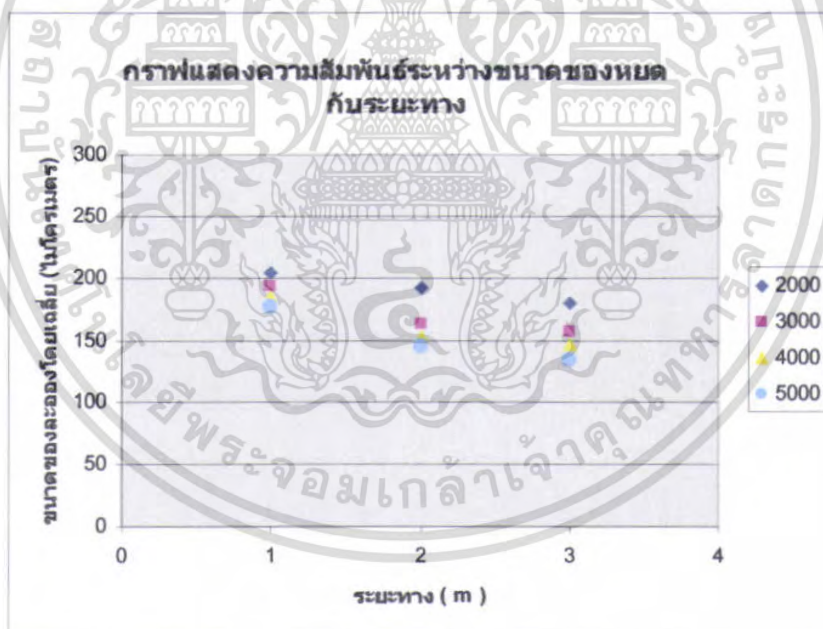


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 545 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

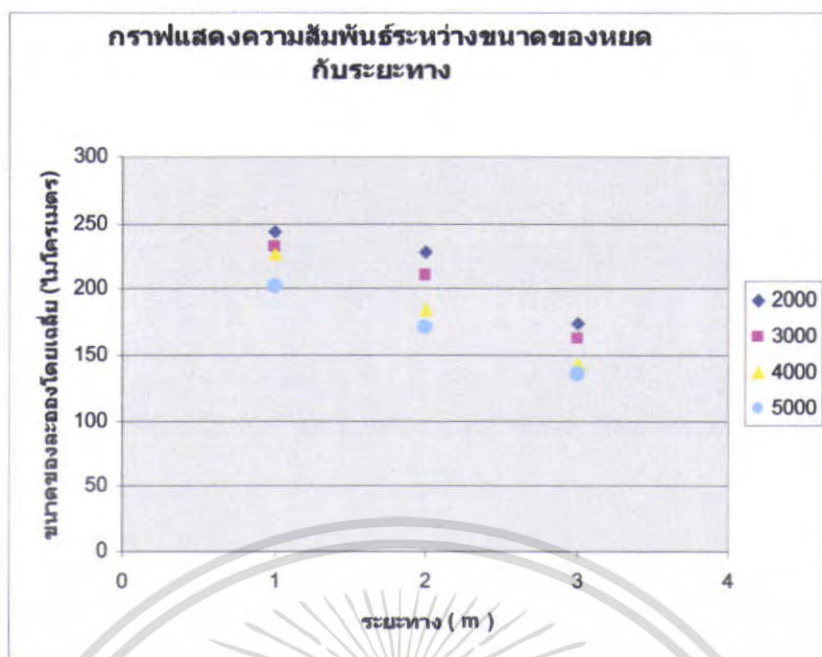


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 286 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่



กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 286 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

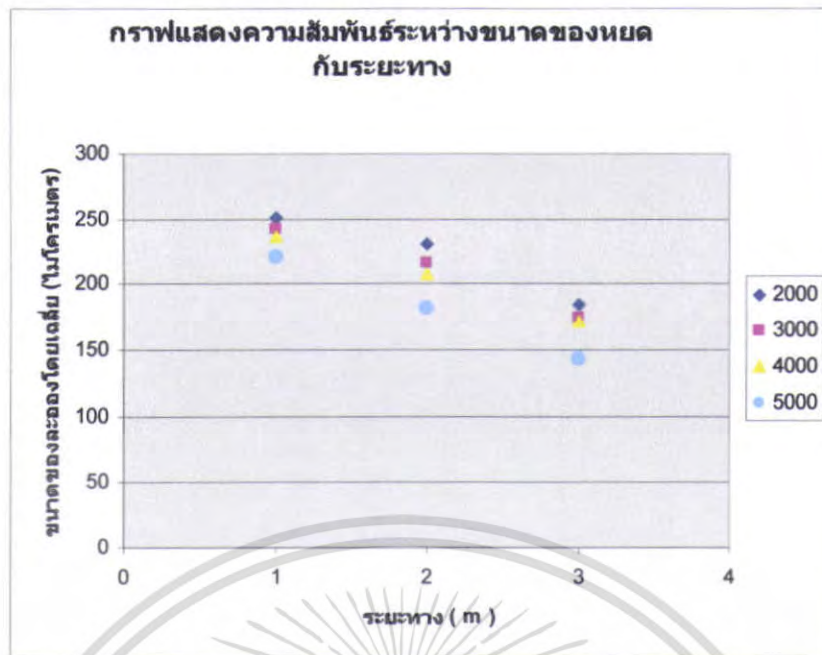


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 371 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่



กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 371 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

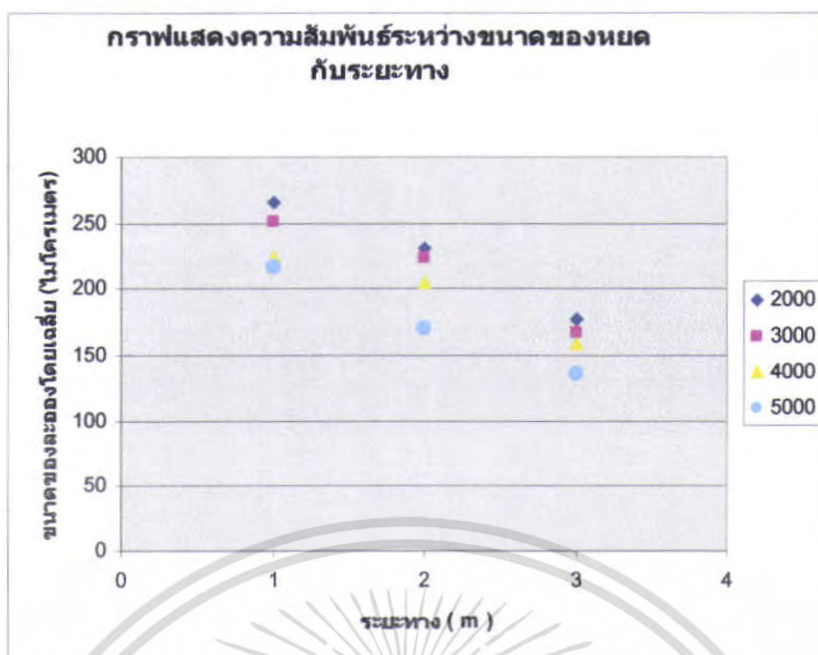


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 468 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่

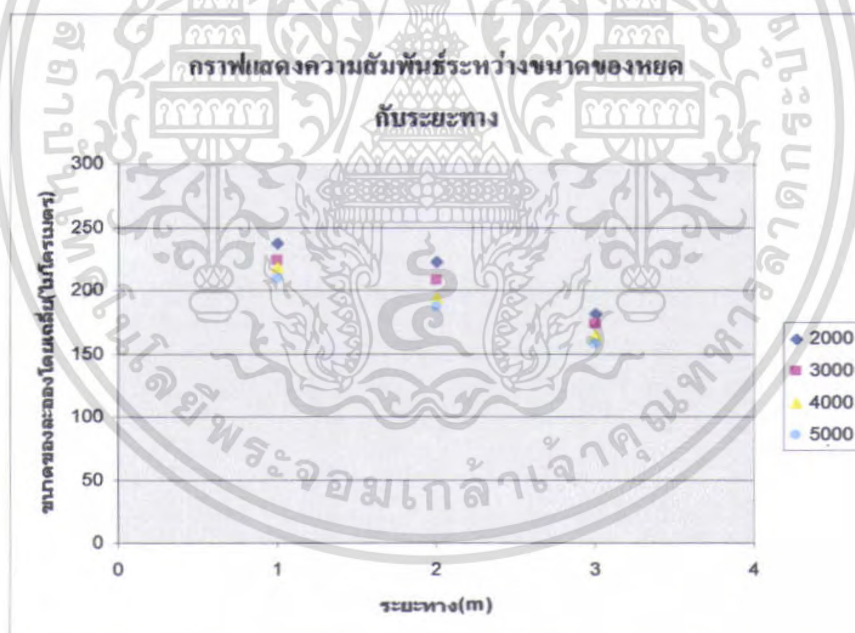


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 468 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

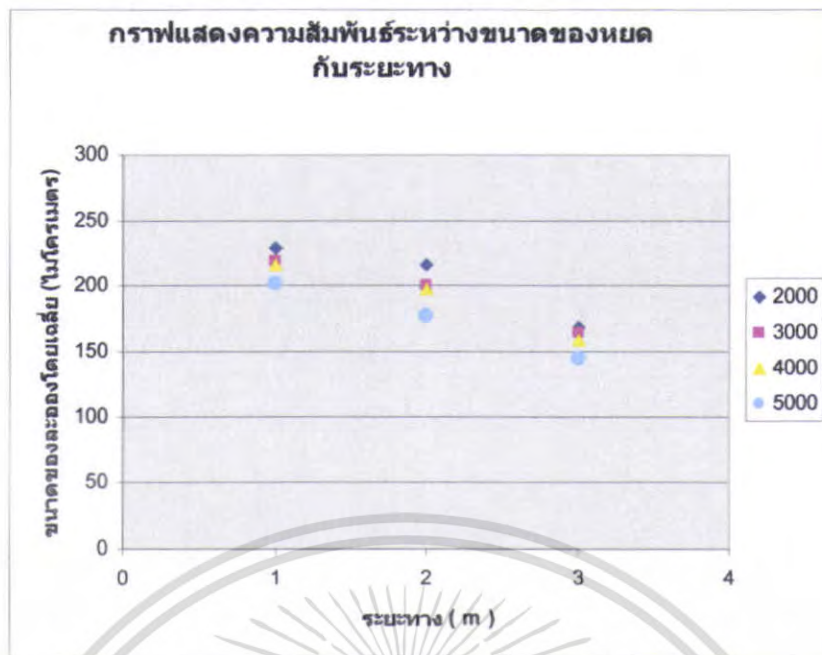


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 545 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่



กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 545 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

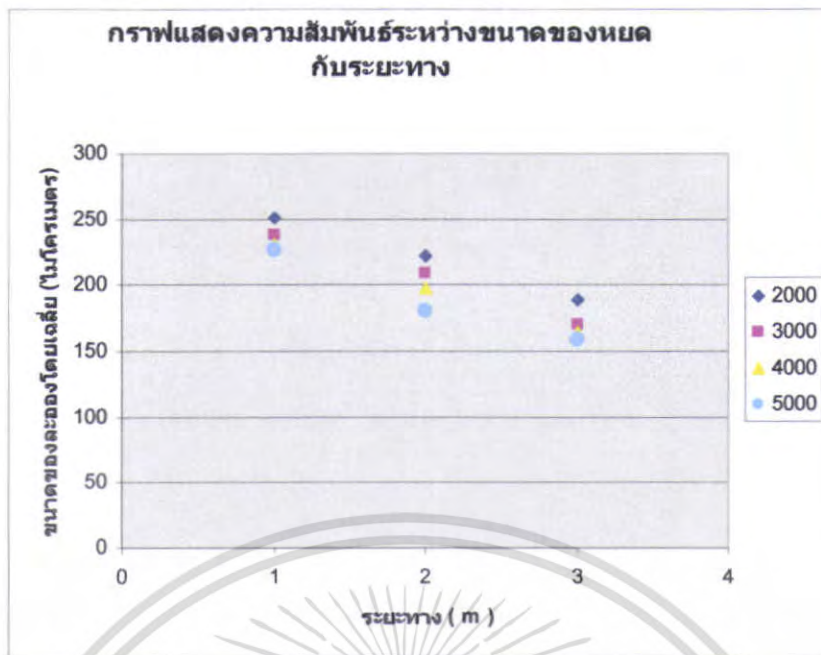


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 286 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่



กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 286 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

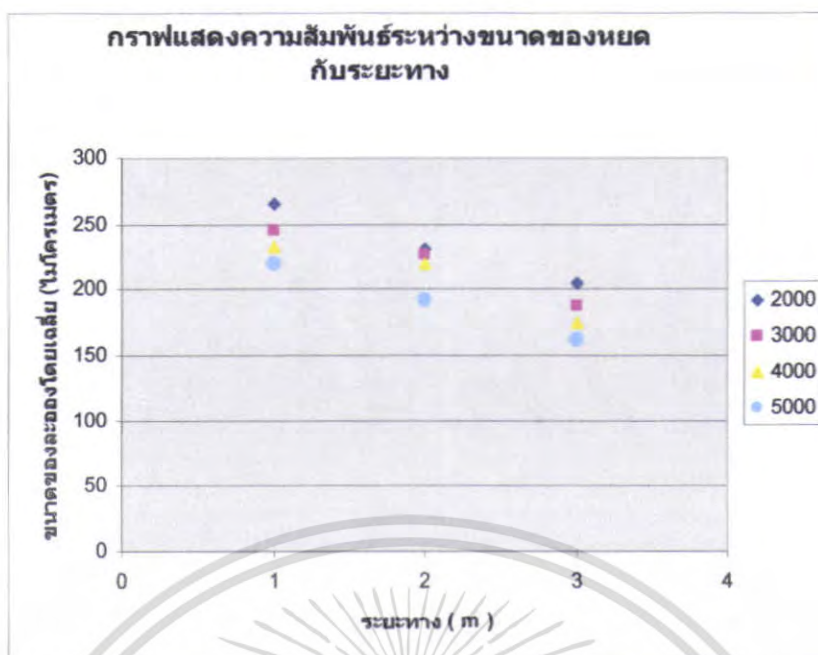


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 371 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s ดังที่

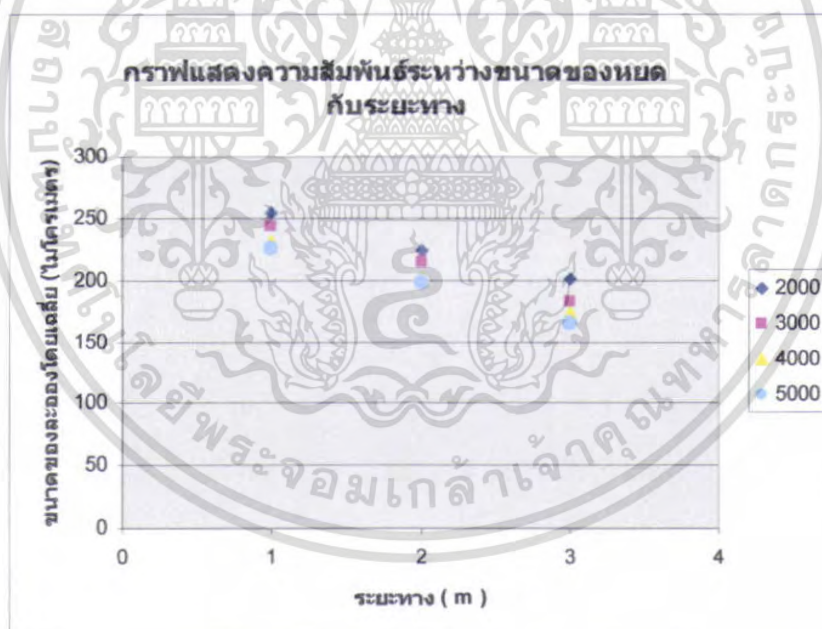


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 371 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s ดังที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

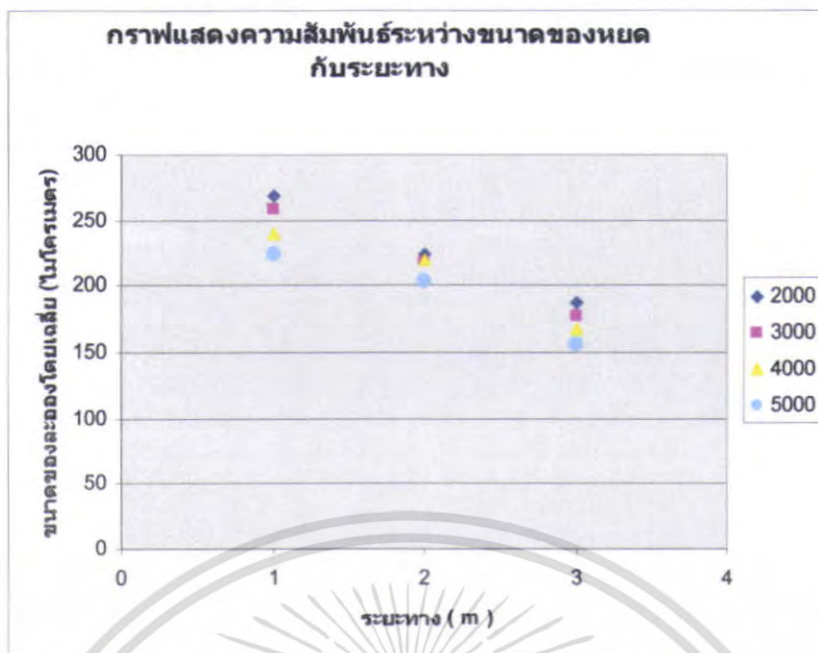


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 468 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่

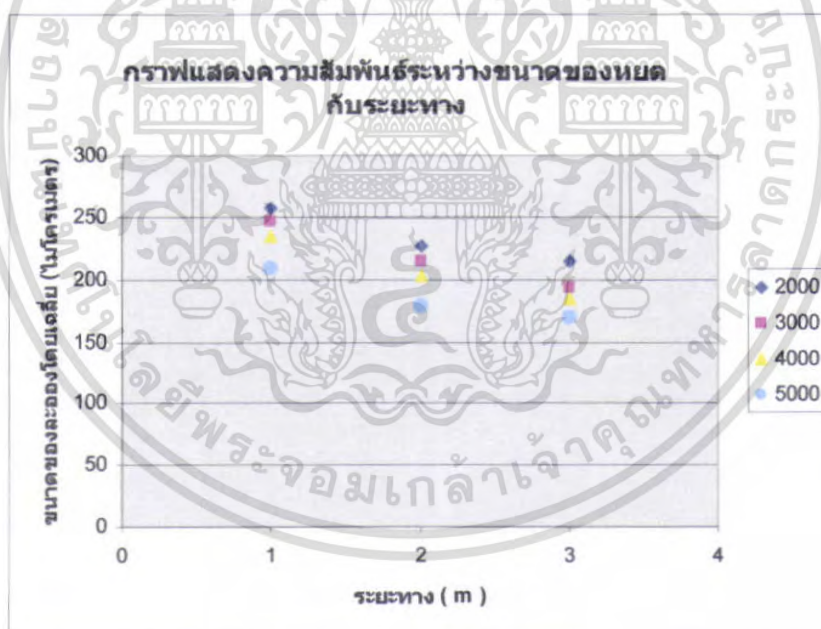


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 468 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

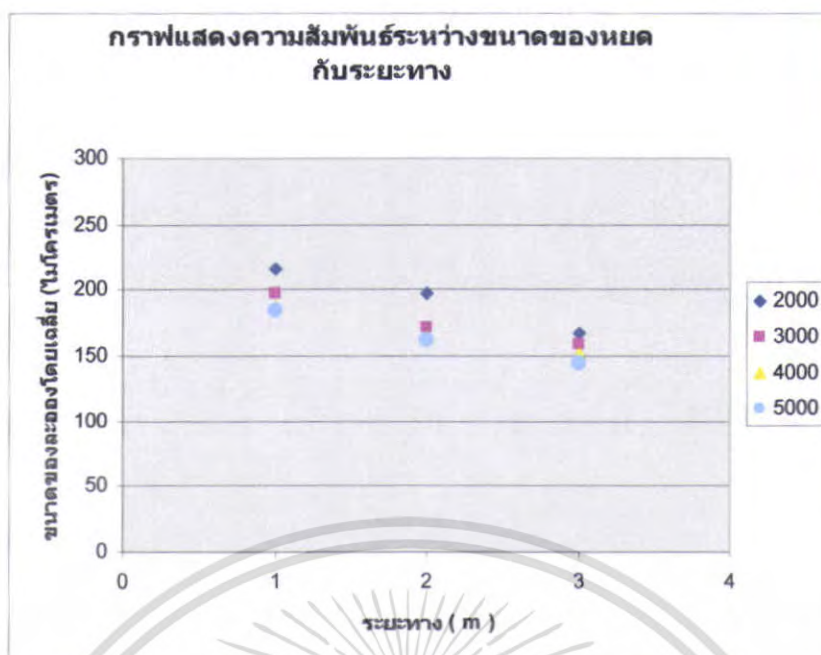


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 545 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่

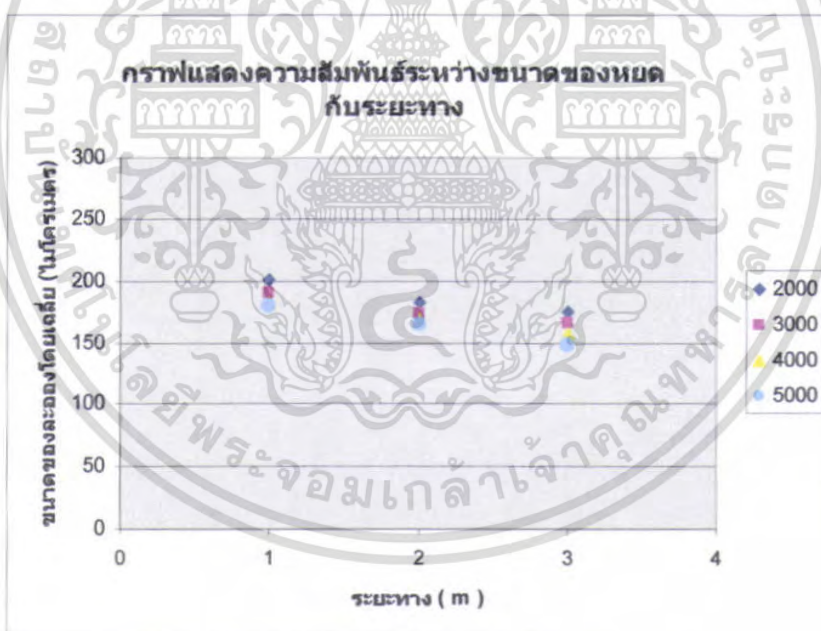


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 545 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

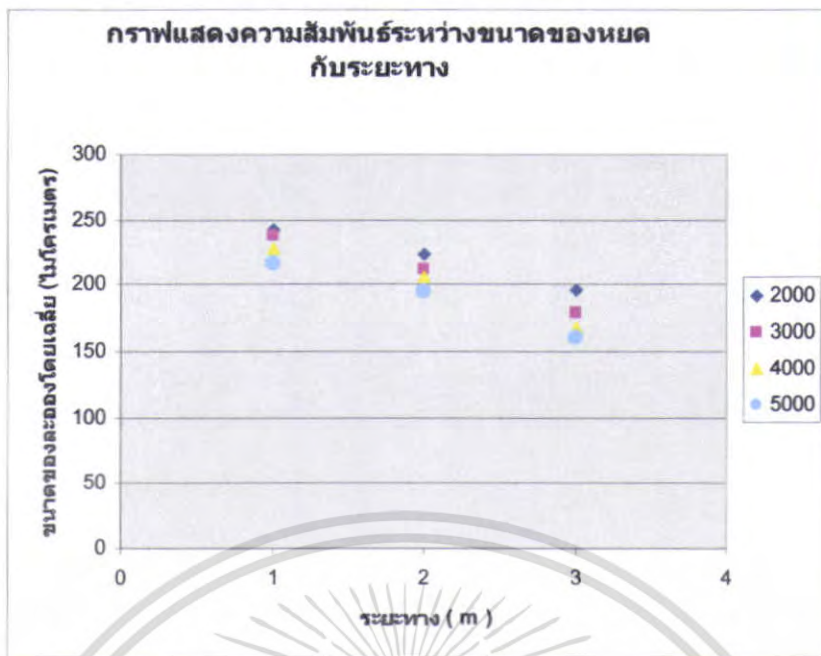


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 286 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s ดังที่

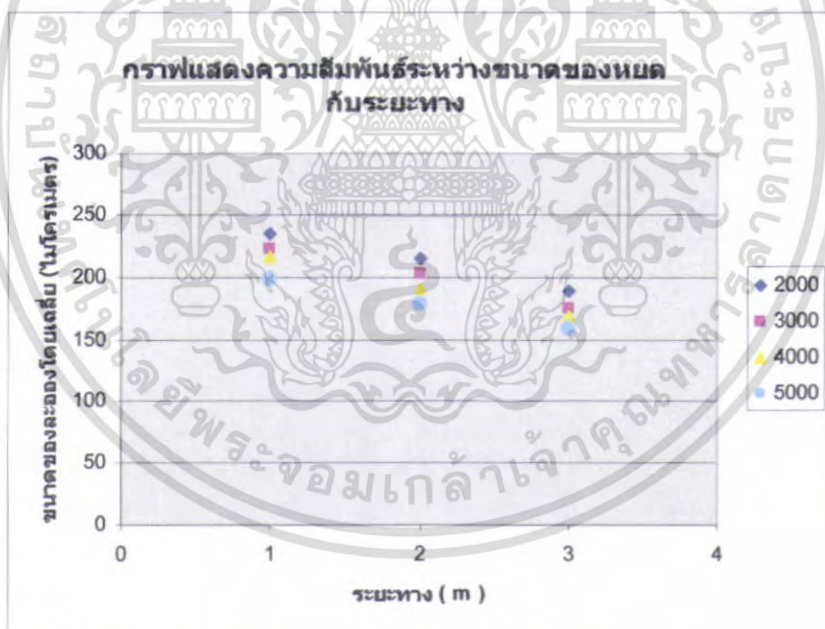


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 286 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s ดังที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

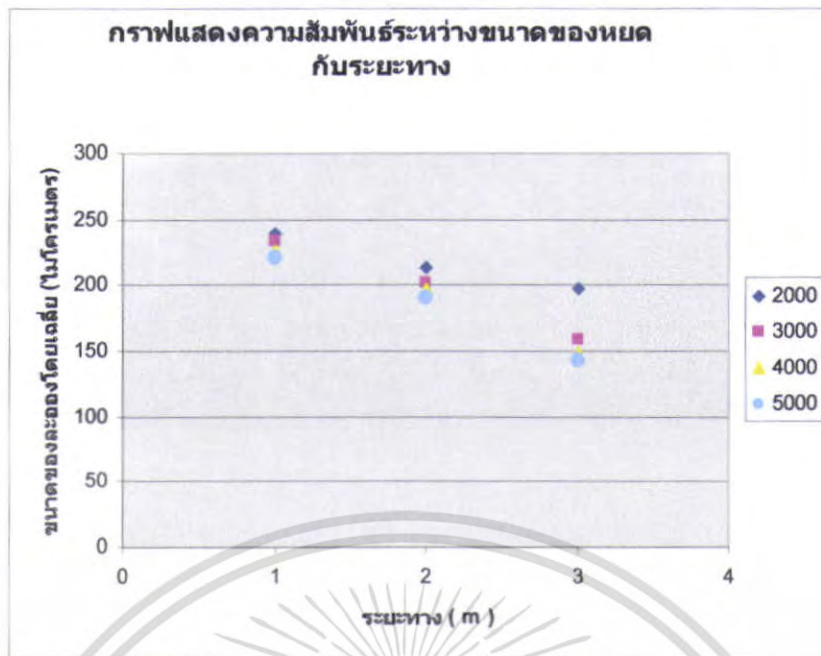


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 371 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่



กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 371 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

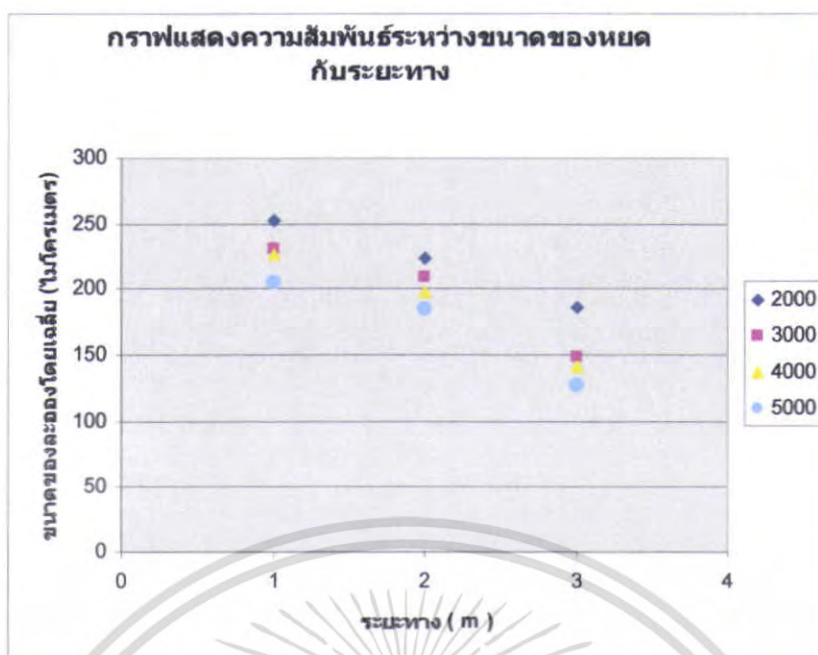


กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 468 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s คงที่



กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 468 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



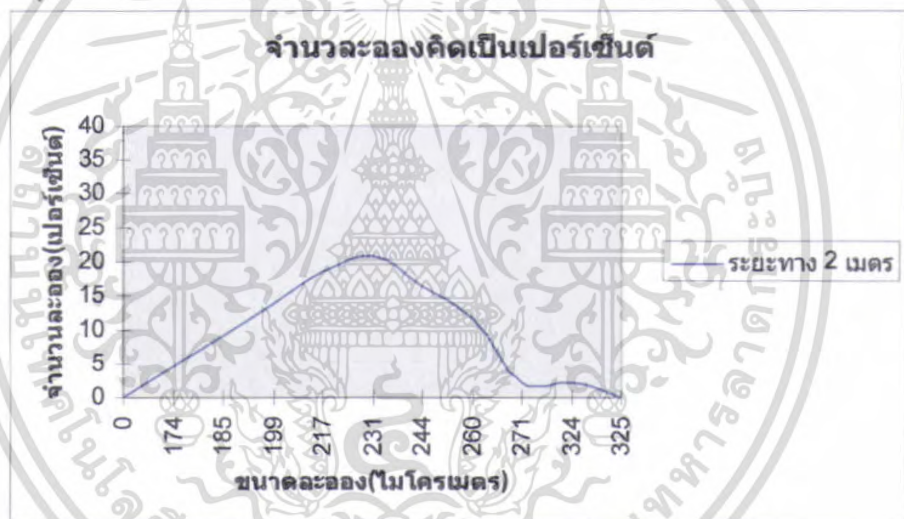
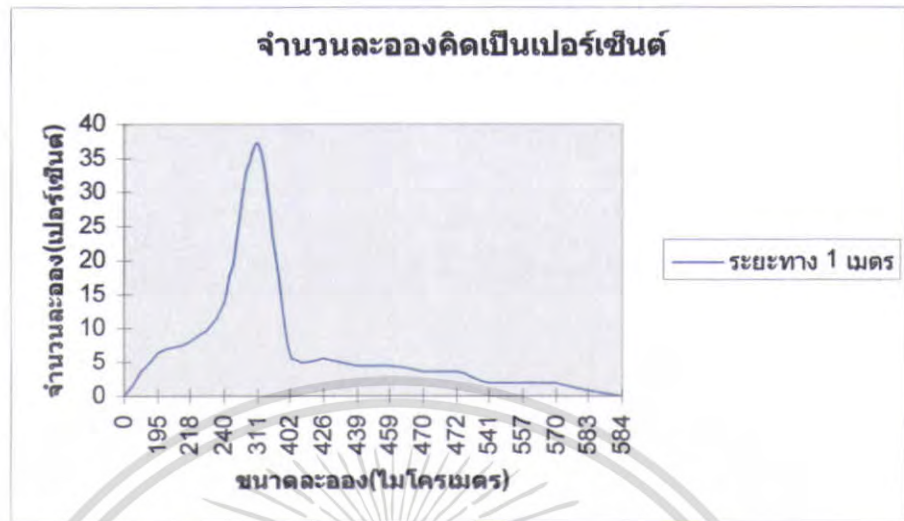
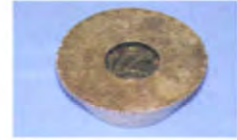
กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 545 ml/min และความเร็วลม 2.72 m/s กงที่



กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล 545 ml/min และความเร็วลม 3.42 m/s กงที่

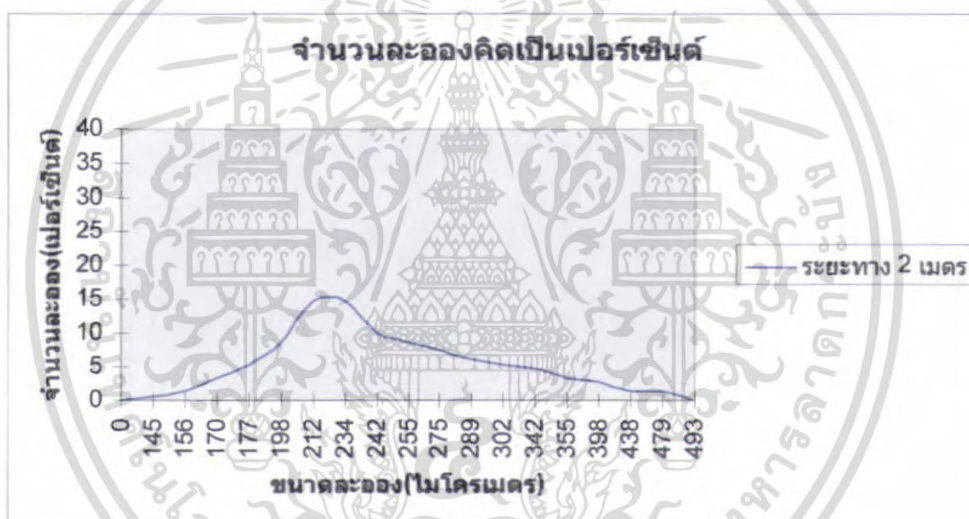
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กราฟแสดงข้อมูลสถิติของโบสถ์ที่ 1



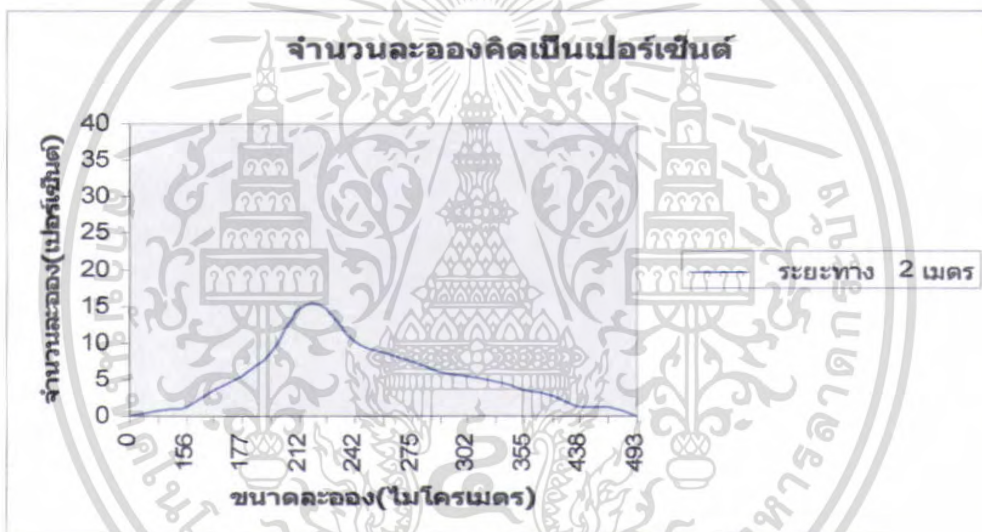
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กราฟแสดงข้อมูลสถิติของใบพัดที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

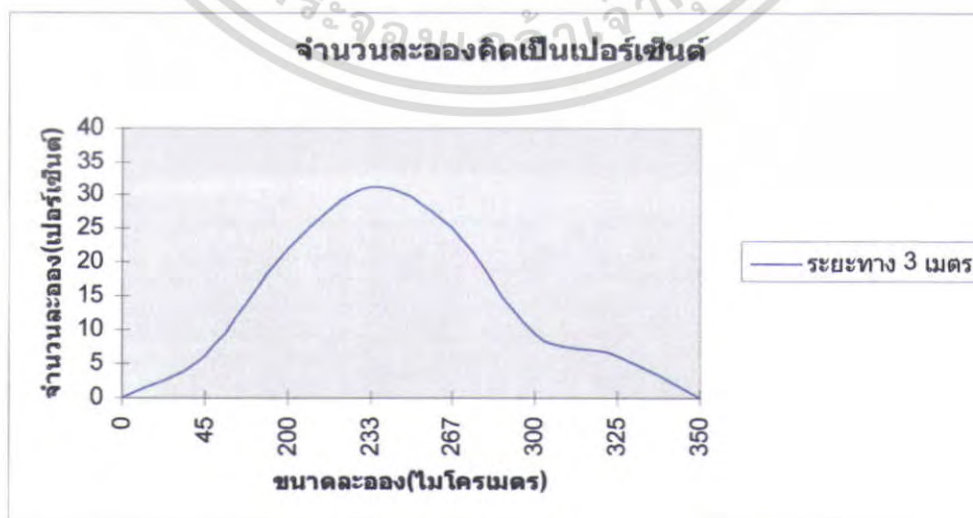
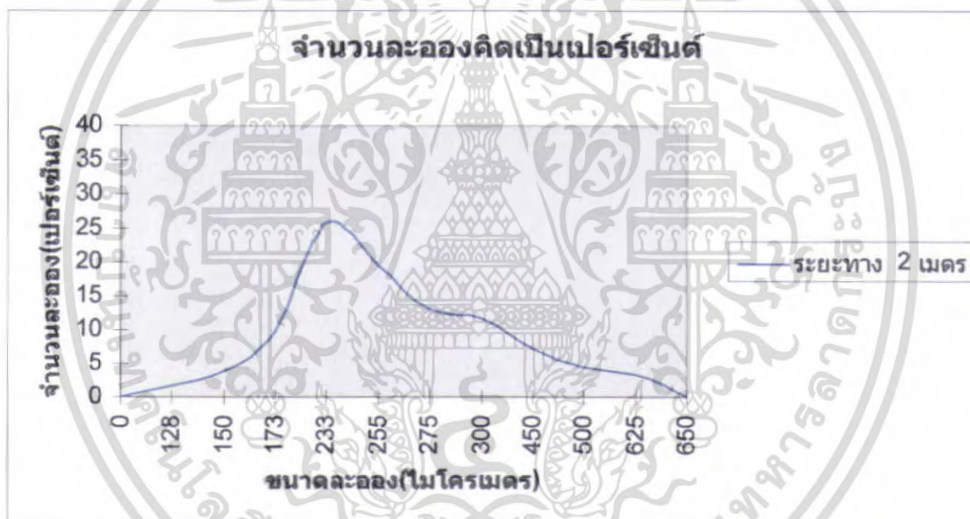
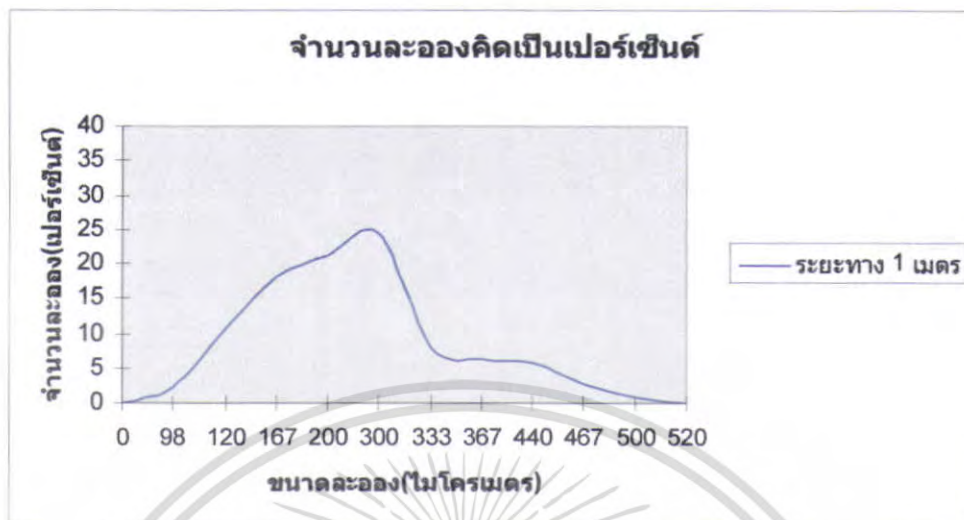
กราฟแสดงข้อมูลสถิติของใบพัดที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟแสดงข้อมูลสถิติของใบพัดที่ 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

#### สรุปผลการทดลอง

จากการที่ได้ทำการทดลองของใบพัดลักษณะต่าง ๆ เราจะเห็นว่าตัวแปรที่มีผลต่อขนาดของ ล้อ คือ ความเร็วรอบ ความเร็วลมที่วิ่งปะทะ และลักษณะของใบพัด แล้วนำค่าที่ได้มาทำการเขียนกราฟเรา จะเห็นว่า การเพิ่มความเร็วยรอบของมอเตอร์เป็น 2000, 3000, 4000 และ 5000 รอบ เราจะพบว่าในการ เพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้ขนาดของล้อลดลงตามลำดับและจากการสังเกต การทดลองเราจะพบว่าเมื่อเราทำการหมุนใบพัดที่ความเร็วรอบที่ 2000 และ 3000 รอบ ยังมีปริมาณของ ล้อออกมาไม่มากนักแต่เมื่อเราเพิ่มความเร็วยรอบของมอเตอร์ให้สูงขึ้นจะพบว่าปริมาณของล้อออกมาที่ ออกมามากขึ้นด้วย และเมื่อเราทำการเพิ่มความเร็วยรอบของพัดลมให้สูงขึ้น จะพบว่าขนาดของล้อออกมา จะมีขนาดเล็กลงเหมือนกันและทำให้มีปริมาณของล้อที่กระจายเพิ่มมากขึ้นและยังทำให้ล้อออกมา สามารถไปไกลขึ้น และจากผลการทดลองของใบพัดทรงกรวยและทรงกระบอกเราจะเห็นว่าขนาดของ ล้อจะมีความแตกต่างกัน ไม่มาก แต่ที่เราเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนก็คือ ใบพัดแบบทรงกรวยและ ทรงกระบอกเมื่อเรานำแผ่นพรุณเจาะรูติดบริเวณขอบบนสุดของใบพัดเราจะเห็นว่าในการติดแผ่นพรุณ เข้าไปจะช่วยให้มีปริมาณการเกิดล้อมากที่สุดของทั้งสองแบบ อาจจะเป็นเพราะว่าเมื่อเราติดแผ่น พรุณเข้าไปจะทำให้ น้ำที่ถูกเหวี่ยงขึ้นมาและน้ำจะถูกเหวี่ยงออกไปเฉพาะตรงรูของแผ่นพรุณเท่านั้น

และจากผลการทดลองเราจะเห็นว่าใบพัดแบบที่ 1 จะมีปริมาณการเกิดล้อสูงสุดของทุก อัตราการไหล เพราะใบพัดแบบที่ 1 จะมีลักษณะที่มีเหล็กแผ่นเจาะรูปิดไว้ข้างบนของใบทำให้ล้อ ออกมาสามารถออกได้เฉพาะที่เป็นรูดังนั้นเมื่อเราทำการป้อนน้ำเข้าไปในใบพัดจะทำให้ น้ำถูกเหวี่ยงอยู่ใน ใบพัดตลอดเวลาจึงทำให้ น้ำที่เราปล่อยเข้าไปถูกใช้ไปในปริมาณที่สูง ยกตัวอย่างการนำไปใช้งานเช่น จากกราฟแสดงให้เห็นว่าถ้าเราจะนำไปใช้งาน เราก็จะเลือกใช้งานที่อัตราการไหล 371.1 มิลลิเมตรต่อ นาทิและที่ 3000 รอบ ดูจากกราฟเราจะเห็นว่าถ้าเราเพิ่มความเร็วยรอบให้สูงขึ้นไปอีกเราจะเห็นว่า ปริมาณการเกิดล้อมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นเราจึงเลือกที่ 3000 รอบ ก็พอ ซึ่งก็จะทำให้มอเตอร์ไม่ต้อง ทำงานหนักและรอบสูงเกินไปและก็เป็นการประหยัดอีกด้วย ทั้งนี้ทั้งนั้นในการเลือกก็จะขึ้นอยู่กับ ขนาดของล้อที่เราต้องการด้วย และจากกราฟแสดงขนาดของล้อกับความเร็วยรอบ ก็จะบ่งบอก ว่า เช่นถ้าขนาดล้อที่ 3000, 4000 และ 5000 รอบ มีขนาดของล้อใกล้เคียงกันเราก็ควรที่จะ เลือกใช้ที่ 3000 รอบ เหมือนกันเพื่อเป็นการประหยัดและเพื่อความปลอดภัย

จากกราฟข้อมูลสถิติในหน้า 53 และตารางจากภาคผนวก ฉ.1 ใบที่ 1 จำนวนละอองน้ำที่ระยะ 1 เมตรมีจำนวนละอองน้ำสูงสุดคือ 37.27 % จากขนาดละอองที่ 310.8 ไมโครเมตร ระยะที่ 2 เมตรจะมีจำนวนละอองน้ำสูงสุด 20.93 % จากขนาดละอองที่ 231 ไมโครเมตร และที่ระยะ 3 เมตร จะมีจำนวนละอองน้ำสูงสุดคือ 18.33% จากขนาดละอองที่ 255 ไมโครเมตร กล่าวได้ว่าในใบที่ 1 นี้ระยะทางที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ขนาดละอองและจำนวนที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์มีค่าน้อยลง

เมื่อ  $L3 > L2 > L1$  แล้วจะได้  $D3 < D2 < D1$  และ  $n3\% < n2\% < n1\%$

จากกราฟข้อมูลสถิติในหน้า 54 และตารางจากภาคผนวก ฉ.2 ใบที่ 2 จำนวนละอองน้ำที่ระยะ 1 เมตรมีจำนวนละอองน้ำสูงสุดคือ 19.37 % จากขนาดละอองที่ 233.3 ไมโครเมตร ระยะที่ 2 เมตรจะมีจำนวนละอองน้ำสูงสุด 14.76 % จากขนาดละอองที่ 212-233.5 ไมโครเมตร และที่ระยะ 3 เมตร จะมีจำนวนละอองน้ำสูงสุดคือ 14.58% จากขนาดละอองที่ 208.9-236.1 ไมโครเมตร กล่าวได้ว่าในใบที่ 2 นี้ระยะทางที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ขนาดละอองและจำนวนที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์มีค่าน้อยลง

เมื่อ  $L3 > L2 > L1$  แล้วจะได้  $D3 < D2 < D1$  และ  $n3\% < n2\% < n1\%$

จากกราฟข้อมูลสถิติในหน้า 55 และตารางจากภาคผนวก ฉ.3 ใบที่ 3 จำนวนละอองน้ำที่ระยะ 1 เมตรมีจำนวนละอองน้ำสูงสุดคือ 11.76 % จากขนาดละอองที่ 222.74-279.36 ไมโครเมตร ระยะที่ 2 เมตรจะมีจำนวนละอองน้ำสูงสุด 11.82 % จากขนาดละอองที่ 227.59-228.9 ไมโครเมตร และที่ระยะ 3 เมตร จะมีจำนวนละอองน้ำสูงสุดคือ 23.8% จากขนาดละอองที่ 184.2 ไมโครเมตร กล่าวได้ว่าในใบที่ 3 นี้ระยะทางที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ขนาดละอองและจำนวนที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์มีค่าน้อยลง

เมื่อ  $L3 > L2 > L1$  แล้วจะได้  $D3 < D2 < D1$  และ  $n3\% > n2\% > n1\%$

จากกราฟข้อมูลสถิติในหน้า 56 และตารางจากภาคผนวก ฉ.4 ใบที่ 4 จำนวนละอองน้ำที่ระยะ 1 เมตรมีจำนวนละอองน้ำสูงสุดคือ 24.33 % จากขนาดละอองที่ 300 ไมโครเมตร ระยะที่ 2 เมตรจะมีจำนวนละอองน้ำสูงสุด 25.88 % จากขนาดละอองที่ 233 ไมโครเมตร และที่ระยะ 3 เมตร จะมีจำนวนละอองน้ำสูงสุดคือ 31.25% จากขนาดละอองที่ 233 ไมโครเมตร กล่าวได้ว่าในใบที่ 4 นี้ระยะทางที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ขนาดละอองและจำนวนที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์มีค่าน้อยลง

เมื่อ  $L3 > L2 > L1$  แล้วจะได้  $D3 < D2 < D1$  และ  $n3\% > n2\% > n1\%$

จากกราฟทุกกราฟเราจะเห็นว่าขนาดของละอองจะมีขนาดที่เล็กลงเมื่อระยะทางมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการสูญเสียความชื้นในเม็ดละอองให้กับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าน้อยก็จะยิ่งทำให้การระเหยตัวจากเม็ด ใอน้ำมีค่ามากกว่าในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง เมื่อละอองมีการเคลื่อนที่เป็นระยะเวลาช่วงหนึ่งขึ้นอยู่กับระยะทางและความเร็วในการเคลื่อนที่ ทำให้เกิดการระเหยตัวของละออง ดังนั้นเมื่อละอองเกิดการระเหยตัวหรือเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างเม็ดละอองกับอากาศจึงทำให้มีขนาดของละอองมีค่าเล็กลงตามลำดับ ซึ่งขนาดของละอองที่เล็กลงจะแปรผันตามระยะทางนั่นเอง



## บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] กัญจนา บุญเกียรติ, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 1, จำนวน 2000 เล่ม, พ.ศ. 2544.
- [2] บริษัท มาสเตอร์กู๊ด อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด, เลขที่ 2 ถนนเทศบาลรังสรรค์เหนือ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

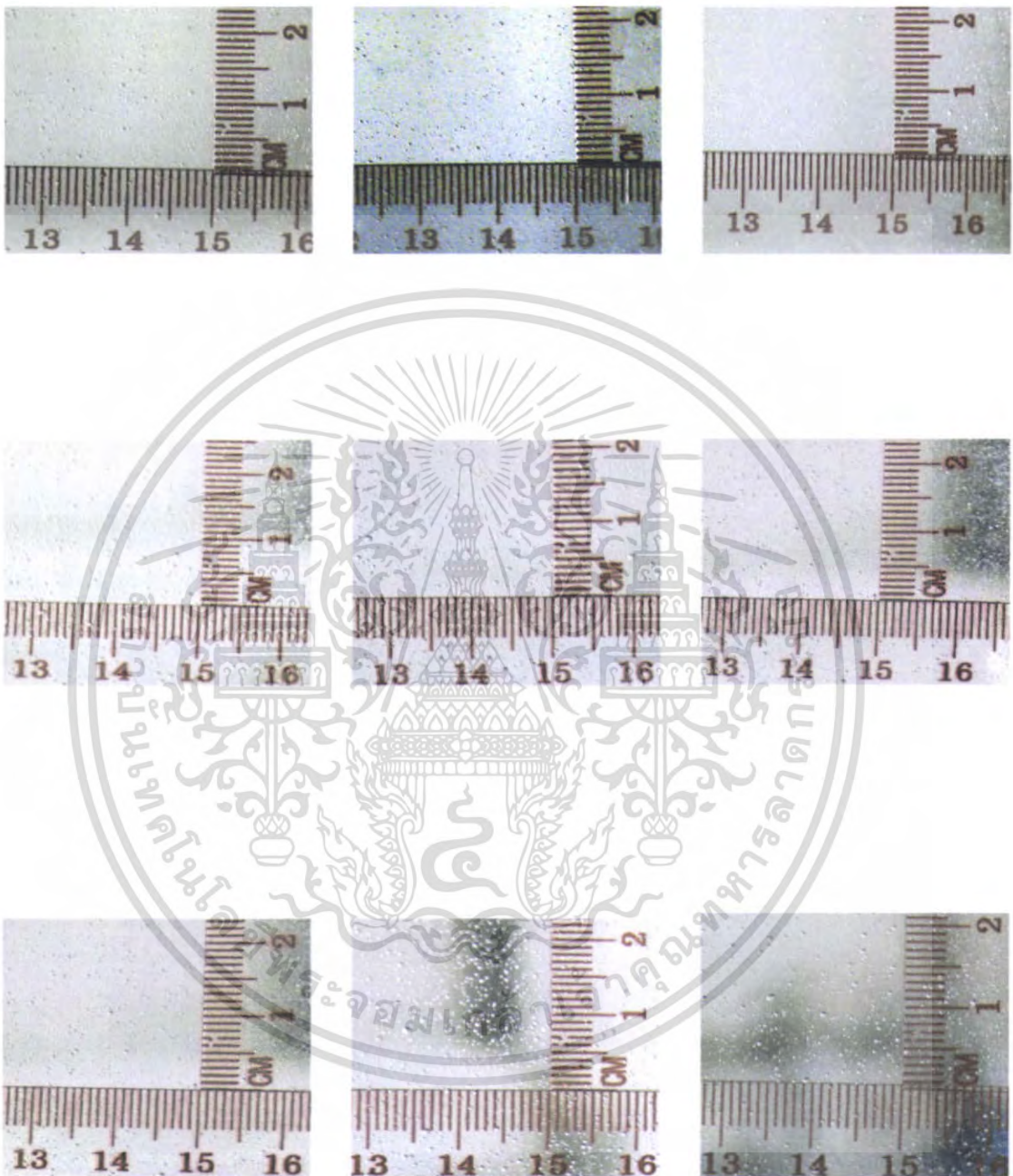


**ภาคผนวก**  
**แสดงภาพถ่ายของละออง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

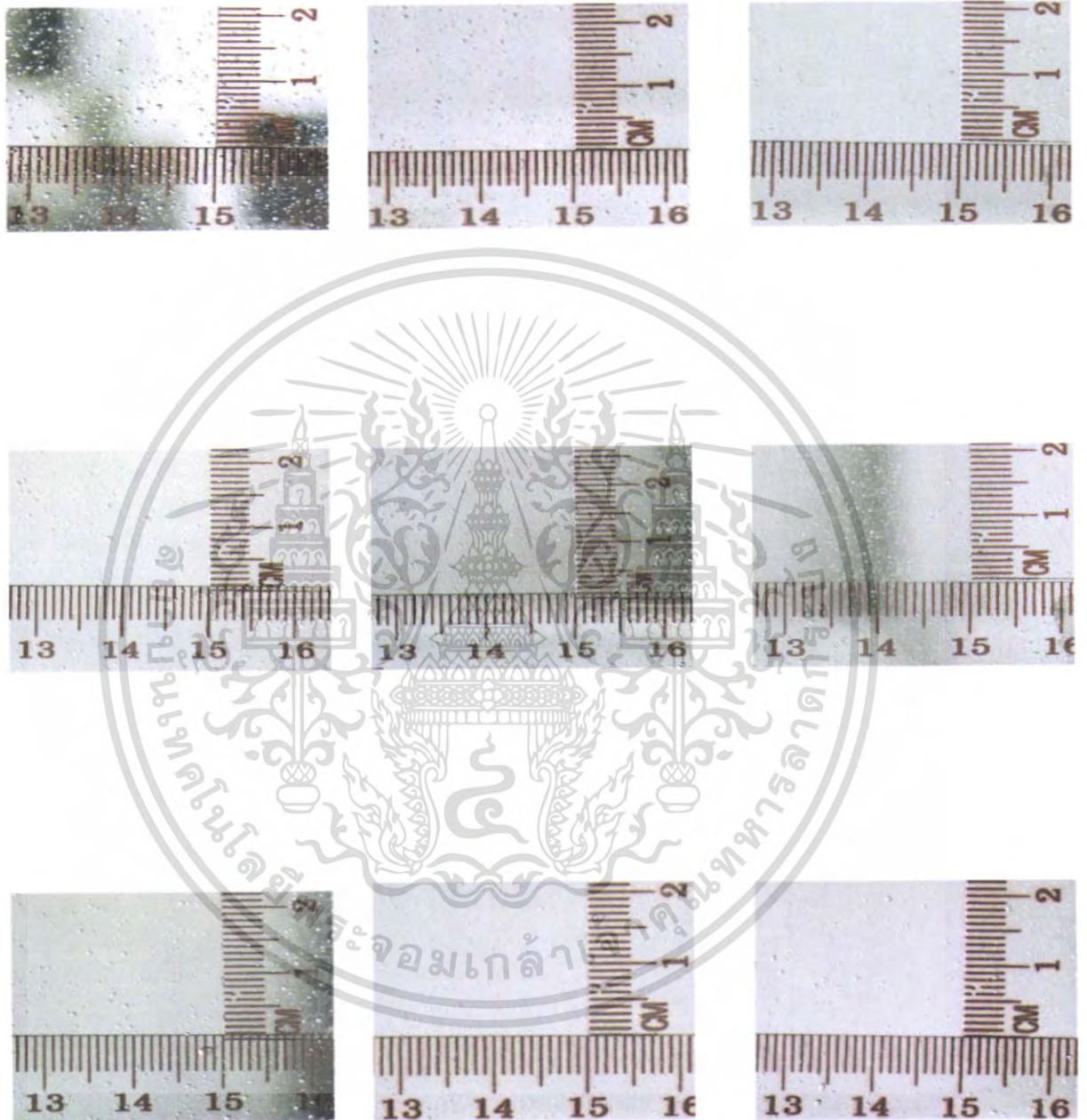
แสดงภาพถ่ายละอองบางส่วน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก ต่อ

แสดงภาพถ่ายละอองบางส่วน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. แสดงผลการทดลอง

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 27.5 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 24.5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 77 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	239	211	197	230	221	214	285.60	131.40	154.20
3000	226	191	183	218	207	185	285.60	86.04	199.62
4000	196	167	131	187	165	143	285.60	65.46	208.14
5000	185	147	113	135	124	112	285.60	51.18	234.48

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 1

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	237	231	219	221	219	207	371.10	134.88	236.22
3000	229	219	207	216	206	196	371.10	95.25	275.82
4000	211	198	186	183	148	176	371.10	88.50	282.60
5000	189	175	162	168	157	144	371.10	87.36	283.74

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 1

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 27 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 78 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	229	197	143	217	194	154	467.40	144.60	322.80
3000	224	192	140	214	189	140	467.40	96.00	371.40
4000	217	185	144	191	163	138	467.40	88.20	379.20
5000	213	174	120	172	152	113	467.40	83.40	384.00

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 1

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 28 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	232	209	169	221	208	162	545.40	189.06	356.34
3000	228	197	172	215	194	157	545.40	120.06	425.34
4000	219	192	186	202	174	147	545.40	96.42	448.98
5000	213	209	176	179	155	131	545.40	95.76	449.64

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 1

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 27.5 ° อุณหภูมิกระเปาะเปียก 24.5 ° ความชื้นสัมพัทธ์ 77 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	226	199	183	198	194	186	285.60	137.40	148.20
3000	212	187	172	175	159	145	285.60	133.40	152.40
4000	205	176	165	118	138	109	285.60	122.80	162.80
5000	175	147	119	125	114	106	285.60	113.40	172.20

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 2

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 ° อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.5 ° ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	220	198	161	203	177	151	371.10	205.02	166.08
3000	214	185	147	194	147	133	371.10	188.12	182.98
4000	208	173	138	182	162	122	371.10	172.46	198.64
5000	187	161	125	172	151	119	371.10	159.50	211.60

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 2

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 29 ° อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.5 ° ความชื้นสัมพัทธ์ 81.5 %

rpm	ขนาดของตะอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดตะออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	228	213	157	214	194	154	467.40	250.50	216.90
3000	216	198	149	211	189	147	467.40	228.36	239.04
4000	210	197	148	201	183	134	467.40	203.72	263.68
5000	201	186	132	193	177	123	467.40	194.78	272.62

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 2

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 ° อุณหภูมิกระเปาะเปียก 28 ° ความชื้นสัมพัทธ์ 85 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	245	219	169	237	208	180	545.40	279.02	266.38
3000	233	215	158	222	193	178	545.40	265.68	279.72
4000	223	204	147	210	182	155	545.40	263.12	282.28
5000	205	189	143	191	167	146	545.40	248.20	297.20

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 2

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 29 ° อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26 ° ความชื้นสัมพัทธ์ 78 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	218	203	172	196	184	180	285.60	157.80	127.80
3000	191	176	153	173	161	158	285.60	144.60	141.00
4000	181	157	147	164	143	134	285.60	141.60	144.00
5000	176	140	104	148	137	123	285.60	130.80	154.80

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 3

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 ° อุณหภูมิกระเปาะเปียก 27 ° ความชื้นสัมพัทธ์ 78 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	231	204	192	226	196	174	371.10	212.64	158.46
3000	224	198	175	219	189	168	371.10	198.00	173.10
4000	218	182	163	195	174	156	371.10	195.30	175.80
5000	197	169	152	177	164	142	371.10	182.50	188.60

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 3

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 ° อุณหภูมิกระเปาะเปียก 28 ° ความชื้นสัมพัทธ์ 85 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	241	219	181	223	205	185	467.40	263.94	203.46
3000	232	191	164	212	196	179	467.40	228.20	239.20
4000	227	184	162	201	181	169	467.40	219.34	248.06
5000	211	163	151	196	187	157	467.40	203.80	263.60

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 3

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 29 ° อุณหภูมิกระเปาะเปียก 27 ° ความชื้นสัมพัทธ์ 85 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	245	232	184	238	223	181	545.40	296.76	248.68
3000	239	206	169	208	198	173	545.40	282.00	263.40
4000	223	197	162	219	194	164	545.40	284.34	261.06
5000	215	192	159	209	187	157	545.40	273.74	271.66

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 3

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 27 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 78 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	239	211	198	204	192	180	285.60	133.20	152.40
3000	224	195	171	194	163	157	285.60	100.20	185.40
4000	197	178	154	185	153	146	285.60	72.60	213.00
5000	179	131	121	176	145	134	285.60	52.08	233.52

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 4

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 27 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 78 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	244	228	175	230	198	176	371.10	179.16	191.94
3000	232	210	163	223	182	153	371.10	138.78	232.32
4000	226	185	143	219	178	147	371.10	98.70	272.40
5000	202	172	136	197	163	148	371.10	87.36	283.74

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 4

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 28.5 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	251	231	184	233	221	189	467.40	198.36	269.04
3000	243	216	175	226	202	187	467.40	143.52	323.88
4000	237	208	172	219	194	176	467.40	101.70	365.70
5000	221	182	142	203	185	151	467.40	74.10	393.30

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 4

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 28 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	265	231	178	253	231	184	545.40	220.20	325.20
3000	251	224	167	232	218	173	545.40	152.40	393.00
4000	223	205	159	222	194	165	545.40	127.02	418.38
5000	216	170	135	199	177	156	545.40	108.66	436.74

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 4

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 29 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 78 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	229	217	169	214	201	189	285.60	207.00	78.60
3000	219	201	168	198	187	171	285.60	174.60	111.00
4000	216	197	159	184	172	160	285.60	140.40	145.20
5000	202	177	144	172	166	149	285.60	111.00	174.60

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 5

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 27 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 78 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	251	212	189	247	223	194	371.10	218.94	152.16
3000	238	209	171	231	218	175	371.10	167.28	203.82
4000	231	197	165	227	214	168	371.10	136.38	234.72
5000	226	181	158	214	196	149	371.10	117.72	253.38

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 5

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 28 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	265	231	205	254	224	201	467.40	258.12	209.28
3000	245	226	187	243	198	183	467.40	176.34	291.06
4000	233	219	174	239	201	173	467.40	137.04	330.36
5000	219	192	161	226	198	165	467.40	104.94	362.46

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 5

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 28 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	268	224	188	257	227	213	545.40	264.36	281.04
3000	258	229	178	246	214	193	545.40	170.70	374.70
4000	237	219	167	234	203	186	545.40	131.34	414.06
5000	224	203	156	208	178	169	545.40	107.76	437.64

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 5

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 29 ° อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.5 ° ความชื้นสัมพัทธ์ 81.5 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	218	197	167	207	183	175	285.60	177.36	108.24
3000	198	171	158	191	172	166	285.60	142.32	143.28
4000	186	164	152	182	169	159	285.60	120.12	165.48
5000	184	162	144	179	154	145	285.60	107.64	177.96

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 6

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 ° อุณหภูมิกระเปาะเปียก 28 ° ความชื้นสัมพัทธ์ 85 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	242	214	196	235	204	187	371.10	205.14	165.96
3000	238	212	179	223	203	175	371.10	161.46	209.64
4000	228	206	167	216	190	169	371.10	134.10	237.00
5000	217	194	162	196	178	159	371.10	107.94	263.16

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 6

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 29 °C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 27 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	241	214	197	232	215	197	467.40	264.90	202.50
3000	238	202	159	229	197	163	467.40	175.20	292.20
4000	227	198	148	218	187	156	467.40	138.00	329.40
5000	220	191	143	216	172	156	467.40	126.60	340.80

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 6

ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 28° อุณหภูมิกระเปาะเปียก 27 c° ความชื้นสัมพัทธ์ 92 %

rpm	ขนาดของละอองโดยเฉลี่ย ( $\mu\text{m}$ )						อัตราการไหล เข้าของน้ำ (ml/min)	อัตราการไหล ออกของน้ำ (ml/min)	ปริมาณน้ำที่ เกิดละออง (ml/min)
	ที่ความเร็วลม $V_1 = 2.72 \text{ m/s}$			ที่ความเร็วลม $V_2 = 3.42 \text{ m/s}$					
	1 m	2 m	3 m	1 m	2 m	3 m			
2000	252	213	186	236	220	166	545.40	308.88	236.52
3000	231	209	148	228	206	158	545.40	192.84	352.56
4000	227	198	141	212	198	142	545.40	163.32	382.08
5000	205	184	127	194	153	138	545.40	138.48	406.92

ตารางแสดงผลการทดลองของใบพัดแบบที่ 6

## ภาคผนวก ก.1

### ตารางแสดงขนาดของละออง

อัตราการไหลที่ 286 ml/min							
		ขนาดละออง (โดยเฉลี่ย)					
2000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.239mm	0.226 mm	0.218 mm	0.239 mm	0.229 mm	0.218 mm
	ระยะ 2 m	0.211 mm	0.199 mm	0.203 mm	0.211 mm	0.217 mm	0.197 mm
	ระยะ 3 m	0.197 mm	0.183 mm	0.172 mm	0.198 mm	0.169 mm	0.167 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.230 mm	0.198 mm	0.196 mm	0.204 mm	0.214 mm	0.207 mm
	ระยะ 2 m	0.221 mm	0.194 mm	0.184 mm	0.192 mm	0.201 mm	0.183 mm
	ระยะ 3 m	0.214 mm	0.186 mm	0.180 mm	0.180 mm	0.189 mm	0.175 mm
3000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.226 mm	0.212 mm	0.191 mm	0.224 mm	0.219 mm	0.198 mm
	ระยะ 2 m	0.191 mm	0.187mm	0.176 mm	0.195 mm	0.201 mm	0.171 mm
	ระยะ 3 m	0.183 mm	0.172 mm	0.153 mm	0.171 mm	0.168 mm	0.158 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.218 mm	0.175 mm	0.173 mm	0.194 mm	0.198 mm	0.191 mm
	ระยะ 2 m	0.207 mm	0.159 mm	0.161 mm	0.163 mm	0.187 mm	0.172 mm
	ระยะ 3 m	0.185 mm	0.145 mm	0.158 mm	0.157 mm	0.171 mm	0.166 mm
4000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.196 mm	0.205 mm	0.181 mm	0.197 mm	0.216 mm	0.186 mm
	ระยะ 2 m	0.167 mm	0.176 mm	0.157 mm	0.178 mm	0.197 mm	0.164 mm
	ระยะ 3 m	0.131mm	0.165 mm	0.147 mm	0.154 mm	0.159 mm	0.152 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.187 mm	0.118 mm	0.164 mm	0.186 mm	0.184 mm	0.182 mm
	ระยะ 2 m	0.165 mm	0.138 mm	0.143 mm	0.153 mm	0.172 mm	0.169 mm
	ระยะ 3 m	0.143 mm	0.109 mm	0.134 mm	0.146 mm	0.160 mm	0.159 mm
5000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.185mm	0.175 mm	0.176 mm	0.179 mm	0.202 mm	0.184 mm
	ระยะ 2 m	0.147 mm	0.147 mm	0.140 mm	0.131 mm	0.177 mm	0.162 mm
	ระยะ 3 m	0.113 mm	0.119 mm	0.104 mm	0.121 mm	0.144 mm	0.144 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.135 mm	0.125 mm	0.148 mm	0.176 mm	0.172 mm	0.179 mm
	ระยะ 2 m	0.124 mm	0.114 mm	0.137 mm	0.145 mm	0.166 mm	0.154 mm
	ระยะ 3 m	0.112 mm	0.106 mm	0.123 mm	0.134 mm	0.149 mm	0.145 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก.2

### ตารางแสดงขนาดของละออง

อัตราการไหลที่ 371 ml/min							
ขนาดละออง (โดยเฉลี่ย)							
2000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.237 mm	0.220 mm	0.231 mm	0.244 mm	0.251 mm	0.242 mm
	ระยะ 2 m	0.231 mm	0.198 mm	0.204 mm	0.228 mm	0.212 mm	0.214 mm
	ระยะ 3 m	0.219 mm	0.161 mm	0.192 mm	0.175 mm	0.189mm	0.196 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.221 mm	0.203 mm	0.226 mm	0.230 mm	0.247 mm	0.235 mm
	ระยะ 2 m	0.219 mm	0.177 mm	0.196 mm	0.198 mm	0.223 mm	0.204 mm
	ระยะ 3 m	0.207 mm	0.151 mm	0.174 mm	0.176 mm	0.194 mm	0.187 mm
3000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.229mm	0.214 mm	0.224 mm	0.232 mm	0.238 mm	0.238 mm
	ระยะ 2 m	0.219 mm	0.185 mm	0.198 mm	0.210 mm	0.209 mm	0.212 mm
	ระยะ 3 m	0.207 mm	0.147 mm	0.175 mm	0.163 mm	0.171 mm	0.179 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s <sup>2</sup>	ระยะ 1 m	0.216 mm	0.194 mm	0.219 mm	0.223 mm	0.231 mm	0.223 mm
	ระยะ 2 m	0.206 mm	0.147 mm	0.189 mm	0.182 mm	0.218 mm	0.203 mm
	ระยะ 3 m	0.196 mm	0.133 mm	0.168 mm	0.153 mm	0.175 mm	0.175 mm
4000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.211 mm	0.208 mm	0.218 mm	0.226 mm	0.231 mm	0.228 mm
	ระยะ 2 m	0.198 mm	0.173mm	0.182 mm	0.185 mm	0.197mm	0.206 mm
	ระยะ 3 m	0.186 mm	0.138 mm	0.163 mm	0.143 mm	0.165 mm	0.167 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.183 mm	0.182 mm	0.195 mm	0.219 mm	0.227 mm	0.216 mm
	ระยะ 2 m	0.148 mm	0.162 mm	0.174 mm	0.178 mm	0.214 mm	0.190 mm
	ระยะ 3 m	0.176 mm	0.122 mm	0.156 mm	0.147 mm	0.168 mm	0.169 mm
5000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.189 mm	0.187 mm	0.197 mm	0.202 mm	0.226 mm	0.217 mm
	ระยะ 2 m	0.175 mm	0.161 mm	0.169 mm	0.172 mm	0.181 mm	0.194 mm
	ระยะ 3 m	0.162 mm	0.125 mm	0.152 mm	0.136 mm	0.158 mm	0.162 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.168 mm	0.172 mm	0.177 mm	0.197 mm	0.214 mm	0.196 mm
	ระยะ 2 m	0.157 mm	0.151 mm	0.164 mm	0.163 mm	0.196 mm	0.178 mm
	ระยะ 3 m	0.144 mm	0.119 mm	0.142 mm	0.148 mm	0.149 mm	0.159 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ภาคผนวก ก.3

#### ตารางแสดงขนาดของละออง

อัตราการไหลที่ 468 ml/min							
		ขนาดละออง (โดยเฉลี่ย)					
2000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.229 mm	0.228 mm	0.241 mm	0.251 mm	0.265 mm	0.241 mm
	ระยะ 2 m	0.197 mm	0.213 mm	0.219 mm	0.231 mm	0.231 mm	0.214 mm
	ระยะ 3 m	0.143 mm	0.157 mm	0.181 mm	0.184 mm	0.205 mm	0.197 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.217 mm	0.214 mm	0.223 mm	0.233 mm	0.254 mm	0.232 mm
	ระยะ 2 m	0.194 mm	0.194 mm	0.205 mm	0.221 mm	0.224 mm	0.215 mm
	ระยะ 3 m	0.154 mm	0.154 mm	0.185 mm	0.189 mm	0.201 mm	0.197 mm
3000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.224 mm	0.216 mm	0.232 mm	0.243 mm	0.245 mm	0.238 mm
	ระยะ 2 m	0.192 mm	0.198 mm	0.191 mm	0.216 mm	0.226 mm	0.202 mm
	ระยะ 3 m	0.140 mm	0.149 mm	0.164 mm	0.175 mm	0.187 mm	0.159 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.214 mm	0.211 mm	0.212 mm	0.226 mm	0.243 mm	0.229 mm
	ระยะ 2 m	0.189 mm	0.189 mm	0.196 mm	0.202 mm	0.198 mm	0.197 mm
	ระยะ 3 m	0.140 mm	0.147 mm	0.179 mm	0.187 mm	0.183 mm	0.163 mm
4000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.217 mm	0.210 mm	0.227 mm	0.237 mm	0.233 mm	0.227 mm
	ระยะ 2 m	0.185 mm	0.197 mm	0.184 mm	0.208 mm	0.219 mm	0.198 mm
	ระยะ 3 m	0.144 mm	0.148 mm	0.162 mm	0.172 mm	0.174 mm	0.148 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.191 mm	0.201 mm	0.201 mm	0.219 mm	0.239 mm	0.218 mm
	ระยะ 2 m	0.163 mm	0.183 mm	0.181 mm	0.194 mm	0.201 mm	0.187 mm
	ระยะ 3 m	0.138 mm	0.134 mm	0.169 mm	0.176 mm	0.173 mm	0.156 mm
5000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.213 mm	0.201 mm	0.211 mm	0.221 mm	0.219 mm	0.220 mm
	ระยะ 2 m	0.174 mm	0.186 mm	0.163 mm	0.183 mm	0.292 mm	0.191 mm
	ระยะ 3 m	0.120 mm	0.132 mm	0.151 mm	0.143 mm	0.161 mm	0.143 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.172 mm	0.193 mm	0.196 mm	0.203 mm	0.226 mm	0.216 mm
	ระยะ 2 m	0.152 mm	0.177 mm	0.187 mm	0.185 mm	0.198 mm	0.272 mm
	ระยะ 3 m	0.113 mm	0.123 mm	0.157 mm	0.151 mm	0.165 mm	0.156 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก.4

### ตารางแสดงขนาดของละออง

อัตราการไหลที่ 545 ml/min							
		ขนาดละออง (โดยเฉลี่ย)					
2000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.232 mm	0.245 mm	0.245 mm	0.265 mm	0.268 mm	0.252 mm
	ระยะ 2 m	0.209 mm	0.219 mm	0.232 mm	0.231 mm	0.224 mm	0.213 mm
	ระยะ 3 m	0.169 mm	0.169 mm	0.184 mm	0.178 mm	0.188 mm	0.186 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.221 mm	0.237 mm	0.238 mm	0.253 mm	0.257 mm	0.236 mm
	ระยะ 2 m	0.208 mm	0.208 mm	0.223 mm	0.231 mm	0.227 mm	0.220 mm
	ระยะ 3 m	0.162 mm	0.180 mm	0.181 mm	0.184 mm	0.213 mm	0.166 mm
3000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.228 mm	0.233 mm	0.239 mm	0.251 mm	0.258 mm	0.231 mm
	ระยะ 2 m	0.197 mm	0.215 mm	0.206 mm	0.224 mm	0.229 mm	0.209 mm
	ระยะ 3 m	0.172 mm	0.158 mm	0.169 mm	0.167 mm	0.178 mm	0.148 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.215 mm	0.222 mm	0.208 mm	0.232 mm	0.246 mm	0.228 mm
	ระยะ 2 m	0.194 mm	0.193 mm	0.198 mm	0.218 mm	0.214 mm	0.206 mm
	ระยะ 3 m	0.157 mm	0.178 mm	0.173 mm	0.173 mm	0.193 mm	0.158 mm
4000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.219 mm	0.223 mm	0.223 mm	0.223 mm	0.237 mm	0.217 mm
	ระยะ 2 m	0.192 mm	0.204 mm	0.197 mm	0.205 mm	0.219 mm	0.198 mm
	ระยะ 3 m	0.186 mm	0.147 mm	0.162 mm	0.159 mm	0.167 mm	0.141 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.202 mm	0.210 mm	0.219 mm	0.222 mm	0.234 mm	0.212 mm
	ระยะ 2 m	0.174 mm	0.182 mm	0.194 mm	0.194 mm	0.203 mm	0.198 mm
	ระยะ 3 m	0.147 mm	0.155 mm	0.164 mm	0.165 mm	0.186 mm	0.142 mm
5000รอบ		ใบที่ 1	ใบที่ 2	ใบที่ 3	ใบที่ 4	ใบที่ 5	ใบที่ 6
ความเร็วลม = 2.72 m/s	ระยะ 1 m	0.213 mm	0.205 mm	0.215 mm	0.216 mm	0.224 mm	0.205 mm
	ระยะ 2 m	0.209 mm	0.189 mm	0.192 mm	0.170 mm	0.203 mm	0.184 mm
	ระยะ 3 m	0.176 mm	0.143 mm	0.159 mm	0.125 mm	0.156 mm	0.127 mm
ความเร็วลม = 3.42 m/s	ระยะ 1 m	0.179 mm	0.191 mm	0.209 mm	0.199 mm	0.208 mm	0.194 mm
	ระยะ 2 m	0.155 mm	0.167 mm	0.287 mm	0.177 mm	0.178 mm	0.153 mm
	ระยะ 3 m	0.131 mm	0.146 mm	0.157 mm	0.156 mm	0.169 mm	0.138 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

รายละเอียดของใบที่ 1

ตารางเชิงสถิติที่ระยะทาง 1 เมตร, 2 เมตร, 3 เมตร

ระยะทาง1 เมตร		
D(μm)	N (จำนวน หยด)	คิดเป็น %
0	0	0
195.0	7	6.36
217.9	9	8.18
239.6	15	13.64
310.8	41	37.27
401.6	7	6.36
426.0	6	5.45
439.2	5	4.55
459.3	5	4.55
470.2	4	3.64
471.8	4	3.64
540.9	2	1.82
557.4	2	1.82
569.9	2	1.82
583.3	1	0.91
584.0	0	0
	110	100

ระยะทาง3 เมตร		
D(μm)	n(จำนวน หยด)	คิดเป็น %
0	0	0
172.0	3	5.0
193.5	3	5.0
194.4	5	8.3
204.3	6	10.0
211.5	8	13.3
225.8	11	18.3
248.6	9	15.0
270.7	5	8.3
291.6	3	5.0
317.9	2	3.3
244.0	2	3.3
361.1	1	1.7
392.4	1	1.7
506.3	1	1.7
510.0	0	0
	60	100

ระยะทาง2 เมตร		
D(μm)	n(จำนวน หยด)	คิดเป็น %
0	0	0
173.9	2	4.65
185.3	4	9.30
198.5	6	13.95
217.0	8	18.60
231.0	9	20.93
244.0	7	16.28
260.0	5	11.63
271.0	1	2.33
324.0	1	2.33
325.0	0	0
	43	100



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของใบที่ 2

ตารางเชิงสถิติที่ระยะทาง 1 เมตร, 2 เมตร, 3 เมตร

ระยะทาง1 เมตร		
D(μm)	ก(จำนวน หยด)	คิดเป็น %
0.0	0	0
163.0	2	1.55
177.0	5	3.88
216.2	7	5.43
227.8	15	11.63
233.3	25	19.38
240.0	25	19.38
265.8	14	10.85
288.8	12	9.30
311.1	11	8.53
333.3	8	6.20
354.4	7	5.43
366.6	6	4.65
388.0	5	3.88
405.0	4	3.10
422.2	3	2.33
443.0	2	1.55
466.6	2	1.55
566.0	1	0.77
633.0	0	0
	129	100

398.4	4	2.68
438.2	2	1.34
478.5	2	1.34
493.2	0	0
	149	100

ระยะทาง3 เมตร		
D(μm)	ก(จำนวน หยด)	คิดเป็น %
0	0	0
132.1	1	1.04
142.7	2	2.08
155.3	3	3.13
165.4	5	5.21
173.4	7	7.29
187.6	9	9.38
194.5	11	11.46
208.9	14	14.58
236.1	14	14.58
250.0	10	10.42
263.0	7	7.29
268.0	5	5.21
283.5	4	4.17
319.0	3	3.13
345.0	1	1.04
361.0	0	0
	96	100

ระยะทาง2 เมตร		
D(μm)	ก(จำนวน หยด)	คิดเป็น %
0.0	0	0
145.3	1	0.67
155.6	2	1.34
169.7	5	3.36
177.2	8	5.37
198.2	13	8.72
212.0	22	14.77
233.5	22	14.77
242.0	15	10.07
255.3	13	8.72
275.4	11	7.38
289.3	9	6.04
302.1	8	5.37
342.4	7	4.70
355.3	5	3.36



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของใบที่ 3

ตารางเชิงสถิติที่ระยะทาง 1 เมตร, 2 เมตร, 3 เมตร

ระยะทาง 1 เมตร		
D( $\mu$ m)	ก(จำนวนหยด)	คิดเป็น %
0	0	0
102.2	1	0.98
113.6	2	1.96
123.3	2	1.96
136.4	2	1.96
150.7	3	2.94
162.5	4	3.92
170.5	5	4.90
192.1	7	6.86
203.3	9	8.82
222.7	12	11.76
279.3	12	11.76
306.8	10	9.80
316.6	8	7.84
342.6	6	5.88
365.8	5	4.90
380.1	3	2.94
397.7	2	1.96
405.4	2	1.96
414.9	2	1.96
443.4	2	1.96
465.8	2	1.96
630.1	1	0.98
	102	100

267.6	6	6.45
282.7	5	5.38
295.8	5	5.38
340.0	4	4.30
352.1	3	3.23
389.7	2	2.15
409.6	2	2.15
422.5	1	1.08
450.7	1	1.08
	93	100

ระยะทาง 3 เมตร		
D( $\mu$ m)	ก(จำนวนหยด)	คิดเป็น %
0	0	0
119.0	2	4.76
123.2	2	4.76
144.7	3	7.14
174.0	7	16.67
184.2	10	23.81
250.0	6	14.29
320.6	5	11.90
328.9	4	9.52
352.9	2	4.76
379.5	1	2.38
	42	100

ระยะทาง 2 เมตร		
D( $\mu$ m)	ก(จำนวนหยด)	คิดเป็น %
0	0	0
108.4	1	1.08
132.5	1	1.08
144.6	2	2.15
162.1	3	3.23
189.1	5	5.38
192.7	7	7.53
216.5	9	9.68
227.5	11	11.83
228.9	11	11.83
253.0	8	8.60
256.8	6	6.45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของใบที่ 4

ตารางเชิงสถิติที่ระยะทาง 1 เมตร, 2 เมตร, 3 เมตร

ระยะทาง 1 เมตร		
D( $\mu$ m)	ก(จำนวนหยด)	คิดเป็น %
0.0	0	0
98.0	5	2.21
120.0	24	10.62
167.0	41	18.14
200.0	48	21.24
300.0	55	24.34
333.0	18	7.96
367.0	14	6.19
440.0	13	5.75
467.0	6	2.65
500.0	2	0.88
501.0	0	0
	226	100

ระยะทาง 3 เมตร		
D( $\mu$ m)	ก(จำนวนหยด)	คิดเป็น %
0.0	0	0
45.0	2	6.25
200.0	7	21.88
233.0	10	31.25
267.0	8	25.00
300.0	3	9.38
325.0	2	6.25
350.0	0	0
	32	100

ระยะทาง 2 เมตร		
D( $\mu$ m)	ก(จำนวนหยด)	คิดเป็น %
0.0	0	0
128.0	5	1.62
150.0	12	3.88
173.0	30	9.71
233.0	80	25.89
255.0	60	19.42
275.0	40	12.94
300.0	36	11.65
450.0	22	7.12
500.0	14	4.53
625.0	10	3.24
626.0	0	0
	309	100



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## การศึกษาและพัฒนาเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกน (Study and development of an axial fogging generator)

ศุภณัฐ นธาแสงพิรุณ<sup>๑</sup>, ปริญา ธรรมรักษ์<sup>๒</sup>, วรณ แก้วเกิด<sup>๓</sup>

พงษ์เจต พรหมวงศ์

### บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้ได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกน โดยใช้หลักการของแรงเหวี่ยงไปตามแนวแกนเพื่อให้น้ำเกิดการแตกตัวและระเหยตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้เราหมดปัญหาเรื่องความร้อนไปได้ เพื่อทดแทนระบบที่ใช้ปั๊มความดันสูง โดยการดูดน้ำแล้วนำมาเข้าสู่ชุดปรับตั้งความดันแล้วพ่นออกมาเป็นละอองน้ำทางหัวฉีด โดยหลักการทำงานนี้ทำให้พัดลมไอน้ำมีราคาค่อนข้างสูง เราจึงได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องสร้างหมอกนี้เพื่อลดต้นทุนในการผลิต

### Abstract

This paper presents the study and development of an axial fogging generator for reducing air ambient temperature around. In order to make water atomized and evaporative, using centrifugal force is introduced instead of a high pressure pump. Now, the water spray fan based on the high pressure pump is used, by drawing water into a pressure set before spraying out. The pressure pump is very expensive and thus we need to develop a new system which is cheaper instead.

© 2008 Department of Mechanical Engineering, KMUTL. All rights reserved

Keywords: mist water spray, fogging generator

### 1. บทนำ

ในปัจจุบันโลกของเรามีอากาศที่ร้อนขึ้น สืบเนื่องมาจากสภาวะเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ทำให้อุณหภูมิในโลกสูงขึ้น ซึ่งประเทศไทยก็ประสบกับปัญหานี้เช่นกัน ซ้ำยังตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรของโลกอีกด้วย จึงทำให้มีอากาศที่ร้อนตลอดทั้งปี จากปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เราได้คิดค้นและประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ชิ้นหนึ่งขึ้นมา ซึ่งสามารถลดความร้อนและให้ความเย็นสดชื่นที่มีประสิทธิภาพและคุณสมบัติที่ดีกว่าพัดลมธรรมดา และสิ่งประดิษฐ์นี้ยังเป็นระบบทำความเย็นที่สามารถใช้งานได้ทั้ง ภายใน - ภายนอกอาคารที่สามารถแก้ไขปัญหอากาศร้อนในพื้นที่เปิดที่ไม่สามารถติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานได้เพียงแคในอาคาร อีกทั้งยังมีราคาถูกอีกด้วย เราเรียกสิ่งประดิษฐ์นี้กันว่า “พัดลมไอน้ำ”

พัดลมไอน้ำเข้ามาในประเทศไทยเมื่อปี 2545 ด้วยหลักการแปลกใหม่โดยอาศัยการทำงานของละอองน้ำขนาดเล็กมาก ทำหน้าที่ดูดความร้อนออกจากอากาศ และระเหยตัวอย่างรวดเร็วไม่มีความเปียกชื้น กลายเป็นความเย็นที่บริสุทธิ์ สดชื่น เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็น Micro technology อีกตัวหนึ่งที่น่าสนใจในปัจจุบัน

<sup>1</sup> ชื่ออังกฤษ "Study and Development of an axial fogging generator

<sup>2</sup> นักศึกษานิติศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สจล. ห้อง 2Q/1,2 รหัส 48015398, 48015728 และ 48015734 ตามลำดับ

<sup>3</sup> รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สจล., โทร. 0816332856, อีเมล kppongje@kmitl.ac.th

### วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อสามารถใช้ลดความร้อนนอกตัวอาคาร ที่โล่งแจ้ง
2. เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกน โดยการใช้หลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
3. เพื่อสามารถฝึกทักษะปฏิบัติงานจากทฤษฎีที่เรียนรู้นำมาทำเป็นเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกนได้
4. เพื่อสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่เกิดปัญหา ซึ่งจะเป็นการทำงานในอนาคตของเราได้

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่า เครื่องสร้างหมอกตามแนวแกน ที่ใช้ลดความร้อนในอากาศและให้ความเย็น
2. เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการปรับปรุงแก้ไขเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกนให้สามารถทำงานได้ดีขึ้น
3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาเครื่องสร้างหมอกตามแนวแกนต่อไป

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### การแตกออกของหยดน้ำในกระแสอากาศ

การแตกออกของหยดน้ำที่ในอากาศ ขึ้นอยู่กับสมบัติของของเหลวและแก๊ส ได้แก่ ความหนาแน่น ความหนืด แรงดันระหว่างพื้นผิว และขึ้นอยู่กับรูปแบบการไหลของแก๊สรอบๆหยดน้ำด้วย โดยทั่วไปถูกควบคุมโดยแรงกล แรงตึงผิว และแรงต้านทานจากความหนืด

สำหรับของเหลวที่มีความหนืดต่ำ ของเหลวจะมีแรงกระทำจากอากาศพลศาสตร์แทนโดย  $0.5 \rho_A U^2 R$  และแรงตึงผิวแทนโดย  $\sigma_L / D$  และมีผู้สร้างความสัมพันธ์เป็นเลขไรท์นอย คือ เลขเวเบอร์ (Weber no.) ดังสมการ

$$We = \frac{\rho_A U^2 R D}{\sigma_L}$$

เมื่อ  $U_R$  คือ ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างหยดของเหลวและอากาศ

โดยเมื่อค่า  $We$  สูงต้องใช้แรงภายนอกสูง สำหรับของเหลวทั่วไปจุดเริ่มต้นที่หยดแตกออกเกิดขึ้นเมื่อแรงต้านทานอากาศพลศาสตร์คือแรงต้านผิวเท่ากับแรงตึงผิวพอดีนั่นคือ

$$C_D \left( \frac{\pi D^2}{4} \right) 0.5 \rho_A U^2 R = \pi D \sigma_L$$

จัดเทอมใหม่ได้

$$\left( \frac{\rho_A U^2 R D}{\sigma_L} \right) = \left( \frac{8}{C_D} \right)$$

#### รูปแบบการแตกกระจายของแผ่นของเหลว

**รูปแบบที่ 1** เกิดที่ขอบ แรงตึงผิวจะมีอิทธิพลมากในกรณีนี้โดยของเหลวที่มีความหนืดและแรงตึงผิวสูงจะเกาะอยู่ที่ขอบหัวฉีดเป็นขอบหนา แล้วถูกดึงออกเป็นสายยาว ๆ และกลายเป็นหยดเรียงกันในแนวแกนของหัวฉีด หยดที่ได้มีขนาดใหญ่วิ่งรวมทั้งหยดเล็กเกาะติดกับหยดใหญ่

**รูปแบบที่ 2** เกิดเป็นคลื่น ของเหลวจะแผ่ออกจากหัวฉีดด้วยความยาวคลื่นเท่ากับครึ่งหนึ่ง หรือเท่ากับความยาวคลื่นของการกวัดแกว่ง แผ่นของเหลวหดตัวเล็กน้อยด้วยแรงตึงผิวแล้วถูกทำให้แตกกระจายออกด้วยแรงอากาศพลศาสตร์หรือด้วยการปั่นป่วนที่ผิวของของเหลว ก่อนที่จะถูกดึงออกเป็นเส้นยาว ลักษณะการแผ่ออกเป็นแผ่นที่เป็นคลื่นแล้วแตกออกเป็นหยดชัดเจนจากภาพถ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปแบบที่ 3** เกิดเป็นแผ่นพรุน แผ่นของเหลวแผ่อกจนบางแล้วเกิดรูพรุนขึ้นทั่วไป รูพรุนจะขยายออกจนจรดกันจนขอบของรูพรุนที่อยู่ติดกัน รวมกันกลายเป็นแผ่นเยื่อ ของของเหลวบาง ๆ ซึ่งจะขาดออกจากกันกลายเป็นหยดเล็กขนาดต่าง ๆ กัน

**พัดลมไอน้ำแบบแรงดันสูง** จะมีส่วนประกอบหลักแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก

1. เครื่องสร้างหมอกแรงดันสูง จะทำหน้าที่สร้างแรงดันให้กับน้ำ
2. หัวพ่นหมอก และสายน้ำท่นแรงดันสูง

หลักการการทำงานของพัดลมไอน้ำแบบแรงดันสูง เมื่อของเหลวถูกดูดเข้าไปในเครื่องสร้างหมอกแรงดันสูง เครื่องสร้างแรงดันจะทำหน้าที่ในการสร้างแรงดันให้กับของเหลว แล้วถูกบังคับให้ไหลผ่านรูออร์ฟิซที่มีขนาดเล็กมาก เมื่อของเหลวที่พุ่งผ่านรูความดันของเหลวจะถูกแปลงเป็นพลังงานจลน์ทำให้ได้กระแสพ่นที่มีความเร็วสูงมากทำให้เกิดการแตกตัวเป็นละอองที่มีขนาดเล็กมาก

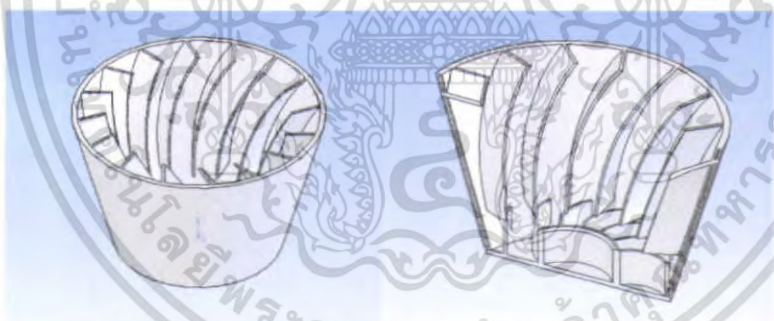
**พัดลมไอน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง** จะมีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วน

1. มอเตอร์ความเร็วรอบสูง
2. ใบพัดหรือถ้วยหมุน

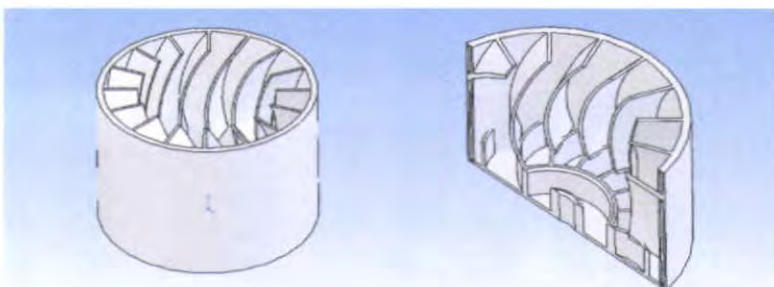
หลักการการทำงานของพัดลมไอน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง จะใช้หลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของเหลวให้แผ่ออกที่ขอบแล้วถูกรีดเป็นเส้นแล้วกลายเป็นหยด โดยการใช้ออเตอร์เป็นตัวขับให้ถ้วยหมุนแล้วทำการป้อนของเหลวเข้าไปที่กลางวงของถ้วยหมุน จากนั้นจะเหวี่ยงของเหลวด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางทำให้เกิดการแตกตัวของเหลวกลายเป็นละออง โดยการแตกตัวของของเหลวนั้นจะละเอียดมากหรือน้อยนั้น จะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของมอเตอร์

**ลักษณะของใบพัดที่ใช้ในการทดสอบจะมี 2 แบบคือ**

1. ลักษณะของใบพัดแบบที่ 1 จะเป็นใบพัดที่มีลักษณะเหมือนรูปถ้วยและมีครีบทัดอยู่ที่ขอบของใบพัด โดยเหล็กที่ใช้ทำครีบทัดจะเป็นเหล็กแผ่นเจาะรู ซึ่งรูจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร



2. ลักษณะของใบพัดแบบที่ 2 จะเป็นพัดที่มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกและมีครีบทัดอยู่ที่ขอบของใบพัดเหมือนกัน โดยเหล็กที่ใช้ทำครีบทัดจะเป็นเหล็กแผ่นเจาะรู ซึ่งรูจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

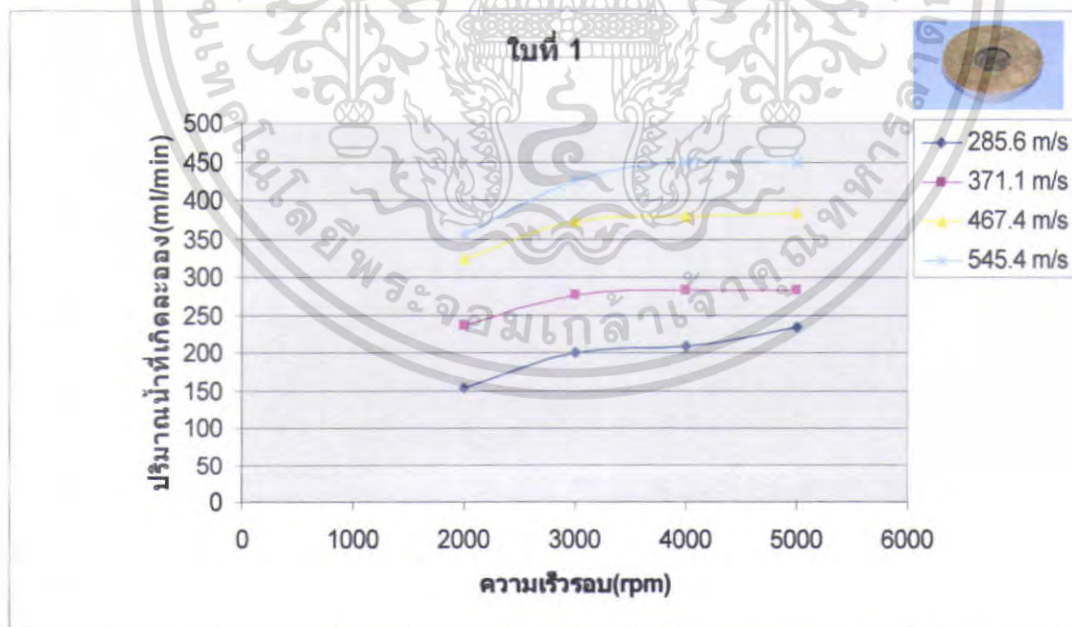
### วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อศึกษาขนาดของละอองที่ระยะ 1 เมตร 2 เมตร และ 3 เมตร ของใบแต่ละแบบ
2. เพื่อศึกษาขนาดของละอองที่ความเร็วลมต่างกัน ของใบแต่ละแบบ
3. เพื่อศึกษาอัตราการไหลของน้ำที่ถูกใช้ไปของใบพัดแต่ละแบบ

### ขั้นตอนการทดลอง

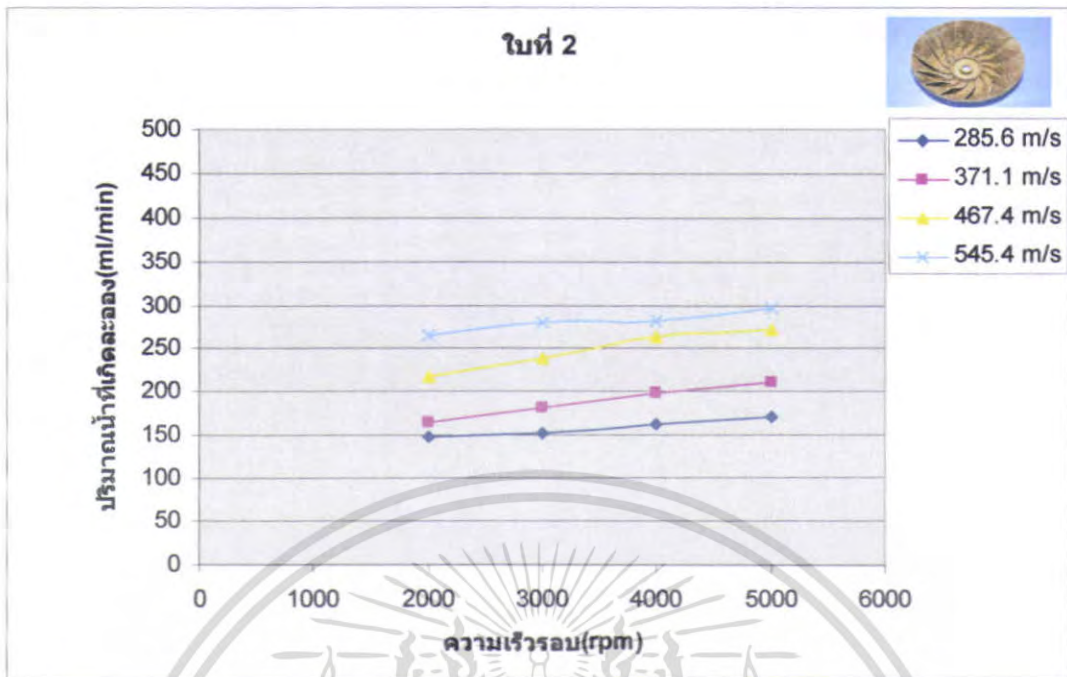
1. ทำการต่อสายไฟเข้ากับอินเวอร์เตอร์และมอเตอร์ให้เรียบร้อยแล้วทำการติดตั้งใบพัดที่ใช้ในการทดลอง
2. ทำการปรับวาล์วน้ำโดยให้ระดับน้ำที่มาตรมีเตอร์มีค่า  $\Delta H \equiv 1\text{cm}$   
และทำการวัดอัตราการไหลโดยการจับเวลา
3. เปิดสวิตช์มอเตอร์ แล้วทำการปรับรอบที่ 2000 รอบ แล้วทำการวัดปริมาณน้ำที่ไหลออกโดยใช้บีกเกอร์
4. ทำการถ่ายรูปละอองที่ระยะ 1 เมตร, 2 เมตร และ 3 เมตร โดยใช้ฉากรองรับ
5. จากนั้นทำการเพิ่มความเร็วลม แล้วทำการวัดละอองที่ระยะต่าง ๆ อีกครั้ง
6. ทำการปรับรอบมอเตอร์เป็น 3000, 4000 และ 5000 รอบ แล้วทำตามขั้นตอนที่ 3-4 อีกครั้ง
7. ทำการปรับวาล์วน้ำโดยให้ระดับความสูงของน้ำที่มาตรมีเตอร์มีค่า  $\Delta H \equiv 1.5, 2.0$  และ  $2.5\text{ cm}$  ตามลำดับ แล้วทำตามขั้นตอนที่ 3-6 อีกครั้ง เสร็จการทดสอบใบพัดที่ 1
8. ทำการเปลี่ยนใบพัดใบต่อไปแล้วทำตามขั้นตอนที่ 2-7 เหมือนเดิม

### ผลการทดลองที่นำมาเขียนกราฟ

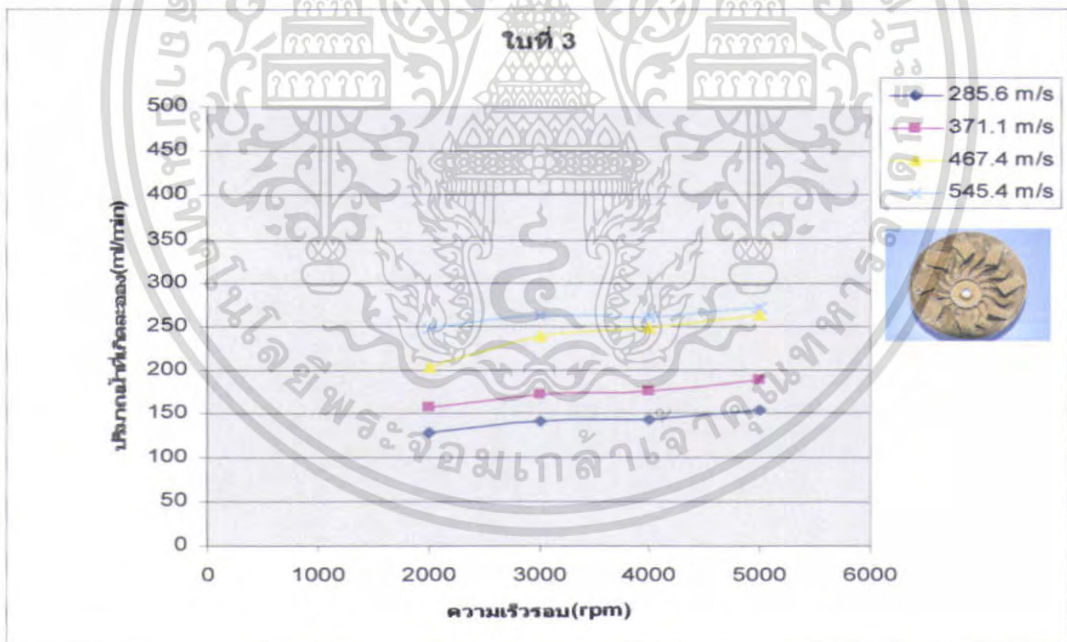


กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่เกิดละอองกับความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

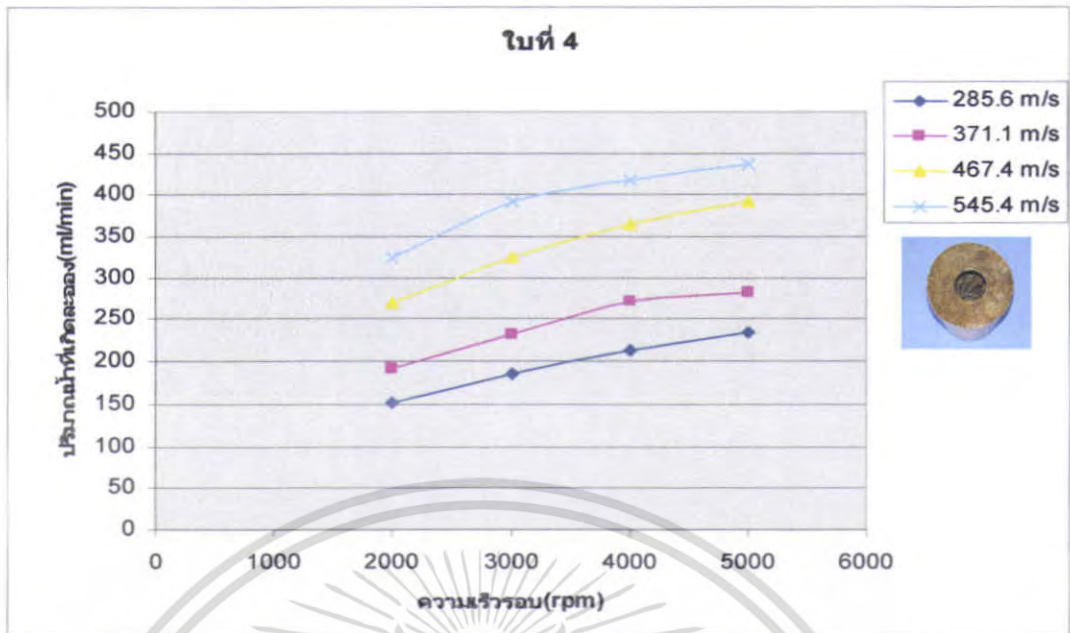


กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่เกิดละอองกับความเร็วรอบ

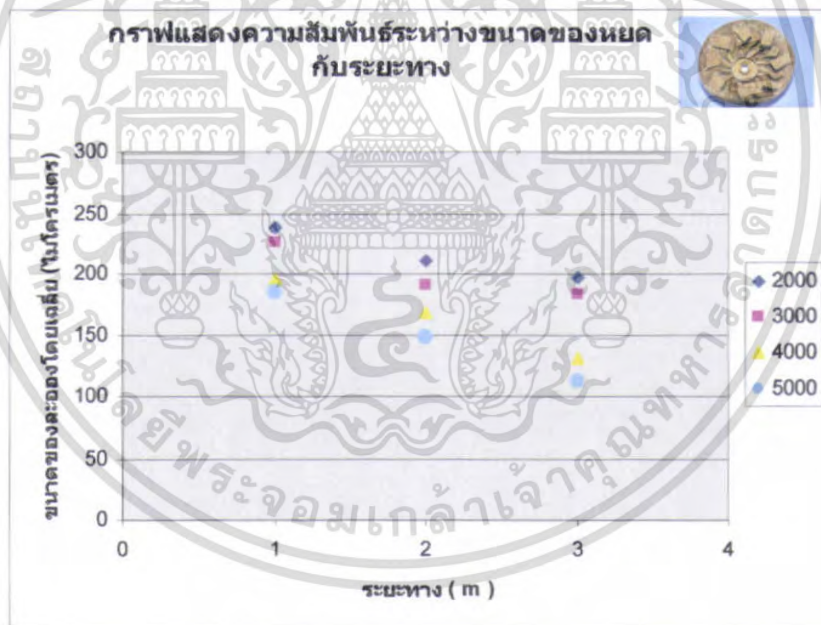


กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่เกิดละอองกับความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

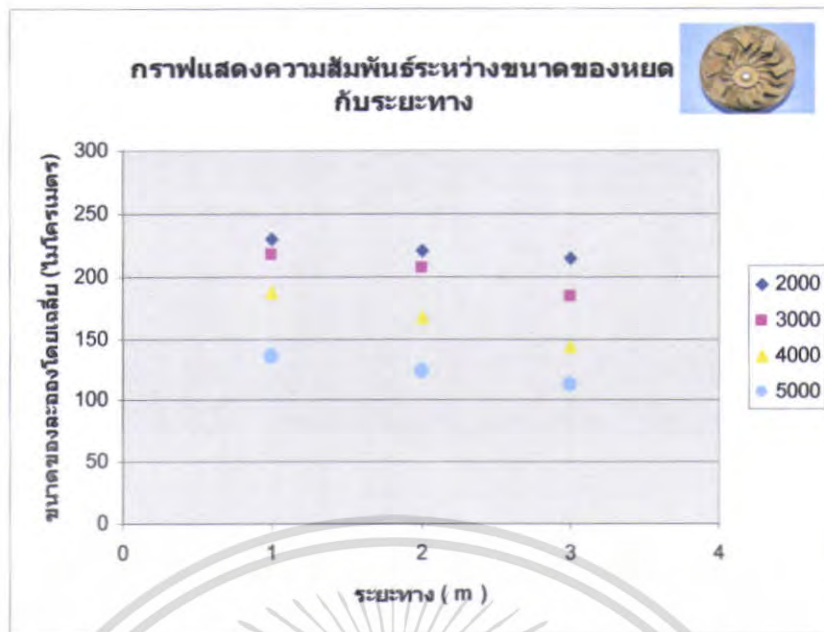


กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ไหลออกกับความเร็วยว



กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราไหล = 4.760 ml/s และความเร็วลม = 2.716 m/s คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราการไหล = 4.760 ml/s และความเร็วลม = 3.415 m/s ดังที่

#### สรุปผลการทดลอง

จากการที่ได้ทำการทดลองของใบพัดลักษณะต่าง ๆ จากการที่เราทำการเพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์เป็น 2000, 3000, 4000 และ 5000 รอบ เราจะพบว่าในการเพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้ขนาดของละอองเล็กลงและจากการสังเกตการทดลองเราจะพบว่าเมื่อเราทำการหมุนใบพัดที่ความเร็วรอบที่ 2000 และ 3000 รอบ ยังมีปริมาณของละอองน้ำไม่มากนักแต่เมื่อเราเพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ที่สูงขึ้นจะพบว่าปริมาณของละอองน้ำมากขึ้นด้วย และเมื่อเราทำการเพิ่มความเร็วลมของพัดลมที่สูงขึ้น จะพบว่าขนาดของละอองน้ำจะมีขนาดเล็กลงเหมือนกันและทำให้ปริมาณของละอองที่กระจายเพิ่มมากขึ้นและยังทำให้ละอองน้ำสามารถไปได้ไกลขึ้น

และจากการทดลองเมื่อเราทำการเปลี่ยนอัตราการไหล คือที่ 285.54 ml/min, 371.1 ml/min, 467.4 ml/min และที่ 545.4 ml/min เราจะพบว่าที่อัตราการไหล 545.4 ml/min มีขนาดของละอองใหญ่ขึ้น เมื่อเทียบกับอัตราการไหลอื่นๆ เพราะฉะนั้นเราจะสรุปได้ว่าในการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของมอเตอร์ ความเร็วลม และอัตราการไหลของน้ำ จะมีผลต่อขนาดของละอองน้ำและปริมาณของละออง

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] กัญจนุชา บุญเกียรติ, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 1, จำนวน 2000 เล่ม, พ.ศ. 2544.
- [2] บริษัท มาสเตอร์คูล อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด, เลขที่ 2 ถนนเทศบาลรังสรรค์เหนือ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้