

การศึกษาสมรรถนะไซโคลนชนิดฟรีวอร์เท็กซ์และฟอร์ซวอร์เท็กซ์

A STUDY IN THE PERFORMANCE OF FREE VORTEX CYCLONE  
AND FORCED VORTEX CYCLONE



นายพิษณุ รอดพรม  
นายมนัส ไชกัลทิชธรรม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน... 50146 .....

วัน,เดือน,ปี... 2 1 ๒๕.๕. 2547 .....

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านกำไร  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสมรรถนะไซโคลนชนิดฟรีวอร์เทกซ์และฟอร์ซวอร์เทกซ์  
A STUDY IN THE PERFORMANCE OF FREE VORTEX CYCLONE  
AND FORCED VORTEX CYCLONE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2545

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาสมรรถนะไซโคลนชนิดฟรีวอร์เท็กซ์และฟอร์ซวอร์เท็กซ์

A STUDY IN THE PERFORMANCE OF FREE VORTEX AND FORCED VORTEX  
CYCLONE

ผู้จัดทำ

1. นาย พิชณ รอดพรม รหัสประจำตัว 42010581
2. นาย มนัส โชคลัทธิตธรรม รหัสประจำตัว 42010594



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศส. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การศึกษาสมรรถนะไซโคลนชนิดพรีวอร์เท็กซ์และพอร์ชวอร์เท็กซ์

นายพิชญ รอดพรหม 42010581

นายมนัส โชคลัทธิธรรม 42010594

ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2545

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงองศาของใบพัดและอัตราการไหลของอากาศ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเก็บฝุ่นของไซโคลนชนิดพรีวอร์เท็กซ์และพอร์ชวอร์เท็กซ์ โดยการศึกษาในครั้งนี้จะนำเอาทางเข้าแบบโอบรอบและแบบแนวแกนมาผสมผสานกัน โดยจะศึกษามุมของใบพัดและอัตราการไหลของอากาศ เพื่อให้สามารถออกแบบไซโคลนที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

โดยในงานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดลองกับฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้แกลบ 4 ขนาดด้วยกัน คือ ฝุ่นขนาดหยาบ กลาง ละเอียด และฝุ่นธรรมชาติที่ไม่ได้ผ่านการกรอง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำเสนอถึงประสิทธิภาพของไซโคลนและความดันลดในจุดต่างๆของไซโคลน ที่มุมใบพัดและอัตราการไหลของอากาศ ต่างๆกัน และได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างใบพัดเดิมกับใบพัดใหม่

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ใบพัดใหม่ให้ประสิทธิภาพมากกว่าใบพัดเดิม ซึ่งที่มุมใบพัด 50 องศา และที่อัตราการไหลของอากาศ 0.17 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีให้ประสิทธิภาพของไซโคลนสูงสุด

## A STUDY IN THE PERFORMANCE OF FREE VORTEX CYCLONE AND FORCED VORTEX CYCLONE

Pitsanu Rodprom

Manas Choklatthitham

Assist. Prof. Thawatchai Nakpipat Advisor

### ABSTRACT

This research is about the study in varied angle of internal vanes and air flow rate which affect on efficiency of forced vortex cyclone and free vortex cyclone. This study will combine a wrap-around entry with an axial entry to study about optimum angle and air flow rate for design the highest efficient cyclone.

In this research experiment with 4 sizes of combusted chaff dust which are rough, middle, fine and ordinary sizes. This research will present the cyclone efficiency and pressure drop in several point of cyclone at various angles and air flow rate, compare efficiency between new vanes and old vanes.

From this experiment can conclude that new vanes have higher efficiency than old vanes. At 50 degree angle and 0.17 cubicmetre per second will give the highest cyclone efficiency.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน โดยบุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นบุคคลสำคัญที่ทำให้ปริญญาานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รัชชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือเสมอมาตลอดจนทำให้ปริญญาานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังเป็นกำลังใจ และเอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่ใช้ในการทดลอง	2
2.1 เครื่องเก็บฝุ่นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน	2
2.2 เครื่องเก็บฝุ่นที่ใช้ในการทดลอง	6
บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ	9
3.1 การออกแบบและการคำนวณหาขนาดของตัวถังไซโคลน	9
3.2 การคำนวณหาประสิทธิภาพของไซโคลน	11
3.2.1 ประสิทธิภาพของไซโคลน	11
3.2.2 ระยะพิชของไซโคลน	11
3.2.3 มุมทางออกของไซโคลน	11
3.3 การคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ	12
3.3.1 การหาอัตราการไหลโดยมวลของอากาศ	12
3.3.2 การหาอัตราการไหลโดยปริมาตรของอากาศ	14
3.4 การออกแบบและการคำนวณหาขนาดและจำนวนของใบพัด	14
บทที่ 4 การทดลอง	19
4.1 หลักการออกแบบ	19
4.2 ส่วนประกอบของชุดทดลอง	19
4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด	23
4.4 ขั้นตอนการทดลอง	26
บทที่ 5 ผลการทดลอง	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้าที่
บทที่ 6 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	62
6.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง	62
6.2 สรุปผลการทดลอง	62
ภาคผนวก	64
บรรณานุกรม	66



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้าที่
3-1 แสดงประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณ	14
5-1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นระหว่างใบพัดเดิมกับใบพัดใหม่	49
5-2 แสดงผลการทดลองของ Forced vortex cyclone ที่มุมใบพัด 10 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ	50
5-3 แสดงผลการทดลองของ Forced vortex cyclone ที่มุมใบพัด 20 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ	51
5-4 แสดงผลการทดลองของ Forced vortex cyclone ที่มุมใบพัด 30 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ	52
5-5 แสดงผลการทดลองของ Forced vortex cyclone ที่มุมใบพัด 40 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ	53
5-6 แสดงผลการทดลองของ Forced vortex cyclone ที่มุมใบพัด 50 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ	54
5-7 แสดงผลการทดลองของ Forced vortex cyclone ที่มุมใบพัด 60 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ	55
5-8 แสดงผลการทดลองของ Free vortex cyclone ที่มุมใบพัด 10 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ	56
5-9 แสดงผลการทดลองของ Free vortex cyclone ที่มุมใบพัด 20 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ	57
5-10 แสดงผลการทดลองของ Free vortex cyclone ที่มุมใบพัด 30 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ	58
5-11 แสดงผลการทดลองของ Free vortex cyclone ที่มุมใบพัด 40 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ	59
5-12 แสดงผลการทดลองของ Free vortex cyclone ที่มุมใบพัด 50 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ	60
5-13 แสดงผลการทดลองของ Free vortex cyclone ที่มุมใบพัด 60 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ	61
ก แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศ ความดันของไอน้ำอิ่มตัว และน้ำหนักจำเพาะของไอน้ำอิ่มตัว	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

	หน้าที่
2-1 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง	2
2-2 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อย	2
2-3 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง	3
2-4 เครื่องเก็บฝุ่นแบบสกรับเบอร์แบบเปียก	4
2-5 เครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรอง	5
2-6 เครื่องเก็บฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์	5
2-7 การไหลของอากาศในไซโคลน	6
2-8 ไซโคลนที่ใช้ในการทดลอง	7
2-9 ไซโคลนชนิด ฟอร์ช วอร์เท็กซ์	8
2-10 ไซโคลนชนิด ฟรี วอร์เท็กซ์	8
3-1 ขนาดมาตรฐานของไซโคลนที่ทำการออกแบบ	10
3-2 ภาพเขียนแบบของไซโคลนที่จะใช้ทำการทดลอง	10
3-3 ลักษณะมุมทางออกของอากาศที่ใบพัด	12
3-4 กราฟของประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณ	15
3-5 กราฟที่ใช้ในการเลือกใบพัด	15
3-6 ลักษณะใบพัดชุดแรก	17
3-7 ลักษณะใบพัดชุดที่สอง	17
3-8 ลักษณะใบพัดชุดที่ใช้ในการทดลอง	18
4-1 ลักษณะบีมที่ใช้ในการทดลอง	19
4-2 ลักษณะท่อทางดูด	20
4-3 ลักษณะของออริฟิส	20
4-4 ลักษณะของท่อทางเข้า	21
4-5 ลักษณะใบพัดที่ใช้ในการทดลอง	21
4-6 ลักษณะหน้าตัดด้านหน้าของปลอกใบพัดและใบพัดที่ยึดติดกัน	22
4-7 ลักษณะหน้าตัดด้านบนของปลอกใบพัดและใบพัดที่ยึดติดกัน	22
4-8 ขนาดของส่วนต่างๆ ของไซโคลน	23
4-9 ลักษณะของเครื่องวัดอุณหภูมิและวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ	23
4-10 ลักษณะของตะแกรงคัดเลือกขนาดฝุ่น	24
4-11 ลักษณะของบารอมิเตอร์	24
4-12 ลักษณะของตัววัดองศาใบพัด	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้าที่
4-13 ลักษณะของเครื่องชั่งน้ำหนัก	25
4-14 ลักษณะของมานอมิเตอร์	26
5-1 กราฟแสดงประสิทธิภาพ Forced Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 10 องศา	27
5-2 กราฟแสดงประสิทธิภาพ Forced Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 20 องศา	28
5-3 กราฟแสดงประสิทธิภาพ Forced Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 30 องศา	29
5-4 กราฟแสดงประสิทธิภาพ Forced Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 40 องศา	30
5-5 กราฟแสดงประสิทธิภาพ Forced Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 50 องศา	31
5-6 กราฟแสดงประสิทธิภาพ Forced Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 60 องศา	32
5-7 กราฟแสดงประสิทธิภาพ Free Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 10 องศา	33
5-8 กราฟแสดงประสิทธิภาพ Free Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 20 องศา	34
5-9 กราฟแสดงประสิทธิภาพ Free Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 30 องศา	35
5-10 กราฟแสดงประสิทธิภาพ Free Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 40 องศา	36
5-11 กราฟแสดงประสิทธิภาพ Free Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 50 องศา	37
5-12 กราฟแสดงประสิทธิภาพ Free Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 60 องศา	38
5-13 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นธรรมชาติของไซโคลน	39
5-14 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นหยาบของไซโคลน	40
5-15 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นกลางของไซโคลน	41
5-16 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นละเอียดของไซโคลน	42
5-17 กราฟแสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎีของไซโคลนที่มุมใบพัด 10 องศา	43
5-18 กราฟแสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎีของไซโคลนที่มุมใบพัด 20 องศา	44
5-19 กราฟแสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎีของไซโคลนที่มุมใบพัด 30 องศา	45
5-20 กราฟแสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎีของไซโคลนที่มุมใบพัด 40 องศา	46
5-21 กราฟแสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎีของไซโคลนที่มุมใบพัด 50 องศา	47
5-22 กราฟแสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎีของไซโคลนที่มุมใบพัด 60 องศา	48

# บทที่ 1

## บทนำ

ในปัจจุบันนี้ มลภาวะต่างๆที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมมีมากมายและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมา ทำให้ในบรรยากาศมีทั้งก๊าซพิษและฝุ่นละอองขนาดต่างๆกัน ซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ ก่อให้เกิดปัญหาทั้งสุขภาพกายและสุขภาพจิตตามมา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการป้องกันและบำบัดอากาศก่อนที่จะปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปแล้ววิธีการบำบัดอากาศที่มีฝุ่นละอองปนอยู่นั้นจะให้เครื่องกรองฝุ่นแบบต่างๆ ซึ่งมีความสามารถในการบำบัดอากาศแตกต่างกันออกไป

เครื่องกรองฝุ่นหรือเครื่องเก็บฝุ่นที่ใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง, เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง, เครื่องเก็บฝุ่นแบบสกรับเบอร์, เครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรอง, เครื่องเก็บฝุ่นแบบไฟฟ้า และอื่นๆ โดยในที่นี้จะเลือกศึกษาเครื่องเก็บฝุ่นแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง หรือ Cyclone collector เนื่องจากมีความสามารถในการเก็บฝุ่นขนาดกลางได้ดี ต้นทุนในการดำเนินงานต่ำ ไม่ต้องบำรุงดูแลรักษามาก มีค่าความดันสูญเสียปานกลาง สามารถทำงานในกรณีที่มีฝุ่นจำนวนมากมาย และสามารถทำงานได้กับฝุ่นและก๊าซหลายชนิด สามารถตั้งไว้กลางแจ้งได้ ทำงานได้ที่อุณหภูมิและความดันสูง การออกแบบอุปกรณ์การทดลองที่ใช้ได้นำแบบมาจากไซโคลนที่ใช้งานจริงเป็นต้นแบบ และดัดแปลงให้สามารถเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆได้ตามที่ต้องการศึกษา

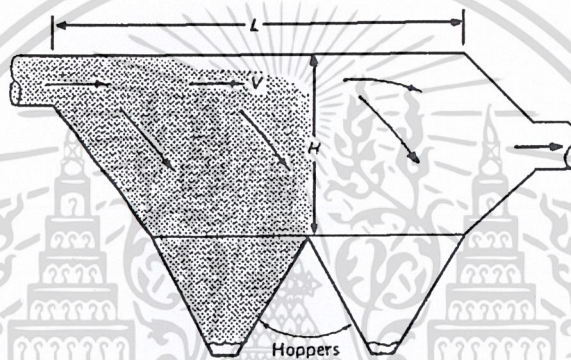
การศึกษาสมรรถนะของไซโคลนมีเกณฑ์ในการตัดสิน 2 ค่า คือ ค่าความดันสูญเสีย (Pressure drop) และประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่น (Efficiency) ซึ่งค่าความดันสูญเสียจะแสดงในหน่วยมิลลิเมตรของน้ำ (mmH<sub>2</sub>O) การทราบค่าความดันสูญเสียที่ทำให้สามารถเลือกกำลังม้าของ Blower หรือ Fan ที่เหมาะสมได้ ส่วนประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นซึ่งเป็นปัจจัยในการประเมินสมรรถนะของเครื่องเก็บฝุ่นจะแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ระหว่างมวลของฝุ่นที่เครื่องเก็บฝุ่นเก็บได้กับมวลของฝุ่นที่ผ่านเข้าสู่เครื่องเก็บฝุ่น

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่ใช้ในการทดลอง

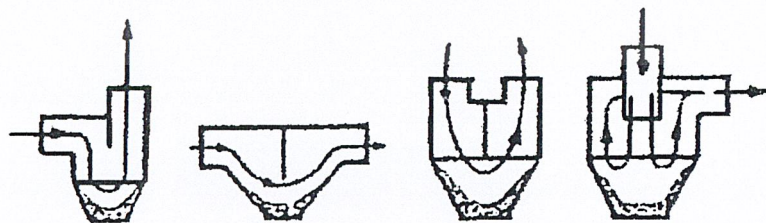
#### 2.1 เครื่องเก็บฝุ่นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

1. เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง (Gravitational dust collector) เป็นอุปกรณ์สำหรับแยกและเก็บอนุภาคฝุ่น โดยอาศัยการตกตัวตามธรรมชาติของอนุภาคเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ถ้าความเร็วของอากาศยิ่งช้าก็จะสามารถเก็บอนุภาคที่มีขนาดละเอียดยิ่งขึ้นได้ โดยทั่วไปความเร็วของอากาศที่ใช้จะเป็น 1-2 m/sec. ขนาดของอนุภาคที่จับได้ในทางปฏิบัติจะต่ำกว่า 10 ไมครอน และมีความดันสูญเสียของเครื่องประมาณ 5-10 mmH<sub>2</sub>O



รูปที่ 2-1 แสดงเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง

2. เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อย (Inertial dust collector) ในเครื่องเก็บฝุ่นแบบนี้จะมีแผ่นกั้น (Baffle plate) ติดตั้งอยู่ มีหลักการการทำงานคือ เมื่อกระแสก๊าซเกิดการเปลี่ยนทิศทางการไหลอย่างกะทันหัน อนุภาคที่มีความเฉื่อยมากจะไม่สามารถเปลี่ยนเส้นโคจรตามเส้นการไหลของก๊าซได้ทัน และตกลงสู่ด้านล่างของเครื่องเก็บฝุ่น ขนาดอนุภาคที่เล็กที่สุด ที่สามารถจับได้คือ 20-30 ไมครอน และมีความดันสูญเสียสูงสุดประมาณ 100 mmH<sub>2</sub>O



รูปที่ 2-2 แสดงเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal dust collector) ใช้แรงหนีศูนย์กลางเป็นกลไกหลักในการเก็บอนุภาค โดยอากาศสกปรกจะถูกทำให้เกิดการไหลหมุนวนในเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง เพื่อแยกอนุภาคออกจากกระแสก๊าซ โดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลางที่กระทำต่ออนุภาคที่มีความเฉื่อยและโมเมนตัม เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ แบบไซโคลน (Cyclone type) และแบบหมุน (Rotary type) โดยทั่วไปจะนิยมใช้แบบไซโคลน

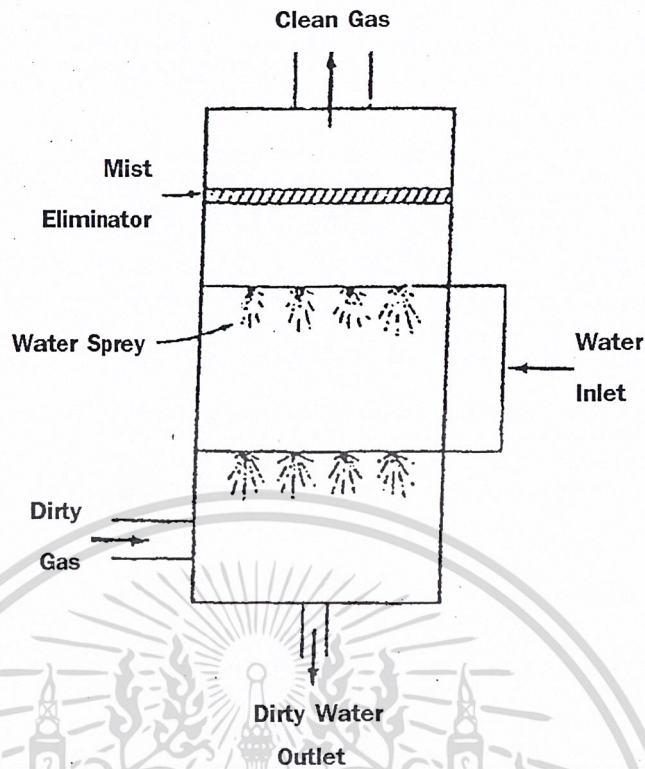
Cyclone มีโครงสร้างที่ง่ายและมีราคาถูก สามารถจับอนุภาคได้ดีเมื่อขนาดอนุภาคมีค่ามากขึ้น นิยมใช้กันกว้างขวางในอุตสาหกรรมในฐานะเครื่องเก็บฝุ่นตัวเดียว หรือในฐานะเครื่องเก็บฝุ่นด้านหน้าของถลุงหรือเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์



รูปที่ 2-3 แสดงเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง

4. เครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์แบบเปียก (Liquid scrubbing) เป็นการกำจัดมลสารทั้งในสถานะก๊าซ ไอและอนุภาคออกจากก๊าซทิ้งโดยอาศัยหยดของเหลวหรือฟิล์มของเหลว การทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การเก็บมลสารด้วยของเหลวที่ใช้สครับ และการแยกของเหลวที่ใช้สครับออกจากกระแสก๊าซเนื่องจากใช้ของเหลวเป็นตัวกลางในการเก็บมลสาร จึงสามารถใช้บำบัดก๊าซทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงได้

กลไกที่มีบทบาทในการจับอนุภาคในเครื่องสครับเบอร์มีตั้งแต่การกระทบด้วยแรงเฉื่อย Impact by inertia), การสกัดกั้น (Interception), การแพร่ (Diffusion) และแรงไฟฟ้าสถิตย์ ส่วนกลไกของการถ่ายเทมวลระหว่างมลสารก๊าซและของเหลวคือ การแพร่ของมลสารจากที่ที่มีความเข้มข้นสูงไปยังที่ที่มีความเข้มข้นต่ำ มลสารก๊าซที่แพร่ไปถึงหยดหรือฟิล์มของของเหลวจะถูกดูดกลืนเชิงเคมีโดยของเหลวอย่างรวดเร็วถ้าเลือกใช้ของเหลวอย่างเหมาะสมกับมลสารก๊าซที่ต้องการกำจัด ดังนั้นกลไกของการแพร่จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่กำหนดประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารก๊าซในเครื่องสครับเบอร์



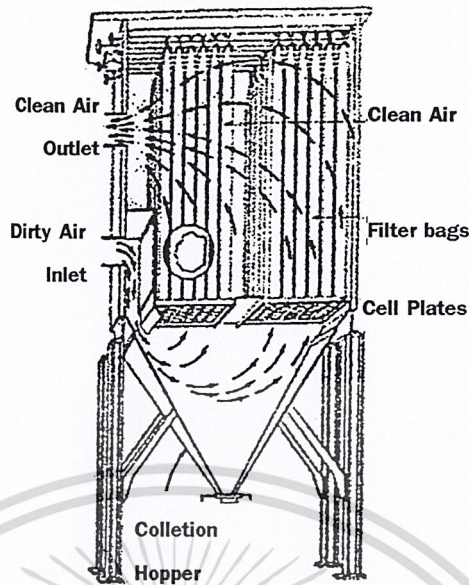
รูปที่ 2-4 แสดงเครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์แบบเปียก

5. เครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรอง (Bag filter) การกรองเป็นวิธีในการกำจัดสารอนุภาคออกจากก๊าซที่มีประสิทธิภาพน่าเชื่อถือ และคุ้มค่าทางเศรษฐกิจวิธีหนึ่ง นอกจากนี้การกรองยังเป็นวิธีหนึ่งในจำนวนเพียงไม่กี่วิธีที่สามารถบรรลุมาตรฐานปล่อยออกของสารอนุภาค ในงานควบคุมมลภาวะทางอากาศในอุตสาหกรรมอีกด้วย เครื่องกรองยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

- ก. เครื่องกรองแบบผ้า (Fabric or cloth filter)
- ข. เครื่องแบบเนื้อลึกหรือชั้น (In-depth or bed filter)

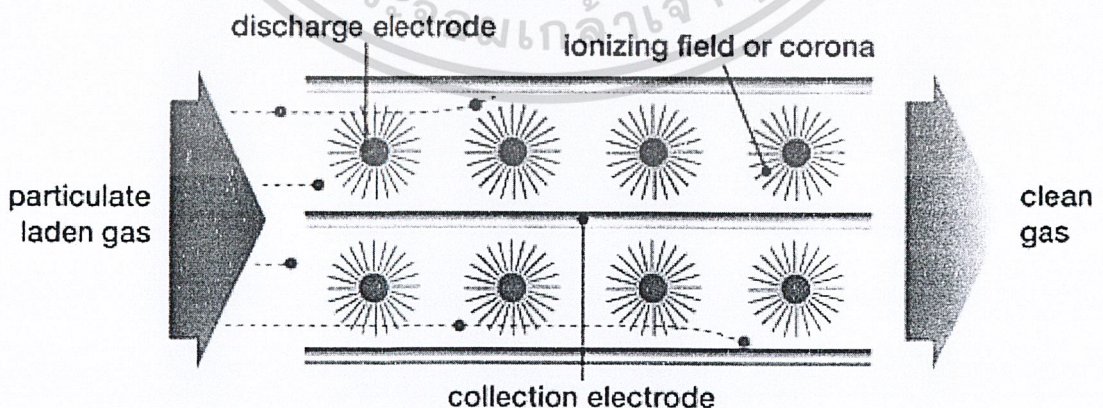
ตัวแทนที่พบเห็นทั่วไปของเครื่องกรองแบบแรกคือ ถุงกรอง (Bag filter) หรือบ้านถุงกรอง (Bag house) โดยทั่วไปจะใช้บำบัดก๊าซหรืออากาศสกปรกที่มีความเข้มข้นของฝุ่นในย่าน  $1 \text{ g/m}^3$  ส่วนตัวแทนของเครื่องกรองแบบที่สองคือ ชั้นเส้นใย กระดาษกรอง และในบางครั้งใช้ชั้นความหนาของก้อนวัสดุ โดยทั่วไปจะใช้กับความเข้มข้นของอนุภาคที่มีค่าน้อยกว่าเป็นหลายร้อยหรือหลายพันเท่า คือในย่านความเข้มข้นของอนุภาค  $1 \text{ mg/m}^3$

ตัวกลางที่ใช้กรองก๊าซจะทำจากเส้นใย สารรวมก้อนหรือเนื้อพรุน ผ้าทอ สักหลาด ชั้นใยรวน และกระดาษ ล้วนทำมาจากเส้นใยทั้งสิ้น ชั้นอัดวัสดุแน่นทำจากการอัดเศษ หรือชิ้นเล็กๆจำนวนมาก เพื่อกรองก๊าซขอมฝุ่นที่ไหลผ่าน ชั้นอัดวัสดุจะมีโครงสร้างแข็งแรง ซึ่งภายในมีทางทะลุผ่านจำนวนมาก วัสดุกรองมีทั้งที่หาได้จากธรรมชาติ และจากที่สังเคราะห์ขึ้น



รูปที่ 2-5 แสดงเครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรอง

6. เครื่องเก็บฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic precipitator) โดยเครื่องเก็บฝุ่นประเภทนี้ อาศัยหลักการดึงดูดระหว่างซึ่งกันและกันของไฟฟ้าสถิตย์ ระหว่างฝุ่นละอองและขั้วไฟฟ้าที่มีประจุตรงข้ามกัน ซึ่งเครื่องเก็บฝุ่นประเภทนี้สามารถใช้ได้ดีกับแก๊สที่มีอัตราการไหล 100 - 4,000,000 ลูกบาศก์ฟุตต่ออนาที และอุณหภูมิสูงถึง 650 องศาเซลเซียส ใช้พลังงานน้อย โดยอนุภาคที่จับได้ประมาณ 0.05 - 200 ไมครอน และมีความดันสูญเสียประมาณ 2.5 - 15 mmH<sub>2</sub>O ซึ่งรูปแบบทั่วไปที่ใช้มีอยู่ 2 ลักษณะคือ แบบแรกเป็นการใช้การวางเส้นลวดไฟฟ้าตามแนวแกนภายในท่อ แบบที่สองติดตั้งเส้นลวดไฟฟ้าตรงกลางระหว่างแผ่นคู่ขนาน โดยแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้อยู่ระหว่าง 40 - 50 กิโลโวลต์ และความเร็วของแก๊สประมาณ 0.3 - 3 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 2-6 แสดงเครื่องเก็บฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 เครื่องเก็บฝุ่นที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องเก็บฝุ่นที่ใช้ในการทดลองนี้ได้ใช้เครื่องเก็บฝุ่น โดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแบบไซโคลน ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้คือ เมื่ออากาศที่มีฝุ่นละอองนั้นถูกเหวี่ยงออกมาชนกับผนังของไซโคลน และค่อยเคลื่อนลงมาที่เก็บฝุ่นด้านล่าง หลังจากนั้นอากาศที่บำบัดแล้วจะหมุนกลับขึ้นสู่ด้านบนของไซโคลน และระบายออกสู่บรรยากาศภายนอก

ลักษณะการไหลของอากาศในไซโคลน มีทั้งการไหลแบบวอร์เท็กซ์ (Vortex flow) และการไหลแบบเอ็ดดี้ (Eddy flow) โดยการไหลแบบวอร์เท็กซ์ จะมีลักษณะการไหลเป็นเกลียว ซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญในการเก็บฝุ่น โดยอากาศที่ไหลเข้ามาจะอยู่ที่เกลียวนอก (Main vortex) เมื่ออากาศไหลลงไปยังด้านล่างของไซโคลน อากาศก็จะไหลวนกลับขึ้นด้านบนซึ่งจะอยู่ที่เกลียวใน (Vortex core) และระบายออกสู่บรรยากาศ ส่วนการไหลแบบเอ็ดดี้จะมี 2 แบบ คือการไหลแบบเอ็ดดี้ในแนวตั้ง (Vertical eddies) และการไหลแบบเอ็ดดี้ในแนวรัศมี (Radial eddies) ซึ่งการไหลแบบเอ็ดดี้ในแนวตั้ง จะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศที่เคลื่อนที่เข้าสู่ศูนย์กลางของไซโคลน ซึ่งการเคลื่อนที่ที่ตรงกันข้ามกับทิศทางเคลื่อนที่ของอนุภาค ซึ่งการไหลแบบเอ็ดดี้จะทำให้เกิดผลเสียต่อประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของไซโคลน



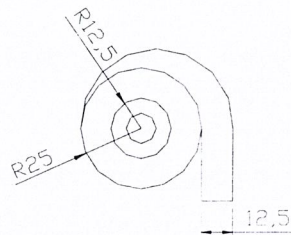
รูปที่ 2-7 แสดงการไหลของอากาศในไซโคลน

โดยทั่วไปไซโคลนจะมีลักษณะทางเข้าอยู่ 3 แบบ คือ

1. ทางเข้าแบบเกลียว (Helical entry)
2. ทางเข้าแบบโอบรอบ (Wrap – around entry)
3. ทางเข้าแบบแนวแกน (Axial entry)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยไซโคลนที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้มีการนำเอาทางเข้าแบบโอบรอบและทางเข้าแบบแนวแกนมาผสมผสานกัน

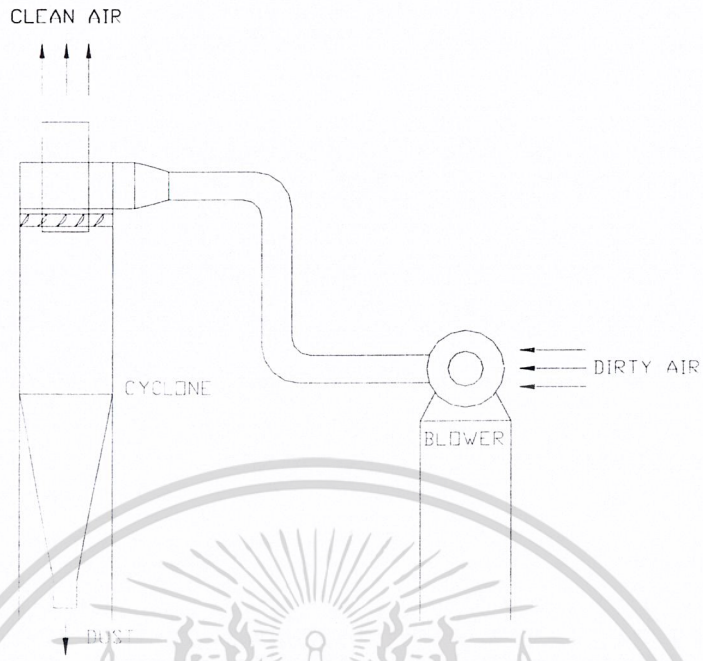


รูปที่ 2-8 แสดงไซโคลนที่ใช้ในการทดลอง

ลักษณะการติดตั้งไซโคลนที่ใช้ทำการทดลอง แบ่งเป็น 2 แบบ

1. ไซโคลนชนิด Free Vortex ใช้หลักการของ Induced Draft คือการใช้ Blower ซึ่งติดตั้งที่ทางออกของอากาศดูดอากาศเข้าไปในไซโคลน
2. ไซโคลนชนิด Forced Vortex ใช้หลักการของ Forced Draft คือการใช้ Blower ซึ่งติดตั้งที่ทางเข้าของอากาศอัดอากาศเข้าไปในไซโคลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-9 แสดงไซโคลนชนิด ฟอรัช วอร์เทคซ์



รูปที่ 2-10 แสดงไซโคลนชนิด ฟรี วอร์เทคซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การออกแบบและการคำนวณ

#### 3.1 การออกแบบและการคำนวณหาขนาดของตัวถังของไซโคลน

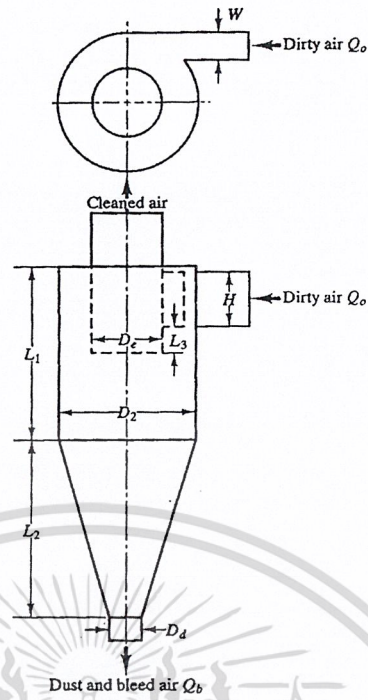
การออกแบบและการคำนวณหาขนาดของตัวถังของไซโคลน ได้ใช้ข้อมูลที่ได้ทำการทดลองและปฏิบัติมาแล้วซึ่งอ้างอิงมาจาก Air Pollution Engineering Manual โดย J.A.Danielson ซึ่งขนาดมาตรฐานของส่วนต่างๆของไซโคลนมีความสัมพันธ์ในรูปของเส้นผ่านศูนย์กลางของไซโคลน ( $D_2$ ) ดังนี้

ความยาวส่วนของทรงกระบอก	$L_1 = 2D_2$
ความยาวส่วนของทรงกรวย	$L_2 = 2D_2$
เส้นผ่านศูนย์กลางของทางออก	$D_c = 0.5D_2$
ความสูงของทางเข้า	$H = 0.5D_2$
ความกว้างของทางเข้า	$B = 0.25D_2$
เส้นผ่านศูนย์กลางทางออกของฝุ่น	$D_d = 0.25D_2$
ความยาวของท่อทางออก	$L_3 = 0.125D_2$

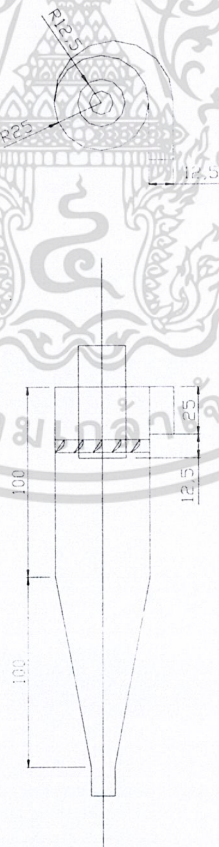
แต่เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ ได้มีการติดตั้งใบพัดภายในไซโคลน ดังนั้นเราจึงได้เพิ่มความยาวของท่อทางออกเป็น  $L_3 = D_2$  เพื่อใช้ในการติดตั้งใบพัดและช่วยในการควบคุมทิศทางการไหลของอากาศที่บำบัดเรียบร้อยแล้ว

จากที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น การออกแบบไซโคลนสำหรับใช้ในการทดลองได้ออกแบบโดยกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไซโคลนเท่ากับ 50 เซนติเมตร ฉะนั้นขนาดของส่วนต่างๆของไซโคลนจึงเป็นดังนี้

ความยาวส่วนของทรงกระบอกเท่ากับ	100	เซนติเมตร
ความยาวส่วนของทรงกรวยเท่ากับ	100	เซนติเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางของทางออกเท่ากับ	25	เซนติเมตร
ความสูงของทางเข้าเท่ากับ	25	เซนติเมตร
ความกว้างของทางเข้าเท่ากับ	12.5	เซนติเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางทางออกของฝุ่นเท่ากับ	12.5	เซนติเมตร
ความยาวของท่อทางออกเท่ากับ	50	เซนติเมตร



รูปที่ 3-1 แสดงขนาดมาตรฐานของไซโคลนที่ทำการออกแบบ



รูปที่ 3-2 แสดงภาพเขียนแบบของไซโคลนที่จะใช้ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การคำนวณหาประสิทธิภาพของไซโคลน

#### 3.2.1 ประสิทธิภาพของไซโคลน คำนวณได้จาก

$$\eta = 1 - \exp - \frac{\rho_p Q d^2 \theta_1}{36 \mu W (r_2 - \sqrt{r_1 r_2}) (r_2 - r_1)}$$

โดย

$$\rho_p = \text{ความหนาแน่นของฝุ่น} \quad \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q = \text{อัตราการไหลของอากาศ} \quad \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$d = \text{เส้นผ่านศูนย์กลางของฝุ่น} \quad \text{m}$$

$$\theta_1 = \text{มุมที่ทำให้เกิดไซโคลนพอดี} \quad \text{rad}$$

$$\mu = \text{ค่าความหนืดสมบูรณ์ของอากาศ} \quad \frac{\text{N.s}}{\text{m}^2}$$

$$W = \text{ระยะพิชของไซโคลน} \quad \text{m}$$

$$r_2 = \text{รัศมีภายนอกของไซโคลน} \quad \text{m}$$

$$r_1 = \text{รัศมีภายในของไซโคลน} \quad \text{m}$$

#### 3.2.2 ระยะพิชของไซโคลน คำนวณได้จาก

$$W = 2\pi r_2 \cot \alpha_2$$

เมื่อ

$$\alpha_2 = \text{มุมทางออกของอากาศที่ใบพัด}$$

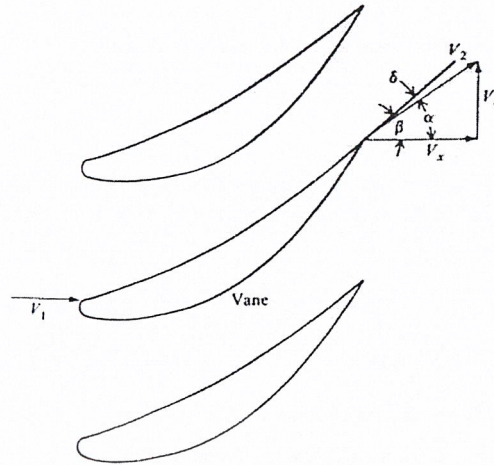
#### 3.2.3 มุมทางออกของอากาศที่ใบพัด คำนวณได้จาก

$$\alpha_2 = \beta_2 - \delta_2$$

เมื่อ

$$\beta_2 = \text{มุมทางออกของใบพัด}$$

$$\delta_2 = \text{มุมเบี่ยงเบนที่ทางออกของใบพัด}$$



รูปที่ 3-3 แสดงลักษณะมุมทางออกของอากาศที่ใบพัด

### 3.3 การคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ

ในการคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศนั้น ได้ใช้ออร์ฟิส(orifice) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดอัตราการไหลของอากาศที่เข้าไซโคลน โดยการหาอัตราการไหลใช้สูตรดังต่อไปนี้

#### 3.3.1 การหาอัตราการไหลโดยมวลของอากาศ

โดย

$$m_a = \alpha A \sqrt{2\gamma h}$$

$m_a$	= อัตราการไหลโดยมวลของอากาศ	$\frac{kg}{s}$
$\alpha$	= ค่าคงที่ของการไหล(coefficient of discharge)=0.75	
$A$	= พื้นที่รูของออร์ฟิส	$m^2$
$g$	= ความเร่ง	$\frac{m^2}{s}$
$\gamma$	= น้ำหนักจำเพาะของอากาศ	$\frac{kg}{m^3}$
$h$	= ความแตกต่างของความดันที่ออร์ฟิส	$mm.H_2O$

และการหาค่า  $\gamma$  หาจาก

$$\gamma_s = 1.293 \frac{P_a - \frac{\phi}{100} P_{w_s}}{760} \frac{273}{T_s} + \frac{\phi}{100} \gamma_{w_s}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย

$$\begin{aligned} \gamma_s &= \text{น้ำหนักจำเพาะของอากาศที่ด้านดูด} && \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ P_a &= \text{ความดันบรรยากาศ} && \text{mm.H}_2\text{O} \\ \phi &= \text{ความชื้นสัมพัทธ์} && \% \\ T_s &= \text{อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าอริฟิส} && \text{K} \\ P_{w_s} &= \text{ความดันของไอน้ำอิ่มตัว} && \text{mm.H}_2\text{O} \\ \gamma_{w_s} &= \text{น้ำหนักจำเพาะของไอน้ำอิ่มตัว} && \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

โดยที่ค่าของ  $P_{w_s}$  และค่าของ  $\gamma_{w_s}$  สามารถหาได้จากตาราง ก ในภาคผนวก และ

$$\gamma = \gamma_s \frac{T_s}{P_a} \frac{P_n}{T_n}$$

โดย

$P_n$  = ความดันบรรยากาศ ณ จุดใดๆ

$T_n$  = อุณหภูมิ ณ จุดใดๆ

การหาอัตราการไหลโดยมวลของอากาศแห้ง หาได้จาก

$$m_{da} = \frac{m_a}{(1 + \omega)}$$

โดย

$\omega$  = อัตราส่วนความชื้น

ซึ่งอัตราส่วนความชื้นหาได้จาก

$$\omega = \frac{0.622 P_v}{P - P_v}$$

โดย

$P_v$  = ความดันของไอน้ำในอากาศ *psia*

$P$  = ความดันบรรยากาศ *psia*

ซึ่งความดันของไอน้ำในบรรยากาศหาจาก

$$P_v = \phi P_{sat}$$

โดย

$P_{sat}$  = ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมินั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การหาอัตราการไหลโดยปริมาตรของอากาศ

$$Q = v \dot{m}_{da}$$

โดย

$Q$  = อัตราการไหลโดยปริมาตรของอากาศ

$$\frac{m^3}{s}$$

$v$  = ปริมาตรจำเพาะของอากาศ

$$\frac{m^3}{kg_{da}}$$

โดยที่ค่าของ  $v$  หาจากไซโครเมตริกชาร์ต (Psychometric Chart) ในภาคผนวก

### 3.4 การออกแบบและการคำนวณหาขนาดและจำนวนของใบพัด

ในการออกแบบใบพัด เพื่อเพิ่มความเร็วในการหมุนของอากาศ ทำให้ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของไซโคลนดีขึ้นนั้น ได้มีการพิจารณามุมองศาของใบพัดระหว่าง 0-90 องศา โดยพิจารณาเป็นช่วงๆ ละ 5 องศา และมุมเบี่ยงเบนที่ทางออกของใบพัดระหว่าง 0-5 องศา โดยพิจารณาทีละ 1 องศา แล้วนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพของไซโคลน จากนั้นจะทำการเลือกมุมองศาของใบพัดและมุมเบี่ยงเบนของใบพัดที่ดีที่สุด เพื่อใช้ในการออกแบบและคำนวณหาขนาด รวมทั้งจำนวนของใบพัดที่จะทำการติดตั้งภายในไซโคลน

โดยในการคำนวณหาประสิทธิภาพของไซโคลนนั้น ได้มีการกำหนดค่าของตัวแปรต่างๆดังต่อไปนี้ โดยให้

$$\beta = 0-90 \text{ องศา}, \delta = 0 \text{ องศา}, \rho_p = 2000 \text{ kg/m}^3$$

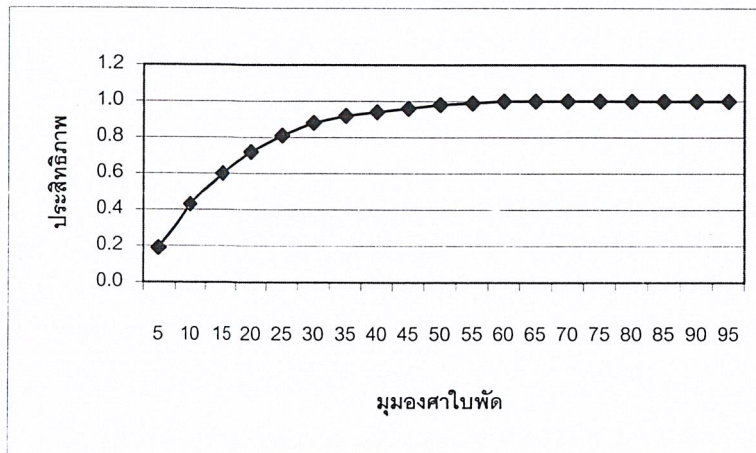
$$\mu = 1.84 \times 10^{-5}, d = 10 \text{ m}, Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$$

ซึ่งนี่คือตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณ โดยคิดที่มุม  $\delta_2 = 2$  องศา

องศาใบพัด	w	$\eta$
0	หาค่าไม่ได้	0.0
10	0.4266	0.2
20	0.7236	0.4
30	0.8781	0.6
40	0.9546	0.8
50	0.9876	1.0
60	0.9982	1.0

ตารางที่ 3-1 แสดงประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณ

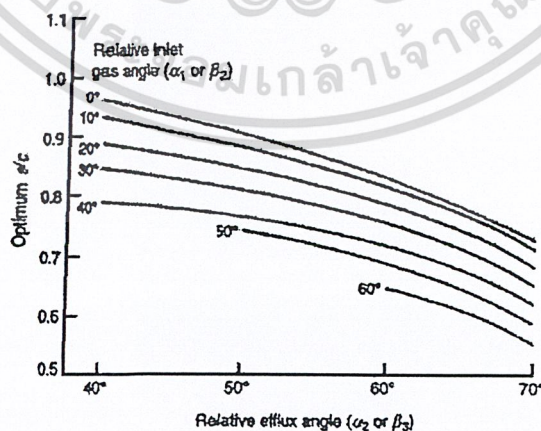
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-4 แสดงกราฟของประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณ

ซึ่งจากที่ได้มีการทดลองคำนวณค่าหาประสิทธิภาพของไซโคลนแล้ว ได้ทำการเลือกมุมที่ใช้ในการออกแบบใบพัดดังนี้  $\delta_2 = 2$  องศา,  $\beta_2 = 65$  องศา และ  $\alpha_2 = 63$  องศา เมื่อนำค่าของมุม  $\alpha_2$  และการทดลองเลือกค่าของมุม  $\alpha_1$  ซึ่งจากรูปเลือกกระยะห่างระหว่างใบพัดและระยะคอร์คระหว่างใบพัดทำให้ได้ค่าระยะห่างระหว่างใบพัดต่อระยะคอร์คของใบพัด  $\frac{S}{c}$  ที่ดีที่สุดคือ  $\frac{S}{c} = 0.73$  ต่อจากนั้นได้เลือกค่าความกว้างของใบพัดต่อระยะคอร์คของใบพัด  $\frac{h}{c}$  คือ  $\frac{h}{c} = 3$  จากที่ได้มีการคำนวณขนาดของไซโคลนไปแล้วนั้น ค่าความกว้างของใบพัดมีค่าเท่ากับระยะรัศมีภายนอกและรัศมีภายในของไซโคลน โดยมีค่าเท่ากับ 12.5 เซนติเมตร

#### CHOICE OF BLADE PROFILE PITCH AND CHORD



รูปที่ 3-5 แสดงกราฟที่ใช้ในการเลือกใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น จึงสามารถคำนวณระยะห่างระหว่างใบพัดได้โดย

$$\frac{12.5}{c} = 3$$

$$\therefore c = 4.2$$

เมื่อได้ระยะคอर्डของใบพัดซึ่งเท่ากับ 4.2 เซนติเมตร มาแล้ว สามารถหาระยะห่างระหว่างใบพัดได้

$$\frac{s}{4.2} = 0.73$$

$$\therefore s = 3.06$$

ดังนั้นระยะห่างระหว่างใบพัดเท่ากับ 3.06 เซนติเมตร จากนั้นจึงคำนวณหาจำนวนใบพัดที่ใช้ในไซโคลน โดยใช้สูตร

$$n = \frac{2\pi r_m}{s}$$

โดย

$n$  = จำนวนของใบพัด

$r_m$  = รัศมีเฉลี่ยของไซโคลน

โดยรัศมีเฉลี่ยของไซโคลนหาจาก

$$r_m = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

$$r_m = \frac{25 + 12.5}{2}$$

$$r_m = 18.75$$

ซึ่งรัศมีเฉลี่ยเท่ากับ 18.75 เซนติเมตร

ดังนั้น หาจำนวนใบพัดได้จาก

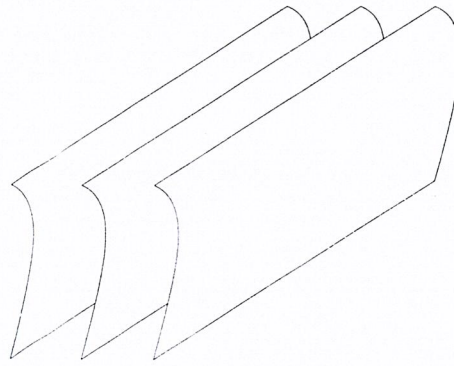
$$n = \frac{2\pi(18.75)}{3.06}$$

$$n = 38$$

เพราะฉะนั้นจำนวนใบพัดที่ใช้ในไซโคลนมีทั้งหมด 38 ใบ

สำหรับในส่วนของคุณภาพใบพัดที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้ทำการสร้างขึ้นมาใหม่ทั้งหมด โดยได้ทำการพัฒนาจากใบพัดชุดเดิม ตามลำดับดังนี้

ใบพัดชุดแรกที่ใช้ในการทดลอง จะมีลักษณะเป็นแบบแผ่นบางเรียบ ไม่มีส่วนของความหนาของใบพัด โดยจะทำหน้าที่เป็น guide vanes



รูปที่ 3-6 แสดงลักษณะใบพัดชุดแรก

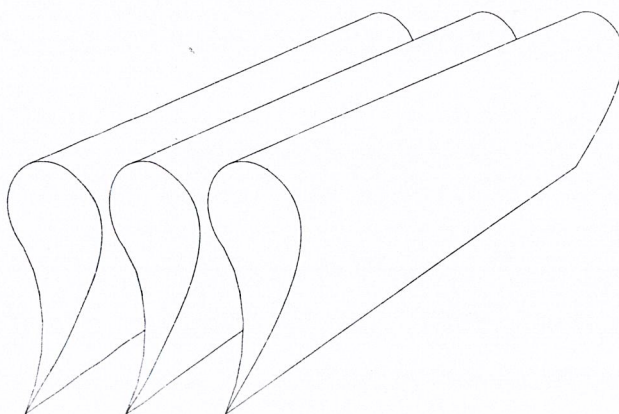
ส่วนใบพัดชุดที่สองนั้น ได้พัฒนาขึ้นมาจากใบพัดชุดแรก ตรงที่ใบพัดจะมีส่วนของความหนาของใบพัดขึ้นมา เพื่อช่วยในการเพิ่มความเร็วของอากาศ แต่จะมีขนาดตามแนวด้านยาวของใบพัดที่ตลอดทั้งใบพัด ทำให้ใบพัดมีช่องให้อากาศไหลผ่านได้น้อย เมื่ออากาศไหลผ่านจะทำให้เกิดการอันของลม ทำให้ได้อัตราการไหลของอากาศที่น้อย นอกจากนี้ยังมีความยาวไม่เท่ากันในแต่ละใบอีกด้วย



รูปที่ 3-7 แสดงลักษณะใบพัดชุดที่สอง

สำหรับใบพัดชุดปัจจุบันที่ใช้ในการทดลองนั้น ได้พัฒนาขึ้นมาจากชุดที่สอง ตรงที่ใบพัดจะมีส่วนของความหนาของใบพัดมากขึ้น เพื่อให้สามารถเพิ่มความเร็วของอากาศได้ดียิ่งขึ้น โดยจะมีลักษณะคล้ายกับรูปหยดน้ำ และจะทำให้ใบพัดมีลักษณะที่เรียวลงตามแนวด้านยาวตลอดทั้งใบพัด เพื่อที่จะช่วยให้ไม่เกิดการอันของอากาศ ทำให้ได้อัตราการไหลของอากาศที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้มีความยาวที่เท่ากันทุกใบอีกด้วย โดยเลือกที่จะทำเป็นใบพัดแบบหล่อจากอะลูมิเนียมเนื่องจากมีน้ำหนักเบา ราคาไม่แพง และสามารถขัดผิวของใบพัดให้เรียบได้ง่าย มีลักษณะคล้ายกับใบพัดที่อยู่กับที่ในส่วนของกังหันแบบแนวแกนของเครื่องยนต์แก๊สเทอร์ไบน์ โดยใช้ใบพัดแบบมุมหัวฉีดคงที่(Constant nozzle angle) คุณลักษณะจริงได้จากรูปที่ 4-5 ถึง 4-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-8 แสดงลักษณะใบพัดชุดที่ใช้ในการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การออกแบบและการทดลอง

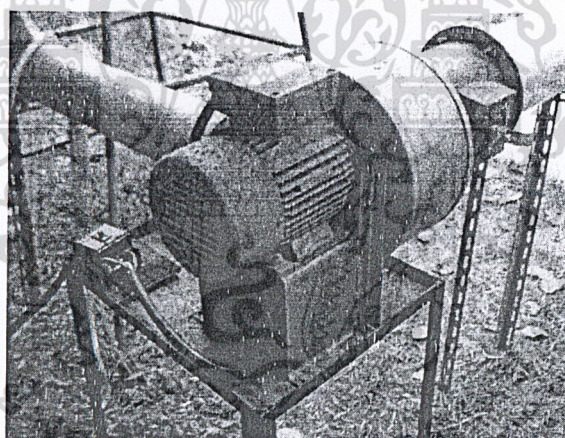
#### 4.1 หลักการออกแบบ

ในการออกแบบใบพัดเพื่อเพิ่มความเร็วในการหมุนของอากาศนั้น จะพิจารณามุมองศาของใบพัดระหว่าง 0-60 องศา โดยพิจารณาเป็นช่วงๆทีละ 10 องศา จากนั้นจะทำการทดลองที่มุมองศาใบพัดที่ต่างๆกันเพื่อหามุมที่เหมาะสม โดยจะวัดปริมาณฝุ่นที่เก็บได้แล้วนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพโดยการใช้สูตรการคำนวณข้างต้นเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากผลการทดลอง และจะทำการทดลองที่อัตราการไหลต่างๆกัน

#### 4.2 ส่วนประกอบของชุดทดลอง

ชุดทดลองที่ใช้ทำการทดลองประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

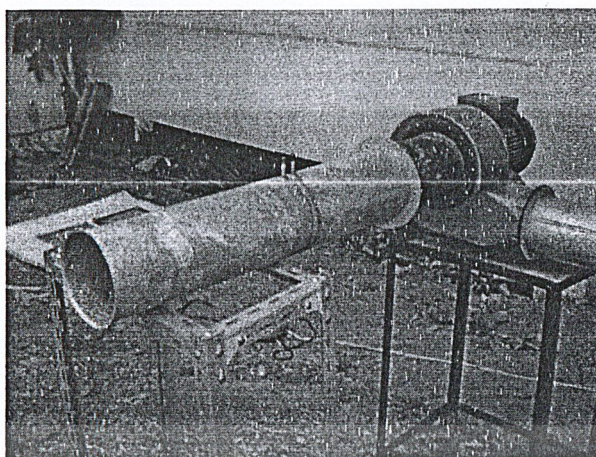
4.2.1 บั๊ม ใช้ในการดูดอากาศเข้าสู่ตัวไซโคลน สำหรับที่ใช้ในการทดลองนั้นมีขนาด 1 แรงม้า และ 7.5 แรงม้า



รูปที่ 4-1 แสดงลักษณะบั๊มที่ใช้ในการทดลอง

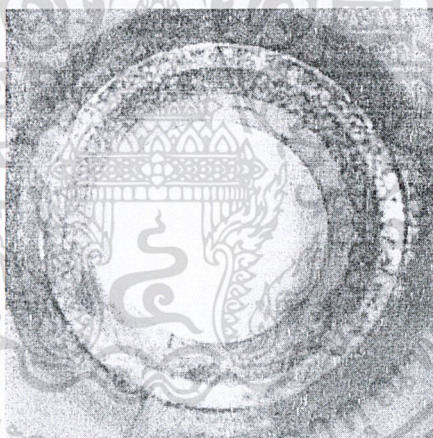
4.2.2 ชุดท่อทางดูด ทำจากเหล็กชุบสังกะสีเบอร์ 18 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร โดยที่ท่อด้านหนึ่งจะทำเป็นลักษณะปากแตรเพื่อลดความสูญเสีย โดยบริเวณทางเข้าปากแตรจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ส่วนปลายอีกด้านจะมีลักษณะเป็นครีบบนเพื่อเกาะยึดกับปากท่อทางดูดของบั๊ม โดยจะมีความกว้างของครีบบน 2.5 เซนติเมตร โดยรอบ ซึ่งจะมีซี่ลวดกันการรั่วซึมอีกชั้นหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-2 แสดงลักษณะท่อทางดูด

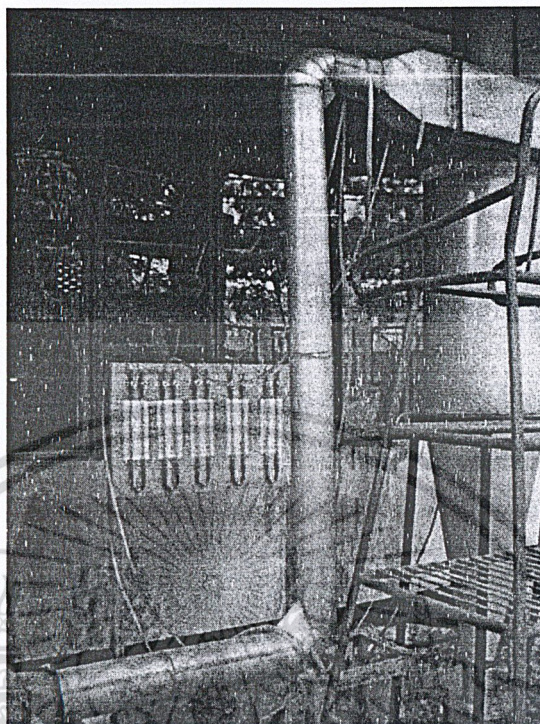
4.2.3 ออร์ฟิส ทำจากเหล็กตันนำมากลึงให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร และมีความหนา 1 เซนติเมตร โดยจะมีความสูงของส่วนที่ยื่นมาจากขอบ 2 เซนติเมตร ความกว้างของส่วนโค้งแต่ละด้านเท่ากับ 0.66 และ 0.34 เซนติเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 4-3 แสดงลักษณะของออร์ฟิส

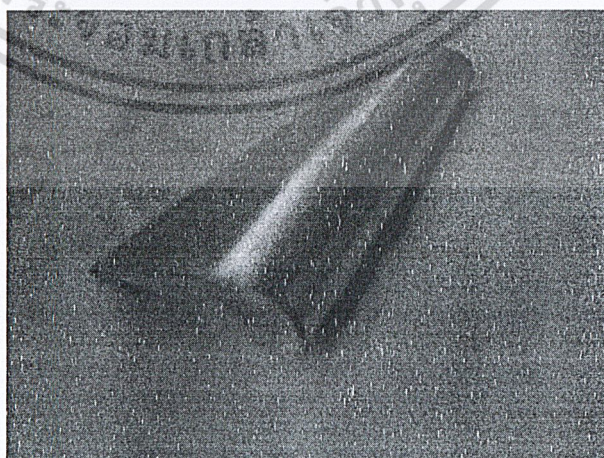
4.2.4 ชุดท่อทางเข้า ทำจากเหล็กชุบสังกะสีเบอร์ 18 ปลายด้านหนึ่งจะต่อเข้ากับท่อทางออกของปั๊มที่ใช้ในการทดลอง โดยจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร และจะมีครีบความกว้าง 2.5 เซนติเมตร โดยรอบเพื่อเจาะยึดกับท่อทางออกของปั๊มซึ่งมีซี่ลยางป้องกันการรั่วของอากาศ ส่วนปลายอีกด้านจะทำเป็นหน้าแปลนลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร และจะมีครีบความกว้าง 2.5 เซนติเมตร โดยรอบเพื่อเจาะยึดกับท่อทางเข้าของตัวไซโคลน โดยมีซี่ลยางป้องกันการรั่วของอากาศเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



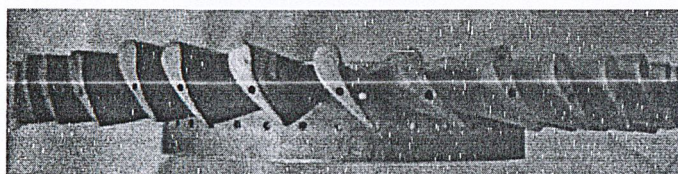
รูปที่ 4-4 แสดงลักษณะของท่อทางเข้า

4.2.5 ไบพัตและปลอกไบพัต ไบพัตทำจากอะลูมิเนียมหล่อให้ได้ขนาดตามที่ได้ทำการออกแบบไว้จำนวนทั้งหมด 38 ไบ โดยจะยึดติดกับปลอกไบพัตซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลมทำจากอะลูมิเนียมความหนา 3 มิลลิเมตร ซึ่งปลอกไบพัตนี้จะเจาะรูทั้งหมด 4 รู เพื่อใช้ยึดตัวปลอกไบพัตและไบพัตเข้ากับท่อทางออกของไซโคลน

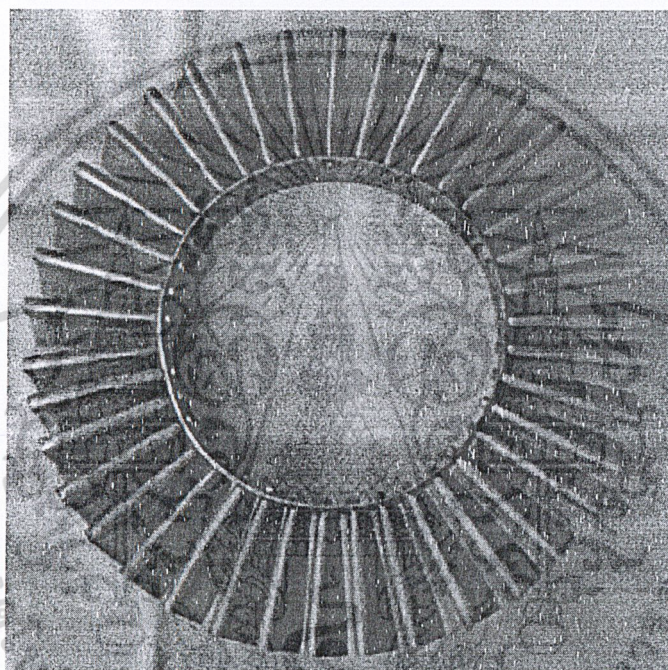


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-5 แสดงลักษณะใบพัดที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4-6 แสดงลักษณะหน้าตัดด้านหน้าของปลอกใบพัดและใบพัดที่ยึดติดกัน



รูปที่ 4-7 แสดงลักษณะหน้าตัดด้านบนของปลอกใบพัดและใบพัดที่ยึดติดกัน

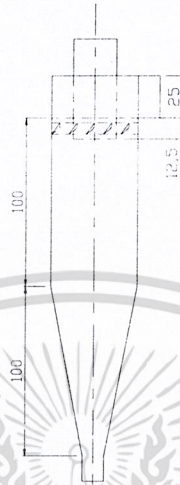
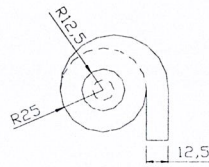
#### 4.2.6 ไซโคลน ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

4.2.6.1 ส่วนหัวของไซโคลน ทำจากเหล็กชุบสังกะสีเบอร์ 18 เป็นที่ยึดของปลอกใบพัดและใบพัด สำหรับขนาดต่างๆจะเป็นดังแสดงในรูปที่ 4-8

4.2.6.2 ส่วนตัวถังไซโคลน ทำจากเหล็กชุบสังกะสีเบอร์ 18 เป็นส่วนที่ต่อมาจากส่วนหัวของไซโคลน ส่วนนี้จะเจาะรูเพื่อทำการวัดความดันตกคร่อมที่จุดต่างๆขณะทำการทดลอง สำหรับขนาดต่างๆจะเป็นดังแสดงในรูปที่ 4-8

4.2.6.3 ภาชนะที่ใช้เก็บฝุ่น มีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกทำจากอะลูมิเนียมหนา 1 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร ซึ่งจะยึดติดกับหน้าแปลนบริเวณท่อด้านล่างของตัวถังไซโคลน

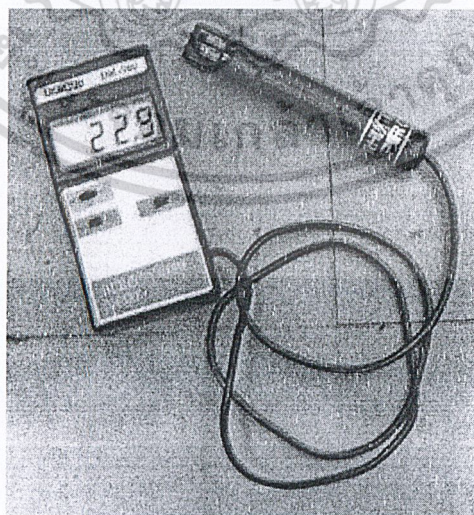
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-8 แสดงขนาดของส่วนต่างๆ ของไซโคส

#### 4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด

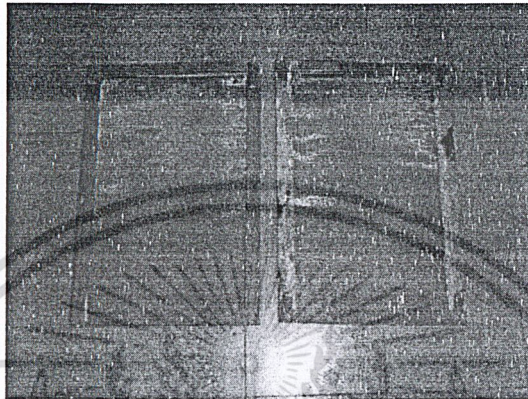
4.3.1 เครื่องวัดอุณหภูมิและวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ขณะที่ทำการทดลอง



รูปที่ 4-9 แสดงลักษณะของเครื่องวัดอุณหภูมิและวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

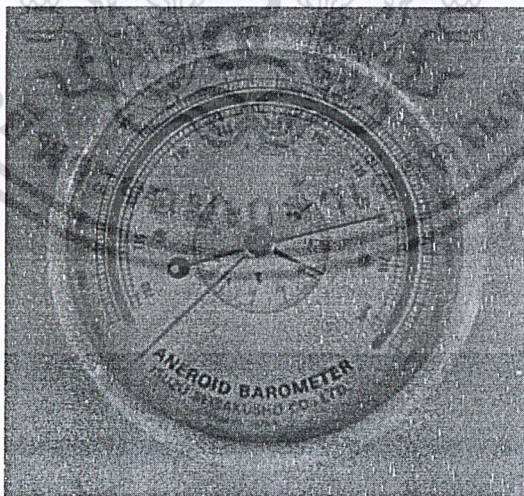
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ตะแกรงคัดเลือกรขนาดฝุ่น ใช้คัดแยกขนาดฝุ่นให้ได้ขนาดต่างๆตามที่ต้องการ โดยมีความละเอียดของตะแกรง 2 ขนาดด้วยกัน คือ ตะแกรงชนิดแรกมีความละเอียด 300 ไมโครเมตร และตะแกรงชนิดที่สองมีความละเอียด 150 ไมโครเมตร ซึ่งจะทำให้เราได้ฝุ่นที่มีขนาดต่างๆกันทั้งหมด 3 ขนาดนำมาใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4-10 แสดงลักษณะของตะแกรงคัดเลือกรขนาดฝุ่น

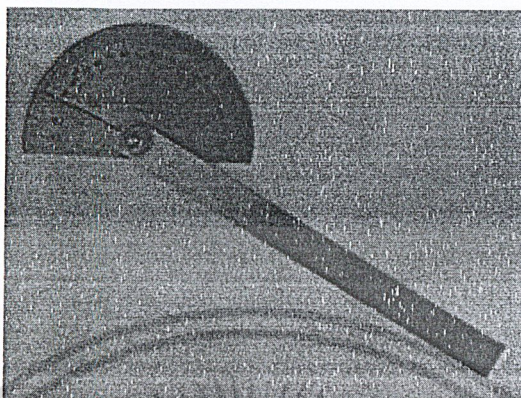
4.3.3 บารอมิเตอร์ ใช้วัดความดันบรรยากาศขณะที่ทำการทดลอง



รูปที่ 4-11 แสดงลักษณะของบารอมิเตอร์

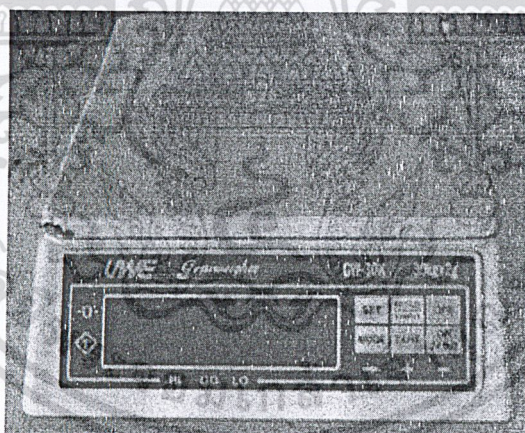
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.4 ตัววัดองศาใบพัด ใช้วัดองศาของมุมใบพัดที่จะทำการทดลอง



รูปที่ 4-12 แสดงลักษณะของตัววัดองศาใบพัด

#### 4.3.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก เป็นเครื่องชั่งแบบดิจิทัลแสดงความละเอียดเป็นกรัม ใช้วัดปริมาณฝุ่นที่เก็บได้ในการทดลองแต่ละครั้ง

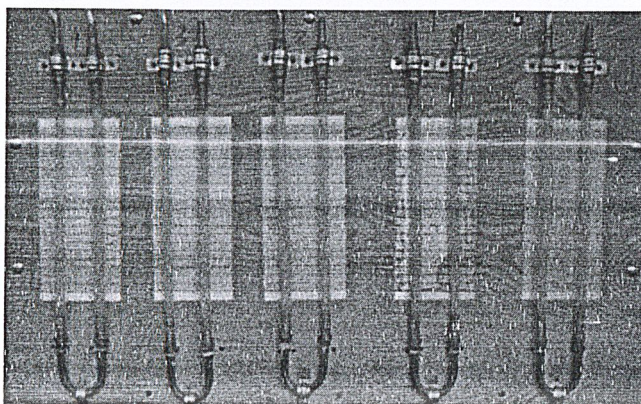


รูปที่ 4-13 แสดงลักษณะของเครื่องชั่งน้ำหนัก

#### 4.3.6 มานอมิเตอร์ ใช้วัดความดันตกคร่อมที่จุดต่างๆทั้งหมด 5 จุด ดังนี้

- 4.3.6.1 ความดันตกคร่อมบริเวณออร์ฟิส
- 4.3.6.2 ความดันตกคร่อมบริเวณทางเข้าไซโคลน
- 4.3.6.3 ความดันตกคร่อมบริเวณก่อนเข้าใบพัด
- 4.3.6.4 ความดันตกคร่อมบริเวณหลังออกจากใบพัด
- 4.3.6.5 ความดันตกคร่อมบริเวณทางออกไซโคลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-14 แสดงลักษณะของมานอมิเตอร์

#### 4.4 ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนของไซโคลอนชนิด Forced Vortex และ Free Vortex จะเริ่มทำการทดลองกับไซโคลอนชนิด Forced Vortex ทำการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ โดยจะเปลี่ยนแปลงทีละค่าแล้วให้อีกค่าคงที่ ซึ่งค่าตัวแปรต่างๆที่ทำการเปลี่ยนแปลงมีดังนี้

4.4.1 อัตราการไหลของอากาศที่เข้าไซโคลอน โดยให้มีอัตราการไหลมากที่สุดในตอนแรก และทำการลดลงโดยการปรับลดอัตราการไหลโดยใช้ Damper

4.4.2 องศาของใบพัด ในการออกแบบใบพัดเพื่อเพิ่มความเร็วในการหมุนของอากาศนั้นเราจะพิจารณามองศาของใบพัดช่วงระหว่าง 0 - 60 องศา โดยปรับเพิ่มทีละ 10 องศา

4.4.3 ทำการทดลองตามข้อ 4.4.1 และ 4.4.2 แต่ใช้ไซโคลอนชนิด Free Vortex แทน

4.4.4 เมื่อทำการทดลองได้ผลการทดลองครบเรียบร้อยแล้ว จะได้นำผลการทดลองไปทำการวิเคราะห์ผลต่อไป

## บทที่ 5

### ผลการทดลอง

สำหรับผลการทดลองนั้นจะนำเสนอในรูปแบบของตารางและกราฟในหน้าถัดไป ดังนี้

ตาราง 5-1 เป็นตารางที่จะแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างใบพัดเดิมกับใบพัดใหม่

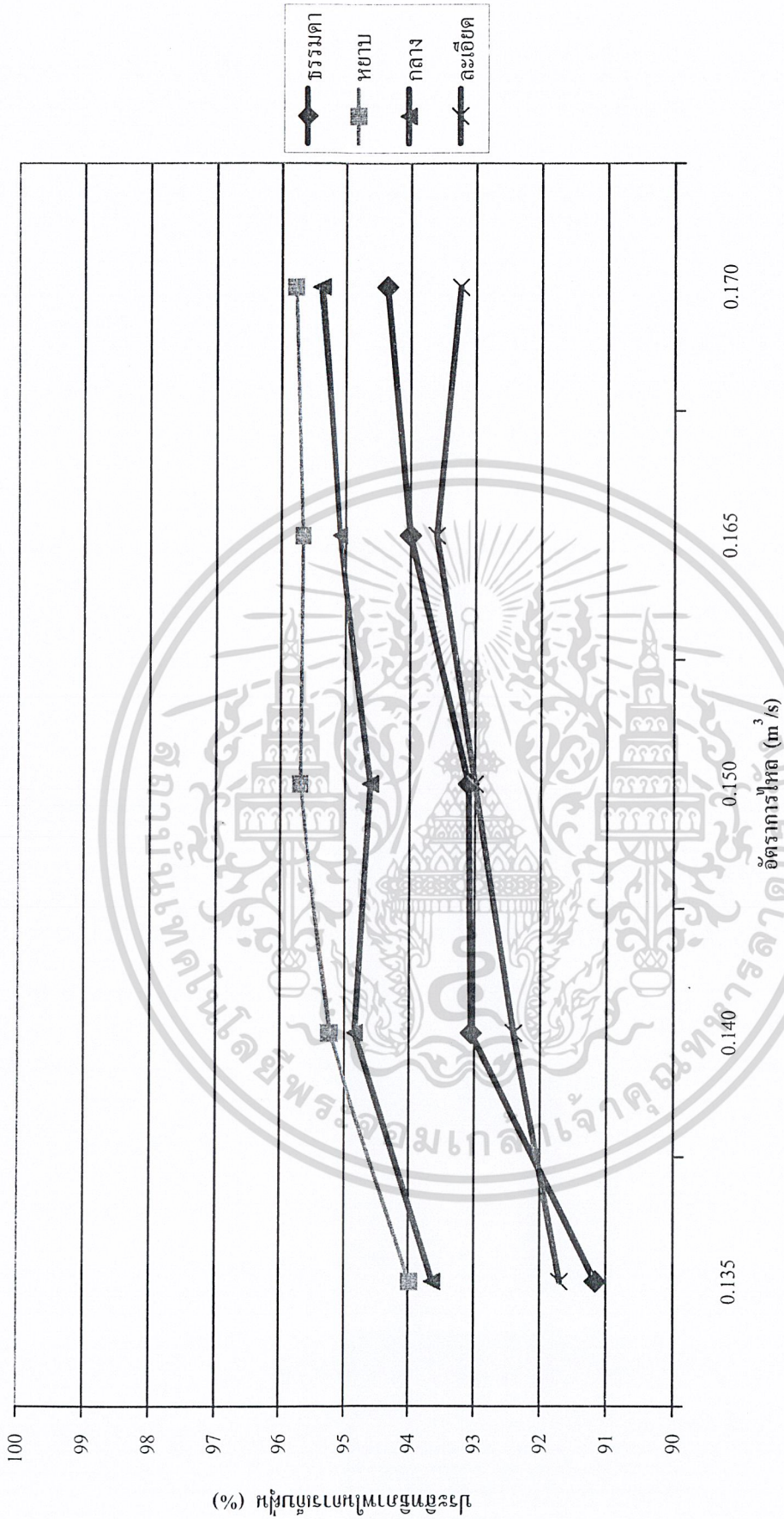
ตาราง 5-2 ถึง 5-7 เป็นตารางแสดงผลการทดลองของ Forced vortex cyclone ที่มีมุมใบพัด 10 ถึง 60 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ และตาราง 5-8 ถึง 5-13 เป็นตารางแสดงผลการทดลองของ Free vortex cyclone ที่มีมุมใบพัด 10 ถึง 60 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ ซึ่งจะแสดงถึงค่าอุณหภูมิและความดันที่จุดต่างๆ และค่าประสิทธิภาพของไซโคลน

รูปที่ 5-1 ถึง 5-6 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพ Forced vortex cyclone ที่มีมุมใบพัด 10 ถึง 60 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ

รูปที่ 5-7 ถึง 5-12 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพ Free vortex cyclone ที่มีมุมใบพัด 10 ถึง 60 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ

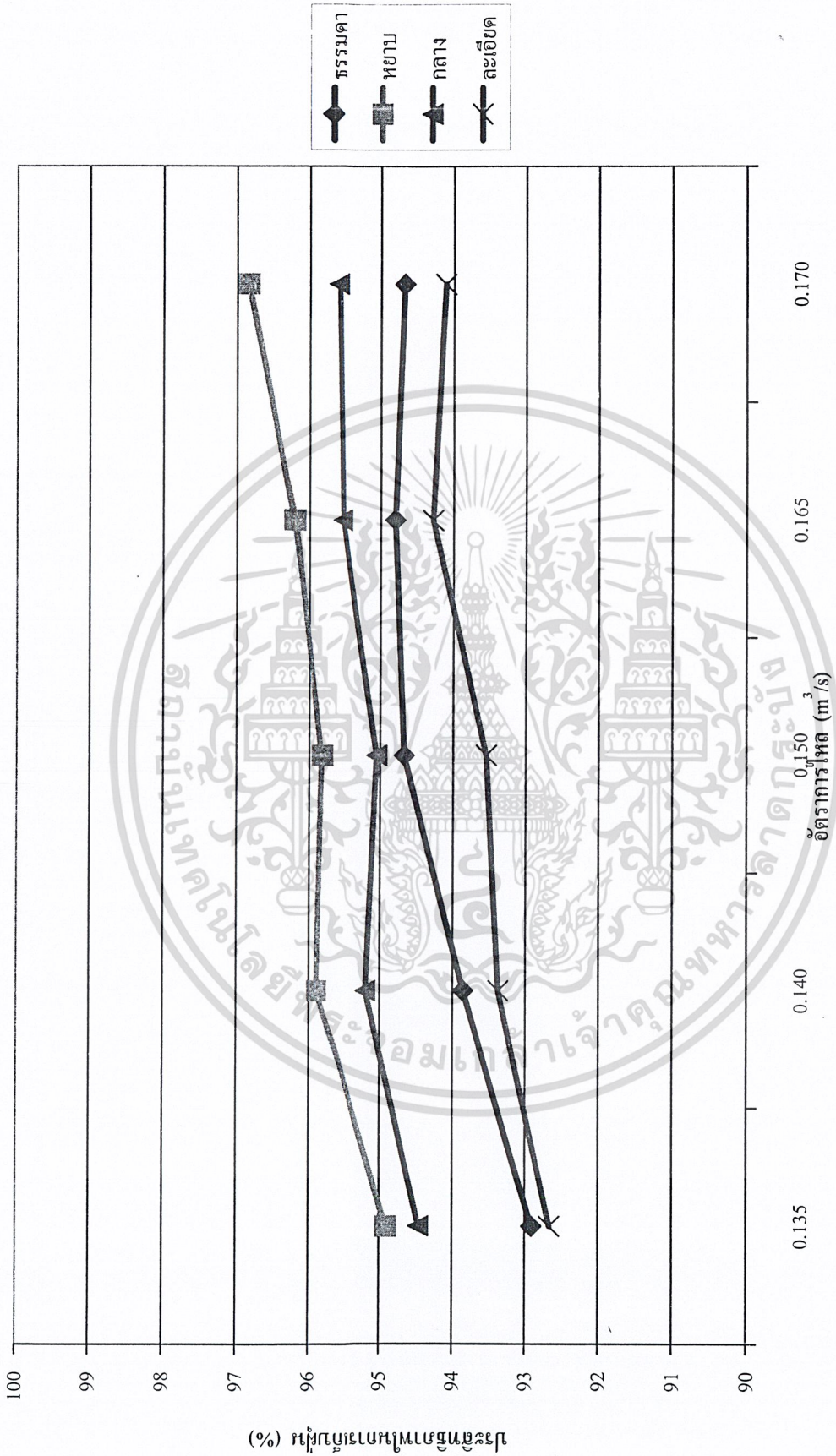
รูปที่ 5-12 ถึง 5-16 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพของไซโคลนชนิด Forced vortex cyclone และ Free vortex cyclone ที่มีมุมองศาใบพัดและอัตราการไหลต่างๆ

รูปที่ 5-17 ถึง 5-22 เป็นกราฟแสดงประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นทางทฤษฎีของไซโคลนที่มีมุมใบพัด 10 ถึง 60 องศา ที่อัตราการไหลของอากาศต่างๆ



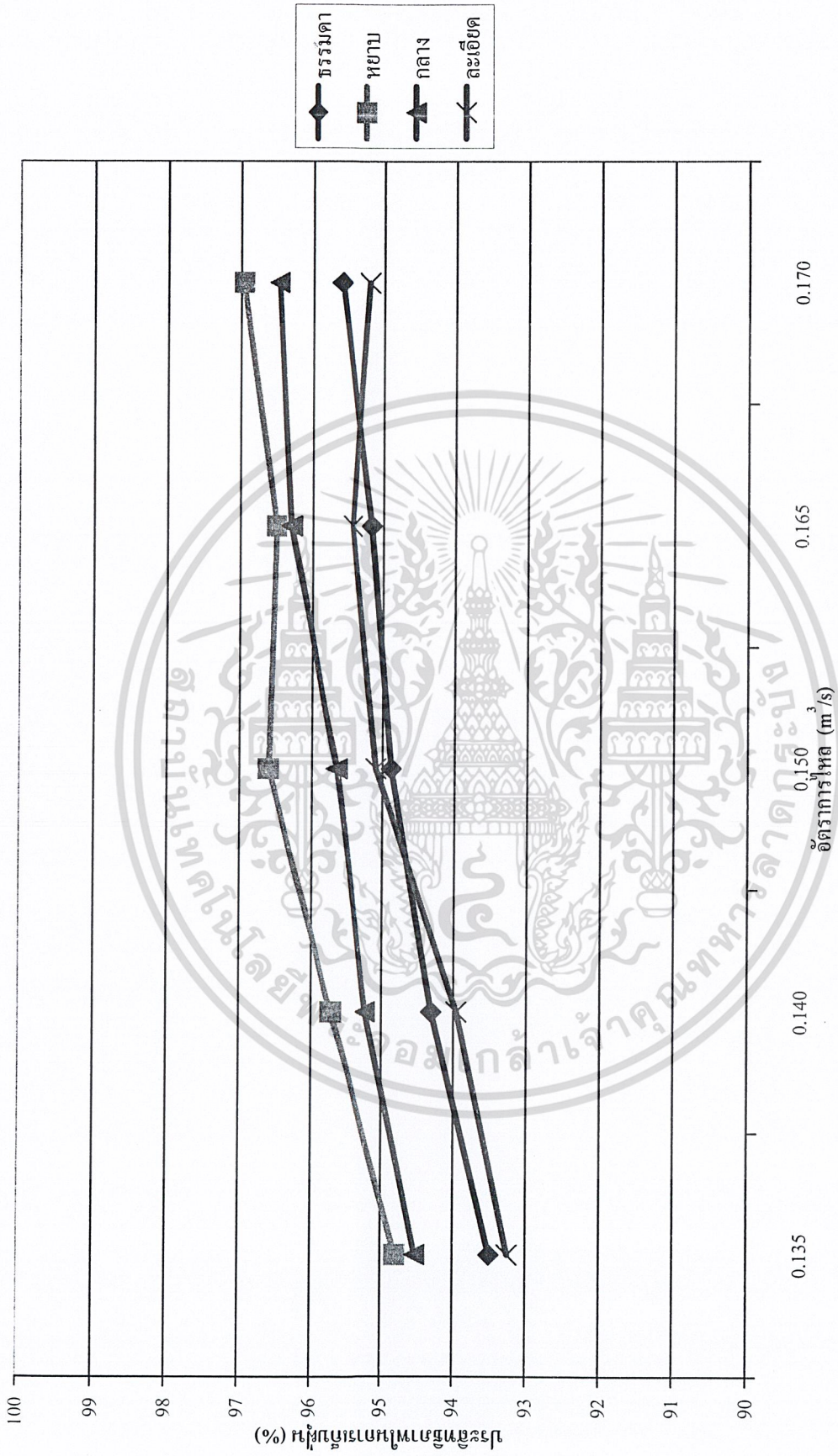
รูปที่ 5 - 1 แสดงกราฟประสิทธิภาพ Forced Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 10 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



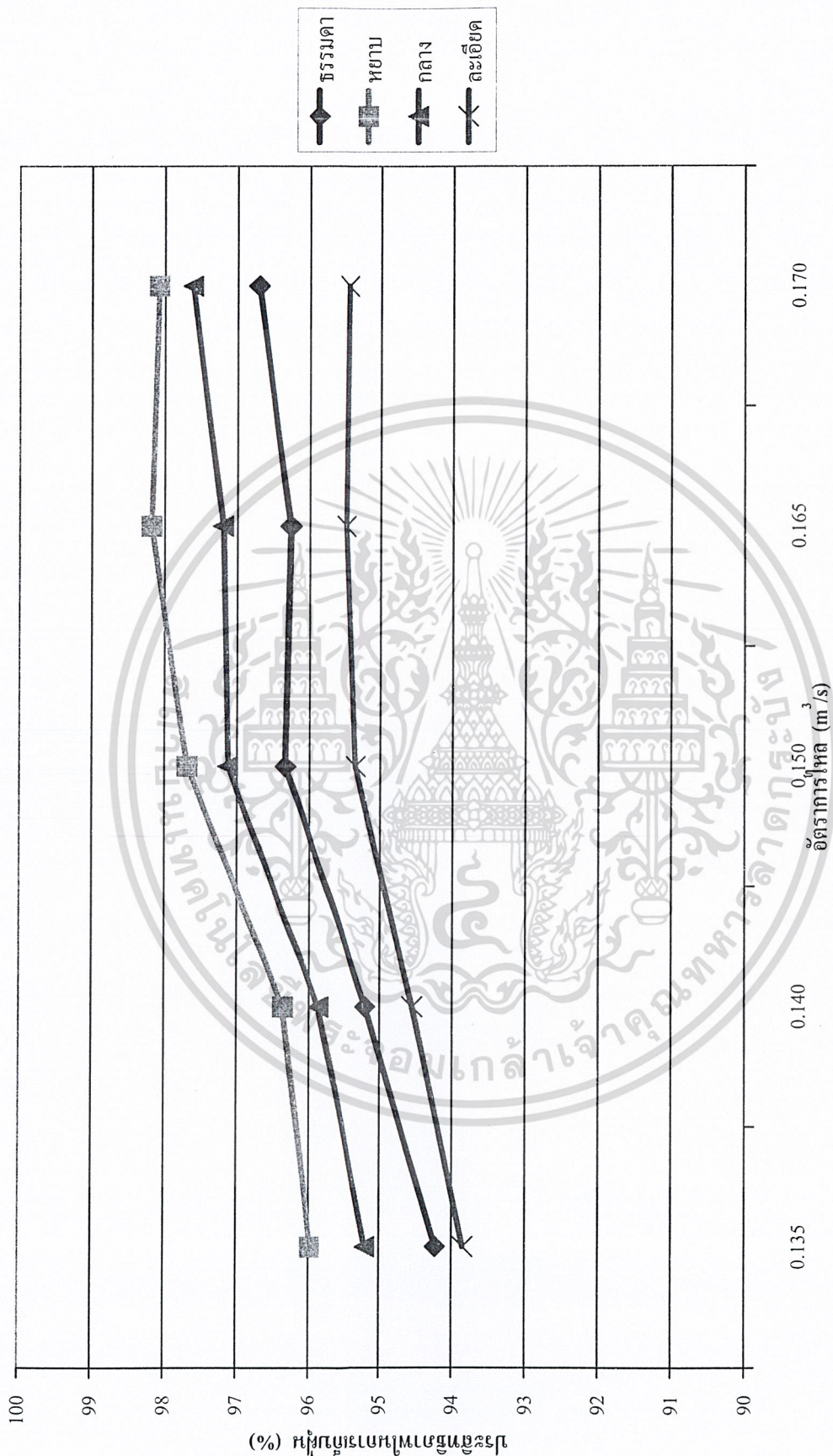
รูปที่ 5 - 2 แสดงกราฟประสิทธิภาพ Forced Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 20 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-3 แสดงกราฟประสิทธิภาพ Forced Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 30 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



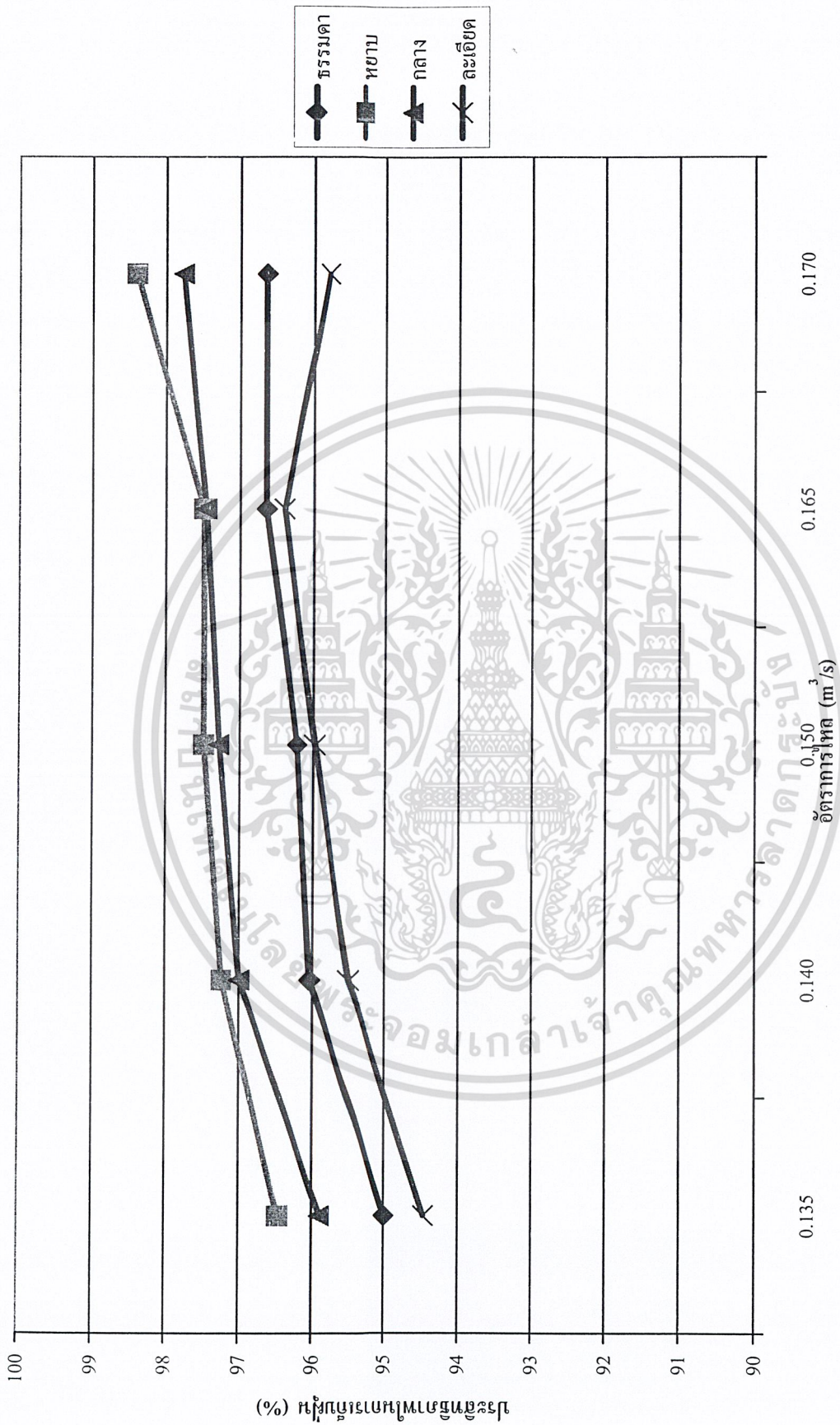
รูปที่ 5 - 4 แสดงกราฟประสิทธิภาพ Forced Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 40 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



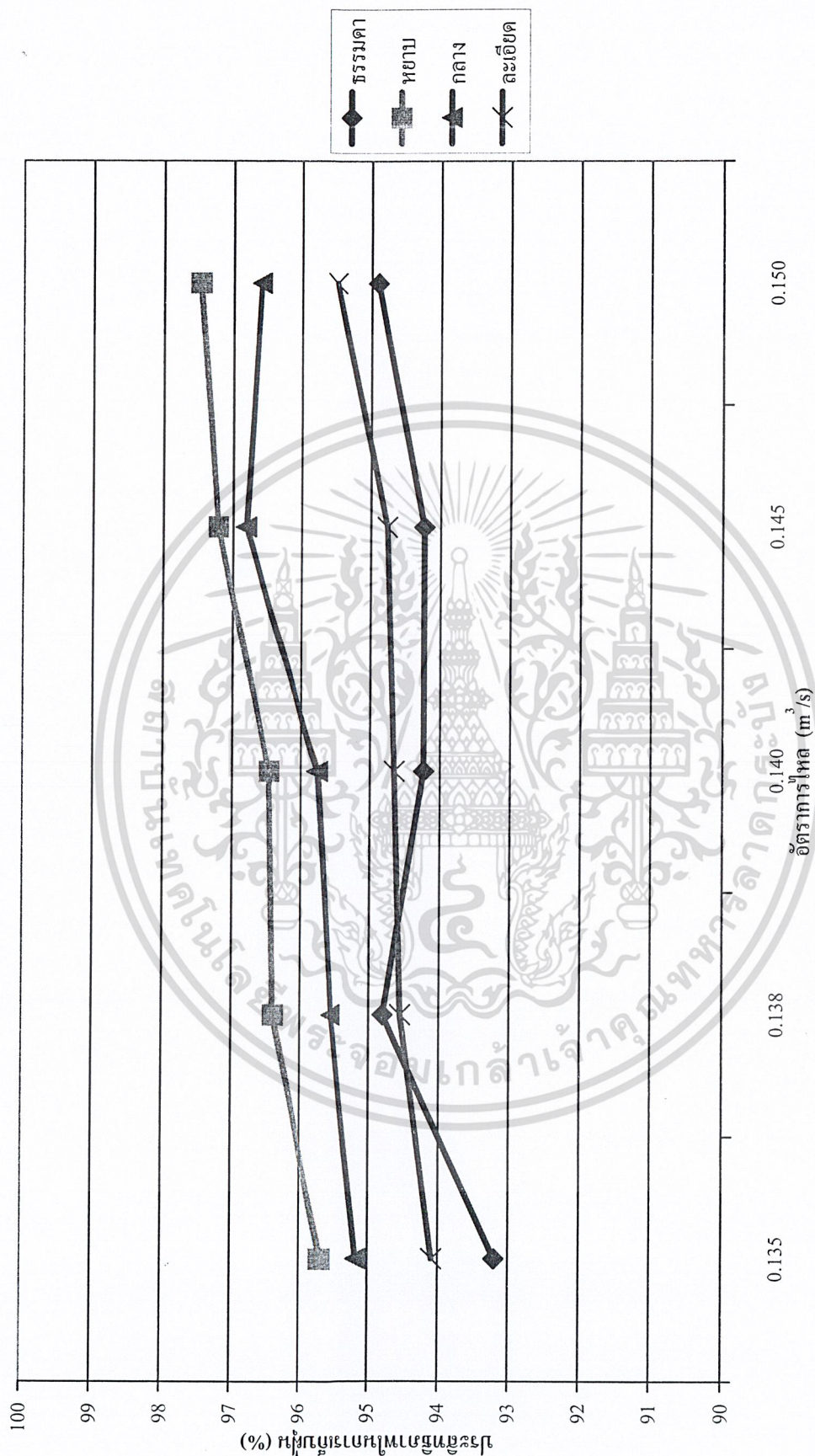
รูปที่ 5-5 แสดงประสิทธิภาพ Forced Vortex Cyclone ที่มุมพัด 50 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



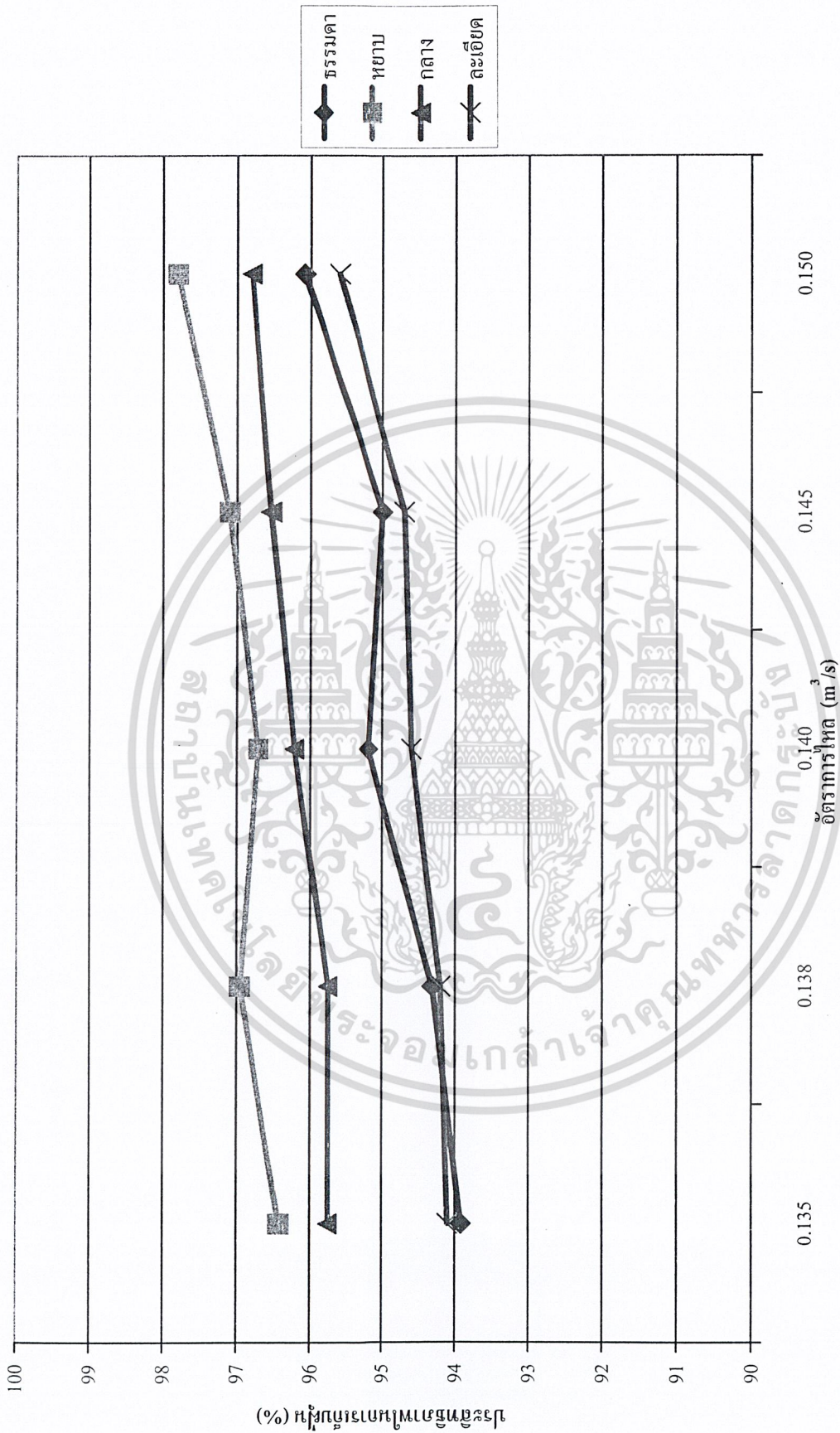
รูปที่ 5-6 แสดงกราฟประสิทธิภาพ Forced Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



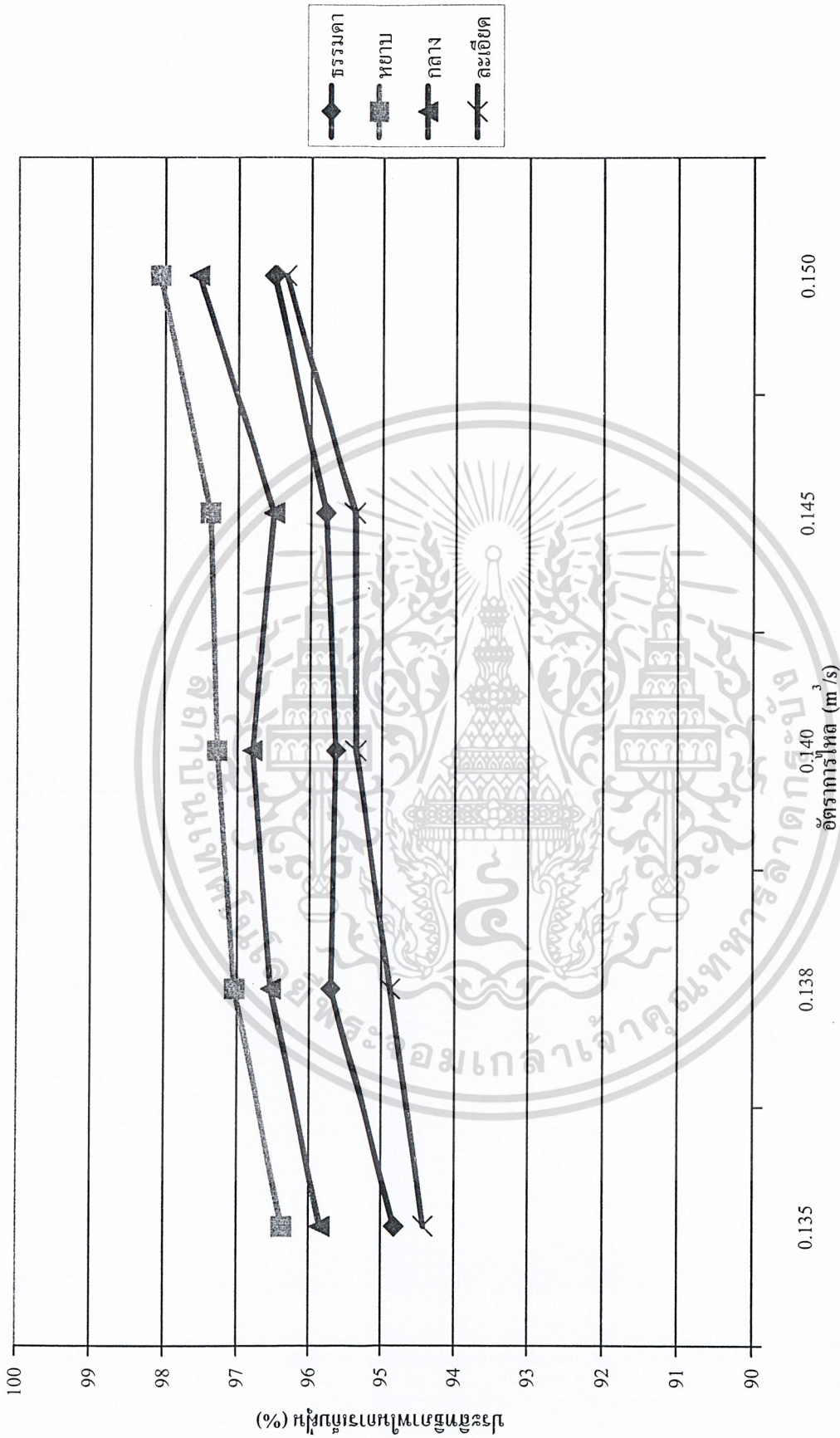
รูปที่ 5 - 7 แสดงกราฟประสิทธิภาพ Free Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 10 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-8 แสดงกราฟประสิทธิภาพ Free Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 20 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 - 9 แสดงกราฟประสิทธิภาพ Free Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 30 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



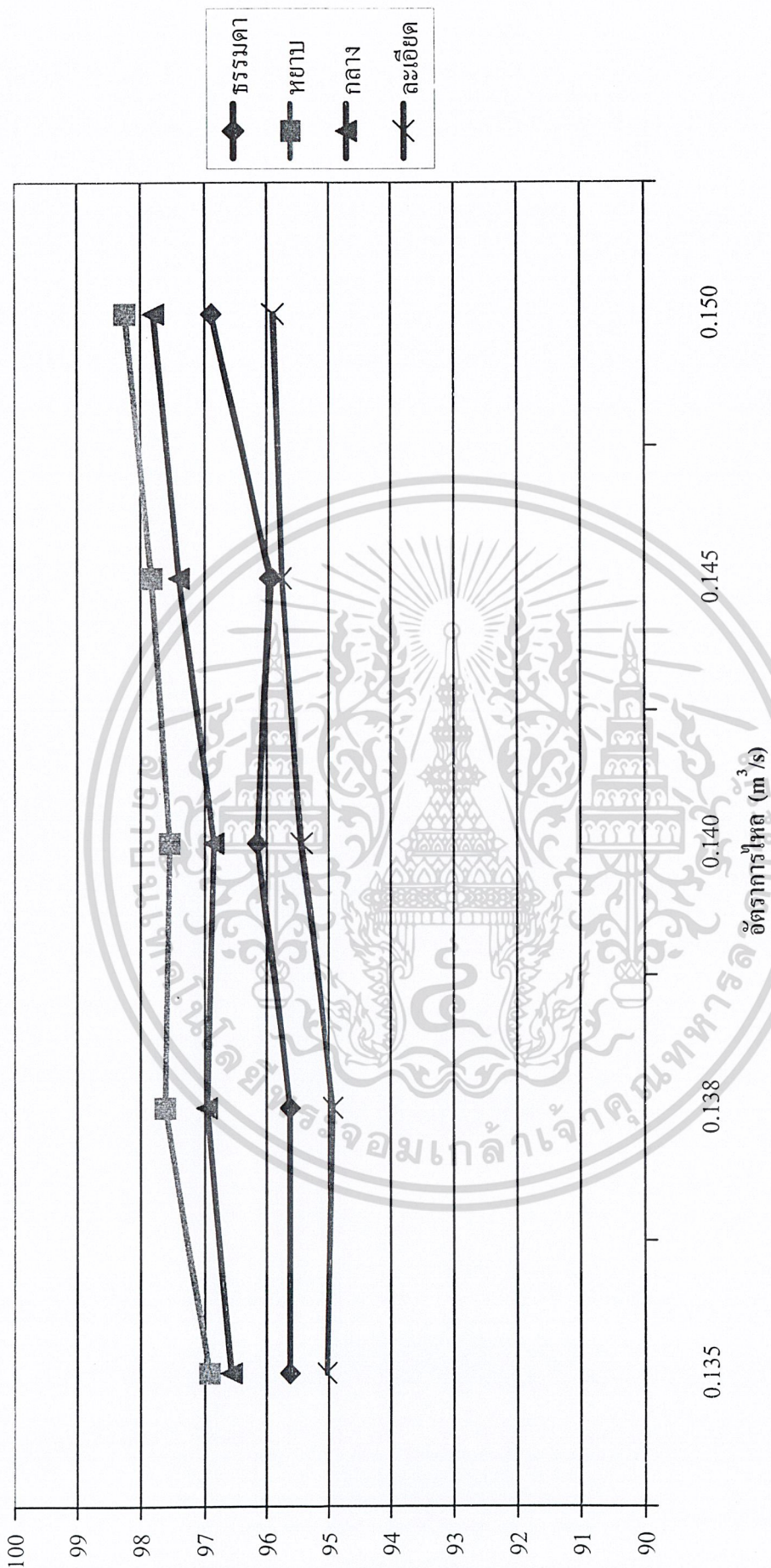
รูปที่ 5-10 แสดงกราฟประสิทธิภาพ Free Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 40 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



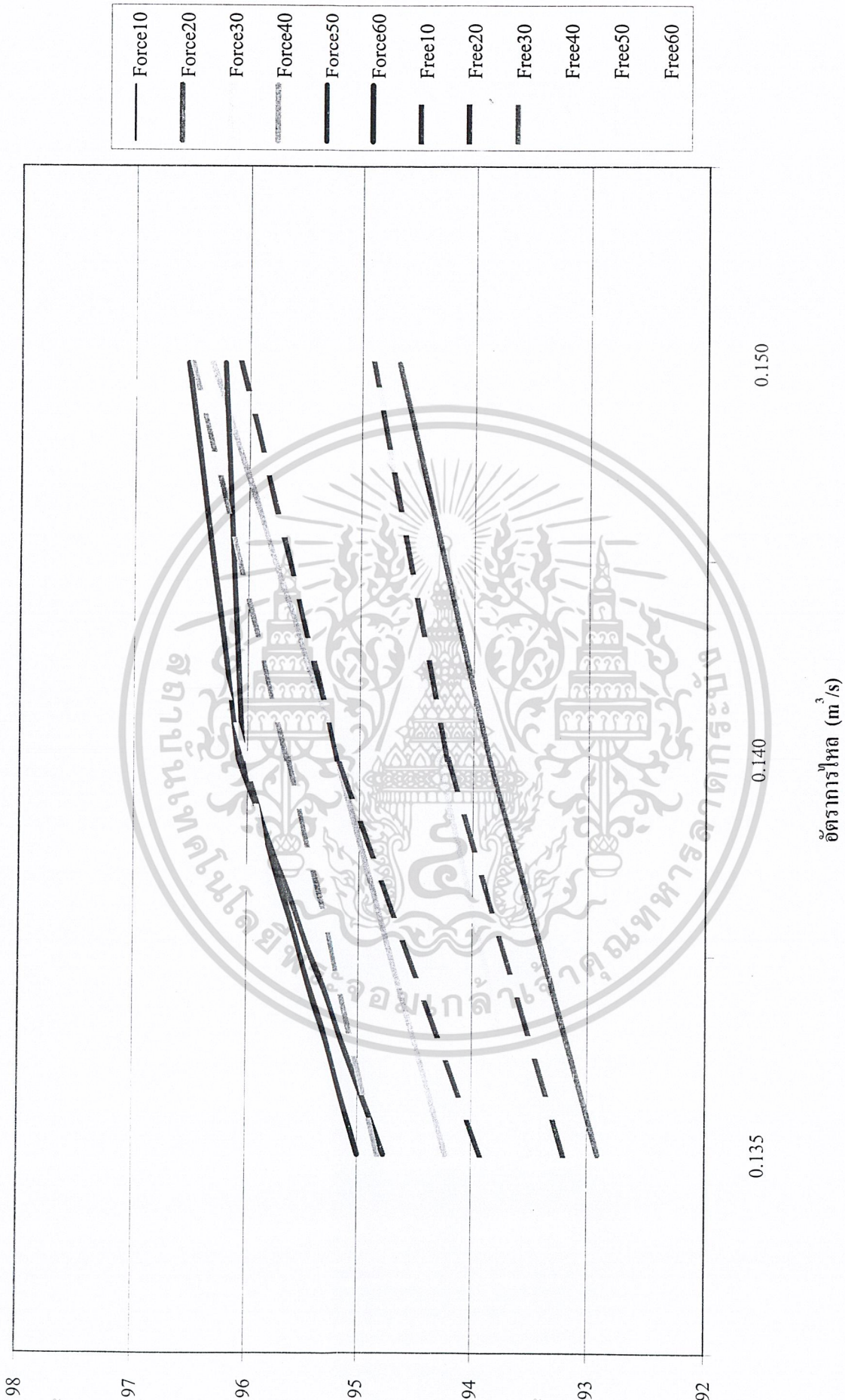
รูปที่ 5 - 11 แสดงกราฟประสิทธิภาพ Free Vortex Cyclone ที่มีใบพัด 50 องศา

(%) ฝุ่นที่ถูกระบายออกมา  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



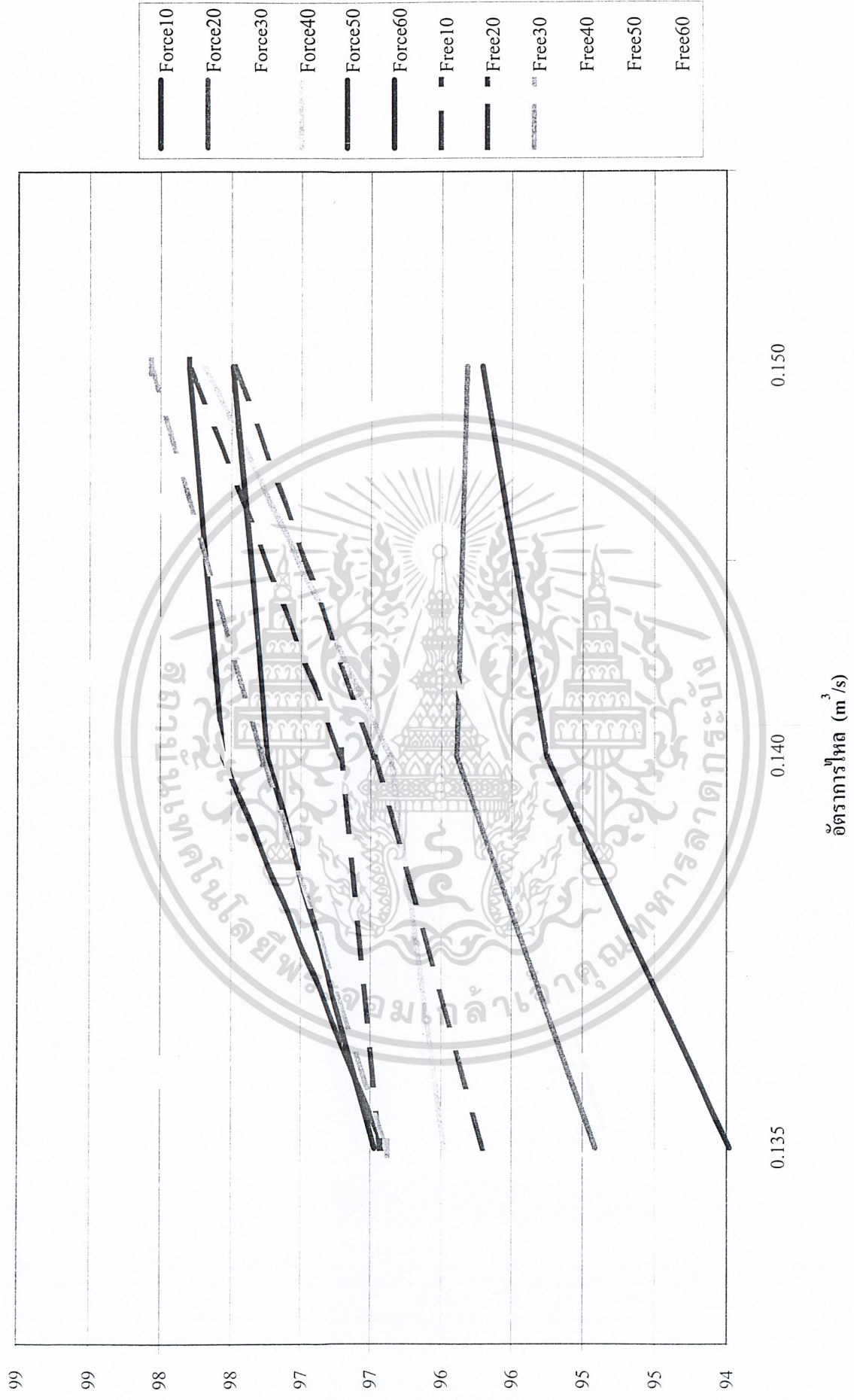
รูปที่ 5 - 12 แสดงกราฟประสิทธิภาพ Free Vortex Cyclone ที่มุมใบพัด 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เฉพาะในโครงการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



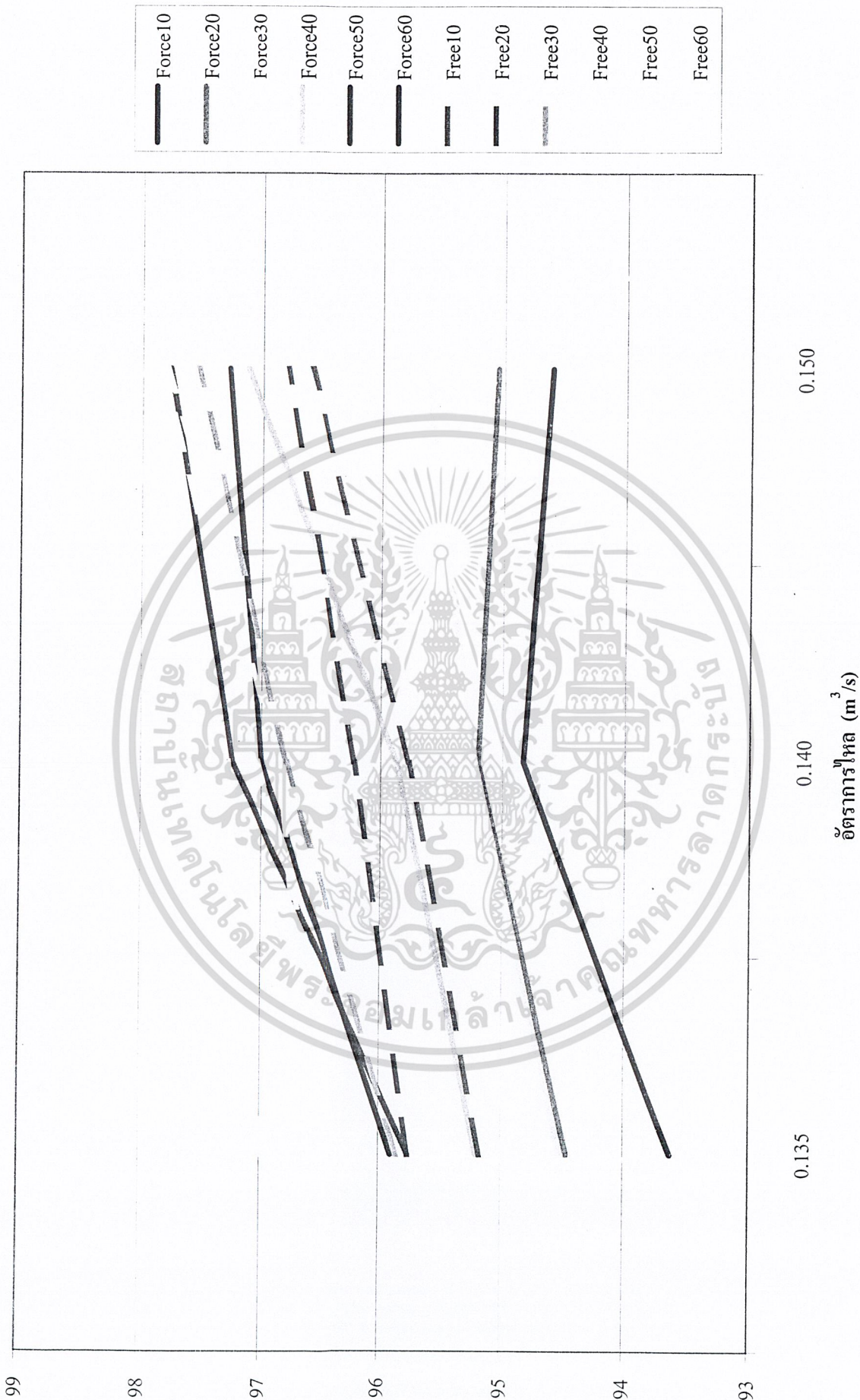
รูปที่ 5 - 13 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นธรรมชาติของไซโคลนที่มีมุมใบพัดและอัตราการไหลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน (%) ที่ผู้เผยแพร่เผยแพร่เอกสารเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



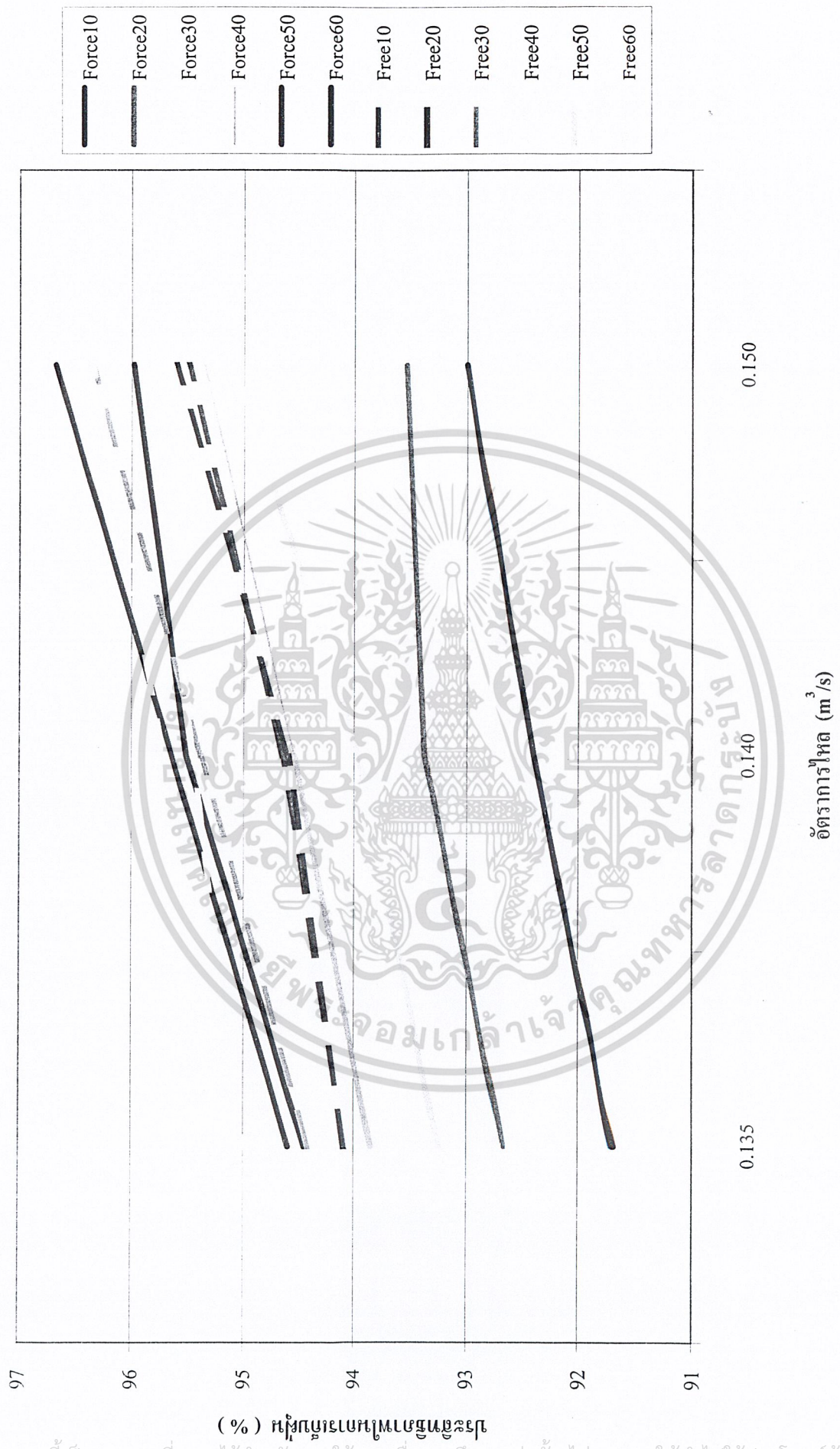
รูปที่ 5 - 14 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการเก็บผู้หมยบายของไซโคลนที่มุมใบพัดและอัตราการไหลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ (%) ผู้ที่พิมพ์เอกสารนี้ไปใช้นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



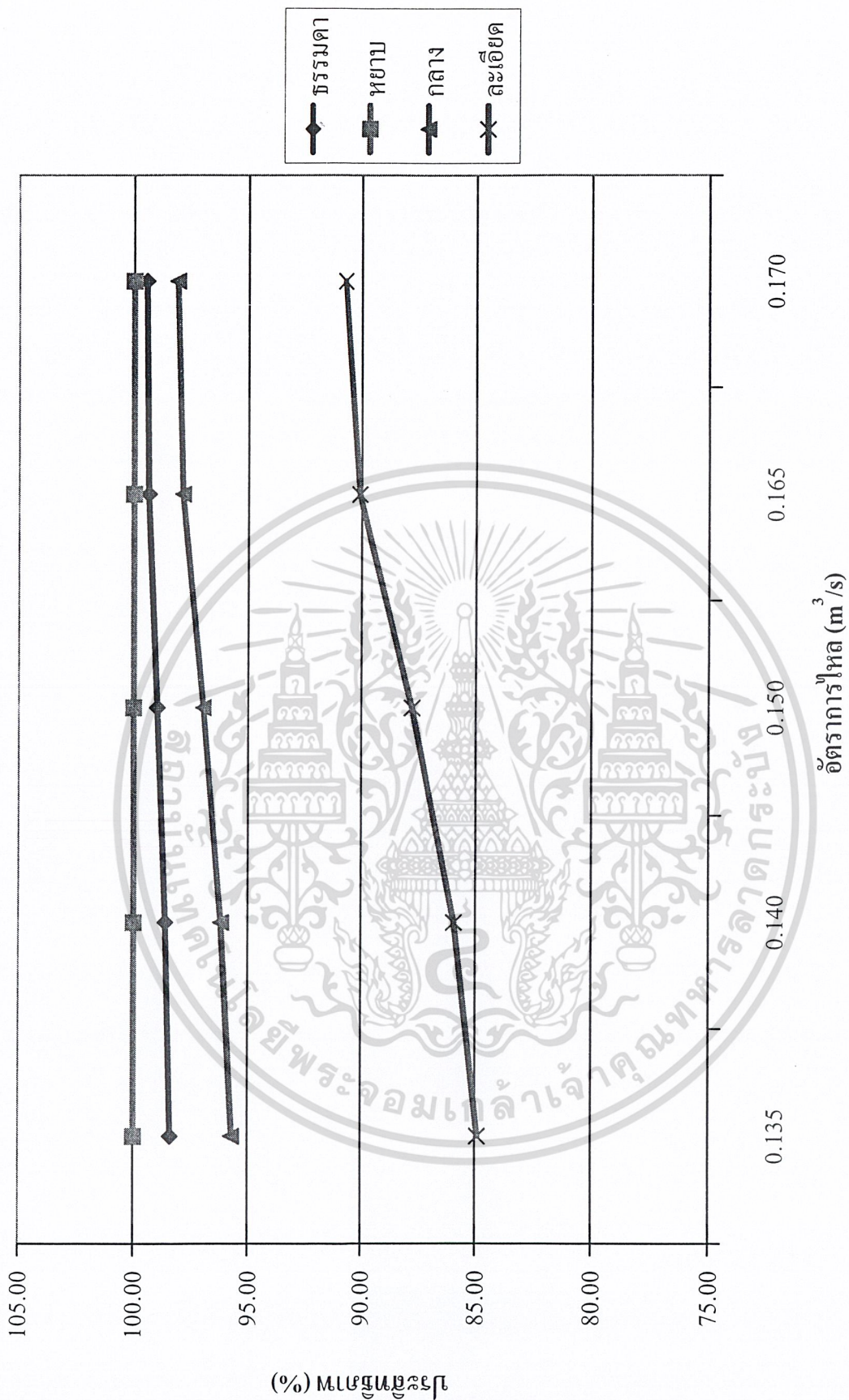
รูปที่ 5 - 15 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นกลางของไซโคลนที่มีมุมใบพัดและอัตราการไหลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ (%) ผู้เผยแพร่เผยแพร่เอกสารนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



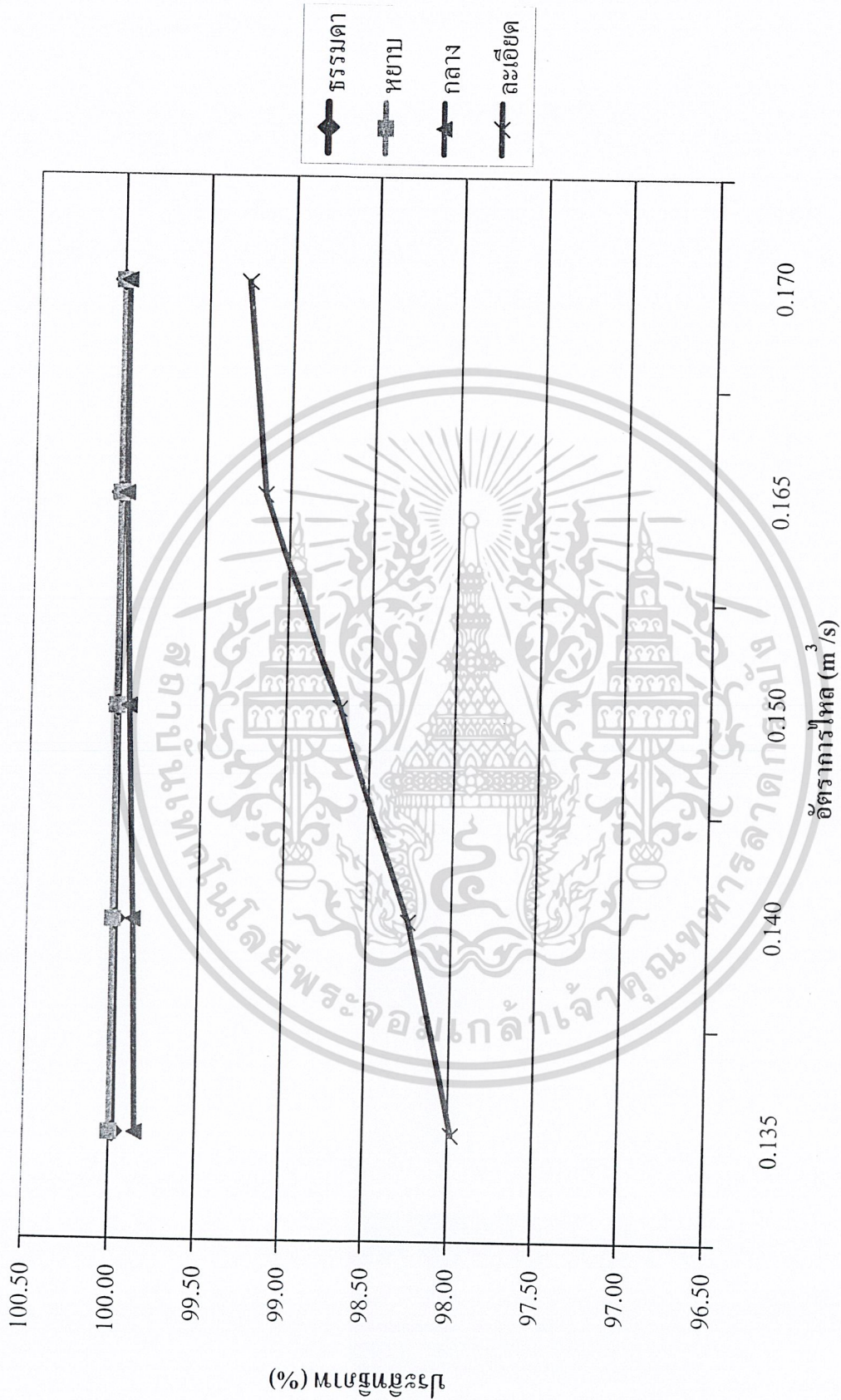
รูปที่ 5 - 16 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นละเอียดของไซโคลนที่มีมุมใบพัดและอัตราการไหลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



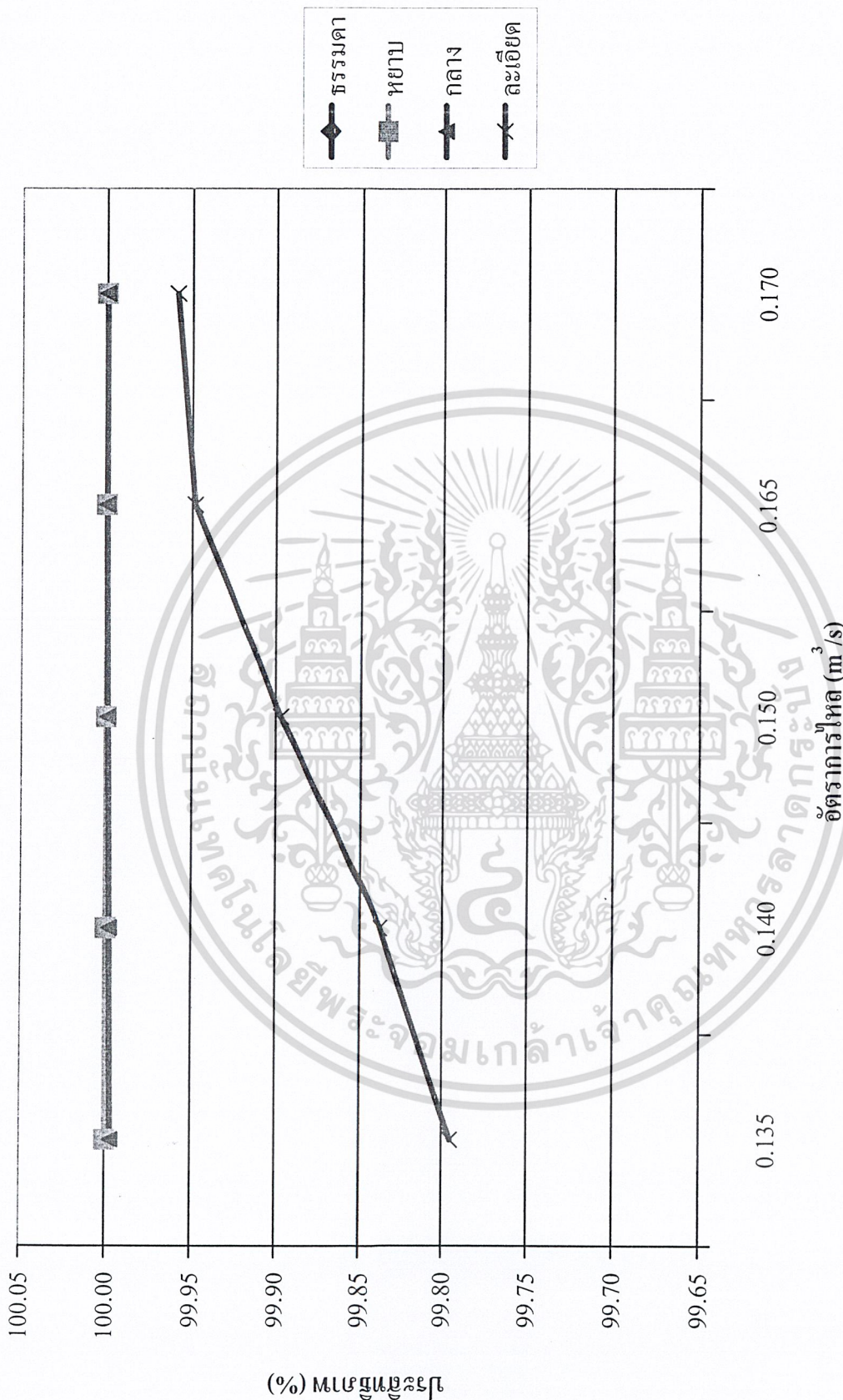
รูปที่ 5-17 แสดงประสิทธิภาพทางกายภาพของไซโคลนที่มุมใบพัด 10 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



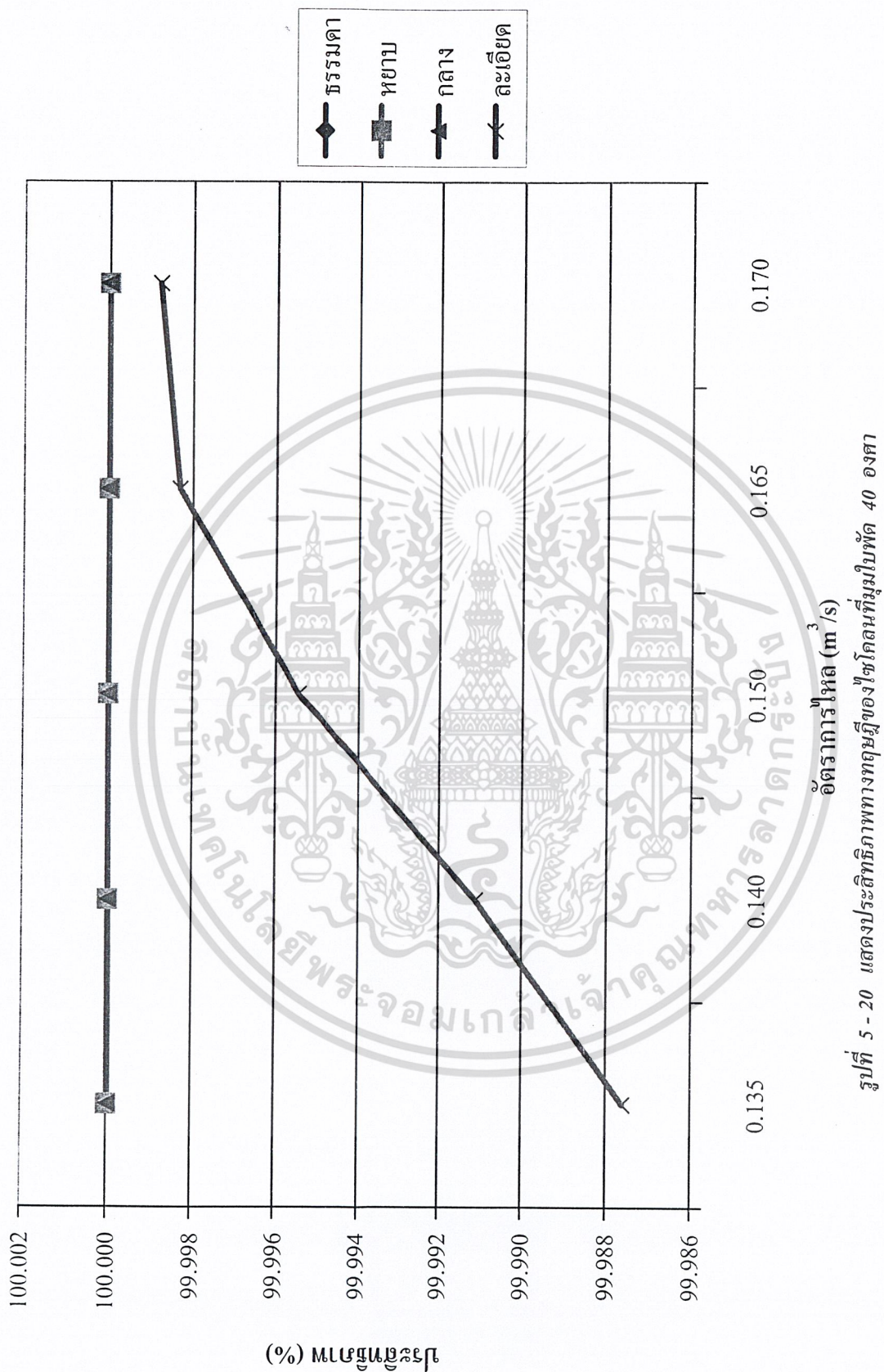
รูปที่ 5 - 18 แสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎีของไซโคลนที่หมุนใบพัด 20 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



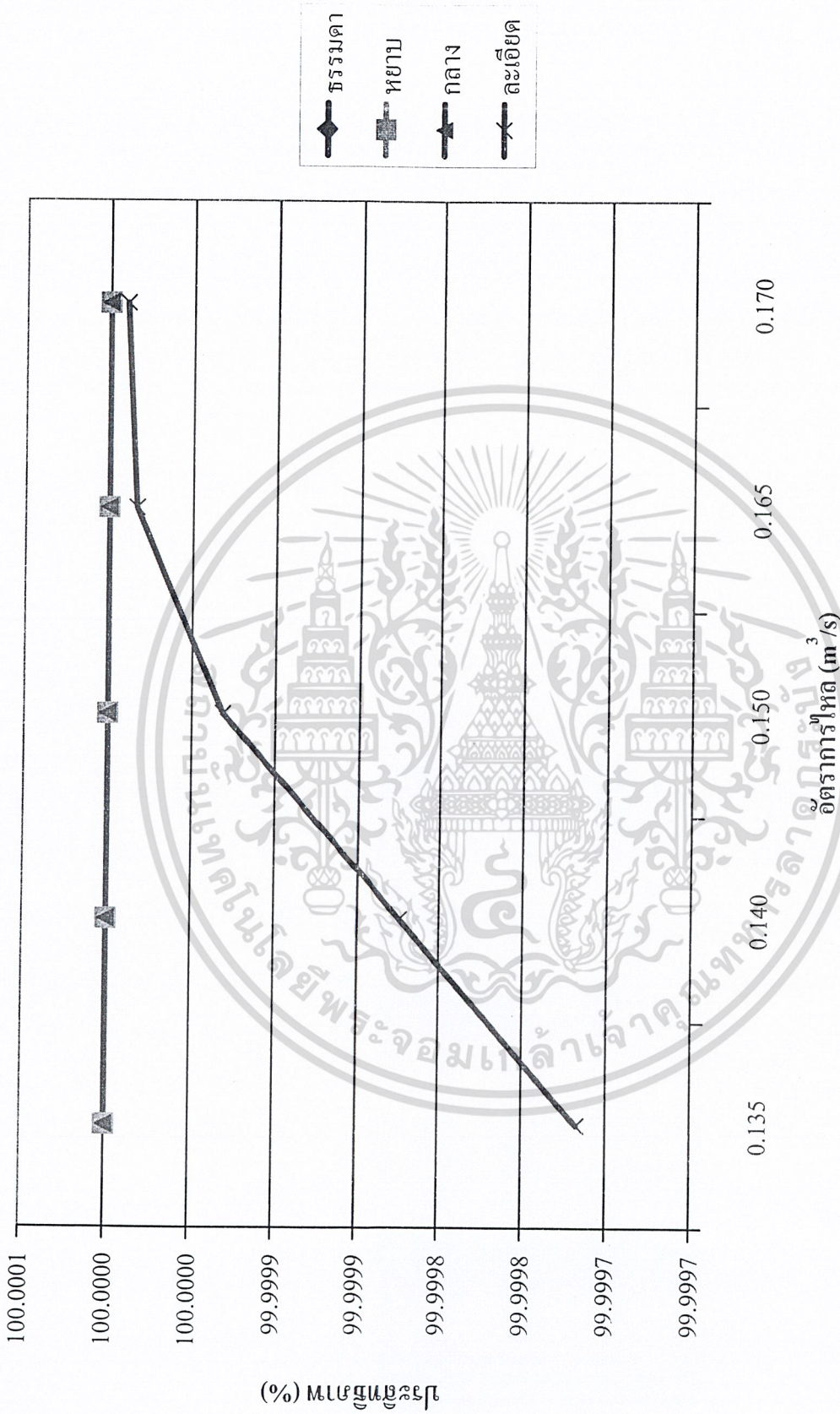
รูปที่ 5 - 19 แสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎีของไซโคลนที่มุมไบพัด 30 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



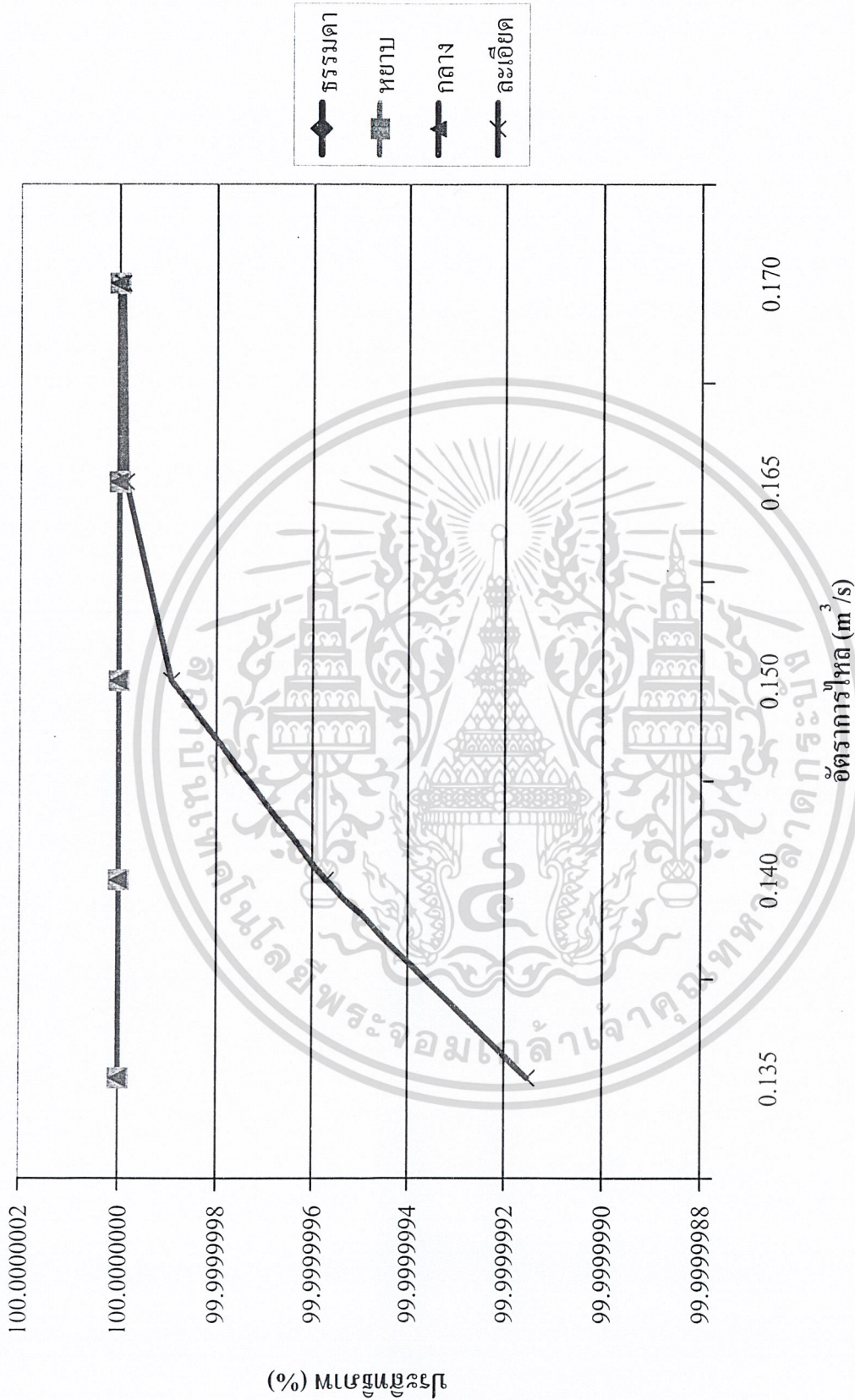
รูปที่ 5 - 20 แสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎีของไซโคลนที่มีมุมใบพัด 40 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-21 แสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎีของไซโคลนที่มุมใบพัด 50 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 - 22 แสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎีของไซโคลนที่หมุนรอบที่ 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมใบพัด	ขนาดฝุ่น	ประสิทธิภาพ	ประสิทธิภาพ
(องศา)		ใบพัดเดิม (%)	ใบพัดใหม่ (%)
10	ธรรมดา	84.50	95.80
	หยาบ	88.00	95.40
	กลาง	84.00	94.36
	ละเอียด	76.00	93.24
20	ธรรมดา	91.50	94.67
	หยาบ	94.50	96.84
	กลาง	92.00	96.50
	ละเอียด	85.50	94.11
30	ธรรมดา	93.00	95.60
	หยาบ	96.50	96.96
	กลาง	94.00	96.47
	ละเอียด	92.50	95.20
40	ธรรมดา	94.00	96.71
	หยาบ	97.00	98.08
	กลาง	95.50	97.62
	ละเอียด	93.00	95.45
50	ธรรมดา	95.50	97.53
	หยาบ	97.00	98.80
	กลาง	95.00	98.20
	ละเอียด	94.50	96.80
60	ธรรมดา	81.50	96.64
	หยาบ	85.50	98.40
	กลาง	80.50	97.77
	ละเอียด	82.50	95.78

ตาราง 5-1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นระหว่างใบพัดเดิมกับใบพัดใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหล	ขนาดฝุ่น	T <sub>บรรยากาศ</sub>	P <sub>บรรยากาศ</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>N</sub>	T <sub>DB</sub>	T <sub>WB</sub>	$\Delta P_{ORIFICE}$	$\Delta P_1$ ก่อนเข้าไซโคลน	$\Delta P_2$ ก่อนเข้าใบพัด	$\Delta P_3$ หลังออกใบพัด	$\Delta P_4$ หลังออกไซโคลน	$\eta$
m <sup>3</sup> /s		°C	Bar	°C	°C	°C	°C	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(%)
0.135	ธรรมดา	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	91.16
	หยาบ	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	93.98
	กลาง	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	93.63
	ละเอียด	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	91.70
0.140	ธรรมดา	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	93.05
	หยาบ	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	95.25
	กลาง	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	95.10
	ละเอียด	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	92.40
0.150	ธรรมดา	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	93.10
	หยาบ	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	95.71
	กลาง	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	94.60
	ละเอียด	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	93.00
0.165	ธรรมดา	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	95.68
	หยาบ	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	95.10
	กลาง	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	94.00
	ละเอียด	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	93.60
0.170	ธรรมดา	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	95.80
	หยาบ	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	95.40
	กลาง	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	94.36
	ละเอียด	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	93.24

ตาราง 5-2 แสดงผลการทดลองของ Forced Vortex Cyclone ที่มุม 10 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหล	ขนาดฝุ่น	T <sub>บรรจกษา</sub>	P <sub>บรรจกษา</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>N</sub>	T <sub>DB</sub>	T <sub>WB</sub>	$\Delta P_{ORIFICE}$	$\Delta P_1$ ก่อนเข้าไซโคลน	$\Delta P_2$ ก่อนเข้าใบพัด	$\Delta P_3$ หลังออกไปพัด	$\Delta P_4$ หลังออกไซโคลน	$\eta$
m <sup>3</sup> /s		°C	Bar	°C	°C	°C	°C	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(%)
0.135	ธรรมดา	32.5	1.045	32.0	32.0	32.0	28.5	22	6	1	6	6	92.91
	หยาบ	32.5	1.045	32.0	32.0	32.0	28.5	22	6	1	6	6	94.91
	กลาง	32.5	1.045	32.0	32.0	32.0	28.5	22	6	1	6	6	94.46
	ละเอียด	32.5	1.045	32.0	32.0	32.0	28.5	22	6	1	6	6	92.67
0.140	ธรรมดา	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	93.86
	หยาบ	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	95.89
	กลาง	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	95.20
	ละเอียด	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	93.37
0.150	ธรรมดา	30.5	1.045	30.5	30.5	32.5	27.5	30	8	1	8	8	94.67
	หยาบ	30.5	1.045	30.5	30.5	32.5	27.5	30	8	1	8	8	95.82
	กลาง	30.5	1.045	30.5	30.5	32.5	27.5	30	8	1	8	8	95.05
	ละเอียด	30.5	1.045	30.5	30.5	32.5	27.5	30	8	1	8	8	93.54
0.165	ธรรมดา	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	94.80
	หยาบ	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	96.20
	กลาง	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	95.54
	ละเอียด	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	94.11
0.170	ธรรมดา	31.0	1.045	31.0	31.5	33.0	28.0	39	10	2	10	10	94.67
	หยาบ	31.0	1.045	31.0	31.5	33.0	28.0	39	10	2	10	10	96.84
	กลาง	31.0	1.045	31.0	31.5	33.0	28.0	39	10	2	10	10	96.50
	ละเอียด	31.0	1.045	31.0	31.5	33.0	28.0	39	10	2	10	10	94.11

ตาราง 5-3 แสดงทดลองของ Forced Vortex Cyclone ที่มุม 20 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหล	ขนาดฝุ่น	T <sub>บรรเทา</sub>	P <sub>บรรเทา</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>N</sub>	T <sub>DB</sub>	T <sub>WB</sub>	$\Delta P_{ORIFICE}$	$\Delta P_1$ ก่อนเข้าไซโคลน	$\Delta P_2$ ก่อนเข้าใบพัด	$\Delta P_3$ หลังออกใบพัด	$\Delta P_4$ หลังออกไซโคลน	$\eta$
m <sup>3</sup> /s		°C	Bar	°C	°C	°C	°C	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(%)
0.135	ธรรมดา	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	93.50
	หยาบ	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	94.80
	กลาง	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	94.52
	ละเอียด	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	93.25
0.140	ธรรมดา	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	94.31
	หยาบ	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	95.72
	กลาง	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	95.23
	ละเอียด	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	93.96
0.150	ธรรมดา	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	94.88
	หยาบ	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	96.60
	กลาง	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	95.65
	ละเอียด	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	95.09
0.165	ธรรมดา	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	95.16
	หยาบ	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	96.50
	กลาง	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	96.29
	ละเอียด	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	95.44
0.170	ธรรมดา	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	95.60
	หยาบ	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	96.96
	กลาง	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	96.47
	ละเอียด	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	95.20

ตาราง 5-4 แสดงผลการทดลองของ Forced Vortex Cyclone ที่มุม 30 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหล	ขนาดฝุ่น	T <sub>บรรจกาศ</sub>	P <sub>บรรจกาศ</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>N</sub>	T <sub>DB</sub>	T <sub>WB</sub>	$\Delta P_{ORIFICE}$	$\Delta P_1$	$\Delta P_2$	$\Delta P_3$	$\Delta P_4$	$\eta$
m <sup>3</sup> /s		°C	Bar	°C	°C	°C	°C	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(%)
0.135	ธรรมดา	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	94.23
	หยาบ	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	95.98
	กลาง	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	95.20
	ละเอียด	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	93.85
0.140	ธรรมดา	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	95.20
	หยาบ	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	96.36
	กลาง	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	95.87
	ละเอียด	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	94.55
0.150	ธรรมดา	30.5	1.045	30.5	30.5	28.5	25.5	30	8	1	8	8	96.33
	หยาบ	30.5	1.045	30.5	30.5	28.5	25.5	30	8	1	8	8	97.69
	กลาง	30.5	1.045	30.5	30.5	28.5	25.5	30	8	1	8	8	97.13
	ละเอียด	30.5	1.045	30.5	30.5	28.5	25.5	30	8	1	8	8	95.35
0.165	ธรรมดา	31.0	1.045	31.5	31.5	28.5	26.0	34	9	1	9	9	96.26
	หยาบ	31.0	1.045	31.5	31.5	28.5	26.0	34	9	1	9	9	98.18
	กลาง	31.0	1.045	31.5	31.5	28.5	26.0	34	9	1	9	9	97.20
	ละเอียด	31.0	1.045	31.5	31.5	28.5	26.0	34	9	1	9	9	95.49
0.170	ธรรมดา	31.0	1.045	31.0	31.5	29.0	24.0	39	10	2	10	10	96.71
	หยาบ	31.0	1.045	31.0	31.5	29.0	24.0	39	10	2	10	10	98.08
	กลาง	31.0	1.045	31.0	31.5	29.0	24.0	39	10	2	10	10	97.62
	ละเอียด	31.0	1.045	31.0	31.5	29.0	24.0	39	10	2	10	10	95.45

ตาราง 5-5 แสดงผลการทดลองของ Forced Vortex Cyclone ที่มุม 40 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ

อัตราการไหล	ขนาดฝุ่น	T <sub>บรรจกาศ</sub>	P <sub>บรรจกาศ</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>N</sub>	T <sub>DB</sub>	T <sub>WB</sub>	ΔP <sub>ORIFICE</sub>	ΔP <sub>1</sub> ก่อนเข้าไซโคลน	ΔP <sub>2</sub> ก่อนเข้าใบพัด	ΔP <sub>3</sub> หลังออกใบพัด	ΔP <sub>4</sub> หลังออกไซโคลน	η
m <sup>3</sup> /s		°C	Bar	°C	°C	°C	°C	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(%)
0.135	ธรรมดา	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	94.77
	หยาบ	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	96.40
	กลาง	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	95.76
	ละเอียด	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	94.60
0.140	ธรรมดา	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	96.08
	หยาบ	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	97.56
	กลาง	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	97.24
	ละเอียด	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	95.64
0.150	ธรรมดา	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	96.68
	หยาบ	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	97.80
	กลาง	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	97.77
	ละเอียด	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	96.54
0.165	ธรรมดา	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	97.03
	หยาบ	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	98.55
	กลาง	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	98.06
	ละเอียด	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	96.03
0.170	ธรรมดา	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	97.53
	หยาบ	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	98.80
	กลาง	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	98.20
	ละเอียด	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	96.80

ตาราง 5-6 แสดงผลการทดลองของ Forced Vortex Cyclone ที่มี 50 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหล	ขนาดฝุ่น	T <sub>บรรจกาศ</sub>	P <sub>บรรจกาศ</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>N</sub>	T <sub>DB</sub>	T <sub>WB</sub>	ΔP <sub>ORIFICE</sub>	ΔP <sub>1</sub> ก่อนเข้าไซ โคน	ΔP <sub>2</sub> ก่อนเข้าใบพัด	ΔP <sub>3</sub> หลังออกใบพัด	ΔP <sub>4</sub> หลังออกไซ โคน	η
m <sup>3</sup> /s		°C	Bar	°C	°C	°C	°C	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(%)
0.135	ธรรมดา	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	95.00
	หยาบ	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	96.47
	กลาง	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	95.90
	ละเอียด	32.5	1.045	32.0	32.0	31.0	27.0	22	6	1	6	6	94.46
0.140	ธรรมดา	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	96.04
	หยาบ	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	97.24
	กลาง	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	97.00
	ละเอียด	32.0	1.045	32.5	32.5	30.0	27.0	26	7	1	7	7	95.51
0.150	ธรรมดา	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	96.22
	หยาบ	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	97.49
	กลาง	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	97.28
	ละเอียด	30.5	1.045	30.5	30.5	30.5	26.5	30	8	1	8	8	95.98
0.165	ธรรมดา	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	96.64
	หยาบ	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	97.49
	กลาง	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	97.46
	ละเอียด	31.0	1.045	31.5	31.5	31.0	27.0	34	9	1	9	9	96.40
0.170	ธรรมดา	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	96.64
	หยาบ	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	98.40
	กลาง	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	97.77
	ละเอียด	31.0	1.045	31.0	31.5	31.0	27.0	39	10	2	10	10	95.78

ตาราง 5-7 แสดงผลการทดลองของ Forced Vortex Cyclone ที่มุม 60 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหล	ขนาดฝุ่น	T <sub>บรรยากาศ</sub>	P <sub>บรรยากาศ</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>N</sub>	RH	ΔP <sub>N</sub>	ΔP <sub>ORIFICE</sub>	ΔP <sub>1</sub>	ΔP <sub>2</sub>	ΔP <sub>3</sub>	ΔP <sub>4</sub>	η
m <sup>3</sup> /s		°C	Bar	°C	°C	(%)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(%)
0.135	ธรรมชาติ	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	93.20
	หยาด	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	95.70
	กลาง	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	95.17
	ละเอียด	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	94.09
0.138	ธรรมชาติ	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	94.80
	หยาด	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	96.40
	กลาง	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	95.56
	ละเอียด	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	94.55
0.140	ธรรมชาติ	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	94.23
	หยาด	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	96.47
	กลาง	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	95.77
	ละเอียด	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	94.65
0.145	ธรรมชาติ	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	94.23
	หยาด	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	97.22
	กลาง	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	96.82
	ละเอียด	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	94.76
0.150	ธรรมชาติ	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	94.90
	หยาด	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	97.48
	กลาง	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	96.60
	ละเอียด	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	95.49

ตาราง 5-8 แสดงผลการทดลองของ Free Vortex Cyclone ที่มุม 10 องศา ที่อัตราการไหลต่าง

อัตราการไหล	ขนาดฝุ่น	T <sub>บรรจุก๊าซ</sub>	P <sub>บรรจุก๊าซ</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>N</sub>	RH	ΔP <sub>N</sub>	ΔP <sub>ORIFICE</sub>	ΔP <sub>1</sub>	ΔP <sub>2</sub>	ΔP <sub>3</sub>	ΔP <sub>4</sub>	η
m <sup>3</sup> /s		°C	Bar	°C	°C	(%)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(%)
0.135	ธรรมดา	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	93.92
	หยาบ	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	96.43
	กลาง	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	95.76
	ละเอียด	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	94.10
0.138	ธรรมดา	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	94.31
	หยาบ	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	96.96
	กลาง	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	95.76
	ละเอียด	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	94.20
0.140	ธรรมดา	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	96.08
	หยาบ	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	96.71
	กลาง	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	96.22
	ละเอียด	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	95.60
0.145	ธรรมดา	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	95.00
	หยาบ	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	97.10
	กลาง	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	96.54
	ละเอียด	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	94.70
0.150	ธรรมดา	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	96.08
	หยาบ	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	97.80
	กลาง	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	96.80
	ละเอียด	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	95.60

ตาราง 5-9 แสดงผลการทดลองของ Free Vortex Cyclone ที่มุม 20 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหล	ขนาดฝุ่น	T <sub>บรรยากาศ</sub>	P <sub>บรรยากาศ</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>N</sub>	RH	ΔP <sub>N</sub>	ΔP <sub>ORIFICE</sub>	ΔP <sub>1</sub> ก่อนเข้าโถง	ΔP <sub>2</sub> ก่อนเข้าใบพัด	ΔP <sub>3</sub> หลังออกใบพัด	ΔP <sub>4</sub> หลังออกโถงลม	η
m <sup>3</sup> /s		°C	Bar	°C	°C	(%)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(%)
0.135	ธรรมดา	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	94.82
	หยาบ	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	96.38
	กลาง	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	95.85
	ละเอียด	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	94.42
0.138	ธรรมดา	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	95.71
	หยาบ	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	97.04
	กลาง	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	96.54
	ละเอียด	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	94.88
0.140	ธรรมดา	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	95.65
	หยาบ	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	97.28
	กลาง	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	96.80
	ละเอียด	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	95.38
0.145	ธรรมดา	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	95.80
	หยาบ	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	97.38
	กลาง	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	96.51
	ละเอียด	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	95.40
0.150	ธรรมดา	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	96.51
	หยาบ	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	98.07
	กลาง	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	97.54
	ละเอียด	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	96.35

ตาราง 5-10 แสดงผลการทดลองของ Free Vortex Cyclone ที่มุม 30 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5-11 แสดงผลการทดลองของ Free Vortex Cyclone ที่มุม 40 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ

อัตราการไหล	ขนาดฝุ่น	T <sub>บรรยากาศ</sub>	P <sub>บรรยากาศ</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>N</sub>	RH	ΔP <sub>N</sub>	ΔP <sub>ORIFICE</sub>	ΔP <sub>1</sub>	ΔP <sub>2</sub>	ΔP <sub>3</sub>	ΔP <sub>4</sub>	η
m <sup>3</sup> /s		°C	Bar	°C	°C	(%)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(%)
0.135	ธรรมดา	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	95.38
	หยาบ	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	96.54
	กลาง	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	96.11
	ละเอียด	29.4	1.045	29.2	29.3	92.5	2.0	22	30	30	30	34	95.00
0.138	ธรรมดา	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	95.95
	หยาบ	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	97.14
	กลาง	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	96.48
	ละเอียด	29.5	1.045	29.5	29.6	90.9	3.0	24	30	30	30	40	95.45
0.140	ธรรมดา	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	96.00
	หยาบ	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	97.84
	กลาง	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	97.04
	ละเอียด	29.5	1.045	29.6	29.6	89.2	4.0	26	34	34	34	44	95.71
0.145	ธรรมดา	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	96.58
	หยาบ	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	97.74
	กลาง	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	97.00
	ละเอียด	29.4	1.045	29.6	29.6	90.8	5.0	28	38	38	38	50	96.25
0.150	ธรรมดา	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	97.08
	หยาบ	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	98.34
	กลาง	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	97.84
	ละเอียด	29.5	1.045	29.8	29.7	92.1	5.0	30	46	46	46	60	96.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหล	ขนาดฝุ่น	T <sub>บรรจกษา</sub>	P <sub>บรรจกษา</sub>	T <sub>s</sub>	T <sub>N</sub>	RH	$\Delta P_N$	$\Delta P_{ORIFICE}$	$\Delta P_1$	$\Delta P_2$	$\Delta P_3$	$\Delta P_4$	$\eta$
m <sup>3</sup> /s		°C	Bar	°C	°C	(%)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(%)
0.135	ธรรมดา	32.1	1.045	31.2	31.8	82.0	1.0	22	27	27	27	33	96.35
	หยาบ	32.1	1.045	31.2	31.8	82.0	1.0	22	27	27	27	33	97.91
	กลาง	32.1	1.045	31.2	31.8	82.0	1.0	22	27	27	27	33	96.98
	ละเอียด	32.1	1.045	31.2	31.8	82.0	1.0	22	27	27	27	33	96.50
0.138	ธรรมดา	30.1	1.045	29.9	30.0	80.0	2.0	24	30	30	30	40	96.45
	หยาบ	30.1	1.045	29.9	30.0	80.0	2.0	24	30	30	30	40	98.00
	กลาง	30.1	1.045	29.9	30.0	80.0	2.0	24	30	30	30	40	97.20
	ละเอียด	30.1	1.045	29.9	30.0	80.0	2.0	24	30	30	30	40	95.85
0.140	ธรรมดา	32.7	1.045	32.2	32.3	64.2	3.0	26	31	31	31	41	96.54
	หยาบ	32.7	1.045	32.2	32.3	64.2	3.0	26	31	31	31	41	98.37
	กลาง	32.7	1.045	32.2	32.3	64.2	3.0	26	31	31	31	41	97.28
	ละเอียด	32.7	1.045	32.2	32.3	64.2	3.0	26	31	31	31	41	96.08
0.145	ธรรมดา	32.6	1.045	32.4	32.4	61.3	4.0	28	34	34	34	44	97.60
	หยาบ	32.6	1.045	32.4	32.4	61.3	4.0	28	34	34	34	44	98.57
	กลาง	32.6	1.045	32.4	32.4	61.3	4.0	28	34	34	34	44	97.94
	ละเอียด	32.6	1.045	32.4	32.4	61.3	4.0	28	34	34	34	44	96.54
0.150	ธรรมดา	32.1	1.045	31.2	31.8	58.5	5.0	30	41	41	41	51	97.94
	หยาบ	32.1	1.045	31.2	31.8	58.5	5.0	30	41	41	41	51	99.07
	กลาง	32.1	1.045	31.2	31.8	58.5	5.0	30	41	41	41	51	98.27
	ละเอียด	32.1	1.045	31.2	31.8	58.5	5.0	30	41	41	41	51	96.88

ตาราง 5-12 แสดงผลการทดลองของ Free Vortex Cyclone ที่มุม 50 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหล	ขนาดฝุ่น	T <sub>บรรจกาศ</sub>	P <sub>บรรจกาศ</sub>	T <sub>S</sub>	T <sub>N</sub>	RH	$\Delta P_N$	$\Delta P_{ORIFICE}$	$\Delta P_1$	$\Delta P_2$	$\Delta P_3$	$\Delta P_4$	$\eta$
m <sup>3</sup> /s		°C	Bar	°C	°C	(%)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(mmH <sub>2</sub> O)	(%)
0.135	ธรรมดา	32.1	1.045	31.2	31.8	82.0	1.0	22	27	27	27	33	95.63
	หยาบ	32.1	1.045	31.2	31.8	82.0	1.0	22	27	27	27	33	96.92
	กลาง	32.1	1.045	31.2	31.8	82.0	1.0	22	27	27	27	33	96.57
	ละเอียด	32.1	1.045	31.2	31.8	82.0	1.0	22	27	27	27	33	95.03
0.138	ธรรมดา	30.1	1.045	29.9	30.0	80.0	2.0	24	30	30	30	40	95.63
	หยาบ	30.1	1.045	29.9	30.0	80.0	2.0	24	30	30	30	40	97.62
	กลาง	30.1	1.045	29.9	30.0	80.0	2.0	24	30	30	30	40	96.96
	ละเอียด	30.1	1.045	29.9	30.0	80.0	2.0	24	30	30	30	40	94.53
0.140	ธรรมดา	32.7	1.045	32.2	32.3	64.2	3.0	26	31	31	31	41	95.15
	หยาบ	32.7	1.045	32.2	32.3	64.2	3.0	26	31	31	31	41	97.55
	กลาง	32.7	1.045	32.2	32.3	64.2	3.0	26	31	31	31	41	96.85
	ละเอียด	32.7	1.045	32.2	32.3	64.2	3.0	26	31	31	31	41	95.45
0.145	ธรรมดา	32.6	1.045	32.4	32.4	61.3	4.0	28	34	34	34	44	95.94
	หยาบ	32.6	1.045	32.4	32.4	61.3	4.0	28	34	34	34	44	97.83
	กลาง	32.6	1.045	32.4	32.4	61.3	4.0	28	34	34	34	44	97.40
	ละเอียด	32.6	1.045	32.4	32.4	61.3	4.0	28	34	34	34	44	95.77
0.150	ธรรมดา	32.1	1.045	31.2	31.8	58.5	5.0	30	41	41	41	51	96.89
	หยาบ	32.1	1.045	31.2	31.8	58.5	5.0	30	41	41	41	51	98.25
	กลาง	32.1	1.045	31.2	31.8	58.5	5.0	30	41	41	41	51	97.80
	ละเอียด	32.1	1.045	31.2	31.8	58.5	5.0	30	41	41	41	51	95.91

ตาราง 5-13 แสดงผลการทดลองของ Free Vortex Cyclone ที่มุม 60 องศา ที่อัตราการไหลต่างๆ

## บทที่ 6

### การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

#### 6.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้มานั้น สามารถวิเคราะห์ออกมาได้ดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของไซโคลนที่ใส่ใบพัดชุดใหม่ จะมีค่าที่สูงกว่าประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของไซโคลนที่ใส่ใบพัดชุดเดิม
2. การที่ไซโคลนที่ใส่ใบพัดชุดใหม่ให้ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นที่สูงกว่า เนื่องจากไซโคลนที่ใส่ใบพัดชุดใหม่สามารถให้อัตรากาโรไลได้สูงกว่าในขณะที่ปรับมุมใบพัดอยู่ที่องศาเดียวกัน
3. การที่ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของไซโคลนจะเพิ่มขึ้นเมื่อมุมของใบพัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากมุมเกลียวของอากาศที่ออกจากใบพัดมีค่าสูงขึ้น
4. ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของไซโคลนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตรากาโรไลของอากาศเพิ่มขึ้น และจะเพิ่มขึ้นในทุกๆมุมของใบพัด
5. ที่อัตรากาโรไลเดียวกัน Free vortex cyclone จะให้ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นที่สูงกว่า Forced vortex cyclone เพียงเล็กน้อย
6. การที่ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของไซโคลนในทางปฏิบัติน้อยกว่าในทางทฤษฎีนั้นเกิดจาก
  - การไหลของอากาศเกิดการสะดุดที่รอยตะเข็บต่างๆของชุดไซโคลน
  - ขนาดของลักษณะของฝุ่นที่ใช้ในการทดลองจริงนั้น ไม่ได้เป็นทรงกลมตามสมมุติฐานทางทฤษฎี
  - ในการทดลอง อากาศมีการรั่วไหลตามรอยต่อของชุดไซโคลนทำให้เกิดการสูญเสียความดันขึ้นในชุดไซโคลน

#### 6.2 สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

1. ไซโคลนที่ใส่ใบพัดชุดใหม่ให้ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นได้มากกว่าไซโคลนที่ใส่ใบพัดชุดเดิม โดยจะมีประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นสูงกว่าประมาณ 0-20 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับมุมของใบพัดและขนาดของฝุ่นที่ใช้ทำการทดลอง
2. มุมใบพัดที่ให้ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของไซโคลนสูงที่สุดคือ มุม 50 องศา ทั้ง Forced vortex cyclone และ Free vortex cyclone
3. อัตรากาโรไลของอากาศที่ให้ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของไซโคลนสูงที่สุดคือ ที่อัตรากาโรไล 0.17 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับ Forced vortex cyclone และ 0.15 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สำหรับ Free vortex cyclone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ที่อัตราการไหลเดียวกัน Free vortex cyclone จะให้ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นที่สูงกว่า Forced vortex cyclone ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์

#### ข้อเสนอแนะและการปรับปรุง

1. เนื่องจากสภาพอากาศมีความชื้นไม่เท่ากัน จึงทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้ จึงควรทำการทดลองที่สภาวะความชื้นเดียวกัน
2. เครื่องชั่งที่ใช้ในการทดลองมีความละเอียดต่ำเมื่อเทียบกับมวลของฝุ่นที่ใช้ในการทดลอง จึงควรใช้เครื่องที่มีความละเอียดมากขึ้นในการทดลอง
3. เนื่องจากมีรอยรั่วที่ตัวไซโคลนบางจุด ทำให้ฝุ่นรั่วออกไปตามรอยรั่ว ผลการทดลองจึงคลาดเคลื่อน จึงควรทำการซ่อมรอยรั่วให้เรียบร้อย
4. มานอมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง สเกลยังไม่เหมาะสมกับค่าที่ใช้ในการทดลอง จึงควรใช้มานอมิเตอร์ที่ละเอียดขึ้น เพื่อให้ได้ค่าที่เที่ยงตรงขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

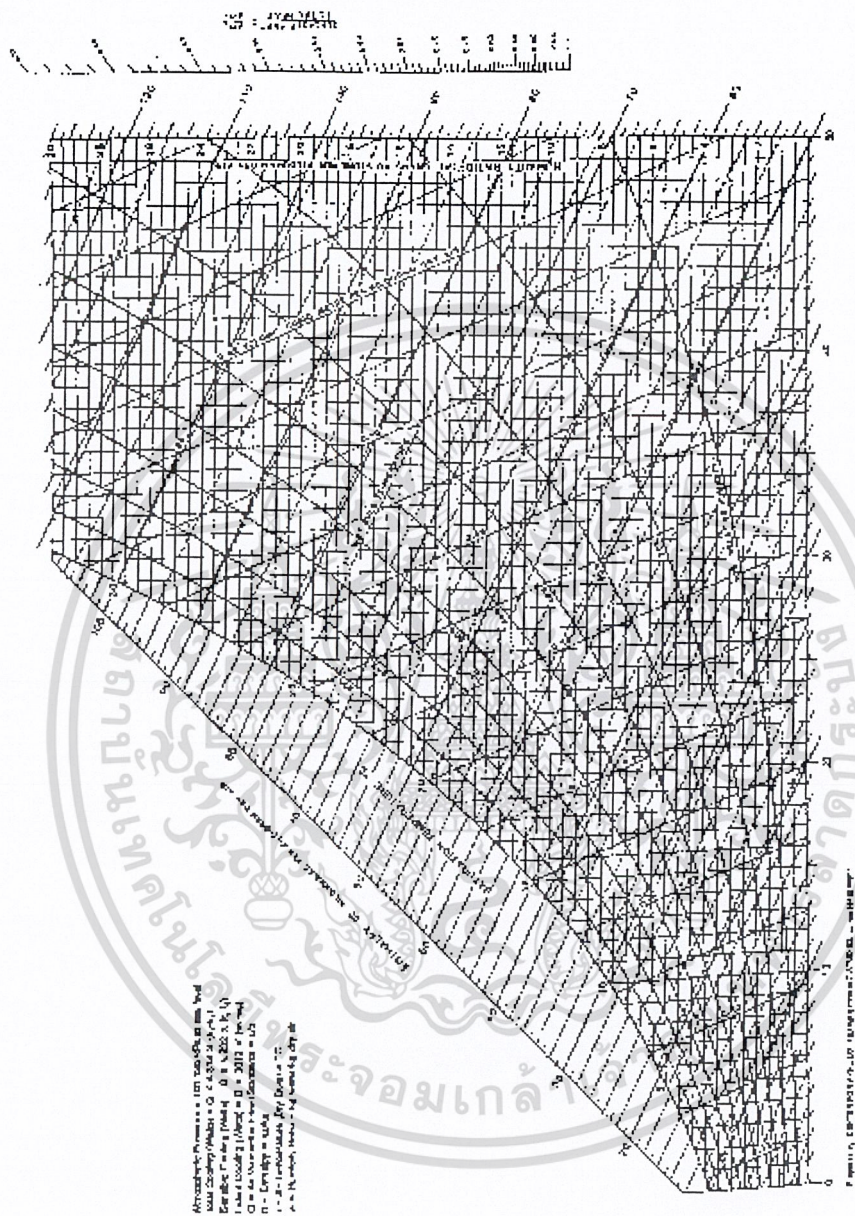


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$t_s$ (°C)	$P_{ws}$ (mmHg)	$\gamma_{ws}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$t_s$ (°C)	$P_{ws}$ (mmHg)	$\gamma_{ws}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$t_s$ (°C)	$P_{ws}$ (mmHg)	$\gamma_{ws}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$t_s$ (°C)	$P_{ws}$ (mmHg)	$\gamma_{ws}$ (kg/m <sup>3</sup> )
0	4.581	0.00485	10	9.205	0.00940	20	17.530	0.01730	30	31.83	0.03039
1	4.925	0.00520	11	9.840	0.01001	21	18.650	0.01834	31	33.70	0.03207
2	5.292	0.00556	12	10.514	0.01066	22	19.820	0.01943	32	35.67	0.03384
3	5.682	0.00595	13	11.230	0.01135	23	21.070	0.02058	33	37.73	0.03569
4	6.098	0.00636	14	11.980	0.01207	24	22.380	0.02179	34	39.90	0.03762
5	6.540	0.00680	15	12.780	0.01283	25	23.750	0.02306	35	42.18	0.03964
6	7.010	0.00726	16	13.610	0.01364	26	25.210	0.02438	36	44.57	0.04175
7	7.511	0.00775	17	14.530	0.01448	27	26.740	0.02578	37	47.08	0.04396
8	8.042	0.00827	18	15.470	0.01537	28	28.350	0.02725	38	49.70	0.04627
9	8.606	0.00882	19	16.470	0.01631	29	30.040	0.02878	39	52.45	0.04869
									40	55.34	0.05120

ตาราง ก แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศ ความดันของไอน้ำอิ่มตัว และน้ำหนักจำเพาะของไอน้ำอิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PSYCHROMETRIC DIAGRAM (SI UNIT)

รูปภาพ ข แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric diagram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] Crawford Martin (1976) : “*Air Pollution Control Theory*”, McGraw-Hill, New York, 1976, pp. 259-294
- [2] Theodore Louis, Buonicore Anthony J.(1976) : “*Industrial Air Pollution Control Equipment for Particulates*”, CRC Press, Cleverland, 1976, pp. 91-137
- [3] Wark Kenneth(1998) : “*Air Pollution “ Its Origin and Control,3<sup>rd</sup> edition*”, Addison Wesley, Menlo Park, CA, 1998, pp.188-278
- [4] Dullien F.A.L.(1989) : “*Introduction to Industrial Gas Cleaning*”, Academic Oress, San Diego, 1989, pp.55-90
- [5] Licht William(1988) : “*Air Pollution Control Engineering:Baic Calculations for Particulate Collection,2<sup>nd</sup> Edition*”, Marcel Dekker, New York, 1988, pp.277-327
- [6] Muir D.M.(1992) : “*Dust and Flame Control A User Guide, revised 2<sup>nd</sup> edition*”, Institute of Chemical Engineering, Warwickshire, 1992
- [7] Cohen H, Roger G.F.C, Saravanamutto H.I.H (1996) : “*Gas Turbine Theory, 4<sup>th</sup> edition*”, Longman, London, 1996, pp. 293-298
- [8] Sayers A.T. (1992) : “*Hydraulic and Compressible Flow Turbomachines*”, McGraw-Hill, London, 1992, pp. 240-244
- [9] El-Wakil M.M.(1984) : “*Powerplant Technology*”, McGraw-Hill, New York, 1984, pp. 284-285
- [10] Fox Robert W., McDonald Alan T.(1998) : “*Introduction to Fluid Mechanics,5<sup>th</sup> edition*”,John Wiley & Sons, New York, 1998, pp. 707
- [11] รัชชัย นาคพิพัฒน์ : “เอกสารประกอบการทดลอง *Air Flow Demonstration Apparatus (Air Experiment Mahine)*”
- [12] พลชัย สหวัฒน์พงศ์, สุโกศล ไตรสันติกุล, อติเทพ สุขวัฒน์กุล : “การศึกษาผลกระทบของใบพัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของไซโคลอน”, ภาควิชาเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2544
- [13] การเก็บรวบรวมฝุ่น, มลภาวะอากาศ, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, กรุงเทพฯ, ดร.ชिकाโอะ คานาโอะกะ