สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาผลกระทบจากองศาของใบพัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของไซโคลน

A STUDY IN THE EFFECT FROM ANGLE OF VANES TO THE CYCLONE EFFICIENCY

T 0 4 6 0 0 8

นาย พลชัย สหวัฒนพงศ์
นาย สุโกศลไตรสันติกุล
นาย อดิเทพ สุขวัฒนกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46008
วัน, เดือน, ปี 27 ก.พ. 2546
.b.....
.i.....
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลกระทบจากองศาของใบพัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของไซโคลน

A STUDY IN THE EFFECT FROM ANGLE OF VANES TO THE CYCLONE EFFICIENCY

โดย

นาย พลชัย สหวัฒนพงศ์

นาย สุโกศล ไตรสันติกุล

นาย อดิเทพ สุขวัฒนกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ธวัชชัย นาคพิพัฒน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาผลกระทบจากองศาของใบพัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของไซโคลน

A STUDY IN THE EFFECT FROM ANGLE OF VANES TO THE CYCLONE EFFICIENCY

ผู้จัดทำ

1. นาย พลชัย สหวัฒนพงศ์ รหัสประจำตัว 41014694
2. นายสุโกศล ไตรสันติกุล รหัสประจำตัว 41014780
3. นายอดิเทพ สุขวัฒนกุล รหัสประจำตัว 41014795



_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลกระทบจากองศาของใบพัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพของไซโคลน

นายพลชัย สหวัฒนพงศ์ 41014694
นายสุโกศล ไครสันติกุล 41014780
นายอดิเทพ สุขวัฒนกุล 41014795
ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงองศาใบพัดที่เปลี่ยนแปลงในไซโคลน ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเก็บฝุ่น โดยในปัจจุบันไซโคลนเดี่ยวซึ่งเป็นตัวเก็บฝุ่นในโรงงานอุสาหกรรมมีทางเข้าของอากาศเพียงลักษณะเดียวซึ่งอาจจะเป็นทางเข้าแบบเกลียว แบบโอบรอบ หรือแบบแนวแกน โดยการศึกษาครั้งนี้จะนำเอาทางเข้าแบบโอบรอบและแบบแนวแกนมาผสมผสานกัน โดยจะศึกษามุมของใบพัดและระยะติดตั้งใบพัดที่เหมาะสมของทางเข้าแบบแนวแกน เพื่อให้สามารถออกแบบไซโคลนที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

โดยในงานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดลองกับฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้แกลบ 4 ขนาดด้วยกัน คือ ฝุ่นขนาด หยาบ กลาง ละเอียด และฝุ่นขนาดธรรมดาที่ไม่ได้ผ่านการกรอง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำเสนอถึงประสิทธิภาพของไซโคลน และความดันลดในจุดต่างๆของไซโคลน ที่มุมใบพัดและระยะติดตั้งต่างๆกัน และได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างไซโคลนที่ติดใบพัดและไม่ติดใบพัด

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ไซโคลนที่ติดใบพัดมีประสิทธิภาพสูงกว่าไซโคลนที่ไม่ติดใบพัด ซึ่งที่มุมใบพัด 50 องศา และระยะติดตั้ง 50 เซนติเมตรให้ประสิทธิภาพของไซโคลนสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY IN THE EFFECT FROM ANGLE OF VANES TO THE CYCLONE EFFICIENCY

Pholchai Sahawattanapong
Sukosol Trisantikul
Aditep Sukwatthanakul
Assist. Prof. Thawatchai Nakpipat Advisor

ABSTRACT

This research is about the study in varied angle of internal vanes which effect to cyclone efficiency. Now, single cyclone, the dust collector in factory, has one type of air entry that could be a helical entry, a wrap-around entry or an axial entry. This study will combine a wrap-around entry with an axial entry to study about optimum angle location of vanes in axial entry for designing 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 location of vanes, compare with vaned and ordinary cyclone efficiency

From this experiment can conclude that vaned cyclone have higher efficiency than ordinary cyclone which at 50 degree angle and 50 centimeters location of vanes give the highest cyclone efficiency.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความร่วมมือจากหลายฝ่ายด้วยกัน โดยบุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงคือ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ เพราะอาจารย์เป็นบุคคลสำคัญที่ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น เอาใจใส่ และช่วยเหลือในสิ่งต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี, พี่โก้ ที่ช่วยเหลือเสมอในยามที่ติดขัดในการทำงาน , เพื่อนๆที่โต๊ะที่ช่วยกันถอดประกอบชุดทดลอง รวมทั้งเพื่อนๆทุกคนที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือต่างๆ อยู่อย่างสม่ำเสมอ

และบุคคลที่จะมิกล่าวถึงไม่ได้คือ บิดา มารดาที่ช่วยเหลือ เป็นกำลังใจ ให้การสนับสนุน และเอาใจใส่เสมอมา ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่ใช้ในการทดลอง	2
2.1 เครื่องเก็บฝุ่นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน	2
2.2 เครื่องเก็บฝุ่นที่ใช้ในการทดลอง	5
บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ	8
3.1 การออกแบบและการคำนวณหาขนาดของตัวถังไซโคลน	8
3.2 การคำนวณหาประสิทธิภาพของไซโคลน	10
3.2.1 ประสิทธิภาพของไซโคลน	10
3.2.2 ระยะพิชของไซโคลน	10
3.2.3 มุมทางออกของอากาศที่ใบพัด	10
3.3 การออกแบบและการคำนวณหาขนาดและจำนวนของใบพัด	10
3.4 การคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ	14
บทที่ 4 การทดลอง	17
4.1 หลักการออกแบบ	17
4.2 ส่วนประกอบของชุดทดลอง	17
4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด	20
4.4 ขั้นตอนการทดลอง	23
บทที่ 5 ผลการทดลอง	25
5.1 ตารางแสดงผลการทดลองที่ระยะต่างๆกันที่มุมองศาต่างๆของใบพัด	26
5.2 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเก็บของฝุ่นขนาดต่างๆที่มุมองศาต่างๆของใบพัด	32
5.3 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่สภาวะต่างๆกัน 3 กรณี	38
บทที่ 6 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	53
6.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง	53
6.2 สรุปผลการทดลอง	53
บรรณานุกรม	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

3.1 ประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณ 11
5.1 ผลการทดลองที่ระยะ 10 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด 26
5.2 ผลการทดลองที่ระยะ 20 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด 27
5.3 ผลการทดลองที่ระยะ 30 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด 28
5.4 ผลการทดลองที่ระยะ 40 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด 29
5.5 ผลการทดลองที่ระยะ 50 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด 30
5.6 ผลการทดลองเมื่อยังไม่ติดใบพัด 31
5.7 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีกับการทดลองเมื่อใส่ใบพัด
และเมื่อไม่ใส่ใบพัดที่ระดับ 10 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด 38
5.8 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีกับการทดลองเมื่อใส่ใบพัด
และเมื่อไม่ใส่ใบพัดที่ระดับ 20 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด 39
5.9 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีกับการทดลองเมื่อใส่ใบพัด
และเมื่อไม่ใส่ใบพัดที่ระดับ 30 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด 40
5.10 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีกับการทดลองเมื่อใส่ใบพัด
และเมื่อไม่ใส่ใบพัดที่ระดับ 40 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด 41
5.11 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีกับการทดลองเมื่อใส่ใบพัด
และเมื่อไม่ใส่ใบพัดที่ระดับ 50 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

2.1 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง 2

2.2 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อย 2

2.3 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง 3

2.4 เครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์แบบเปียก 4

2.5 เครื่องกรองฝุ่นแบบถุงกรอง 5

2.6 เครื่องกรองฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ 5

2.7 การไหลภายในไซโคลน 6

2.8 ลักษณะทางเข้าของไซโคลน 7

2.9 ไซโคลนที่ใช้ในการทดลอง 7

3.1 ขนาดมาตรฐานของไซโคลนที่จะทำการออกแบบ 9

3.2 ภาพเขียนแบบของไซโคลนที่จะใช้ในการทดลอง 9

3.3 มุมต่างๆของใบพัด 11

3.4 กราฟของประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณ 12

3.5 กราฟที่ใช้ในการเลือกใบพัด 12

3.6 แบบของใบพัดที่จะออกแบบ 14

3.7 ใบพัดที่ใช้ในการทดลอง 14

3.8 ออริฟิสที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลของอากาศ 14

4.1 ลักษณะปั๊มที่ใช้ในการทดลอง 17

4.2 ลักษณะของท่อทางดูดที่ต่อเข้ากับปั๊มที่ใช้ในการทดลอง 18

4.3 ลักษณะของ orifice ที่ยึดติดกับท่อทางดูดของชุดทดลอง 18

4.4 ลักษณะของท่อทางดูดที่ต่อเข้ากับตัวไซโคลน 19

4.5 ลักษณะใบพัดและปลอกใบพัดที่ยึดติดกัน 19

4.6 ขนาดของส่วนต่างๆของไซโคลน 20

4.7 เครื่องวัดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง 20

4.8 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 21

4.9 ตะแกรงคัดเลือกขนาดฝุ่นแบบละเอียด และตะแกรงแบบหยาบ 21

4.10 เครื่องวัดความดันบรรยากาศที่ใช้ในการทดลอง 22

4.11 ตัววัดองศาที่ใช้ในการทดลอง 22

4.12 เครื่องชั่งที่ใช้ในการทดลอง 22

4.13 เครื่องวัดความเร็วลมที่ใช้ในการทดลอง 23

4.14 มานอมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

5.1 ประสิทธิภาพของไซโคลนเมื่อใช้ฝุ่นขนาดต่างๆกันที่ระยะ 10 เซนติเมตร 32
5.2 ประสิทธิภาพของไซโคลนเมื่อใช้ฝุ่นขนาดต่างๆกันที่ระยะ 20 เซนติเมตร 33
5.3 ประสิทธิภาพของไซโคลนเมื่อใช้ฝุ่นขนาดต่างๆกันที่ระยะ 30 เซนติเมตร 34
5.4 ประสิทธิภาพของไซโคลนเมื่อใช้ฝุ่นขนาดต่างๆกันที่ระยะ 40 เซนติเมตร 35
5.5 ประสิทธิภาพของไซโคลนเมื่อใช้ฝุ่นขนาดต่างๆกันที่ระยะ 50 เซนติเมตร 36
5.6 ประสิทธิภาพของไซโคลนเมื่อใช้ฝุ่นขนาดต่างๆขณะยังไม่ติดใบพัด 37
5.7 เปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพทางทฤษฎีกับผลจากการทดลองที่ระยะ 10 เซนติเมตร 43
5.8 เปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพทางทฤษฎีกับผลจากการทดลองที่ระยะ 20 เซนติเมตร 44
5.9 เปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพทางทฤษฎีกับผลจากการทดลองที่ระยะ 30 เซนติเมตร 45
5.10 เปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพทางทฤษฎีกับผลจากการทดลองที่ระยะ 40 เซนติเมตร 46
5.11 เปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพทางทฤษฎีกับผลจากการทดลองที่ระยะ 50 เซนติเมตร 47
5.12 การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับไม่ใส่ใบพัดที่ระยะ 10 เซนติเมตร 48
5.13 การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับไม่ใส่ใบพัดที่ระยะ 20 เซนติเมตร 49
5.14 การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับไม่ใส่ใบพัดที่ระยะ 30 เซนติเมตร 50
5.15 การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับไม่ใส่ใบพัดที่ระยะ 40 เซนติเมตร 51
5.16 การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับไม่ใส่ใบพัดที่ระยะ 50 เซนติเมตร 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันนี้มลภาวะต่างๆ ที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรม ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากมาย ทำให้ในบรรยากาศมีทั้งก๊าซพิษและฝุ่นละอองขนาดต่างๆกัน ซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ ก่อให้เกิดปัญหาทั้งสุขภาพกายและสุขภาพจิตตามมา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการป้องกันและบำบัดอากาศก่อนที่จะปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปแล้ววิธีการบำบัดอากาศที่มีฝุ่นปนอยู่นั้นจะใช้เครื่องกรองฝุ่นแบบต่างๆซึ่งมีความสามารถในการบำบัดแตกต่างกันออกไป

เครื่องกรองฝุ่นหรือเครื่องเก็บฝุ่นที่ใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ เครื่องเก็บฝุ่นแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง, เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง, เครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์, เครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรอง, เครื่องเก็บฝุ่นแบบไฟฟ้า และอื่นๆ โดยที่นี้จะเลือกศึกษาเครื่องเก็บฝุ่นแบบใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง หรือ Cyclone Collectors เนื่องจากมีความสามารถในการเก็บอนุภาคขนาดกลางได้ดี ต้นทุนในการดำเนินงานต่ำ ไม่ต้องดูแลรักษามาก มีค่าความดันสูญเสียปานกลาง สามารถทำงานในกรณีที่มีฝุ่นจำนวนมากและสามารถทำงานได้กับฝุ่นและก๊าซได้หลายชนิด สามารถตั้งไว้กลางแจ้งได้ ทำงานได้ที่อุณหภูมิและความดันสูง การออกแบบอุปกรณ์การทดลองที่ใช้ได้นำแบบมาจากไซโคลนที่ใช้งานจริงเป็นต้นแบบ และดัดแปลงให้สามารถเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆได้ตามที่ต้องการศึกษา

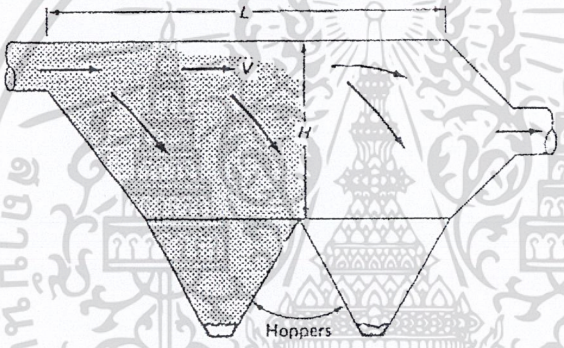
การศึกษาสมรรถนะของไซโคลนมีเกณฑ์การตัดสิน 2 ค่า คือ ค่าความดันสูญเสีย (Pressure drop) และ ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่น (Efficiency) ซึ่งค่าความดันสูญเสียจะแสดงในหน่วยมิลลิเมตรของน้ำ ($mm.H_2O$) การทราบค่าความดันสูญเสียจะทำให้สามารถเลือกกำลังม้าของ Blower หรือ Fan ที่เหมาะสมได้ ส่วนประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการประเมินสมรรถนะของเครื่องเก็บฝุ่นจะแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ระหว่างมวลของฝุ่นที่เครื่องเก็บฝุ่นเก็บได้กับฝุ่นที่ผ่านเข้าสู่เครื่องเก็บฝุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

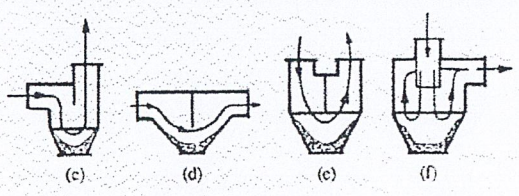
2.1 เครื่องเก็บฝุ่นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

1. เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง (Gravitational dust collector) เป็นอุปกรณ์สำหรับแยกและเก็บอนุภาคฝุ่น โดยอาศัยการตกตัวอย่างธรรมชาติของอนุภาคเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ถ้าความเร็วของอากาศยิ่งช้าก็จะสามารถเก็บอนุภาคที่มีขนาดละเอียดขึ้นได้ โดยทั่วไปความเร็วของอากาศที่ใช้จะเป็น 1-2 m/sec. ขนาดของอนุภาคที่จับได้ในทางปฏิบัติจะโตกว่า 10 ไมครอน และมีความดันสูญเสียของเครื่องประมาณ 5-10 mmH_2O



รูปที่ 2-1 แสดงเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง

2. เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อย (Inertial dust collector) ในเครื่องเก็บฝุ่นแบบนี้จะมีแผ่นกั้น (baffle plate) ติดตั้งอยู่ มีหลักการทำงานคือ เมื่อกระแสก๊าซเกิดการเปลี่ยนทิศทางการไหลอย่างกระทันหัน อนุภาคที่มีความเฉื่อยมากจะไม่สามารถเปลี่ยนเส้นโคจรตามเส้นการไหลของก๊าซได้ทันและตกลงสู่ด้านล่างของเครื่องเก็บฝุ่น ขนาดอนุภาคที่เล็กที่สุดที่จับอนุภาคได้คือ 20 – 30 ไมครอน และมีความดันสูญเสียสูงสุดประมาณ 100 mmH_2O จึงมักใช้เครื่องกรองชนิดนี้เป็นเครื่องกรองปฐมภูมิสำหรับกำจัดอนุภาคหยาบออกล่วงหน้า

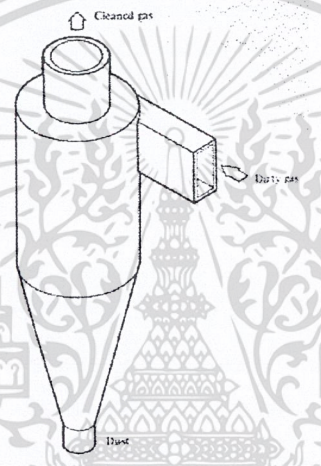


รูปที่ 2-2 แสดงเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Cyclone มีโครงสร้างที่ง่ายและมีราคาถูก สามารถจับอนุภาคได้ดีเมื่อขนาดอนุภาคมีค่ามากขึ้น นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมในฐานะเครื่องเก็บฝุ่นตัวเดียว หรือในฐานะเครื่องเก็บฝุ่นด้านหน้าของถุงกรองหรือเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์

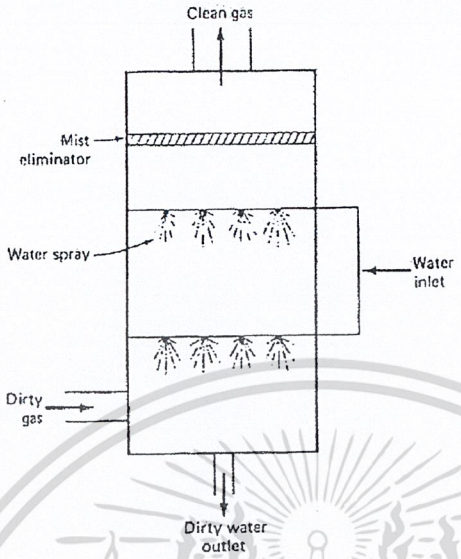


รูปที่ 2-3 แสดงเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง

4. เครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์แบบเปียก (Liquid scrubbing) เป็นการกำจัดมวลสารทั้งในสภาวะก๊าซ ไอ และอนุภาคออกจากก๊าซทิ้งโดยอาศัยหยดของเหลว หรือฟิล์มของเหลว การทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การเก็บมวลสารด้วยของเหลวที่ใช้สครับ และการแยกของเหลวที่ใช้สครับออกจากกระแสก๊าซ เนื่องจากใช้ของเหลวเป็นตัวกลางในการเก็บมลสาร จึงสามารถใช้บำบัดก๊าซทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงได้

กลไกที่มีบทบาทในการจับอนุภาคในเครื่องสครับเบอร์มีตั้งแต่ การกระทบด้วยแรงเฉื่อย (impact by inertia), การสกัดกั้น (interception), การแพร่ (diffusion) และแรงไฟฟ้าสถิต ส่วนกลไกของการถ่ายเทมวลระหว่างมวลสารก๊าซและของเหลวคือ การแพร่ของมวลสารที่ที่มีความเข้มข้นสูงไปยังที่ที่มีความเข้มข้นต่ำ มวลสารก๊าซที่แพร่ไปถึงหยดหรือฟิล์มของของเหลวจะถูกดูดกลืนเชิงเคมีโดยของเหลวอย่างรวดเร็วถ้าเลือกใช้ของเหลวอย่างเหมาะสมกับมวลสารก๊าซที่ต้องการกำจัด ดังนั้นกลไกของการแพร่จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่กำหนดประสิทธิภาพในการกำจัดมวลสารก๊าซในเครื่องสครับเบอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-4 แสดงเครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์แบบเปียก

5. เครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรอง (Bag filter) การกรองเป็นวิธีการกำจัดสารอนุภาคออกจากก๊าซที่มีประสิทธิภาพ ความไว้ใจได้ และคุ้มค่าทางเศรษฐกิจสูงสุดวิธีหนึ่ง นอกจากนี้การกรองยังเป็นวิธีหนึ่งในจำนวนเพียงไม่กี่วิธีที่สามารถบรรลุมาตรฐานปล่อยออกของสารอนุภาคในงานควบคุมมลภาวะทางอากาศในอุตสาหกรรมอีกด้วย เครื่องกรองยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ

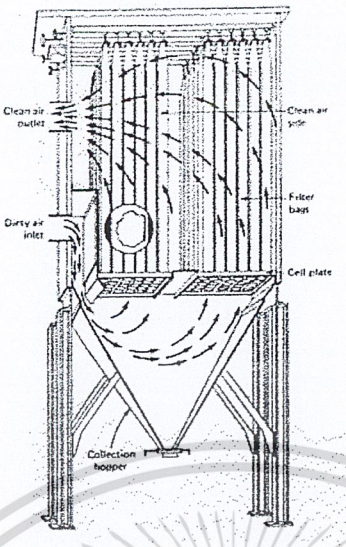
ก. เครื่องกรองแบบผ้า (fabric or cloth filter)

ข. เครื่องกรองแบบเนื้อลึกหรือชั้น (in-depth or bed filter)

ตัวแทนที่พบเห็นทั่วไปของเครื่องกรองแบบแรกคือ ถุงกรอง (bag filter) หรือบ้านถุงกรอง (bag house) โดยทั่วไปจะใช้บำบัดก๊าซ หรืออากาศสกปรกที่มีความเข้มข้นของฝุ่นในย่าน 1 g/m^3 ส่วนตัวแทนของเครื่องกรองแบบที่สองคือ ชั้นเส้นใย กระดาษกรอง และในบางครั้งใช้ชั้นความหนาของก้อนวัสดุ โดยทั่วไปจะใช้กับความเข้มข้นของอนุภาคที่มีค่าน้อยกว่าเป็นหลายร้อยหรือหลายพันเท่าคือในย่านความเข้มข้นของอนุภาค 1 mg/m^3

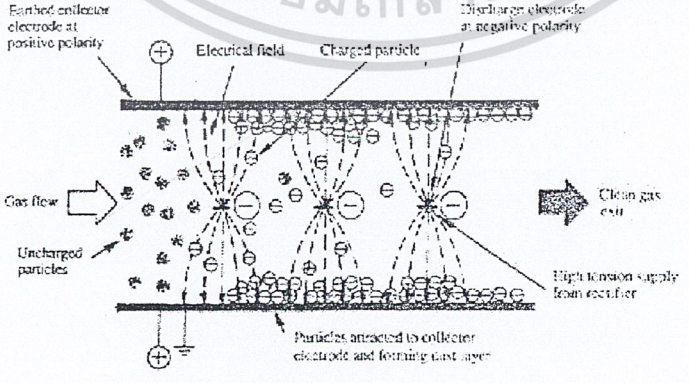
ตัวกลางที่ใช้กรองก๊าซจะทำจากเส้นใย สารรวมก้อนหรือเนื้อพรุน ผ้าทอ สักหลาด ชั้นใยร่วน และกระดาษ ล้วนทำมาจากเส้นใยทั้งสิ้น ชั้นอัดวัสดุแน่นทำจากการอัดเศษ หรือชิ้นเล็กๆจำนวนมาก เพื่อกรองก๊าซอมฝุ่นที่ไหลผ่าน ชั้นอัดวัสดุจะมีโครงสร้างแข็งแน่น ซึ่งภายในมีทางทะลุผ่านจำนวนมหาศาล วัสดุกรองมีทั้งที่หาได้จากธรรมชาติ และจากที่สังเคราะห์ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-5 แสดงเครื่องกรองฝุ่นแบบถุงกรอง

6. เครื่องเก็บฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic precipitator) โดยเครื่องเก็บฝุ่นประเภทนี้ อาศัยหลักการดึงดูดระหว่างซึ่งกันและกันของไฟฟ้าสถิตย์ ระหว่างฝุ่นละอองและขั้วไฟฟ้าที่มีประจุตรงข้ามกัน ซึ่งเครื่องเก็บฝุ่นประเภทนี้สามารถใช้ได้ดีกับแก๊สที่มีอัตราการไหล 100-4,000,000 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที และอุณหภูมิสูงถึง 650 องศาเซลเซียส ใช้พลังงานน้อย โดยขนาดอนุภาคที่ดักจับได้ประมาณ 0.05-200 ไมครอน และมีความดันสูญเสียประมาณ 2.5-15 mmH_2O ซึ่งรูปแบบทั่วไปที่ใช้มีอยู่ 2 ลักษณะคือ แบบแรกใช้การวางเส้นลวดไฟฟ้าตามแนวแกนภายในท่อ แบบที่สองติดตั้งเส้นลวดไฟฟ้าตรงกลางระหว่างแผ่นคู่ขนาน โดยแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้อยู่ระหว่าง 40-50 กิโลโวลท์ และความเร็วของแก๊สประมาณ 0.3-3 เมตรต่อวินาที



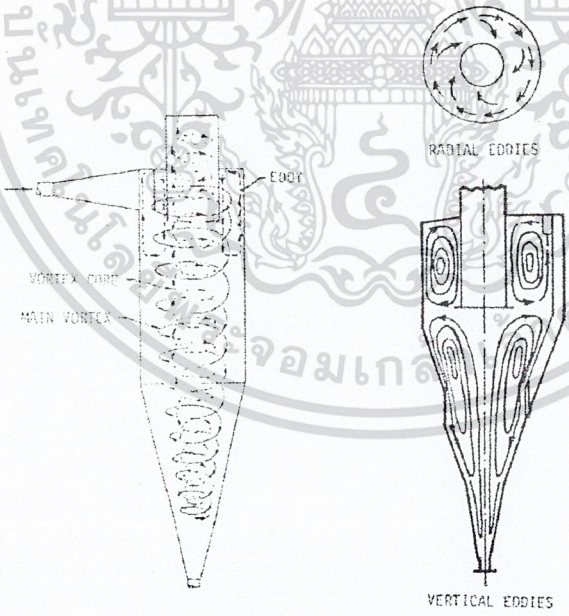
รูปที่ 2.6 แสดงเครื่องกรองฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เครื่องเก็บฝุ่นที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องเก็บฝุ่นที่ใช้ในการทดลองนี้ได้ใช้เครื่องเก็บฝุ่นโดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลางแบบไซโคลน ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้คือ เมื่ออากาศที่มีฝุ่นละอองไหลเข้ามาในตัวไซโคลน จะเกิดแรงหนีศูนย์กลางจากการหมุนของอากาศ เพื่อให้ฝุ่นละอองนั้นถูกเหวี่ยงออกมาชนกับผนังของไซโคลน และค่อยเลื่อนลงมาที่เก็บฝุ่นด้านล่าง หลังจากนั้นอากาศที่บำบัดแล้วจะหมุนกลับขึ้นสู่ด้านบนของไซโคลนและระบายออกสู่บรรยากาศภายนอก

ลักษณะการไหลของอากาศในไซโคลน มีทั้งการไหลแบบวอร์เทคซ์ (vortex flow) และการไหลแบบเอ็ดดี้ (eddy flow) โดยการไหลแบบวอร์เทคซ์ จะมีลักษณะการไหลเป็นเกลียว ซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญในการเก็บฝุ่น โดยอากาศที่ไหลเข้ามาจะอยู่ที่เกลียวนอก (main vortex) เมื่ออากาศไหลลงไปจนถึงด้านล่างของไซโคลน อากาศก็จะไหลวนกลับขึ้นด้านบนซึ่งจะอยู่ที่เกลียวใน (vortex core) และระบายออกสู่บรรยากาศ ส่วนการไหลแบบเอ็ดดี้จะมี 2 แบบ คือการไหลแบบเอ็ดดี้ในแนวตั้ง (vertical eddies) และการไหลแบบเอ็ดดี้ในแนวรัศมี (radial eddies) ซึ่งการไหลแบบเอ็ดดี้ จะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศ ที่เคลื่อนที่เข้าสู่ศูนย์กลางของไซโคลน ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่ตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค ซึ่งการไหลแบบเอ็ดดี้นี้จะทำให้เกิดผลเสียต่อประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของไซโคลน

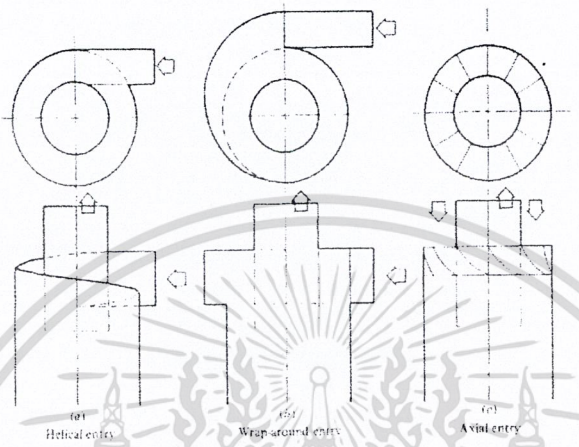


รูปที่ 2-7 แสดงการไหลภายในไซโคลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

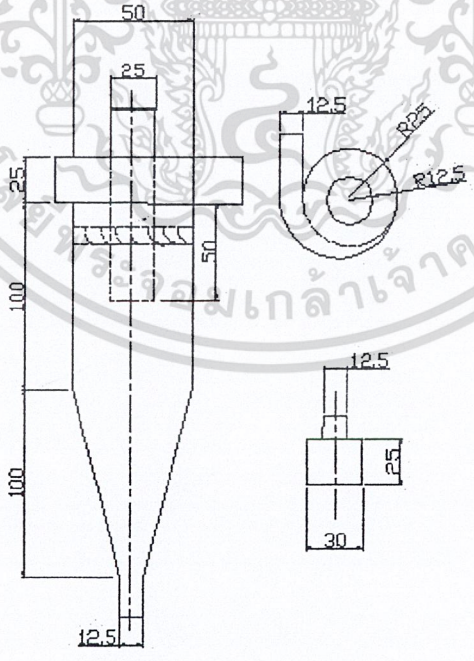
โดยทั่วไปไซโคลนจะมีลักษณะทางเข้าอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ

1. ทางเข้าแบบเกลียว (Helical entry)
2. ทางเข้าแบบโอบรอบ (Warp-around entry)
3. ทางเข้าแบบแนวแกน (Axial entry)



รูปที่ 2-8 แสดงลักษณะทางเข้าของไซโคลน

โดยไซโคลนที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้มีการนำเอาทางเข้าแบบโอบรอบและทางเข้าแบบแนวแกนมาผสมผสานกัน



รูปที่ 2-9 แสดงไซโคลนที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการคำนวณ

3.1 การออกแบบและการคำนวณหาขนาดของตัวถังของไซโคลน

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

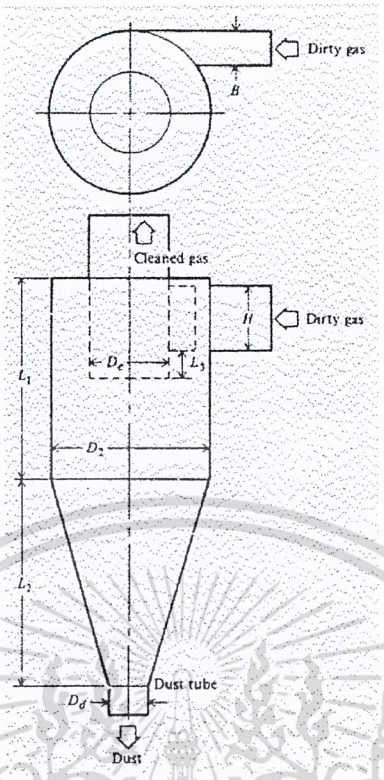
ความยาวส่วนของทรงกระบอก	$L_1 = 2D_2$
ความยาวส่วนของทรงกรวย	$L_2 = 2D_2$
เส้นผ่าศูนย์กลางของทางออก	$D_e = 0.5D_2$
ความสูงของทางเข้า	$H = 0.5D_2$
ความกว้างของทางเข้า	$B = 0.25D_2$
เส้นผ่าศูนย์กลางทางออกของฝุ่น	$D_d = 0.25D_2$
ความยาวของท่อทางออก	$L_3 = 0.125\ D_2$

แต่เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ ได้มีการติดตั้งใบพัดภายในไซโคลน ดังนั้นเราจึงได้เพิ่มความยาวของท่อทางออกเป็น $L_3 = D_2$ เพื่อใช้ในการติดตั้งใบพัดและช่วยควบคุมทิศทางการไหลของอากาศที่บำบัดเรียบร้อยแล้ว

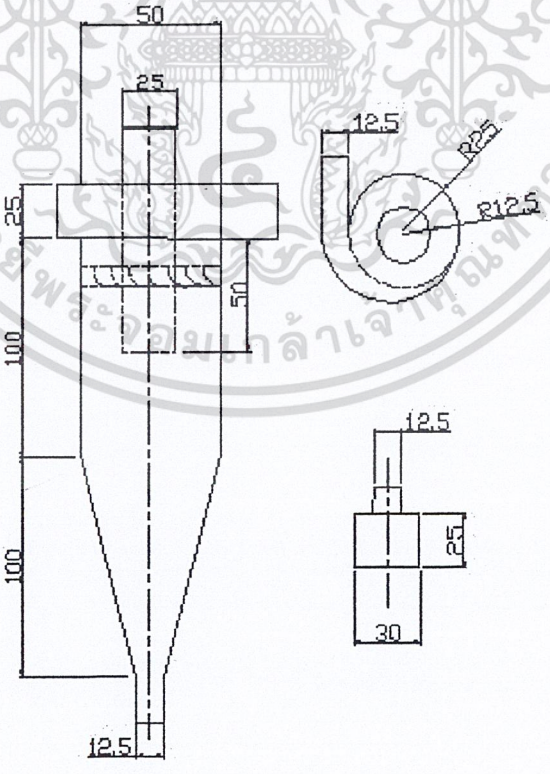
จากที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น การออกแบบไซโคลนสำหรับใช้ในการทดลองได้ออกแบบโดยกำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของไซโคลนเท่ากับ 50 เซนติเมตร ฉะนั้นขนาดของส่วนต่างๆของไซโคลนจึงเป็นดังนี้

ความยาวส่วนของทรงกระบอกเท่ากับ	100	เซนติเมตร
ความยาวส่วนของทรงกรวยเท่ากับ	100	เซนติเมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางของทางออกเท่ากับ	25	เซนติเมตร
ความสูงของทางเข้าเท่ากับ	25	เซนติเมตร
ความกว้างของทางเข้าเท่ากับ	12.5	เซนติเมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางทางออกของฝุ่นเท่ากับ	12.5	เซนติเมตร
ความยาวของท่อทางออกเท่ากับ	50	เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-1แสดงขนาดมาตรฐานของไซโคลนที่จะทำการออกแบบ



รูปที่ 3-2แสดงภาพเขียนแบบของไซโคลนที่จะใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การคำนวณหาประสิทธิภาพของไซโคลน

3.2.1 ประสิทธิภาพของไซโคลน คำนวณได้จาก

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

โดย

ρ_p = ความหนาแน่นของฝุ่น $\frac{kg}{m^3}$

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

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของฝุ่น m

θ_1 = มุมที่ทำให้เกิดไซโคลนพอดี rad

μ = ค่าความหนืดสมบูรณ์ของอากาศ $\frac{N.s}{m^2}$

W = ระยะพิชของไซโคลน m

r_2 = รัศมีภายนอกของไซโคลน m

r_1 = รัศมีภายในของไซโคลน m

3.2.2 ระยะพิชของไซโคลน คำนวณได้จาก

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

เมื่อ

α_2 = มุมทางออกของอากาศที่ใบพัด

3.2.3 มุมทางออกของอากาศที่ใบพัด คำนวณได้จาก

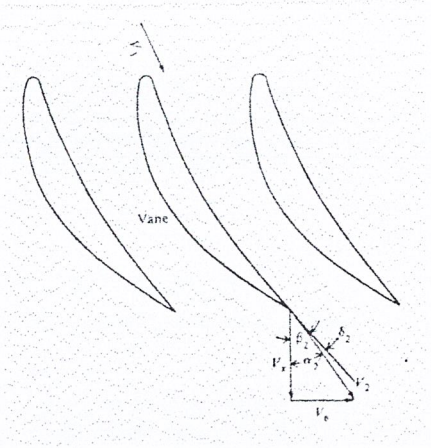
$$\alpha_2 = \beta_2 - \delta_2$$

เมื่อ

β_2 = มุมทางออกของใบพัด

δ_2 = มุมเบี่ยงเบนที่ทางออกของใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-3 แสดงมุมต่างๆของใบพัด

3.3 การออกแบบและการคำนวณหาขนาดและจำนวนของใบพัด

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

โดยในการคำนวณหาประสิทธิภาพของไซโคลนนั้นได้มีการกำหนดค่าของตัวแปรดังต่อไปนี้ โดยให้ β = 0-90 องศา , δ = 0 องศา , ρ_P = 2000 kg/m^3

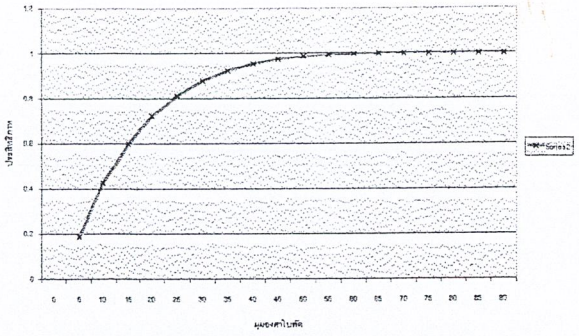
$\mu = 1.84\times10^{-5}$, d = 10μm , Q = 5 m^3/s

ซึ่งนี่คือ ตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณโดยคิดที่ มุม δ_2 = 2 องศา

องศาใบพัด	W	η
0	หาค่าไม่ได้	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
60	0.9982	1

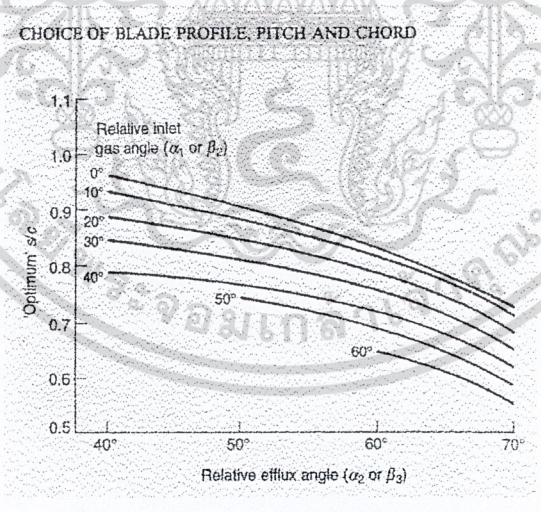
ตารางที่ 3-1 แสดงประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-4 แสดงกราฟของประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณ

ซึ่งจากที่ได้มีการทดลองคำนวณค่าหาประสิทธิภาพของไซโคลนแล้ว ได้ทำการเลือกมุมที่ใช้ในการออกแบบใบพัดดังนี้ $\delta_2 = 2$ องศา, $\beta_2 = 65$ องศา และ $\alpha_2 = 63$ องศา เมื่อนำค่าของมุม α_2 และการทดลองเลือกค่าของมุม α_1 ซึ่งจากกราฟเลือกระยะห่างระหว่างใบพัดและระยะคอร์ดระหว่างใบพัดทำให้ได้ค่าระยะห่างระหว่างใบพัดต่อระยะคอร์ดของใบพัด $\left(\frac{s}{c}\right)$ ที่ดีที่สุดคือ $\left(\frac{s}{c} = 0.73\right)$ ต่อจากนั้นได้เลือกค่าความกว้างของใบพัดต่อระยะคอร์ดของใบพัด $\left(\frac{h}{c}\right)$ คือ $\left(\frac{h}{c} = 3\right)$ จากที่ได้มีการคำนวณขนาดของไซโคลนไปแล้วนั้น ค่าความกว้างของใบพัดมีค่าเท่ากับระยะรัศมีภายนอกและรัศมีภายในของไซโคลน โดยมีค่าเท่ากับ 12.5 เซนติเมตร



รูปที่ 3-5 แสดงกราฟที่ใช้ในการเลือกใบพัด

ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาระยะห่างระหว่างใบพัดได้โดย

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

$$\therefore c \approx 4.2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ระยะคอร์ดของใบพัดซึ่งเท่ากับ 4.2 เซนติเมตรมาแล้ว สามารถหาระยะห่างระหว่างใบพัดได้

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

$$\therefore s \approx 3.06$$

ดังนั้นระยะห่างระหว่างใบพัดเท่ากับ 3.06 เซนติเมตรจากนั้นจึงคำนวณหาจำนวนใบพัดที่ใช้ในไซโคลน โดยใช้สูตร

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

โดย n = จำนวนของใบพัด

r_m = รัศมีเฉลี่ยของไซโคลน

โดยรัศมีเฉลี่ยของไซโคลนหาจาก

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

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

$$r_m = 18.75$$

ซึ่งรัศมีเฉลี่ยเท่ากับ 18.75 เซนติเมตร

ดังนั้นหาจำนวนใบพัดได้

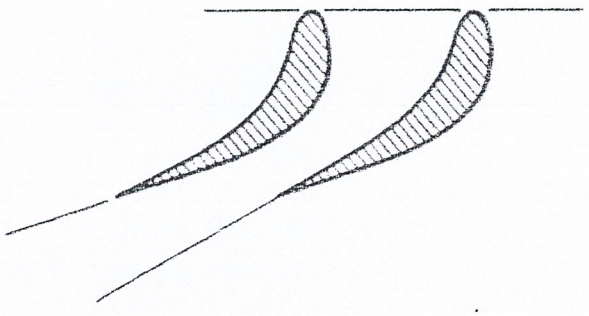
$$n = \frac{2\pi(18.75)}{3.06}$$

$$n = 38$$

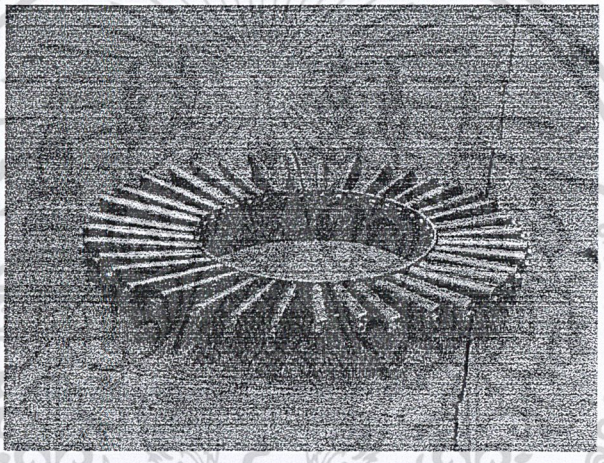
เพราะฉะนั้นจำนวนใบพัดที่ใช้ในไซโคลนมีทั้งหมด 38 ใบ

โดยใบพัดที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะคล้ายกับใบพัดที่อยู่กับที่ในส่วนของกังหันแบบแนวแกนของเครื่องยนต์แก๊สเทอร์ไบน์ โดยใช้ใบพัดแบบมุมหัวฉีดคงที่ (constant nozzle angle)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



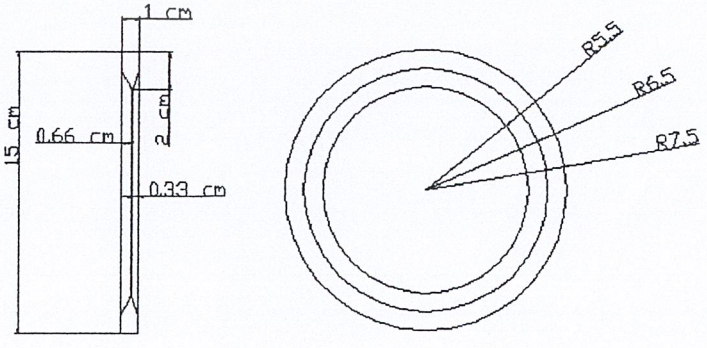
รูปที่ 3.6 แสดงแบบของใบพัดที่จะออกแบบ



รูปที่ 3-7 แสดงใบพัดที่ใช้ในการทดลอง

3.4 การคำนวณหาอัตรการไหลของอากาศ

ในการคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศนั้น ได้ใช้ออริฟิส(orifice) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดอัตราการไหลของอากาศที่เข้าไซโคลนโดยที่ออริฟิสมีขนาดตามรูปข้างล่าง



รูปที่ 3-8 แสดงออริฟิสที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการหาอัตราการไหลใช้สูตรดังต่อไปนี้

3.4.1 การหาอัตราการไหลโดยมวลของอากาศ

$$\dot{m}_a = \alpha A\sqrt{2g\gamma h}$$

โดย

$\dot{m}_a$ = อัตราการไหลโดยมวลของอากาศ ($\frac{kg}{s}$)

α = ค่าคงที่ของการไหล (coefficient of discharge) = 0.75

A = พื้นที่รูของออริฟิส (m^2)

g = ความเร่ง ($\frac{m^2}{s}$)

γ = น้ำหนักจำเพาะของอากาศ ($\frac{kg}{m^3}$)

h = ความแตกต่างของความดันที่ออริฟิส (mmH_2O)

และการหาค่า γ หาจาก

$$\gamma_s = 1.293\left[\frac{P_a - \left(\phi/100\right)P_{w_s}}{760}\right]\left(\frac{273}{T_s}\right) + \left(\phi/100\right)\gamma_{w_s}$$

โดย

γ_s = น้ำหนักจำเพาะของอากาศที่ด้านดูด ($\frac{kg}{m^3}$)

P_a = ความดันบรรยากาศ (mm.Hg)

$\varnothing$ = ความชื้นสัมพัทธ์(%)

T_s = อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าออริฟิส (K)

P_{ws} = ความดันของไอน้ำอิ่มตัว (mm.Hg)

γ_{ws} = น้ำหนักจำเพาะของไอน้ำอิ่มตัว ($\frac{kg}{m^3}$)

โดยที่ค่าของ P_{ws} และค่าของ γ_{ws} สามารถหาได้จากตารางที่ ในภาคผนวก

และ

$$\gamma = \gamma_s\left(\frac{T_s}{P_a}\right)\left(\frac{P_n}{T_n}\right)$$

โดย

P_n = ความดันบรรยากาศ ณ จุดใดๆ

T_n = อุณหภูมิ ณ จุดใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาอัตราการไหลโดยมวลของอากาศแห้ง หาได้จาก

$$\dot{m}_{da} = \frac{\dot{m}_a}{(1+\omega)}$$

โดย

ω = 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} = ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิขณะนั้น

3.4.2 การหาอัตราการไหลโดยปริมาตรของอากาศ

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

โดย

$\dot{Q}$ = อัตราการไหลโดยปริมาตรของอากาศ $(\frac{m^3}{s})$

υ = ปริมาตรจำเพาะของอากาศ $(\frac{m^3}{kg_{da}})$

โดยที่ค่าของ υ หาจากไซโครเมตริกชาร์ต (Psychometric Chart) ในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง_พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่4

การออกแบบและการทดลอง

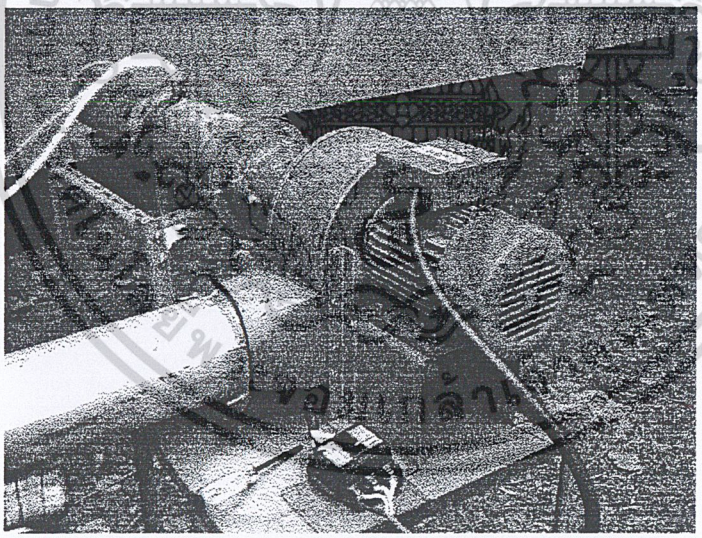
4.1 หลักการออกแบบ

ในการออกแบบใบพัดเพื่อเพิ่มความเร็วในการหมุนของอากาศนั้นเราจะพิจารณามุมองศาของใบพัดระหว่าง 0-60 องศาโดยพิจารณาเป็นช่วงๆทีละ 10 องศาจากนั้นจะทำการทดลองที่มุมองศาใบพัดที่ต่างๆกันเพื่อหามุมที่เหมาะสมโดยเราจะวัดปริมาณฝุ่นที่เก็บได้แล้วนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตรการคำนวณข้างต้นเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากผลการทดลอง และเราจะทำการทดลองที่ระดับความสูงต่างๆกันเพื่อหาระยะติดตั้งใบพัดที่เหมาะสมที่สุด

4.2 ส่วนประกอบของชุดทดลอง

ชุดทดลองที่ใช้ทำการทดลองประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

4.2.1 ปั๊ม ใช้ในการดูดอากาศเข้าสู่ตัวไซโคลน สำหรับที่ใช้ทดลองในครั้งนี้มีขนาด 1 แรงม้า(0.75 kw)

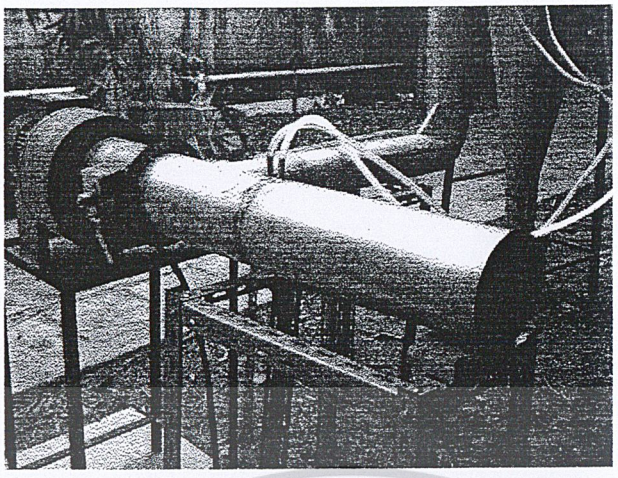


รูปที่ 4-1 แสดงลักษณะปั๊มที่ใช้ในการทดลอง

4.2.2 ชุดท่อทางดูด ทำจากเหล็กชุบสังกะสีเบอร์ 18 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซ็นติเมตร โดยที่ปลายท่อด้านหนึ่งจะทำเป็นลักษณะปากแตรเพื่อลดความสูญเสียบริเวณทางเข้าปากแตรจะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซ็นติเมตร ส่วนปลายอีกด้านจะมีลักษณะเป็นครีบเพื่อเจาะยึดกับปากท่อทางดูดของปั๊มโดยจะมีความกว้างของครีบ 2.5 เซ็นติเมตรโดยรอบ ซึ่งจะมีซีลยางกันการรั่วซึมอีกชั้นหนึ่ง

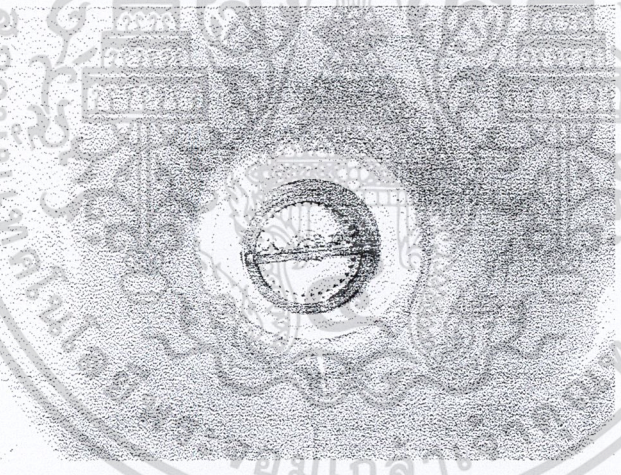
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46008



รูปที่ 4-2 แสดงลักษณะของท่อทางดูดที่ต่อเข้ากับปั๊มที่ใช้ในการทดลอง

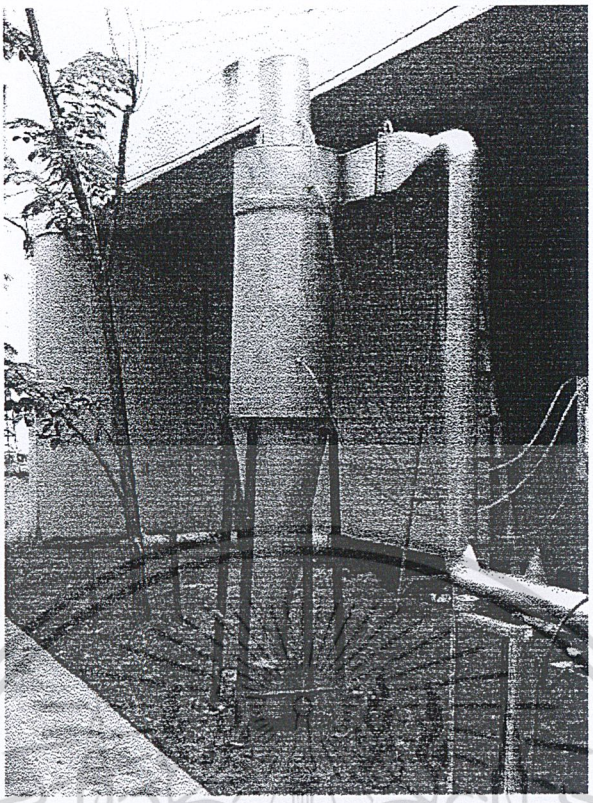
4.2.3 orrifice ทำจากเหล็กตันนำมากลึงให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซ็นติเมตรและมีความหนา 1 เซ็นติเมตร โดยจะมีความสูงของส่วนที่ยื่นมาจากขอบ 2 เซ็นติเมตรความกว้างของส่วนโค้งแต่ละด้านเท่ากับ 0.66 และ 0.34 เซ็นติเมตรตามลำดับ



รูปที่ 4-3 แสดงลักษณะของ orifice ที่ยึดติดกับท่อทางดูดของชุดทดลอง

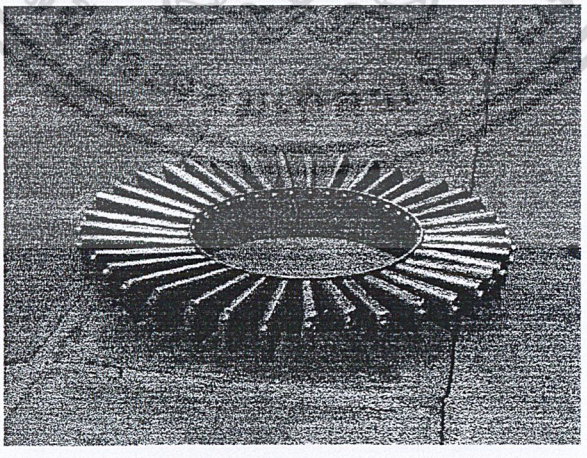
4.2.4 ชุดท่อทางเข้า ทำจากเหล็กชุบสังกะสีเบอร์ 18 ปลายด้านหนึ่งจะต่อเข้ากับท่อทางออกของปั๊มที่ใช้ในการทดลองโดยจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 13 เซ็นติเมตรและจะมีครีบความกว้าง2.5เซ็นติเมตร โดยรอบเพื่อเจาะยึดกับท่อทางออกของปั๊มโดยมีซีลยางป้องกันการรั่วของอากาศ ส่วนปลายอีกด้านจะทำเป็นหน้าแปลนลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร และจะมีครีบความกว้าง 2.5 เซ็นติเมตร โดยรอบเพื่อเจาะยึดกับท่อทางเข้าของตัวไซโคลนโดยมีซีลยางป้องกันการรั่วของอากาศเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-4 แสดงลักษณะของท่อทางดูดที่ต่อเข้ากับตัวไซโคลน

4.2.5 ใบพัดและปลอกใบพัด ใบพัดทำจากอะลูมิเนียมหนา 2 มิลลิเมตรดัดโค้งให้ได้ขนาดตามที่เราได้ทำการออกแบบไว้จำนวนทั้งหมด 38 ใบโดยจะยึดติดกับปลอกใบพัดซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลมทำจากอะลูมิเนียมความหนา 3 มิลลิเมตรซึ่งที่ปลอกใบพัดนี้จะเจาะรูทั้งหมด 4 รูเพื่อใช้ยึดตัวปลอกใบพัดและใบพัดเข้ากับท่อทางออกของไซโคลนซึ่งจะสามารถปรับเลื่อนระดับความสูงต่างๆได้เพื่อทำการทดลอง



รูปที่ 4-5 แสดงลักษณะใบพัดและปลอกใบพัดที่ยึดติดกัน

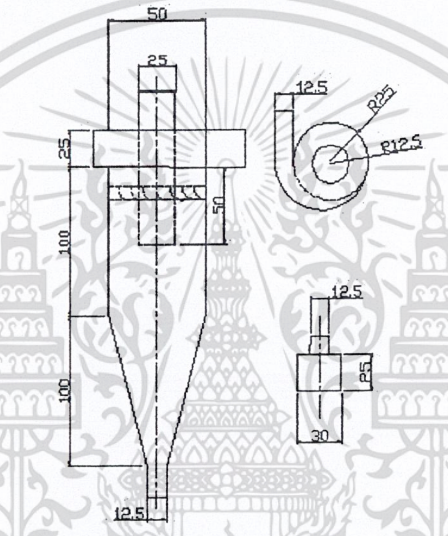
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ไซโคลน ประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

4.2.6.1 ส่วนหัวของไซโคลน ทำจากเหล็กชุบสังกะสีเบอร์ 18 เป็นที่ยึดของปลอกใบพัดและใบพัด สำหรับขนาดต่างๆจะเป็นดังแสดงในรูปที่ 4-6

4.2.6.2 ส่วนตัวไซโคลน ทำจากเหล็กชุบสังกะสีเบอร์ 18 เป็นส่วนที่ต่อมาจากส่วนหัว ส่วนนี้จะเจาะรูเพื่อทำการวัดความดันตกคร่อมที่จุดต่างๆขณะทำการทดลอง สำหรับขนาดต่างๆจะเป็นดังแสดงในรูปที่ 4-6

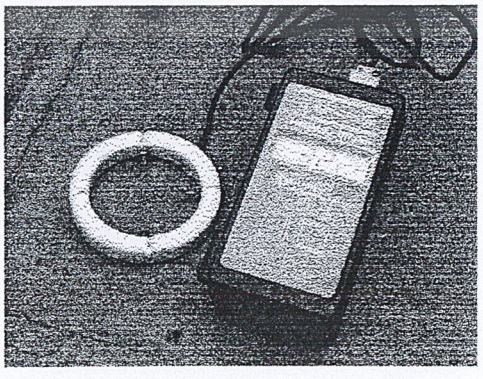
4.2.6.3 ภาชนะที่ใช้เก็บฝุ่น มีลักษณะเป็นถังทรงกระบอกทำจากอะลูมิเนียมหนา 1 มิลลิเมตรขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซ็นติเมตรสูง 25 เซ็นติเมตรซึ่งจะยึดกับหน้าแปลนบริเวณท่อส่วนล่างของตัวไซโคลน



รูปที่ 4-6 แสดงขนาดของส่วนต่างๆของไซโคลน

4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด

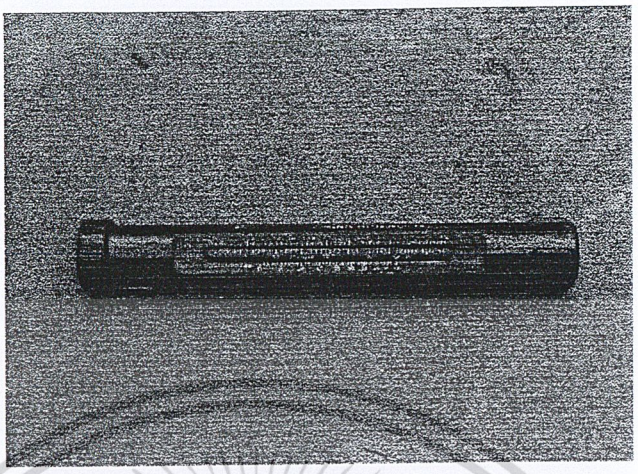
4.3.1 เครื่องวัดอุณหภูมิ ใช้วัดอุณหภูมิขณะทำการทดลองมีความละเอียดในการวัดเป็นทศนิยม 1 ตำแหน่ง



รูปที่ 4-7 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง

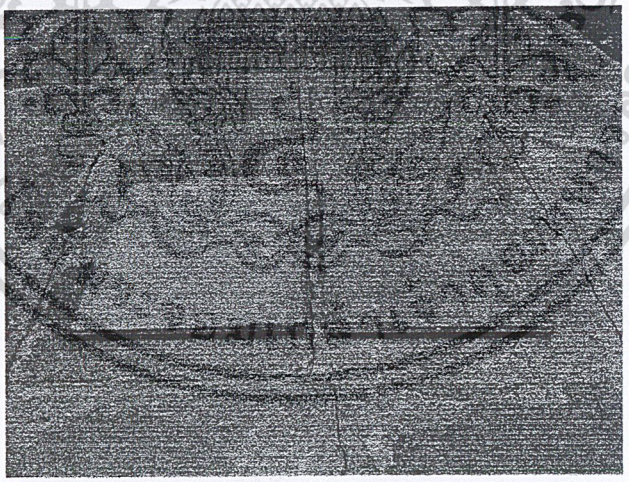
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ใช้วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิกระเปาะแห้ง และหาความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขณะทำการทดลอง



รูปที่ 4-8 แสดงเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

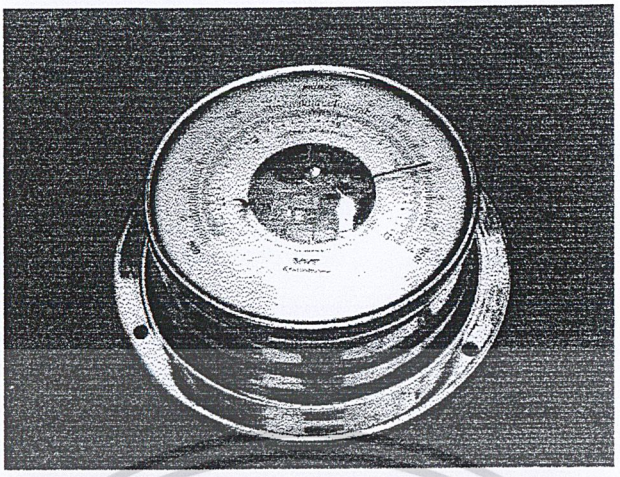
4.3.3 ตะแกรงคัดเลือกขนาดฝุ่น ใช้คัดแยกฝุ่นให้ได้ขนาดต่างๆตามต้องการ โดยมีความละเอียดของตะแกรง 2 ขนาดด้วยกันคือตะแกรงชนิดแรกความละเอียด 300 ไมโครเมตร ตะแกรงชนิดที่สองความละเอียด 150 ไมโครเมตรซึ่งจะทำให้เราได้ฝุ่นที่มีขนาดต่างๆกันทั้งหมด 3 ขนาดมาใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4-9 แสดงตะแกรงคัดเลือกขนาดฝุ่นด้านซ้ายมือเป็นตะแกรงแบบละเอียด ด้านขวาแสดงตะแกรงแบบหยาบ

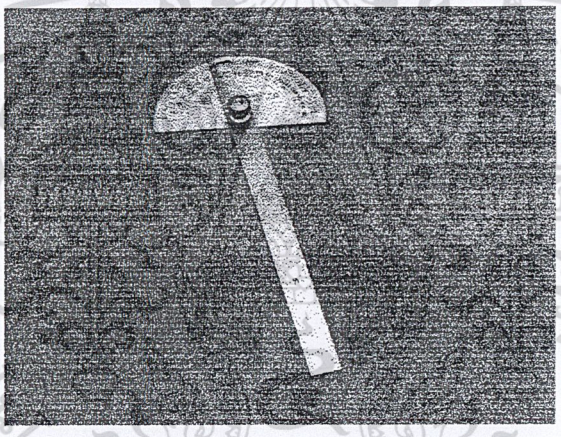
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 บารอมิเตอร์ ใช้วัดความดันบรรยากาศขณะทำการทดลอง



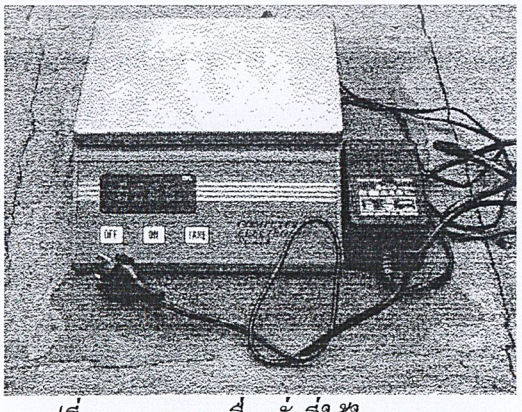
รูปที่ 4-10 แสดงเครื่องวัดความดันบรรยากาศที่ใช้ในการทดลอง

4.3.5 ตัววัดองศา ใช้วัดองศาของมุมใบพัดที่จะทำการทดลอง



รูปที่ 4-11 แสดงตัววัดองศาที่ใช้ในการทดลอง

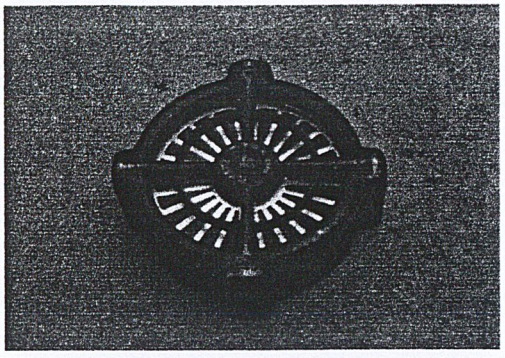
4.3.6 เครื่องชั่ง เป็นเครื่องชั่งแบบตัวเลขความละเอียด 20 กรัมใช้วัดปริมาณฝุ่นที่เก็บได้ในการทดลองแต่ละครั้ง



รูปที่ 4-12 แสดงเครื่องชั่งที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.7 **เครื่องวัดความเร็วลม** ใช้วัดความเร็วลมที่ทางเข้าปั๊มขณะทำการทดลอง



รูปที่ 4-13 แสดงเครื่องวัดความเร็วลมที่ใช้ในการทดลอง

4.3.8 **มานอมิเตอร์** ใช้วัดความดันตกคร่อมที่จุดต่างๆทั้งหมด 5 จุดดังนี้

4.3.8.1 ความดันตกคร่อมบริเวณ orifice

4.3.8.2 ความดันตกคร่อมบริเวณทางเข้าไซโคลน

4.3.8.3 ความดันตกคร่อมบริเวณก่อนเข้าใบพัด

4.3.8.4 ความดันตกคร่อมบริเวณหลังออกจากใบพัด

4.3.8.5 ความดันตกคร่อมบริเวณทางออกไซโคลน



รูปที่ 4-14 แสดงมานอมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

4.4 ขั้นตอนการทดลอง

4.4.1 ประกอบชุดไซโคลนที่สร้างขึ้นเข้ากับปั๊มที่ใช้ในการดูดอากาศเข้าสู่ไซโคลนรวมทั้งท่อทางดูด ท่อทางออกจากปั๊มรวมทั้งต่อสายยางจากมานอมิเตอร์เพื่อวัดความดันตกคร่อมตามจุดต่างๆที่เรากำหนดไว้ทำการทดลองในครั้งแรกโดยยังไม่ติดใบพัดและใช้ฝุ่นที่เตรียมไว้ขนาดต่างๆกัน 3 ขนาด(หยาบ กลาง ละเอียด)และฝุ่นแบบธรรมดาที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ผ่านตะแกรงคัดเลือกขนาด และวัดปริมาณฝุ่นที่สามารถเก็บได้เพื่อนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพต่อไป

4.4.2 ทำการทดลองให้ปั๊มดูดอากาศเข้าสู่ไซโคลนโดยเริ่มที่มุมใบพัด 10 องศาที่ระดับความสูง 10 เซนติเมตร โดยใช้ฝุ่นที่มีขนาดต่างๆกันจำนวน 3 ขนาด(หยาบ กลาง ละเอียด)ที่ผ่านการกรองมาแล้วและฝุ่นแบบธรรมดาที่ยังไม่ผ่านการคัดขนาดจากนั้นเพิ่มระดับทีละ 10 เซนติเมตร จนถึงระดับ 50 เซนติเมตร แล้วบันทึกผลที่ได้จากการทดลอง

4.4.3 ปรับมุมใบพัดเพิ่มทีละ 10 องศา แล้วทำซ้ำที่ระดับความสูงต่างๆ ตามขั้นตอนที่ 3 จนกระทั่งใบพัดทำมุม 60 องศา แล้วบันทึกผลที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะนำเสนอในรูปแบบของตารางในหน้าต่อไป จากนั้นจะนำข้อมูลจากตารางมาพล๊อตเป็นกราฟ

ตารางที่ 5.1-5.5 จะเป็นตารางแสดงผลการทดลองที่ระยะ 10 ถึง 50 เซ็นติเมตรที่มุมองศาต่างๆ ของใบพัดส่วนตารางที่ 5.6 จะเป็นตารางแสดงประสิทธิภาพของไซโคลนเมื่อยังไม่ติดใบพัดเปรียบเทียบกันระหว่างฝุ่นขนาดต่างๆแล้วจึงนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟรูปที่ 5.1-5.6

ส่วนตารางที่ 5.7-5.11 เป็นตารางแสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีกับการทดลองและเมื่อใส่ใบพัดเพื่อให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนโดยเราจะนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟเปรียบเทียบกันเป็นคู่ๆ โดยในรูปที่ 5.7-5.11 จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพทางทฤษฎีกับผลที่ได้จากการทดลองที่ระยะติดตั้งที่ต่างๆกัน ส่วนกราฟรูปที่ 5.12-5.16 จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองเมื่อติดตั้งใบพัดกับเมื่อยังไม่ติดตั้งใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับ 10 cm

มุมใบพัด	ขนาดฝุ่น	$T_{บรรยากาศ}$ (^{o}C)	$P_{บรรยากาศ}$ (Bar)	T_S (^{o}C)	T_N (^{o}C)	T_{DB} (^{o}F)	T_{WB} (^{o}F)	RH (%)	$\Delta P_{orifice}$	ΔP_1 ก่อนเข้าไซโคลน	ΔP_2 ก่อนเข้าใบพัด	ΔP_3 หลังเข้าใบพัด	ΔP_4 หลังออกไซโคลน	η (%)
10^{o}	ธรรมดา	28	1.018	28	30	84	71	54	22	4	4	2	1	81.5
	หยาบ	28	1.018	28	30	84	71	54	22	4	4	2	1	86.5
	กลาง	28	1.018	28	30	84	71	54	22	4	4	2	1	82
	ละเอียด	28	1.018	28	30	84	71	54	22	4	4	2	1	73.5
20^{o}	ธรรมดา	32.1	1.018	31.9	31	87	74	55	22	5	5	3	1	86
	หยาบ	32.1	1.018	31.9	31	87	74	55	22	5	5	3	1	91
	กลาง	32.1	1.018	31.9	31	87	74	55	22	5	5	3	1	90
	ละเอียด	32.1	1.018	31.9	31	87	74	55	22	5	5	3	1	82
30^{o}	ธรรมดา	33.8	1.018	33.3	31	88	75	56	22	6	5	3	2	87.5
	หยาบ	33.8	1.018	33.3	31	88	75	56	22	6	5	3	2	95
	กลาง	33.8	1.018	33.3	31	88	75	56	22	6	5	3	2	92.5
	ละเอียด	33.8	1.018	33.3	31	88	75	56	22	6	5	3	2	85
40^{o}	ธรรมดา	34.7	1.018	33.7	32	90	78	58.7	22	6	5	4	2	89.5
	หยาบ	34.7	1.018	33.7	32	90	78	58.7	22	6	5	4	2	96
	กลาง	34.7	1.018	33.7	32	90	78	58.7	22	6	5	4	2	93
	ละเอียด	34.7	1.018	33.7	32	90	78	58.7	22	6	5	4	2	87
50^{o}	ธรรมดา	34.1	1.018	34.1	32	90	79	62	22	7	7	6	2	94
	หยาบ	34.1	1.018	34.1	32	90	79	62	22	7	7	6	2	97.5
	กลาง	34.1	1.018	34.1	32	90	79	62	22	7	7	6	2	94
	ละเอียด	34.1	1.018	34.1	32	90	79	62	22	7	7	6	2	93
60^{o}	ธรรมดา	34.2	1.018	33.2	30.3	86	74	57.5	22	8	7	4	2	84.5
	หยาบ	34.2	1.018	33.2	30.3	86	74	57.5	22	8	7	4	2	87.5
	กลาง	34.2	1.018	33.2	30.3	86	74	57.5	22	8	7	4	2	82.5
	ละเอียด	34.2	1.018	33.2	30.3	86	74	57.5	22	8	7	4	2	85.5

ตาราง 5-1 แสดงผลการทดลองที่ระยะ 10 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด

ระดับ 20 cm

มุมใบพัด	ขนาดฝุ่น	$T_{บรรยากาศ}$ (^{o}C)	$P_{บรรยากาศ}$ (Bar)	T_S (^{o}C)	T_N (^{o}C)	T_{DB} (^{o}F)	T_{WB} (^{o}F)	RH (%)	$\Delta P_{orifice}$	ΔP_1 ก่อนเข้าไซโคลน	ΔP_2 ก่อนเข้าใบพัด	ΔP_3 หลังเข้าใบพัด	ΔP_4 หลังออกไซโคลน	η (%)
10^{o}	ธรรมดา	28	1.018	27.8	28.6	83	70	52	22	6	6	4	2	81.5
	หยาบ	28	1.018	27.8	28.6	83	70	52	22	6	6	4	2	87.5
	กลาง	28	1.018	27.8	28.6	83	70	52	22	6	6	4	2	82.5
	ละเอียด	28	1.018	27.8	28.6	83	70	52	22	6	6	4	2	74
20^{o}	ธรรมดา	32.1	1.018	32.1	31.4	88	73	49	22	6	6	3	2	87.5
	หยาบ	32.1	1.018	32.1	31.4	88	73	49	22	6	6	3	2	91.5
	กลาง	32.1	1.018	32.1	31.4	88	73	49	22	6	6	3	2	90.5
	ละเอียด	32.1	1.018	32.1	31.4	88	73	49	22	6	6	3	2	82.5
30^{o}	ธรรมดา	33.8	1.018	34	33.1	91	79	59	22	6	6	4	2	90.5
	หยาบ	33.8	1.018	34	33.1	91	79	59	22	6	6	4	2	98.5
	กลาง	33.8	1.018	34	33.1	91	79	59	22	6	6	4	2	92.5
	ละเอียด	33.8	1.018	34	33.1	91	79	59	22	6	6	4	2	90
40^{o}	ธรรมดา	34.7	1.018	34	33.1	89	77	58	22	7	6	4	2	91
	หยาบ	34.7	1.018	34	33.1	89	77	58	22	7	6	4	2	97.5
	กลาง	34.7	1.018	34	33.1	89	77	58	22	7	6	4	2	93.5
	ละเอียด	34.7	1.018	34	33.1	89	77	58	22	7	6	4	2	89.5
50^{o}	ธรรมดา	34.1	1.018	33.9	32.7	89	77	58	22	7	7	6	2	94.5
	หยาบ	34.1	1.018	33.9	32.7	89	77	58	22	7	7	6	2	98
	กลาง	34.1	1.018	33.9	32.7	89	77	58	22	7	7	6	2	94.5
	ละเอียด	34.1	1.018	33.9	32.7	89	77	58	22	7	7	6	2	93
60^{o}	ธรรมดา	34.2	1.018	33.5	33.9	87	75	59	22	8	7	4	2	84.5
	หยาบ	34.2	1.018	33.5	33.9	87	75	59	22	8	7	4	2	86
	กลาง	34.2	1.018	33.5	33.9	87	75	59	22	8	7	4	2	83.5
	ละเอียด	34.2	1.018	33.5	33.9	87	75	59	22	8	7	4	2	82.5

ตาราง 5-2 แสดงผลการทดลองที่ระยะ 20 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด

ระดับ 30 cm

มุมใบพัด	ขนาดฝุ่น	$T_{บรรยากาศ}$ (^{o}C)	$P_{บรรยากาศ}$ (Bar)	T_S (^{o}C)	T_N (^{o}C)	T_{DB} (^{o}F)	T_{WB} (^{o}F)	RH (%)	$\Delta P_{orifice}$	ΔP_1 ก่อนเข้าไซโคลน	ΔP_2 ก่อนเข้าใบพัด	ΔP_3 หลังเข้าใบพัด	ΔP_4 หลังออกไซโคลน	η (%)
10^{o}	ธรรมดา	28	1.018	28	30	84	71	54	22	4	4	3	1	82.5
	หยาบ	28	1.018	28	30	84	71	54	22	4	4	3	1	87
	กลาง	28	1.018	28	30	84	71	54	22	4	4	3	1	83
	ละเอียด	28	1.018	28	30	84	71	54	22	4	4	3	1	75
20^{o}	ธรรมดา	32.1	1.018	32.1	31	87	74	55	22	6	6	3	1	90
	หยาบ	32.1	1.018	32.1	31	87	74	55	22	6	6	3	1	92.5
	กลาง	32.1	1.018	32.1	31	87	74	55	22	6	6	3	1	90.5
	ละเอียด	32.1	1.018	32.1	31	87	74	55	22	6	6	3	1	83
30^{o}	ธรรมดา	33.8	1.018	33.8	32.5	90	74	48	22	6	6	4	2	92.5
	หยาบ	33.8	1.018	33.8	32.5	90	74	48	22	6	6	4	2	95
	กลาง	33.8	1.018	33.8	32.5	90	74	48	22	6	6	4	2	93
	ละเอียด	33.8	1.018	33.8	32.5	90	74	48	22	6	6	4	2	91.5
40^{o}	ธรรมดา	34.7	1.018	34.7	33.6	92	76	48	22	7	7	5	2	93
	หยาบ	34.7	1.018	34.7	33.6	92	76	48	22	7	7	5	2	95.5
	กลาง	34.7	1.018	34.7	33.6	92	76	48	22	7	7	5	2	93.5
	ละเอียด	34.7	1.018	34.7	33.6	92	76	48	22	7	7	5	2	92
50^{o}	ธรรมดา	34.1	1.018	34.1	32.3	90	79	62	22	7	7	6	2	94
	หยาบ	34.1	1.018	34.1	32.3	90	79	62	22	7	7	6	2	95.5
	กลาง	34.1	1.018	34.1	32.3	90	79	62	22	7	7	6	2	94.5
	ละเอียด	34.1	1.018	34.1	32.3	90	79	62	22	7	7	6	2	93.5
60^{o}	ธรรมดา	34.2	1.018	34.2	31.4	88	74	53	22	8	7	4	1	79.5
	หยาบ	34.2	1.018	34.2	31.4	88	74	53	22	8	7	4	1	82.5
	กลาง	34.2	1.018	34.2	31.4	88	74	53	22	8	7	4	1	79
	ละเอียด	34.2	1.018	34.2	31.4	88	74	53	22	8	7	4	1	77.5

ตาราง 5-3 แสดงผลการทดลองที่ระยะ 30 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด

ระดับ 40 cm

มุมใบพัด	ขนาดฝุ่น	$T_{บรรยากาศ}$ (^{o}C)	$P_{บรรยากาศ}$ (Bar)	T_S (^{o}C)	T_N (^{o}C)	T_{DB} (^{o}F)	T_{WB} (^{o}F)	RH (%)	$\Delta P_{orifice}$	ΔP_1 ก่อนเข้าไซโคลน	ΔP_2 ก่อนเข้าใบพัด	ΔP_3 หลังเข้าใบพัด	ΔP_4 หลังออกไซโคลน	η (%)
10^{o}	ธรรมดา	28	1.018	29.2	29.7	85	73	57	22	4	4	2	1	83
	หยาบ	28	1.018	29.2	29.7	85	73	57	22	4	4	2	1	87.5
	กลาง	28	1.018	29.2	29.7	85	73	57	22	4	4	2	1	83
	ละเอียด	28	1.018	29.2	29.7	85	73	57	22	4	4	2	1	75.5
20^{o}	ธรรมดา	32.1	1.018	31.8	30.3	86	75	61	22	6	6	3	1	91
	หยาบ	32.1	1.018	31.8	30.3	86	75	61	22	6	6	3	1	93
	กลาง	32.1	1.018	31.8	30.3	86	75	61	22	6	6	3	1	91.5
	ละเอียด	32.1	1.018	31.8	30.3	86	75	61	22	6	6	3	1	84
30^{o}	ธรรมดา	33.8	1.018	33.7	33.6	92	75	46	22	6	6	4	2	92.5
	หยาบ	33.8	1.018	33.7	33.6	92	75	46	22	6	6	4	2	96.5
	กลาง	33.8	1.018	33.7	33.6	92	75	46	22	6	6	4	2	93
	ละเอียด	33.8	1.018	33.7	33.6	92	75	46	22	6	6	4	2	92
40^{o}	ธรรมดา	34.7	1.018	34.2	33.9	92	79	57	22	7	7	4	2	94
	หยาบ	34.7	1.018	34.2	33.9	92	79	57	22	7	7	4	2	97
	กลาง	34.7	1.018	34.2	33.9	92	79	57	22	7	7	4	2	95
	ละเอียด	34.7	1.018	34.2	33.9	92	79	57	22	7	7	4	2	93
50^{o}	ธรรมดา	34.1	1.018	34.3	33.1	91	78	56	22	7	7	5	2	94.5
	หยาบ	34.1	1.018	34.3	33.1	91	78	56	22	7	7	5	2	98
	กลาง	34.1	1.018	34.3	33.1	91	78	56	22	7	7	5	2	94.5
	ละเอียด	34.1	1.018	34.3	33.1	91	78	56	22	7	7	5	2	94
60^{o}	ธรรมดา	34.2	1.018	33.9	32.4	88	76	59	22	8	7	4	1	85.5
	หยาบ	34.2	1.018	33.9	32.4	88	76	59	22	8	7	4	1	89
	กลาง	34.2	1.018	33.9	32.4	88	76	59	22	8	7	4	1	84.5
	ละเอียด	34.2	1.018	33.9	32.4	88	76	59	22	8	7	4	1	82.5

ตาราง 5-4 แสดงผลการทดลองที่ระยะ 40 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด

ระดับ 50 cm

มุมใบพัด	ขนาดฝุ่น	$T_{บรรยากาศ}$ (^{o}C)	$P_{บรรยากาศ}$ (Bar)	T_S (^{o}C)	T_N (^{o}C)	T_{DB} (^{o}F)	T_{WB} (^{o}F)	RH (%)	$\Delta P_{orifice}$	ΔP_1 ก่อนเข้าไซโคลน	ΔP_2 ก่อนเข้าใบพัด	ΔP_3 หลังเข้าใบพัด	ΔP_4 หลังออกไซโคลน	η (%)
10^{o}	ธรรมดา	28	1.018	28	29.2	84	71	54	22	6	6	4	2	84.5
	หยาบ	28	1.018	28	29.2	84	71	54	22	6	6	4	2	88
	กลาง	28	1.018	28	29.2	84	71	54	22	6	6	4	2	84
	ละเอียด	28	1.018	28	29.2	84	71	54	22	6	6	4	2	76
20^{o}	ธรรมดา	32.1	1.018	32.1	30.8	87	74	55	22	6	6	3	1	91.5
	หยาบ	32.1	1.018	32.1	30.8	87	74	55	22	6	6	3	1	94.5
	กลาง	32.1	1.018	32.1	30.8	87	74	55	22	6	6	3	1	92
	ละเอียด	32.1	1.018	32.1	30.8	87	74	55	22	6	6	3	1	85.5
30^{o}	ธรรมดา	33.8	1.018	33.5	32.3	90	74	48	22	6	6	4	2	93
	หยาบ	33.8	1.018	33.5	32.3	90	74	48	22	6	6	4	2	96.5
	กลาง	33.8	1.018	33.5	32.3	90	74	48	22	6	6	4	2	94
	ละเอียด	33.8	1.018	33.5	32.3	90	74	48	22	6	6	4	2	92.5
40^{o}	ธรรมดา	34.7	1.018	34	33.1	92	76	48	22	6	6	3	2	94
	หยาบ	34.7	1.018	34	33.1	92	76	48	22	6	6	3	2	97
	กลาง	34.7	1.018	34	33.1	92	76	48	22	6	6	3	2	95.5
	ละเอียด	34.7	1.018	34	33.1	92	76	48	22	6	6	3	2	93
50^{o}	ธรรมดา	34.1	1.018	34.2	32.3	90	79	62	22	6	6	5	2	95.5
	หยาบ	34.1	1.018	34.2	32.3	90	79	62	22	6	6	5	2	97
	กลาง	34.1	1.018	34.2	32.3	90	79	62	22	6	6	5	2	95
	ละเอียด	34.1	1.018	34.2	32.3	90	79	62	22	6	6	5	2	94.5
60^{o}	ธรรมดา	34.2	1.018	34	32.7	88	74	53	22	8	7	4	1	81.5
	หยาบ	34.2	1.018	34	32.7	88	74	53	22	8	7	4	1	85.5
	กลาง	34.2	1.018	34	32.7	88	74	53	22	8	7	4	1	80.5
	ละเอียด	34.2	1.018	34	32.7	88	74	53	22	8	7	4	1	82.5

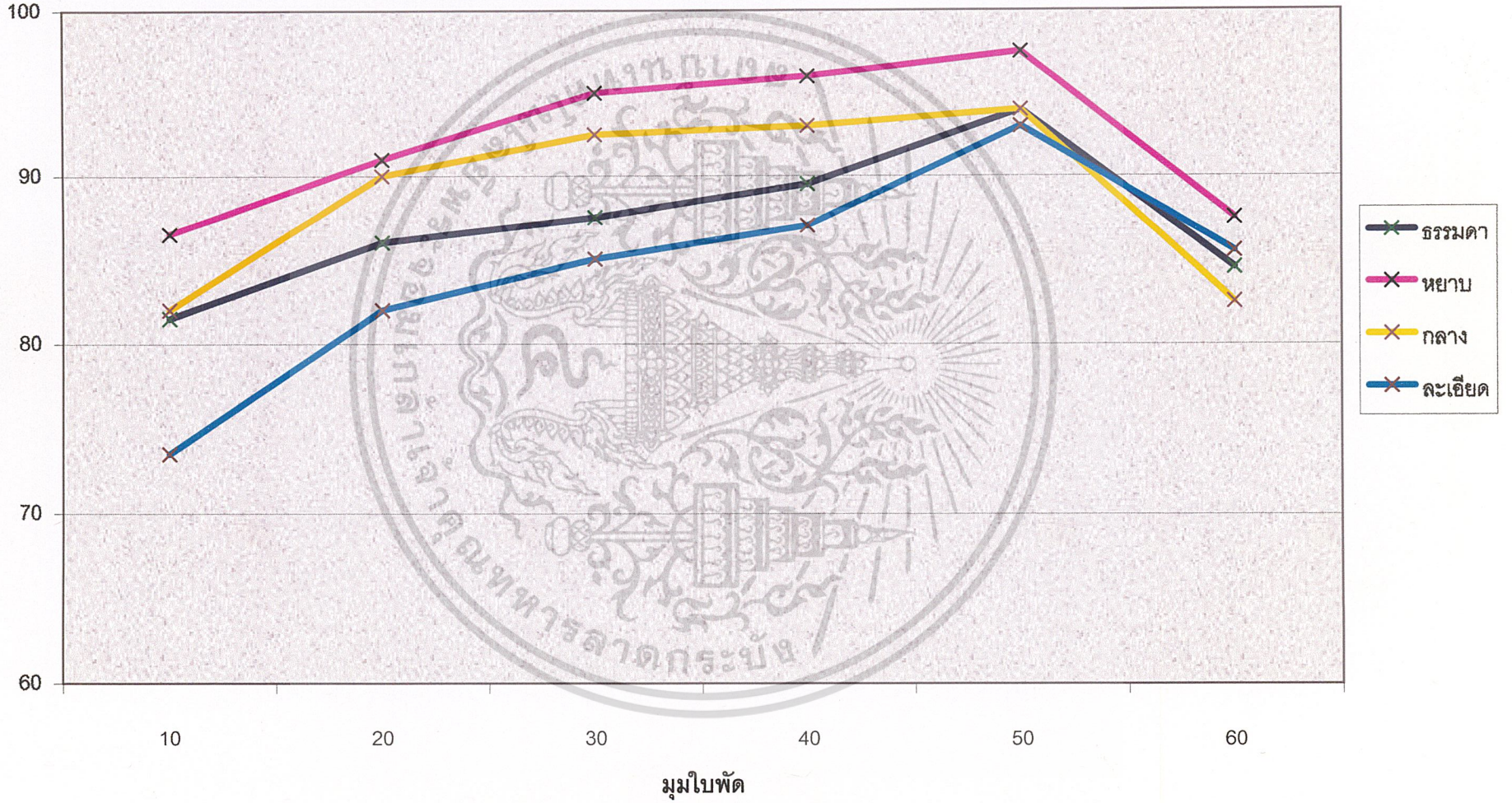
ตาราง 5-5 แสดงผลการทดลองที่ระยะ 50 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด

ไม่ติดใบพัด

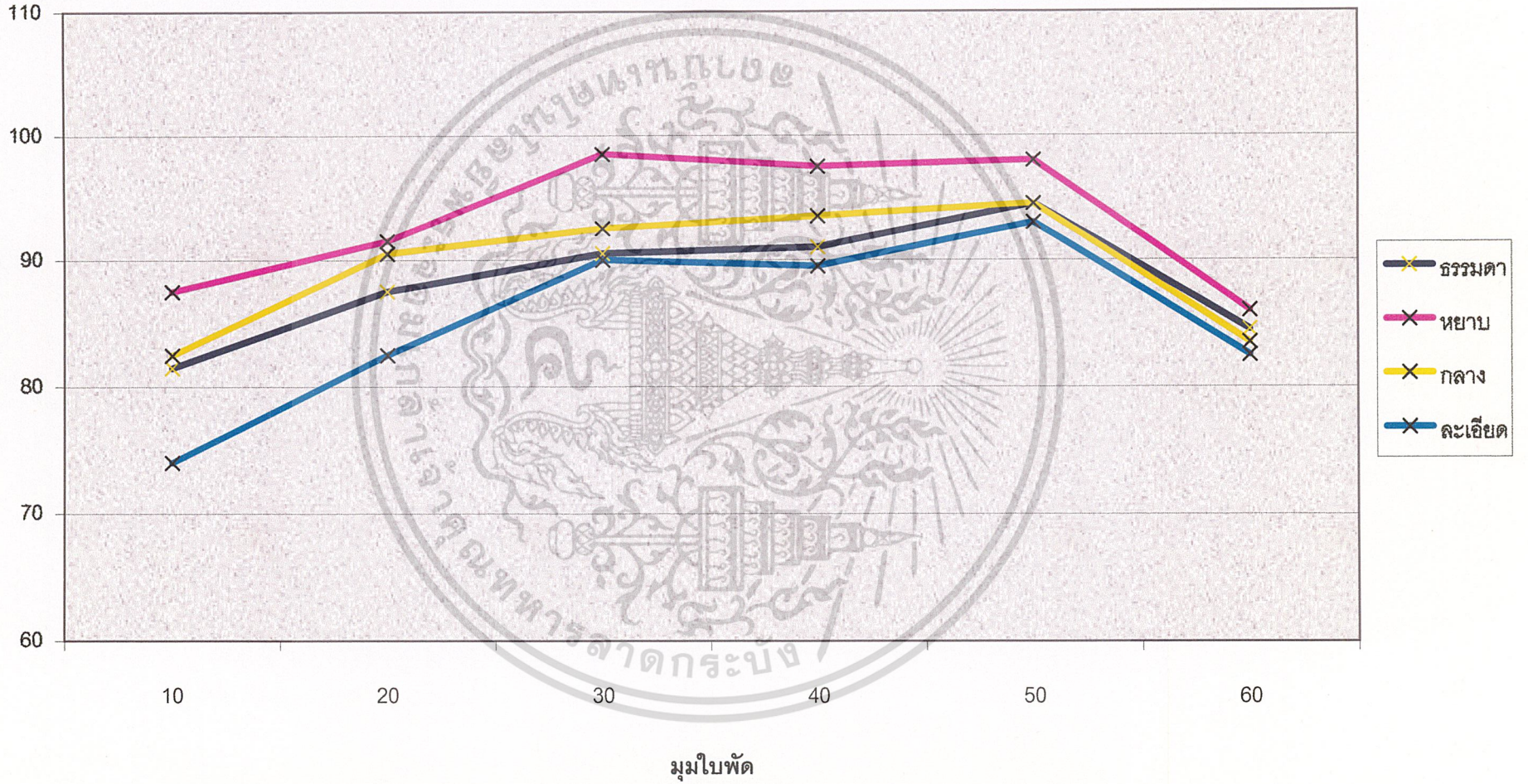
ขนาดฝุ่น	$T_{บรรยากาศ}$ (°C)	$P_{บรรยากาศ}$	T_S (°C)	T_N (°C)	T_{DB} (°F)	T_{WB} (°F)	RH (%)	$\Delta P_{orifice}$	ΔP_1 ก่อนเข้าไซโคลน	ΔP_2 ก่อนเข้าใบพัด	ΔP_3 หลังเข้าใบพัด	ΔP_4 หลังออกไซโคลน	η (%)
ธรรมดา	28	1018	30.5	30	84	73	60	19	9	8	8	3	85
หยาบ	28	1018	30.5	30	84	73	60	19	9	8	8	3	90
กลาง	28	1018	30.5	30	84	73	60	19	9	8	8	3	87
ละเอียด	28	1018	30.5	30	84	73	60	19	9	8	8	3	80

ตาราง 5-6 แสดงผลการทดลองเมื่อยังไม่ติดใบพัด

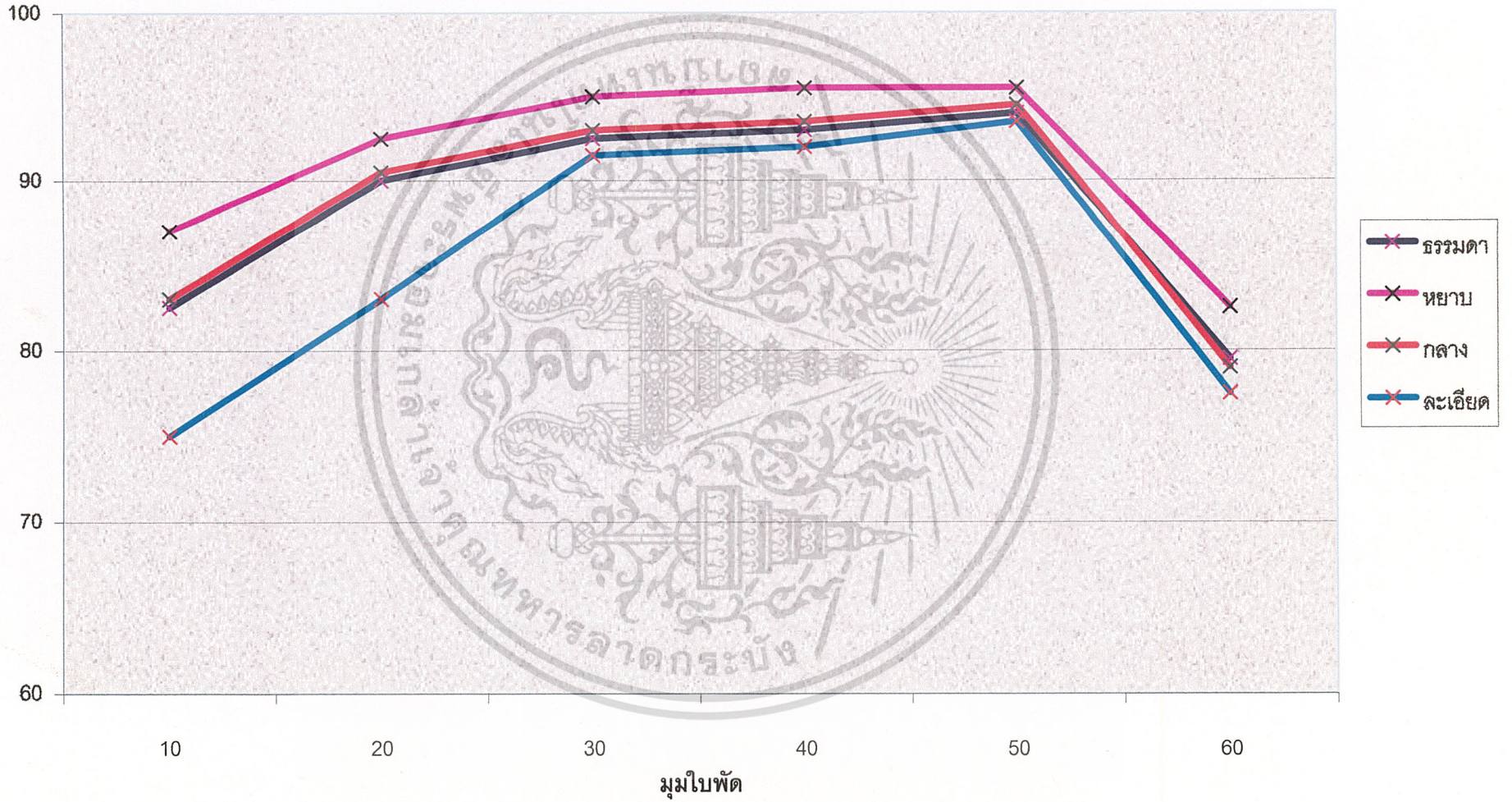
รูปที่ 5-1 แสดงประสิทธิภาพของไซโคลนเมื่อใช้ฝุ่นขนาดต่างๆกันที่ระยะ 10 เซ็นติเมตรที่มุมต่างๆกันของใบพัด



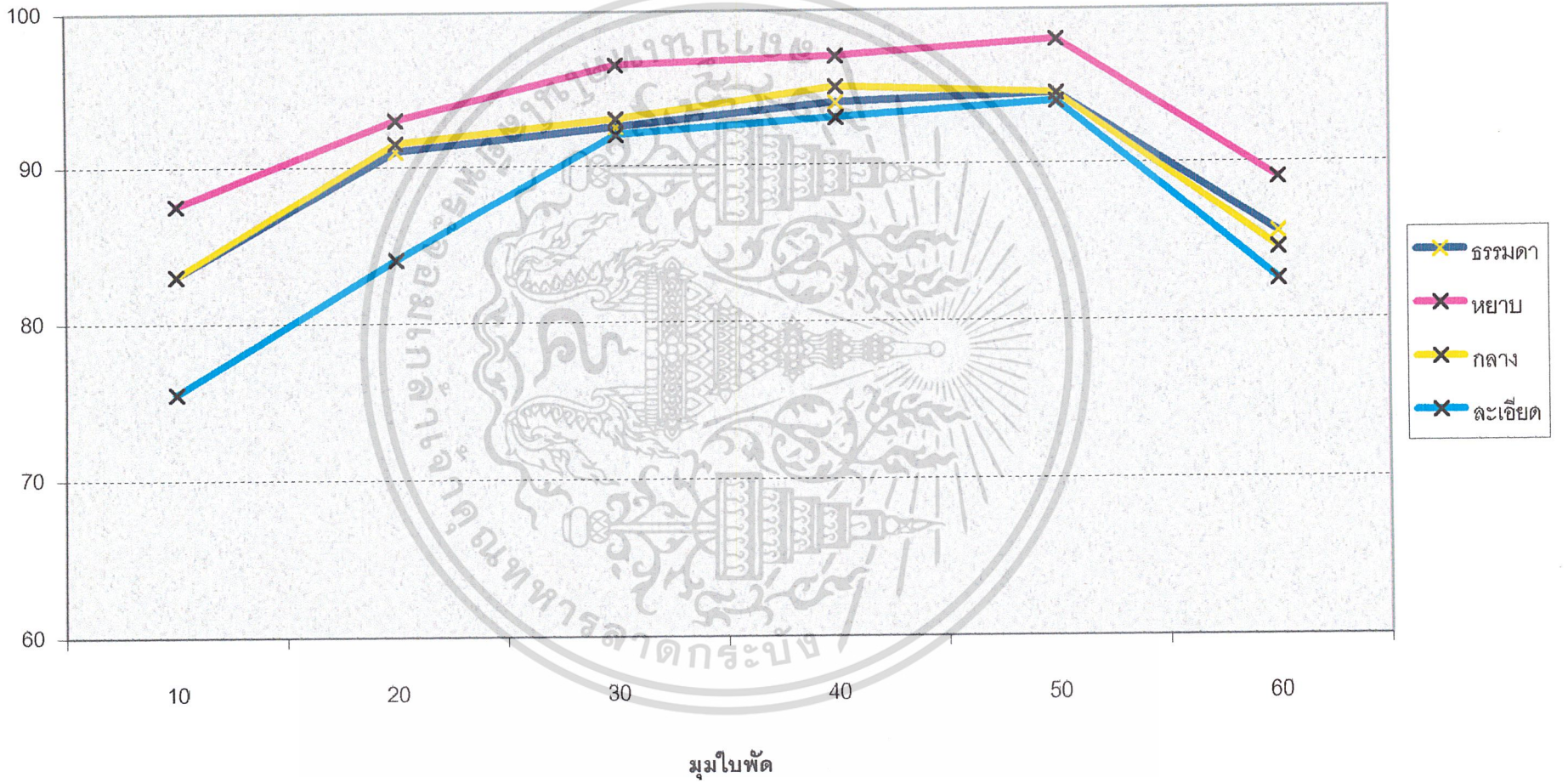
รูปที่ 5-2 แสดงประสิทธิภาพของไซโคลนเมื่อใช้ฝุ่นขนาดต่างๆกันที่ระยะ 20 เซ็นติเมตรที่มุมต่างๆกันของใบพัด



รูปที่ 5-3 แสดงประสิทธิภาพของไซโคลนเมื่อใช้ฝุ่นขนาดต่างๆกันที่ระยะ 30 เซ็นติเมตรที่มุมต่างๆกันของใบพัด

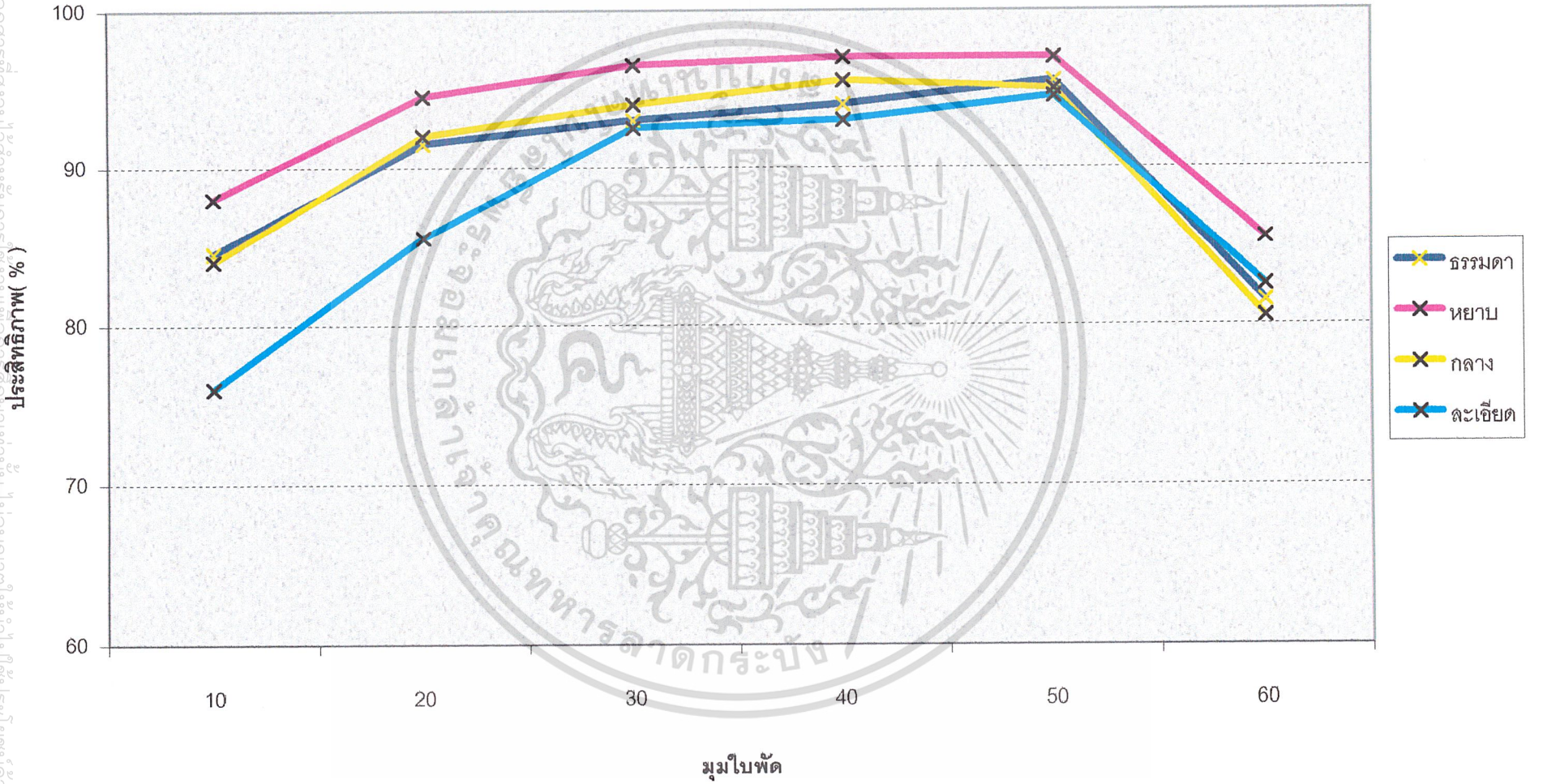


รูปที่ 5-4 แสดงประสิทธิภาพของไซโคลนเมื่อใช้ฝุ่นขนาดต่างๆกันที่ระยะ 40 เซ็นติเมตรที่มุมต่างๆกันของใบพัด

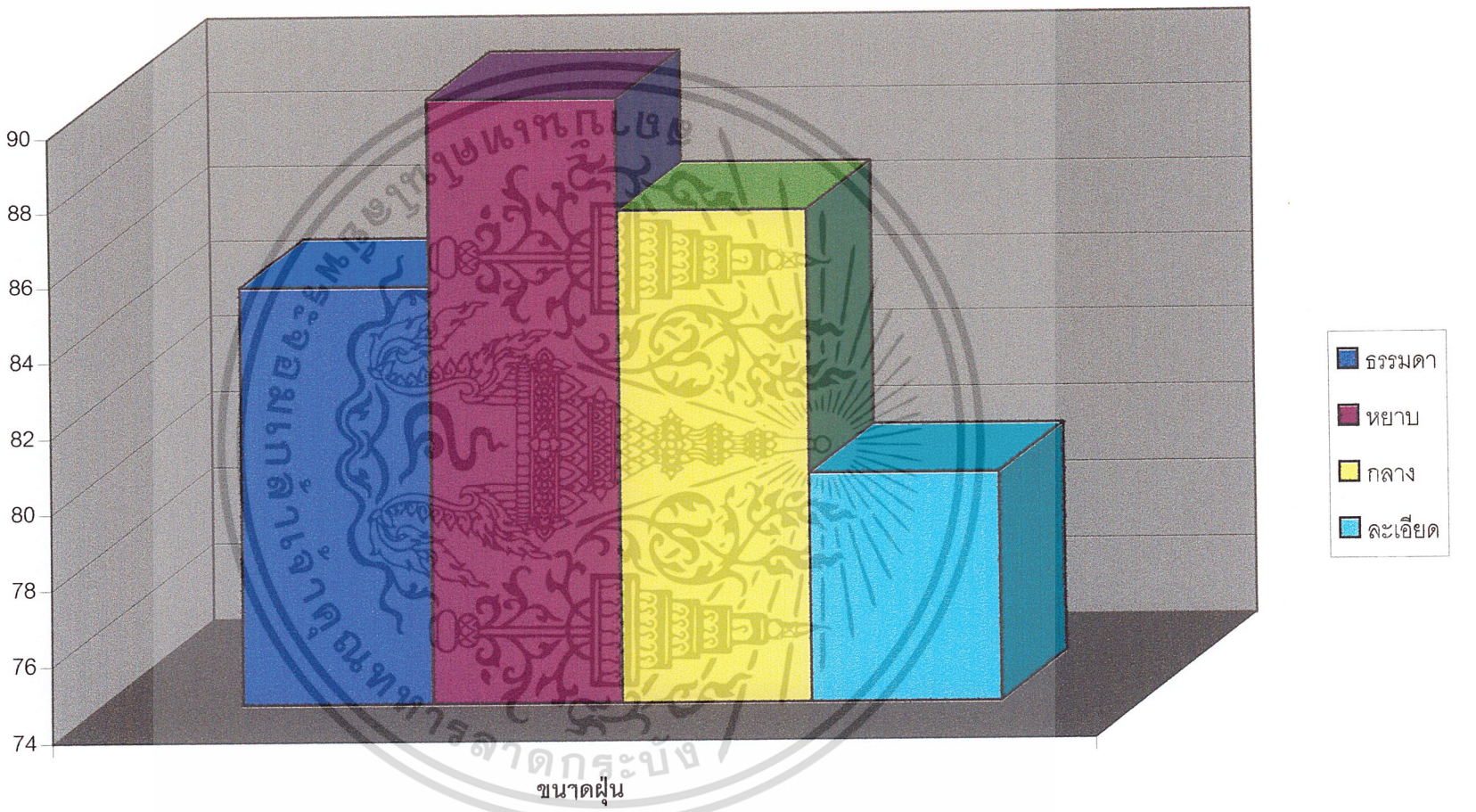


ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือจำหน่ายเผยแพร่ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 5-5 แสดงประสิทธิภาพของไซโคลนเมื่อใช้ฝุ่นขนาดต่างๆกันที่ระยะ 50 เซ็นติเมตรที่มุมต่างกันของใบพัด



รูปที่ 5-6 แสดงประสิทธิภาพของไซโคลนเมื่อใช้ฝุ่นขนาดต่าง ๆขณะยังไม่ติดใบพัด



ระดับ 10 cm

มุมใบพัด	ขนาดฝุ่น	ประสิทธิภาพ ทางทฤษฎี	ประสิทธิภาพ จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด	ประสิทธิภาพ ไม่ใส่ใบพัด
10°	ธรรมดา	83.91	84	85
	หยาบ	88.31	85.5	90
	กลาง	84.25	82	85
	ละเอียด	76.75	73.5	80
20°	ธรรมดา	91.52	86	85
	หยาบ	97.82	91	90
	กลาง	95.86	90	85
	ละเอียด	84.07	82	80
30°	ธรรมดา	98.21	87.5	85
	หยาบ	99.8	95	90
	กลาง	99.44	92.5	85
	ละเอียด	93.94	85	80
40°	ธรรมดา	99.73	89.5	85
	หยาบ	99.98	96	90
	กลาง	99.95	93	85
	ละเอียด	98.37	87	80
50°	ธรรมดา	99.97	94	85
	หยาบ	99.99	97.5	90
	กลาง	99.99	94	85
	ละเอียด	99.71	93	80
60°	ธรรมดา	99.99	84.5	85
	หยาบ	99.99	87.5	90
	กลาง	99.99	82.5	85
	ละเอียด	99.97	85.5	80

ตาราง 5-7 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากทางทฎษฎีกับการทดลองเมื่อใส่ใบพัดและเมื่อไม่ใส่ใบพัด ที่ระดับ 10 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด

ระดับ 20 cm

มุมใบพัด	ขนาดฝุ่น	ประสิทธิภาพ ทางทฤษฎี	ประสิทธิภาพ จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด	ประสิทธิภาพ ไม่ใส่ใบพัด
10°	ธรรมดา	83.93	81.5	85
	หยาบ	88.37	87	90
	กลาง	84.29	82.5	85
	ละเอียด	77.12	74	80
20°	ธรรมดา	91.49	87.5	85
	หยาบ	97.81	91.5	90
	กลาง	95.84	90.5	85
	ละเอียด	84.5	82.5	80
30°	ธรรมดา	98.21	90.5	85
	หยาบ	99.8	98.5	90
	กลาง	99.44	92.5	85
	ละเอียด	94.22	90	80
40°	ธรรมดา	99.72	91	85
	หยาบ	99.98	97.5	90
	กลาง	99.95	93.5	85
	ละเอียด	98.47	89.5	80
50°	ธรรมดา	99.97	94.5	85
	หยาบ	99.99	98	90
	กลาง	99.99	94.5	85
	ละเอียด	99.73	93	80
60°	ธรรมดา	99.99	84.5	85
	หยาบ	99.99	86	90
	กลาง	99.99	83.5	85
	ละเอียด	99.98	82.5	80

ตาราง 5-8 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากทางทฎษฎีกับการทดลองเมื่อใส่ใบพัดและเมื่อไม่ใส่ใบพัด ที่ระดับ 20 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด

ระดับ 30 cm

มุมใบพัด	ขนาดฝุ่น	ประสิทธิภาพ ทางทฤษฎี	ประสิทธิภาพ จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด	ประสิทธิภาพ ไม่ใส่ใบพัด
10°	ธรรมดา	84.91	82.5	85
	หยาบ	88.3	87	90
	กลาง	84.22	83	85
	ละเอียด	76.75	75	80
20°	ธรรมดา	91.5	90	85
	หยาบ	97.82	92.5	90
	กลาง	95.85	90.5	85
	ละเอียด	85.48	83	80
30°	ธรรมดา	98.18	92.5	85
	หยาบ	99.8	95	90
	กลาง	99.43	93	85
	ละเอียด	93.87	91.5	80
40°	ธรรมดา	99.72	93	85
	หยาบ	99.98	95.5	90
	กลาง	99.94	93.5	85
	ละเอียด	98.33	92	80
50°	ธรรมดา	99.97	94	85
	หยาบ	99.99	95,5	90
	กลาง	99.99	94.5	85
	ละเอียด	99.71	93.5	80
60°	ธรรมดา	99.99	79.5	85
	หยาบ	99.99	82.5	90
	กลาง	99.99	79	85
	ละเอียด	99.97	77.5	80

ตาราง 5-9 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากทางทฎษฎีกับการทดลองเมื่อใส่ใบพัดและเมื่อไม่ใส่ใบพัด ที่ระดับ 30 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด

ระดับ 40 cm

มุมใบพัด	ขนาดฝุ่น	ประสิทธิภาพ ทางทฤษฎี	ประสิทธิภาพ จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด	ประสิทธิภาพ ไม่ใส่ใบพัด
10°	ธรรมดา	84.67	83	85
	หยาบ	88.33	87.5	90
	กลาง	84.16	83	85
	ละเอียด	76.73	75.5	80
20°	ธรรมดา	91.56	91	85
	หยาบ	97.84	93	90
	กลาง	99.88	93	85
	ละเอียด	86.11	84	80
30°	ธรรมดา	98.21	92.5	85
	หยาบ	99.8	96.5	90
	กลาง	99.44	93	85
	ละเอียด	93.94	92	80
40°	ธรรมดา	99.72	94	85
	หยาบ	99.98	97	90
	กลาง	99.95	95	85
	ละเอียด	98.35	93	80
50°	ธรรมดา	99.97	94.5	85
	หยาบ	99.99	98	90
	กลาง	99.99	94.5	85
	ละเอียด	99.71	94	80
60°	ธรรมดา	99.99	85.5	85
	หยาบ	99.99	89	90
	กลาง	99.99	84.5	85
	ละเอียด	99.97	82.5	80

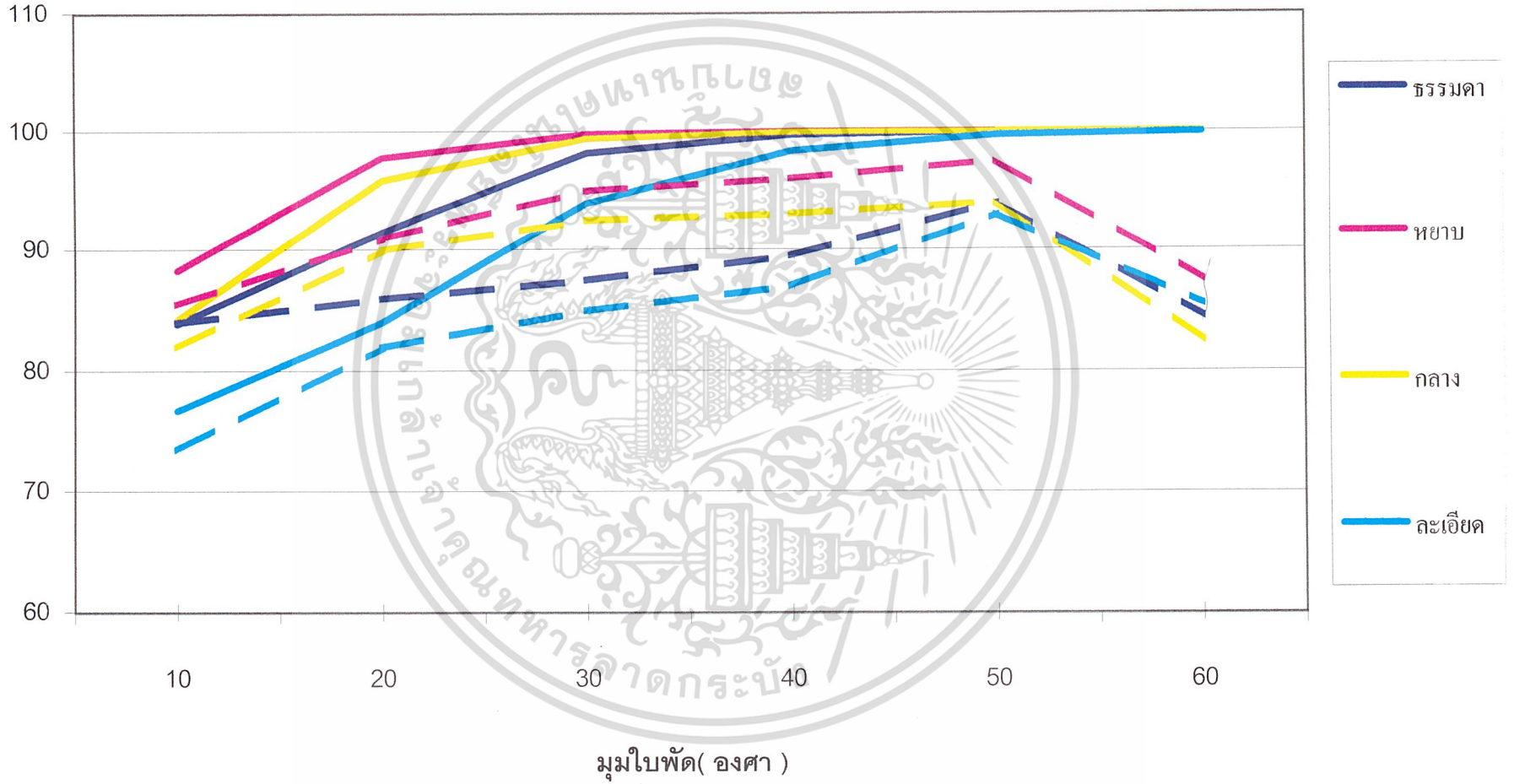
ตาราง 5-10 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากทางทฎษฎีกับการทดลองเมื่อใส่ใบพัดและเมื่อไม่ใส่ใบพัด ที่ระดับ 40 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด

ระดับ 50 cm

มุมใบพัด	ขนาดฝุ่น	ประสิทธิภาพ ทางทฤษฎี	ประสิทธิภาพ จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด	ประสิทธิภาพ ไม่ใส่ใบพัด
10°	ธรรมดา	84.92	84.5	85
	หยาบ	88.39	88	90
	กลาง	84.23	84	85
	ละเอียด	77.75	76	80
20°	ธรรมดา	91.52	91.5	85
	หยาบ	97.82	94.5	90
	กลาง	95.86	92	85
	ละเอียด	86.34	85.5	80
30°	ธรรมดา	98.18	93	85
	หยาบ	99.8	96.5	90
	กลาง	99.43	94	85
	ละเอียด	93.87	92.5	80
40°	ธรรมดา	99.72	94	85
	หยาบ	99.98	97	90
	กลาง	99.95	95.5	85
	ละเอียด	98.36	93	80
50°	ธรรมดา	99.97	95.5	85
	หยาบ	99.99	97	90
	กลาง	99.99	95	85
	ละเอียด	99.71	94.5	80
60°	ธรรมดา	99.99	81.5	85
	หยาบ	99.99	85.5	90
	กลาง	99.99	80.5	85
	ละเอียด	99.97	82.5	80

ตาราง 5-11 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากทางทฤษฎีกับการทดลองเมื่อใส่ใบพัดและเมื่อไม่ใส่ใบพัด ที่ระดับ 50 เซนติเมตรที่มุมองศาต่างๆของใบพัด

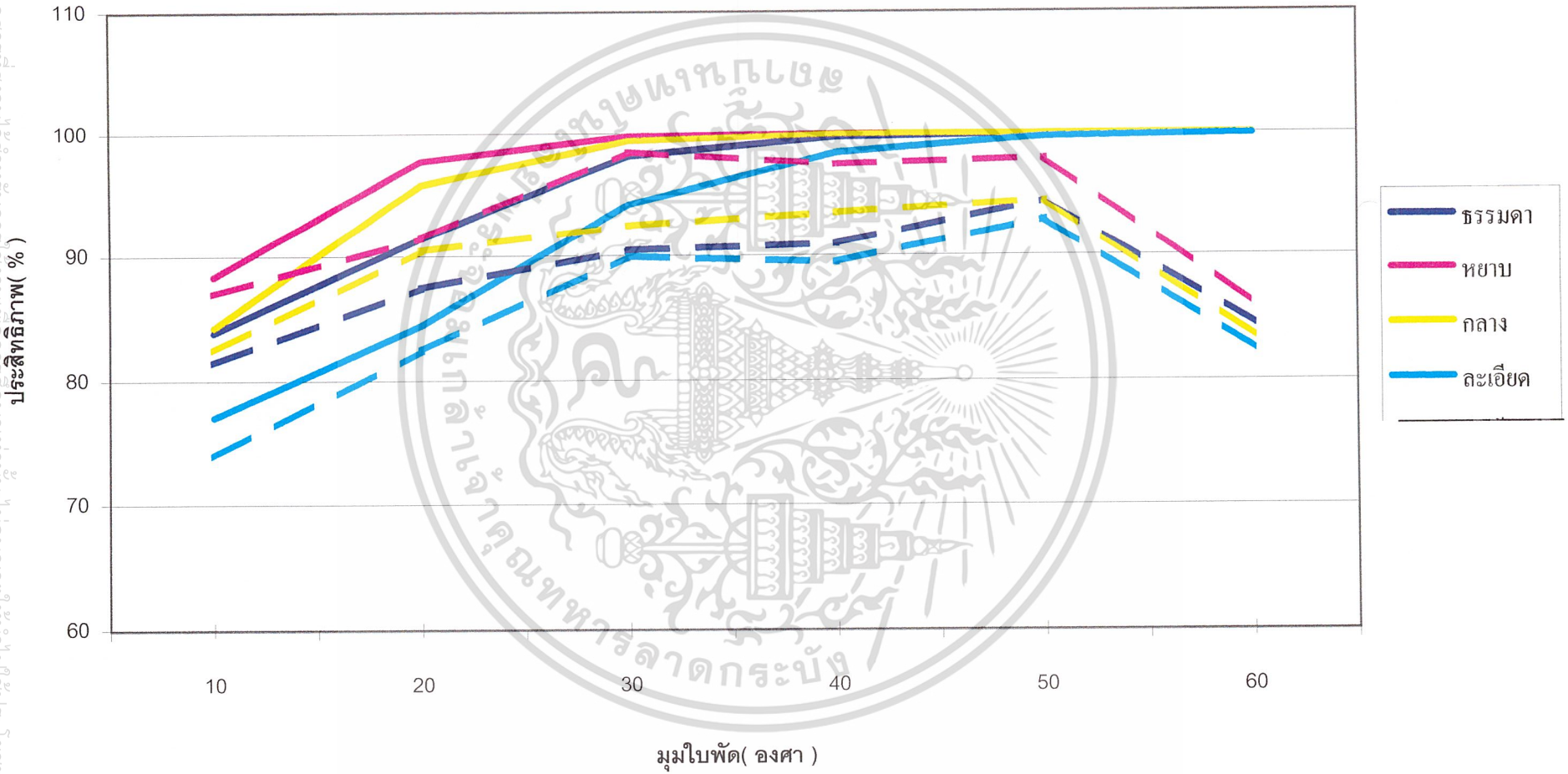
รูปที่ 5-7 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพทางทฤษฎีกับผลจากการทดลองที่ระยะ 10 เซ็นติเมตร



หมายเหตุ 1. เส้นทึบ แสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎี

2. เส้นประ แสดงประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด

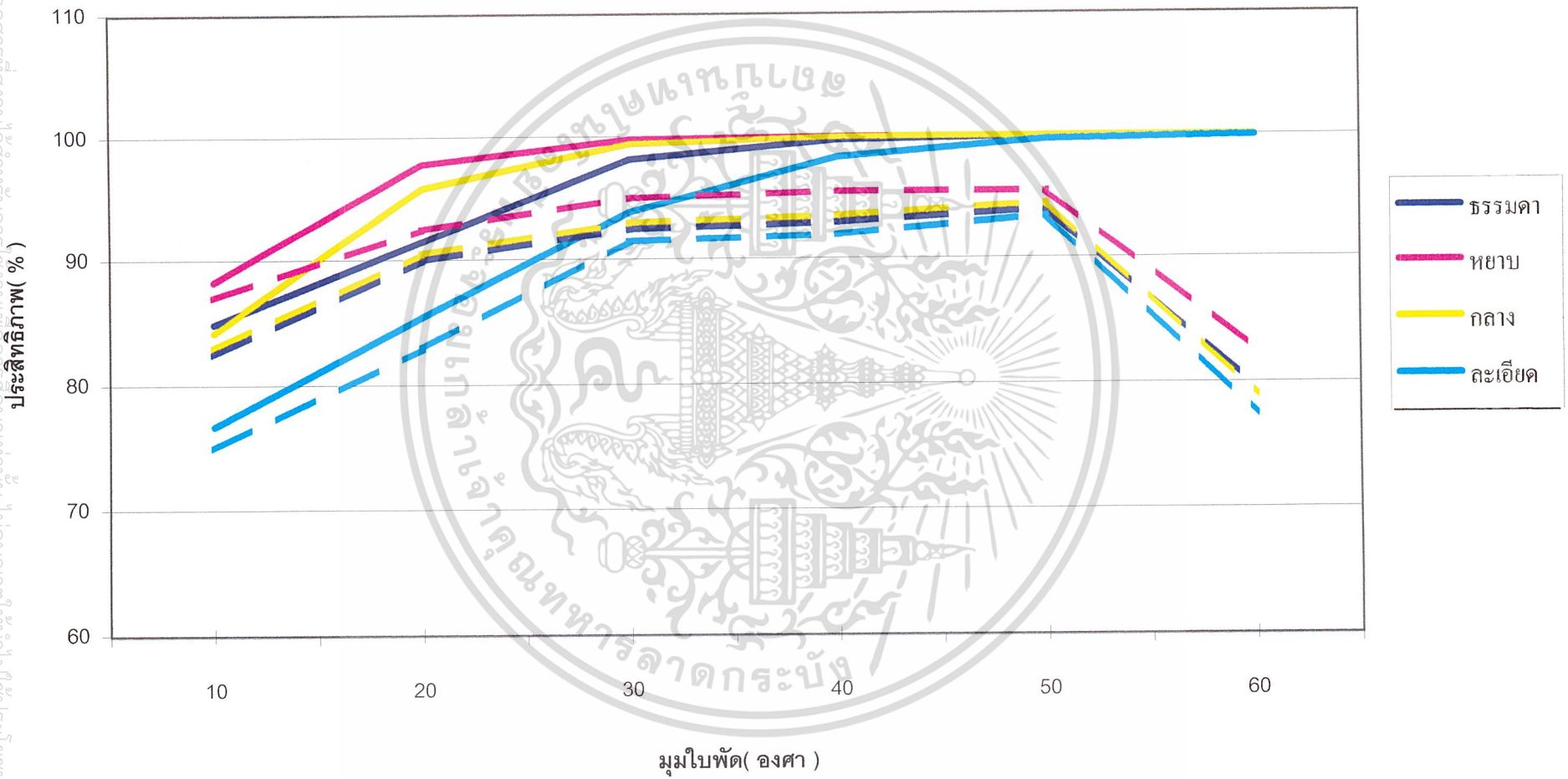
รูปที่ 5-8 แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางทฤษฎีกับผลจากการทดลองที่ระยะ 20 เซ็นติเมตร



หมายเหตุ 1. เส้นทึบ แสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎี

2. เส้นประ แสดงประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด

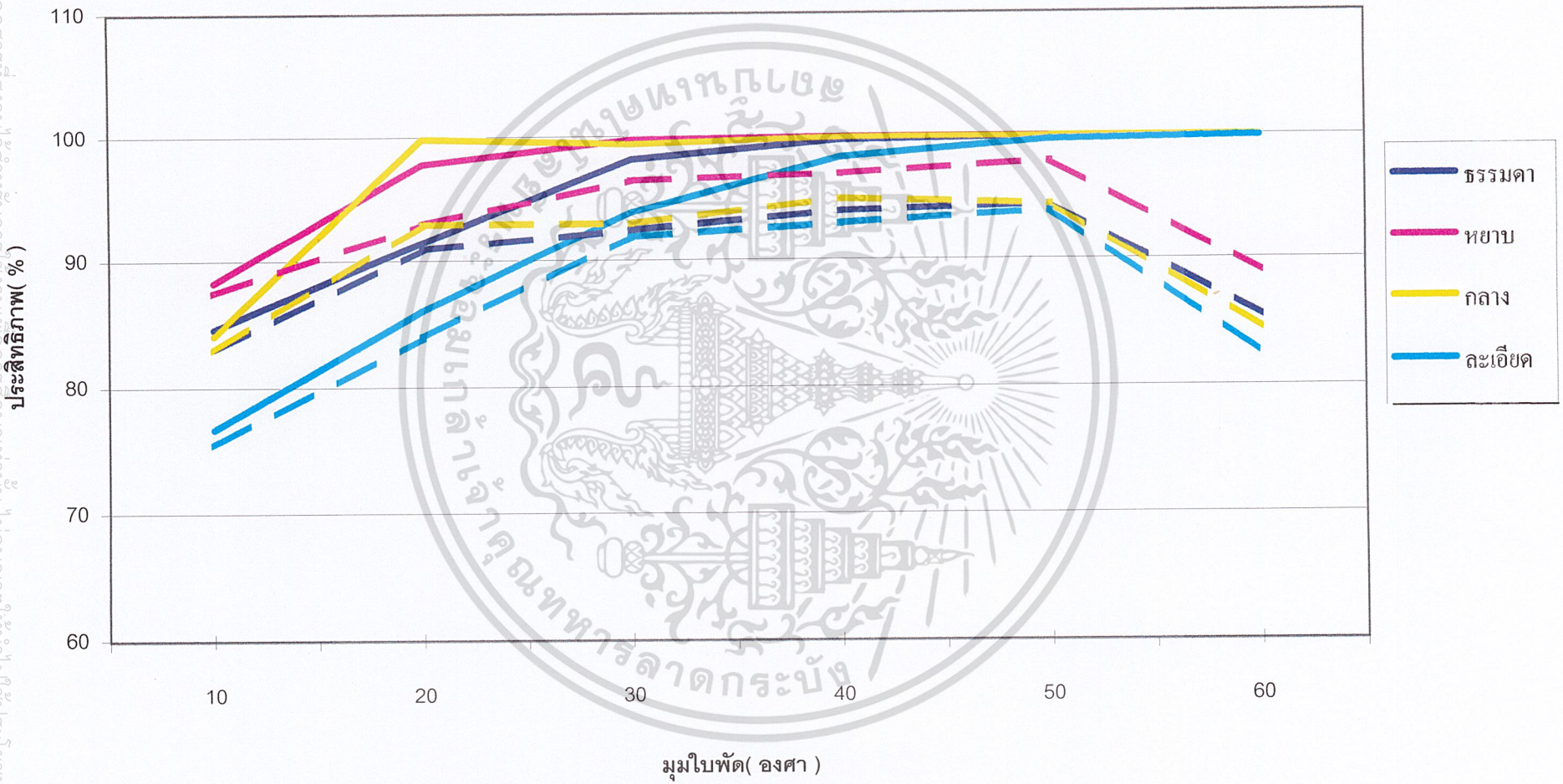
รูปที่ 5-9 แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางทฤษฎีกับผลการทดลองที่ระยะ 30 เซ็นติเมตร



หมายเหตุ 1. เส้นทึบ แสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎี

2. เส้นประ แสดงประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด

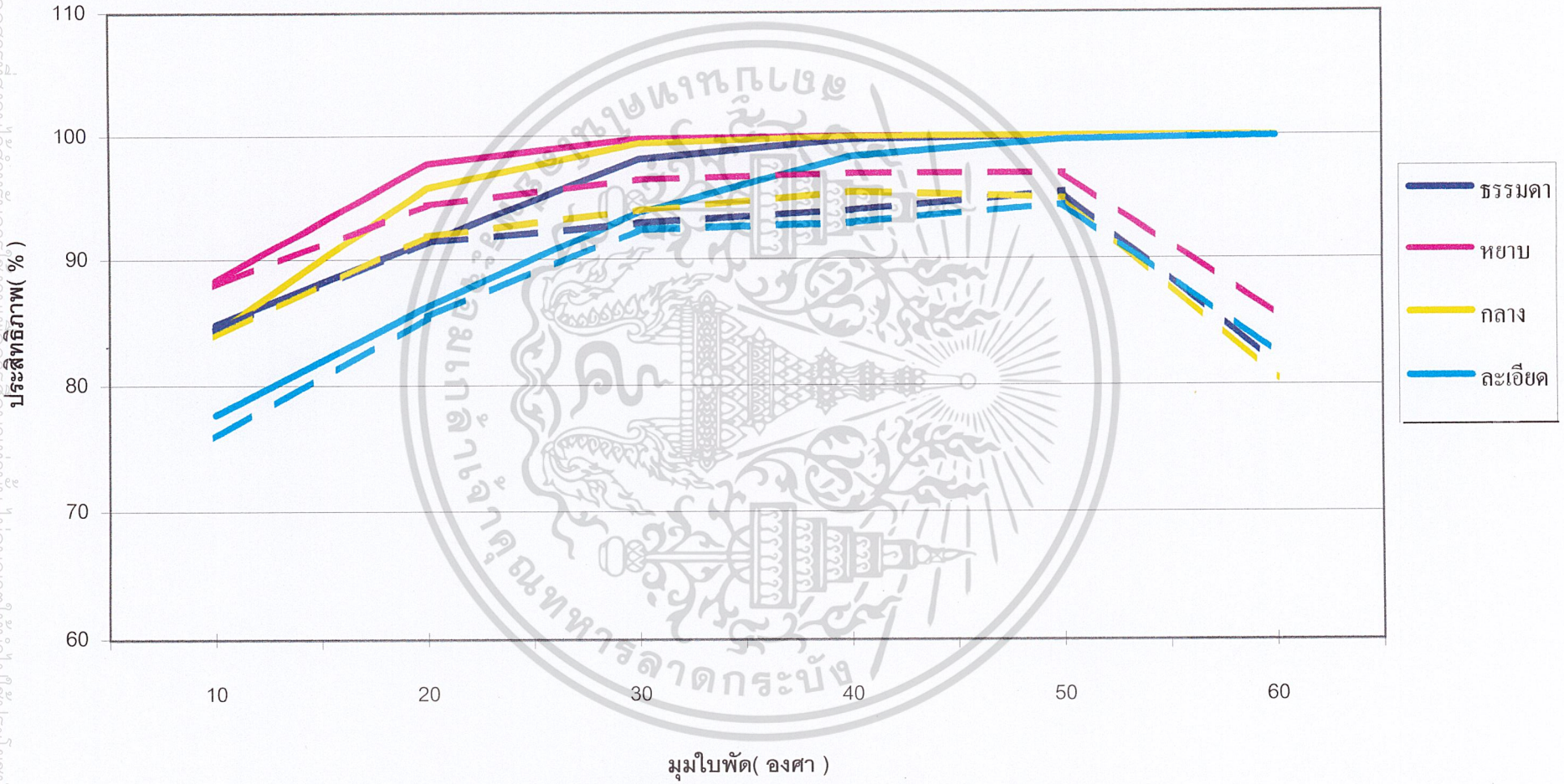
รูปที่ 5-10 แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางทฤษฎีกับผลการทดลองที่ระยะ 40 เซ็นติเมตร



หมายเหตุ 1. เส้นทึบ แสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎี

2. เส้นประ แสดงประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด

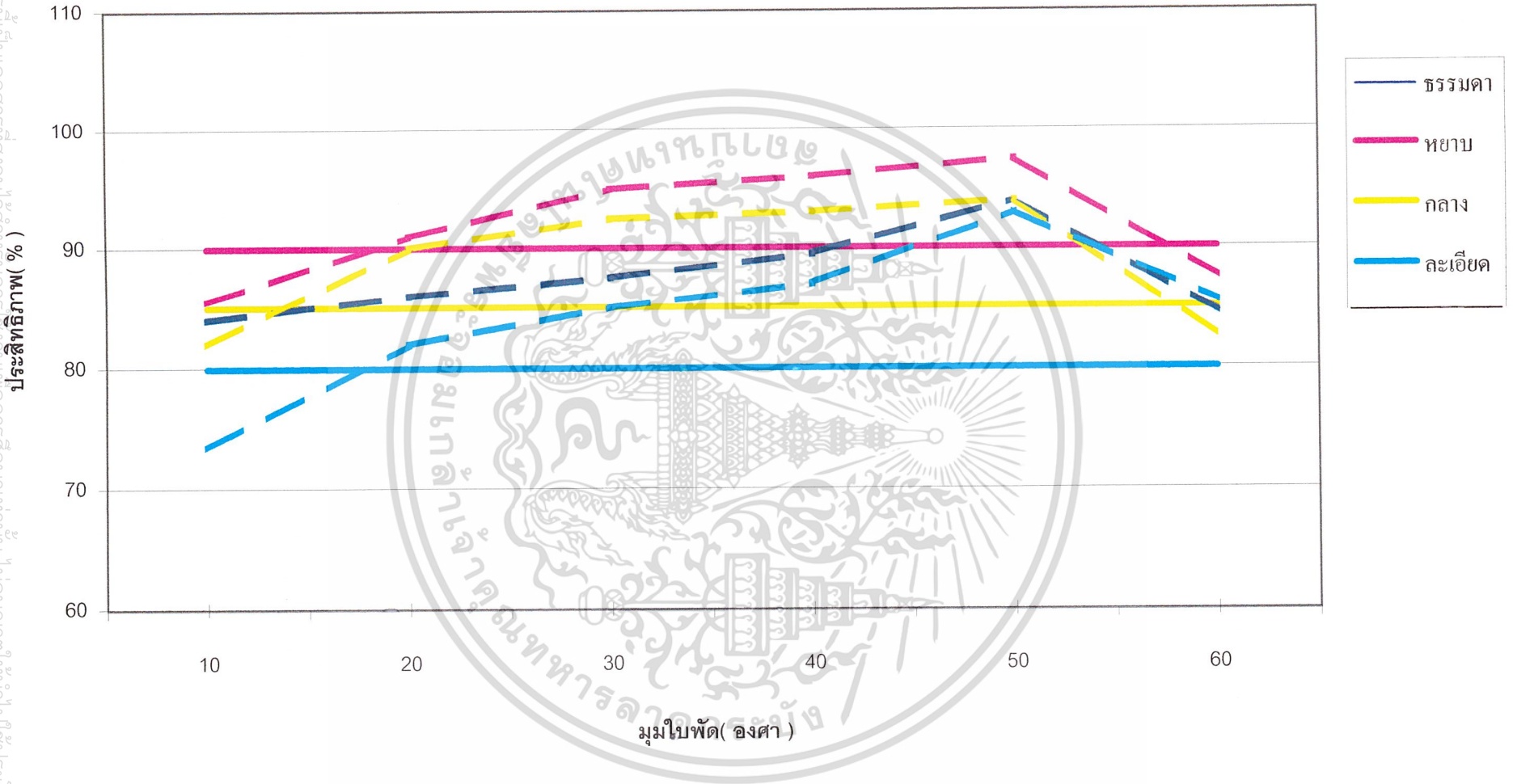
รูปที่ 5-11 แสดงกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางทฤษฎีกับผลการทดลองที่ระยะ 50 เซ็นติเมตร



หมายเหตุ 1. เส้นทึบ แสดงประสิทธิภาพทางทฤษฎี

2. เส้นประ แสดงประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด

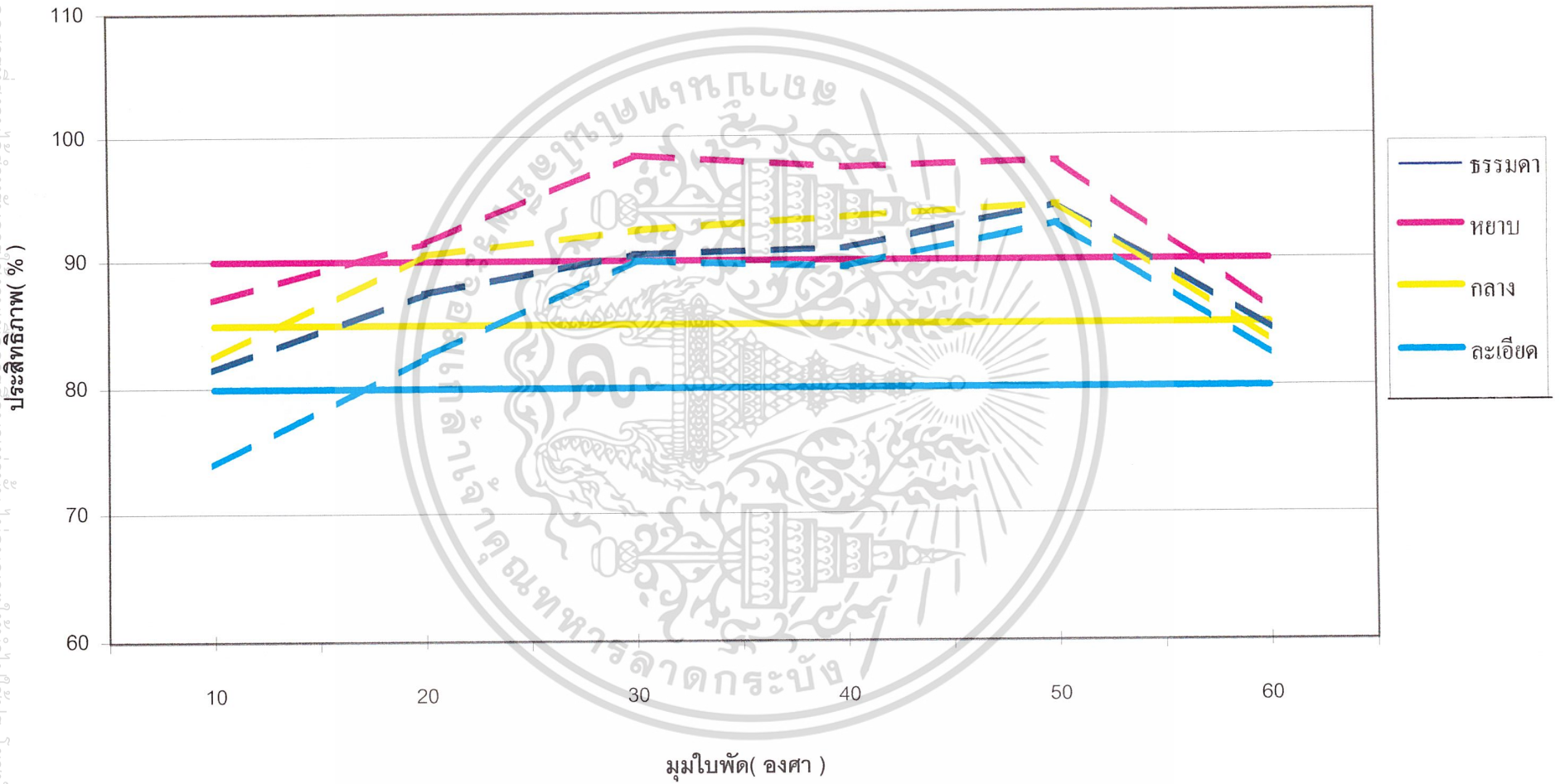
รูปที่ 5-12 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับไม่ใส่ใบพัดที่ระยะ 10 เซ็นติเมตร



หมายเหตุ 1. เส้นทึบแสดงประสิทธิภาพขณะยังไม่ใส่ใบพัด

2. เส้นประแสดงประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด

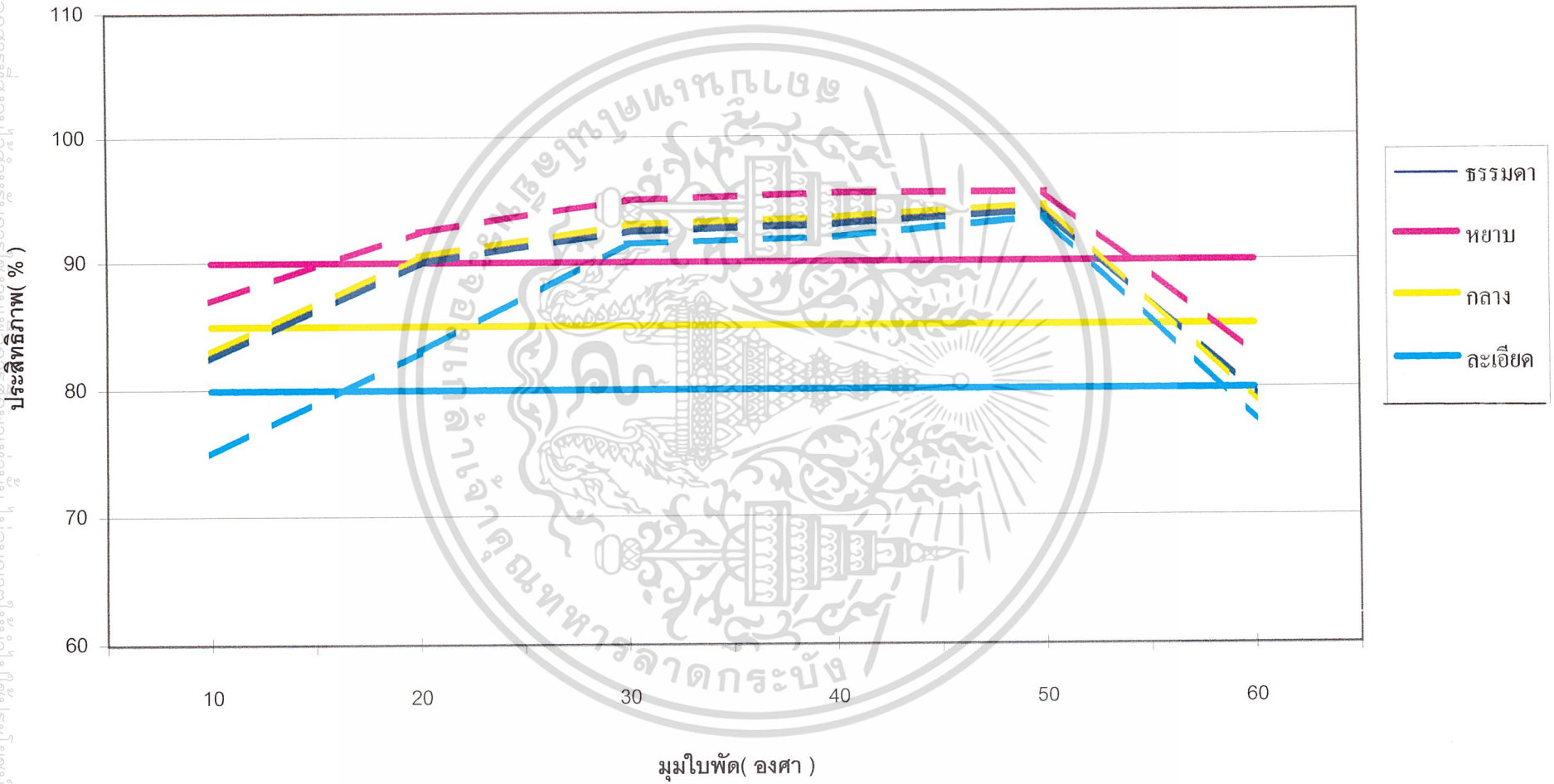
รูปที่ 5-13 แสดงกราฟเปรียบเทียบระหว่างการทดลองกับเมื่อไม่ใส่ใบพัดที่ระยะ 20 เซ็นติเมตร



หมายเหตุ 1. เส้นทึบ แสดงประสิทธิภาพขณะยังไม่ใส่ใบพัด

2. เส้นประแสดงประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด

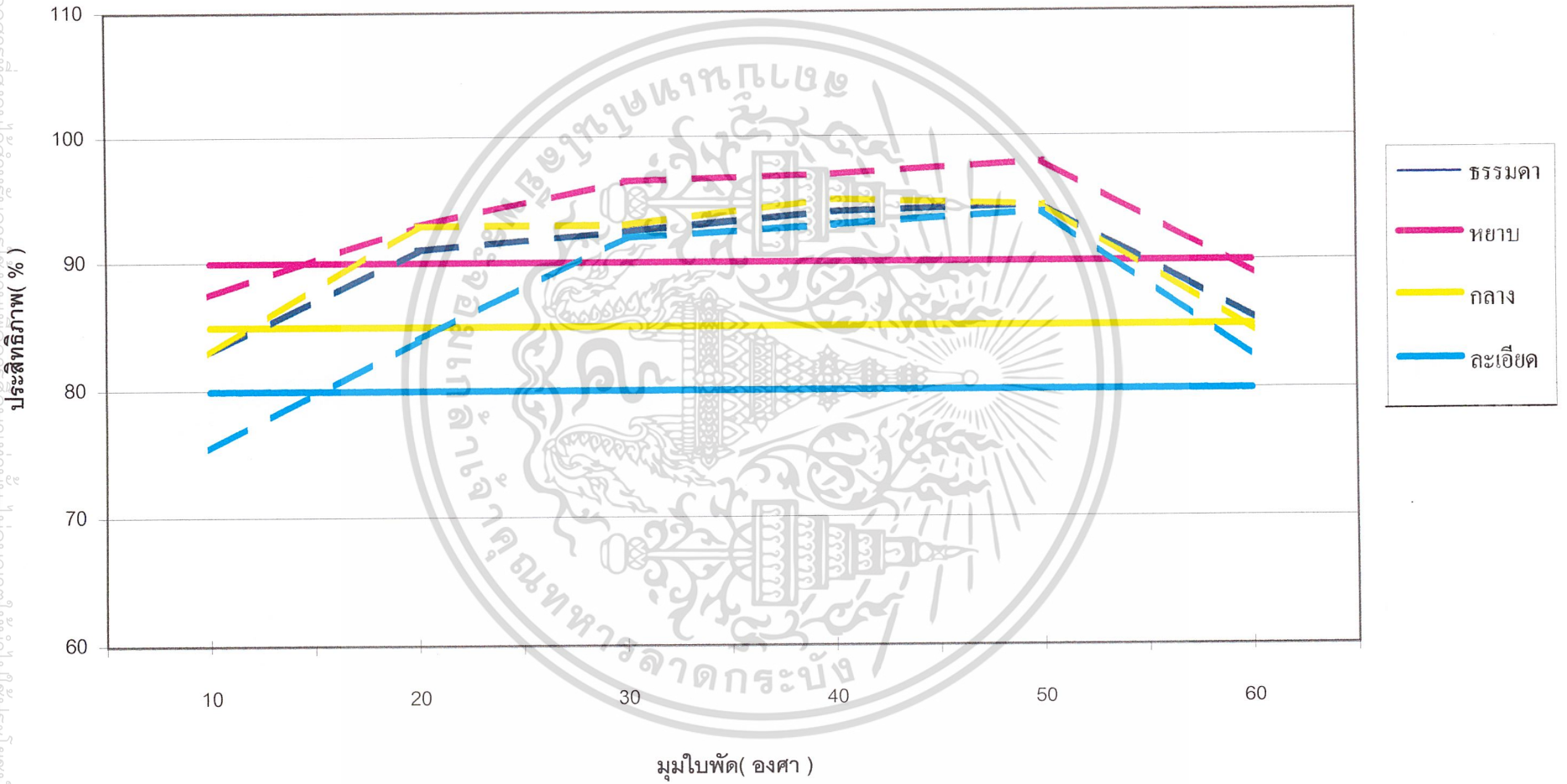
รูปที่ 5-14 แสดงกราฟเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับเมื่อไม่ใส่ใบพัดที่ระยะ 30 เซ็นติเมตร



หมายเหตุ 1. เส้นทึบ แสดงประสิทธิภาพขณะยังไม่ใส่ใบพัด

2. เส้นประ แสดงประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด

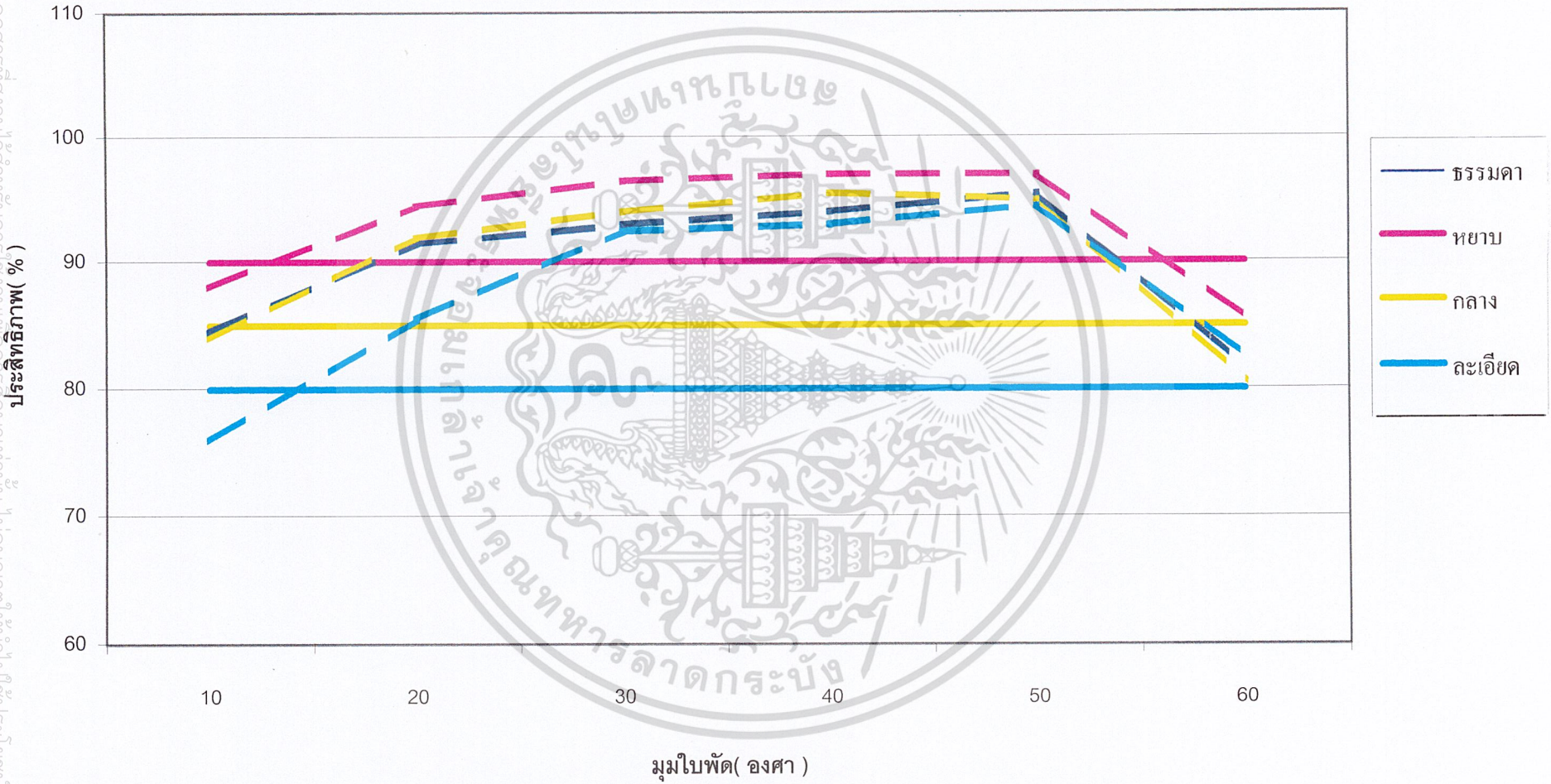
รูปที่ 5-15 แสดงกราฟเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับเมื่อไม่ใส่ใบพัดที่ระยะ 40 เซ็นติเมตร



หมายเหตุ 1. เส้นทึบ แสดงประสิทธิภาพขณะยังไม่ใส่ใบพัด

2. เส้นประ แสดงประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด

รูปที่ 5-16 แสดงกราฟเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับเมื่อไม่ใส่ใบพัดที่ระยะ 50 เซ็นติเมตร



หมายเหตุ 1. เส้นทึบ แสดงประสิทธิภาพขณะยังไม่ใส่ใบพัด

2. เส้นประ แสดงประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองเมื่อใส่ใบพัด

บทที่6
การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

6.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากที่ได้ทำการทดลองนั้นสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้เป็นดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพของไซโคลนที่มีใบพัดจะสูงกว่าประสิทธิภาพของไซโคลนที่ไม่มีใบพัดตั้งแต่มุมใบพัด 20-50 องศาโดยที่มุมใบพัด 50 องศา นั้นได้ประสิทธิภาพของไซโคลนสูงสุด
2. การที่มุมองศาใบพัดเท่ากับ 10 องศานั้นให้ประสิทธิภาพของไซโคลนที่มีใบพัดน้อยกว่าประสิทธิภาพของไซโคลนที่ไม่มีใบพัด เนื่องจากมุมของเกลียวอากาศที่ออกจากใบพัดมีค่าน้อย ทำให้การเกิดเกลียวของอากาศนั้นมีจำนวนเกลียวที่ลดลงส่งผลให้ความสามารถในการเก็บฝุ่นลดลง
3. การที่มุมองศาของใบพัดเท่ากับ 60 องศานั้นให้ประสิทธิภาพของไซโคลนลดลง เนื่องจากช่องว่างระหว่างใบพัดสำหรับให้อากาศไหลผ่านนั้นแคบเกินไป ทำให้เกิดการอั้นของอากาศส่งผลทำให้ความสามารถในการเก็บฝุ่นของไซโคลนลดลง
4. ที่มุมใบพัดเดียวกันเมื่อระยะติดตั้งเพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของไซโคลนเพิ่มขึ้น
5. Pressure drop ที่เกิดขึ้นระหว่างใบพัดนั้นมีค่าน้อยที่สุดที่มุมใบพัด 50 องศา
6. การที่ประสิทธิภาพในทางปฏิบัติน้อยกว่าประสิทธิภาพในทางทฤษฎีนั้นเกิดจาก
   - การไหลของอากาศเกิดการสะดุดที่รอยตะเข็บของตัวไซโคลน
   - ขนาดของฝุ่นที่ใช้ในการคำนวณนั้นใช้เพียงแค่ค่าเดียวแต่ในความเป็นจริงแล้วมีฝุ่นหลากหลายขนาดในการทดลอง
   - ลักษณะของฝุ่นจริงนั้นไม่ได้เป็นทรงกลมตามสมมุติฐานของทฤษฎี

6.2 สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. มุมใบพัดที่ให้ประสิทธิภาพของไซโคลนสูงที่สุดคือ มุม 50 องศา
2. ระยะติดตั้งที่ให้ประสิทธิภาพของไซโคลนสูงที่สุดคือ ระยะ 50 เซนติเมตร
3. ไซโคลนที่ได้มีการใส่ใบพัดนั้นมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิมที่ไม่ใส่ใบพัดประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริงกับฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้แกลบได้เป็นอย่างดี โดยมีประสิทธิภาพในเก็บฝุ่นได้ดีกับฝุ่นที่มีขนาด 150 ไมครอนขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะและปัญหาในการทำงาน

ปัญหาที่พบในการทำงาน

จากที่ได้ทำการทดลองนั้น เราพบปัญหาในการทำงานดังนี้

1. เนื่องจากมีระยะเวลาในการทดลองน้อยเกินไป ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่สมบูรณ์เพียงพอ
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดมีความละเอียดต่ำ ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนไปบ้าง
3. เนื่องจากการทดลองนี้ทดลองภายนอกอาคาร ทำให้ไม่สามารถควบคุมปัจจัยบางอย่างได้ มีผลให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนไปบ้างเล็กน้อย

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้อุปกรณ์ในการวัดที่มีความละเอียดสูงขึ้น ทำให้ให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนน้อยลง
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองนี้สามารถพัฒนาต่อไปได้ จึงควรพัฒนาต่อไปเป็น Free Vortex และ Force Vortex

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ 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, Cleveland, 1976, pp. 91-137

[3] Wark Kenneth (1998) : "*Air Pollution : Its Origin and Control, 3rd edition*", Addison Wesley, Menlo Park, CA, 1998, pp. 188-278

[4] Dullien F.A.L. (1989) : "*Introduction to Industrial Gas Cleaning*", Academic Press, San Diego, 1989, pp. 55-90

[5] Licht William (1988) : "*Air Pollution Control Engineering : Basic Calculations for Particulate Collection, 2nd edition*", Marcel Dekker, New York, 1988, pp. 277-327

[6] Muir D.M. (1992) : "*Dust and Fume Control A User Guide, revised 2nd edition*", Institute of Chemical Engineer, Warwickshire, 1992

[7] Cohen H, Rogers G.F.C, Saravanamutto H.I.H (1996) : "*Gas Turbine Theory, 4th edtion*", 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, 5th edtion*", John Wiley & Sons, New York, 1998, pp. 707

[11] ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ : "*เอกสารประกอบการทดลอง Air Flow Demonstration Apparatus (Air Experiment Machine)*"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้