

การออกแบบระบบบำบัดควันจากการปรุงอาหารสำหรับแผงค้าอาหาร
DESIGN OF SMOKE TREATMENT SYSTEM FOR FOOD STALL



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัย

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

การออกแบบระบบบำบัดควันจากการปรุงอาหารสำหรับแผงค้าอาหาร

DESIGN OF SMOKE TREATMENT SYSTEM FOR FOOD STALL



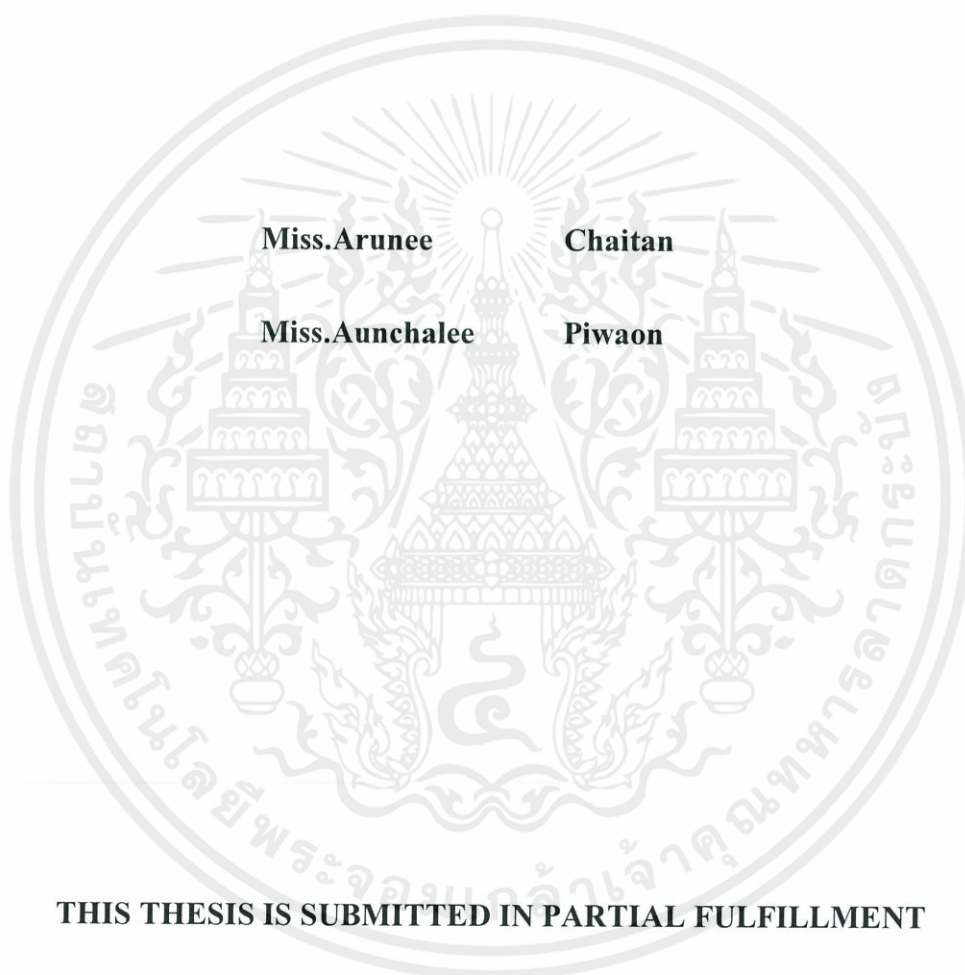
ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2555

DESIGN OF SMOKE TREATMENT SYSTEM FOR FOOD STALL



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ACADEMIC YEAR 2012
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2555

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบระบบบำบัดควันจากการปรุงอาหารสำหรับแผงค้าอาหาร

DESIGN OF SMOKE TREATMENT SYSTEM FOR FOOD STALL

ผู้จัดทำ

1. นางสาวอรุณี ใจทัน
2. นางสาวอัญชลี ผิวอ่อน



(ผศ.ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การออกแบบระบบบำบัดควันจากการปรุงอาหารสำหรับแผงค้ำอาหาร
โดย	นางสาวอรุณี ใจทัน นางสาวอัญชลี ผิวอ่อน
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์
ปริญญานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ปัจจุบันภาวะมลพิษทางอากาศมีเพิ่มสูงขึ้นจนก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพบุคคลทั่วไป ปัญหามลพิษทางอากาศส่วนหนึ่งเกิดจากการปรุงอาหาร เช่น ควัน ละอองน้ำมัน ผุ่นละออง ฝ้าถ่าน เป็นต้น นอกจากนี้ปัจจุบันสังคมมีสภาพที่เร่งรีบ ทำให้ประชาชนนิยมบริโภคอาหารจากแผงค้ำอาหารซึ่งสะดวกกว่าและมีจำหน่ายอยู่อย่างแพร่หลาย แผงค้ำอาหารจัดเป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศ เนื่องจากการปรุงอาหารและผู้ประกอบการส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ และขาดการควบคุม บำบัดควันที่เกิดขึ้นจากการปรุงอาหารอย่างเหมาะสมก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ ดังนั้นในโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาออกแบบระบบการบำบัดควันสำหรับแผงค้ำอาหาร โดยเลือกใช้วิธีการบำบัดแบบดูดซับ (Adsorption) และแบบดูดซึม (Absorption) ในการศึกษาได้ทำการทดลองการเผาไหม้ ถ่าน ประกอบอาหารทั้งแบบการทอดและแบบปิ้งย่าง เพื่อทำการวิเคราะห์สัดส่วนประกอบของควันที่เกิดขึ้นก่อนและหลังผ่านการบำบัดด้วยระบบบำบัดควันที่ออกแบบและสร้างขึ้น เกณฑ์ในการออกแบบพิจารณาให้ระบบบำบัดมลพิษนี้สามารถประกอบและติดตั้งได้ง่าย เพื่อสะดวกต่อการศึกษา และใช้ทดสอบการใช้งานสำหรับแผงค้ำอาหาร ผลที่ได้พบว่าการบำบัดควันด้วยระบบการดูดซับ เมื่อใช้แอคติเวเต็ดคาร์บอนเป็นสารดูดซับสามารถลดปริมาณสารมลพิษโดยรวมได้ดีกว่าสารแอคติเวเต็ดอะลูมินา โมเลกุลลาร์ซีฟ และถ่าน ส่วนระบบการดูดซึมเมื่อใช้น้ำที่มีอัตราการไหลเพิ่มมากขึ้น สามารถลดปริมาณสารมลพิษได้เพิ่มมากขึ้นด้วย และเมื่อนำทั้งสองระบบบำบัดมาใช้ร่วมกันสามารถลดปริมาณสารมลพิษทางอากาศจากการปรุงอาหารได้มากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
คำสำคัญ: มลพิษทางอากาศ, แผงค้ำอาหาร, ระบบบำบัดควัน, การดูดซับ, การดูดซึม, ถ่าน, แอคติเวเต็ดคาร์บอน, แอคติเวเต็ดอะลูมินา, โมเลกุลลาร์ซีฟ

Report Title	Design of Smoke Treatment System for Food Stall	
Students	Miss.Arunee	Chaitan
	Miss.Aunchalee	Piwaon
Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Maradee	Phongpipatpong
Submitted for	Bachelor's Degree in Food Engineering, Major of Food Engineering Faculty of Engineering King's Mongkut Institute of Technology Ladkrabang	

ABSTRACT

Nowadays, air pollution is on the rise and causes a serious impact on human health. Part of the pollutants arises from food cooking; eg. smoke, oil vapor and dust. Moreover, the urban lifestyle has changed across the country, people do not spend time for cooking and most often they buy food from street vendors which are more convenient and widely available. Food vendors are a major source of air pollution problem since most of the vendors lack of knowledge on air pollution treatment. Therefore, this project is aimed at studying and designing of air pollution control system for food vendor using adsorption and absorption techniques. In adsorption, charcoal, molecular sieve, activated carbon, and activated alumina are selected as adsorbents and in absorption; water is used as solvent. The experiments setup and cooking tests are carried out. Air pollutants from the experiments (grilling and stirred-frying) are collected for analysis. The results indicate that the use of activated charcoal provides a better reduction of air pollutants from cooking than activated alumina, molecular sieve and charcoal. For absorption, an increase in water flow rate yields higher reduction of pollutants. The combination of adsorption and absorption can help decrease in air pollution up to 85 percent.

Keyword: Air pollution, food vendor, smoke, adsorption, absorption, charcoal, activated carbon, activated alumina, molecular sieve

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์ พงศ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ เอื้อเฟื้อข้อมูล ให้คำปรึกษาและคำชี้แนะช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีในการทำโครงการวิจัยนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่จากบริษัท บางกอก อินสตรูमेंท์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์การวัดสารมลพิษทางอากาศ และคำแนะนำในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่จาก บริษัท นีดีส ซัพพลาย แอนด์ เซอร์วิส จำกัด ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์การวัดสารมลพิษทางอากาศ ให้ความช่วยเหลือในการแก้ปัญหา และคำแนะนำในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาวิศวกรรมอาหารที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ คำแนะนำ และกำลังใจในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงการวิจัย

และสำหรับคุณความดีอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้บิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และประสบการณ์ที่ดีเสมอมา

นางสาวอรุณี ใจทัน

นางสาวอัญชลี ผิวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ปกใน (ภาษาไทย)	I
ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	II
บทคัดย่อ	IV
Abstract	V
กิตติกรรมประกาศ	VI
สารบัญ	VII
สารบัญตาราง	X
สารบัญรูปภาพ	XI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	
2.1 ข้อมูลทั่วไป	4
2.2 แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ	4
2.2.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ	4
2.2.2 แหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์	4
2.3 ประเภทของมลพิษทางอากาศ	5
2.3.1 สารมลพิษที่เป็นอนุภาค	5
2.3.2 ก๊าซและไอต่างๆ	7
2.4 สุขลักษณะและมาตรฐานด้านอากาศ	10
2.5 ผลกระทบของมลพิษทางอากาศ	13
2.5.1 ผลกระทบด้านสุขภาพ	13
2.5.2 ผลกระทบด้านเกษตรกรรม	14
2.5.3 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	14
2.5.4 ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ	14
2.6 การเลือกและออกแบบอุปกรณ์	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่น การค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ

2.6.1	ครอบตูดอากาศ	15
2.6.2	ประเภทของพัดลม	23
2.6.3	ชนิดท่อลำเลียงควัน	32
2.6.4	วัสดุ	39
2.7	รูปแบบการบำบัดมลพิษทางอากาศ	44
2.7.1	กระบวนการดูดซึม	46
2.7.2	กระบวนการดูดซับ	49
2.7.3	การกรองทางชีวภาพ	52
2.7.4	กระบวนการเผาทำลาย	53
2.8	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ	54
2.8.1	การคำนวณหาปริมาณลม	54
2.8.2	การคำนวณหาความดันลด	54
2.8.3	การสูญเสียแรงเสียดทานเมื่อผ่านชั้นดูดซับ	56
2.8.4	การสูญเสียแรงเสียดทานเมื่อผ่านชั้นของแพ็คกิ้ง	56
2.8.5	ค่ากำลังลม	58
2.9	การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการออกแบบ	58
2.10	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	59
บทที่ 3 การออกแบบระบบบำบัดควัน		
3.1	โครงสร้างที่ครอบตูดควัน	64
3.1.1	การเลือกใช้วัสดุสำหรับโครงสร้างที่ครอบตูดควัน	64
3.1.2	การออกแบบโครงสร้างที่ครอบตูดควัน	64
3.2	ระบบดูดซับ	68
3.2.1	การเลือกใช้วัสดุสำหรับระบบดูดซับ	68
3.2.2	การออกแบบระบบดูดซับ	68
3.3	ระบบดูดซึม	70
3.3.1	การเลือกใช้วัสดุสำหรับระบบดูดซึม	70
3.3.2	การออกแบบระบบดูดซึม	71
3.4	ออกแบบขนาดของโบลว์เออร์	76
3.4.1	การคำนวณหาความดันลดจากทฤษฎี	76
3.5	สรุปผลการออกแบบ	92
3.6	การประเมินราคา	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดควัน	
4.1 การทดลองเพื่อหาค่าประกอบของควันจากถ่าน	104
4.2 การทดลองเพื่อหาค่าประกอบของควันจากการประกอบอาหารที่โรงอาหาร C	106
4.3 การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควัน	107
4.4 การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควันจากการปรุงอาหาร	110
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการทดสอบ	
5.1 การออกแบบโบลว์เออร์	113
5.2 การทดลองเพื่อหาค่าประกอบของควันจากถ่าน	114
5.3 การทดลองเพื่อหาค่าประกอบของควันจากการประกอบอาหารที่โรงอาหาร C	115
5.4 การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควัน	116
5.4.1 ผลการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบดูดซับ	117
5.4.2 ผลการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบดูดซึม	124
5.4.3 ผลการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัด	126
5.5 การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควันจากการปรุงอาหาร	136
บทที่ 6 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลการออกแบบระบบบำบัดควัน	138
6.2 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดควัน	139
6.3 ข้อเสนอแนะ	139
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก ก ตารางแสดงผลการทดลอง	
ภาคผนวก ข รูปภาพและตารางสำหรับใช้คำนวณในการออกแบบระบบบำบัดควัน	
ภาคผนวก ค รูปวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	
ภาคผนวก ง รูปแสดงผลการทดลอง	
ภาคผนวก จ รูปแสดงแบบจำลองระบบบำบัดควัน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 2.1 สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่พบทั่วไป	9
ตารางที่ 2.2 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศสำหรับประเทศไทย	11
ตารางที่ 2.3 ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ	11
ตารางที่ 2.4 ค่ามาตรฐานของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศในเวลา 1 ปี	12
ตารางที่ 2.5 ข้อมูลคุณภาพทางอากาศจาก National Ambient Air Quality Standards	12
ตารางที่ 2.6 คุณลักษณะและการทำงานของพัดลมชนิดต่างๆ	28
ตารางที่ 2.7 แนวทางการเลือกใช้พัดลมประเภทต่างๆ	29
ตารางที่ 2.8 ค่าคุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ	44
ตารางที่ 2.9 ความเข้มข้นของสารมลพิษจากการปรุงอาหารระยะเวลา 2 ชั่วโมง ในร้านอาหารประเภทฟาสต์ฟู้ด	61
ตารางที่ 2.10 น้ำหนักของตัวกรองแอคทีเวเต็ดคาร์บอน เมื่อกรองสารมลพิษ เป็นระยะเวลา 6 เดือน	62
ตารางที่ 2.11 Operating conditions for CO ₂ absorption experiments	63
ตารางที่ 3.1 สรุปรูปการออกแบบส่วนประกอบและอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับระบบบำบัดควัน	86
ตารางที่ 3.2 ลักษณะของส่วนประกอบและอุปกรณ์ของระบบบำบัดควัน	99
ตารางที่ 3.3 การประเมินราคาส่วนประกอบและอุปกรณ์ของครอบดูดควันและระบบดูดซับ	101
ตารางที่ 3.4 การประเมินราคาส่วนประกอบและอุปกรณ์ของระบบดูดซึม	102
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิและความดันลระหว่างทฤษฎี กับผลจากการทดลองที่ตำแหน่งต่างๆ ของระบบบำบัดควัน	113
ตารางที่ 5.2 ปริมาณของสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่านที่มีความชื้นแตกต่างกัน	114
ตารางที่ 5.3 ปริมาณสารมลพิษเริ่มต้นที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่าน (ก่อนการบำบัด)	116
ตารางที่ 5.4 การลดปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่าน เมื่อใช้สารดูดซับที่มีชนิดและปริมาณแตกต่างกัน	117
ตารางที่ 5.5 การลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน ที่อัตราการไหลของน้ำแตกต่างกัน	124
ตารางที่ 5.6 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษเฉลี่ยของ ระบบบำบัดควันจากการปรุงอาหาร	136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบเอ็นโคลสเซอร์	16
รูปที่ 2.2 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบรีซีฟวิ่ง	16
รูปที่ 2.3 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบแคพเจอร์ริง	17
รูปที่ 2.4 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบไซด์ดราฟ	17
รูปที่ 2.5 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบสลีต	18
รูปที่ 2.6 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบดาวนดราฟ	18
รูปที่ 2.7 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบปริมาตรต่ำและความเร็วสูง	19
รูปที่ 2.8 ส่วนต่างๆ ของครอบดูดอากาศแบบรีซีฟวิ่ง	20
รูปที่ 2.9 ส่วนต่างๆ ของครอบดูดอากาศแบบแขนที่เคลื่อนย้ายได้	20
รูปที่ 2.10 ส่วนต่างๆ ของครอบดูดอากาศแบบปากกว้าง	21
รูปที่ 2.11 ส่วนต่างๆ ของครอบดูดอากาศแบบตั้งอยู่บนโต๊ะหรือพื้น	21
รูปที่ 2.12 ส่วนต่างๆ ของครอบดูดอากาศแบบมีแถบคาดปากครอบดูด	22
รูปที่ 2.13 รูปแบบพัดลมแบบหมุนเหวี่ยง	25
รูปที่ 2.14 รูปแบบพัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน	27
รูปที่ 2.15 ท่อเฟลิกซ์แบบกระดุง	32
รูปที่ 2.16 ท่อเฟลิกซ์แบบ P-Type	33
รูปที่ 2.17 ท่อเฟลิกซ์ส่งลมแบบผ้าใบเคลือบพีวีซี รุ่น F - 401	33
รูปที่ 2.18 ท่อเฟลิกซ์ส่งลมแบบผ้าใบเคลือบพีวีซี รุ่น F - 601	34
รูปที่ 2.19 ท่อเฟลิกซ์ส่งลมแบบผ้าใบเคลือบพีวีซีชนิดไม่ลามไฟ รุ่น F - 701	34
รูปที่ 2.20 ท่อดูดอากาศพีวีซี	35
รูปที่ 2.21 ท่อยางเคลือบพีวีซี รุ่น N - Type	35
รูปที่ 2.22 ท่อเฟลิกซ์สแตนเลสแบบแข็ง	36
รูปที่ 2.23 ท่อเฟลิกซ์อลูมิเนียมแบบแข็ง	36
รูปที่ 2.24 ท่อเฟลิกซ์ AG - Type	37
รูปที่ 2.25 ท่อเฟลิกซ์ FP - Type	37
รูปที่ 2.26 ท่อเฟลิกซ์ SUS-Type	38
รูปที่ 2.27 ท่อเฟลิกซ์ยาง GL - Hose	38
รูปที่ 2.28 ท่อเฟลิกซ์อ่อนโพลียูรีเทนใส่ทองเหลือง	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.29 ท่ออ่อนใช้กับพัดลมถังกลม	39
รูปที่ 2.30 ลักษณะของไปโอบอล	43
รูปที่ 2.31 ลักษณะของใยกรอง	43
รูปที่ 2.32 อุปกรณ์การดูดซึมแบบแพคทาวเออร์	47
รูปที่ 2.33 อุปกรณ์การดูดซึมแบบเพลทคอลลัมน์	48
รูปที่ 2.34 อุปกรณ์การดูดซึมแบบหอสเปรย์	48
รูปที่ 2.35 แพ้คกิ้ง a) Raschig ring b) metal Pall ring c) plastic Pall ring d) Berl saddle e) ceramic Intalox saddle f) plastic Super Intalox saddle g) metal Intalox saddle	57
รูปที่ 2.36 ความสัมพันธ์ทั่วไปสำหรับหาค่าความดันลดในการบรรจุคอลัมน์	57
รูปที่ 2.37 ประสิทธิภาพการลดขนาดอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงสำหรับเตาแก๊ส (ด้านหน้าเตา) กับ 3 อัตราการไหล : 100, 370 และ 680 m ³ /h	60
รูปที่ 3.1 ฝาที่ครอบดูดควัน ก) ฝาที่ครอบดูดควันแบบบริชีฟวิง มุมมอง 2 มิติ ข) มุมมองด้านหน้า ค) มุมมองไอโซเมตริกพร้อมบอกขนาด ง) มุมมองไอโซเมตริก	65
รูปที่ 3.2 เสาก ก) มุมมองด้านบน ข) มุมมองไอโซเมตริกพร้อมบอกขนาด ค) มุมมองไอโซเมตริก	66
รูปที่ 3.3 ผนังของที่ครอบดูดควัน ก) มุมมองด้านซ้ายและขวา ข) มุมมองด้านหลัง ค) มุมมองด้านหน้า	67
รูปที่ 3.4 โครงสร้างที่ครอบดูดควัน	67
รูปที่ 3.5 ตะแกรงใส่สารดูดซับ ก) มุมมองด้านหน้า ข) มุมมองด้านข้าง ค) มุมมองด้านบน ง) มุมมองไอโซเมตริก	69
รูปที่ 3.6 กล่องสแตนเลสทรงสี่เหลี่ยม ก) มุมมองด้านบน ข) มุมมองด้านหน้า ค) มุมมองไอโซเมตริก ง) ตะแกรงใส่สารดูดซับประกอบกับกล่องสแตนเลสทรงสี่เหลี่ยม	70
รูปที่ 3.7 ถังของระบบดูดซึม ก) มุมมองด้านหน้า ข) มุมมองด้านข้าง ค) มุมมองด้านบน ง) มุมมองไอโซเมตริก	72
รูปที่ 3.8 กล่องสำหรับใส่แพ้คกิ้ง ก) มุมมองด้านหน้า ข) มุมมองด้านบน ค) มุมมองด้านข้าง ง) มุมมองไอโซเมตริก	73
รูปที่ 3.9 ระบบสเปรย์สารดูดซึม ก) มุมมองด้านหน้า ข) มุมมองด้านบน ค) มุมมองไอโซเมตริก	74
รูปที่ 3.10 ฝาถังในระบบบำบัดแบบดูดซึมในมุมมองไอโซเมตริก	75
รูปที่ 3.11 ระบบบำบัดแบบดูดซึมในมุมมองไอโซเมตริก	75
รูปที่ 3.12 ระบบบำบัดควันในมุมมองไอโซเมตริก	76

รูปที่ 3.13 ระบบบำบัดคัวนพร้อมระบุตำแหน่งเพื่อกำหนดหาความดันลด	77
รูปที่ 3.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจากทฤษฎีและอุณหภูมิจากการทดลอง ที่ตำแหน่งต่างๆ ของระบบบำบัดคัวน	77
รูปที่ 3.15 การไหลของอากาศเข้าสู่ระบบบำบัดคัวน	78
รูปที่ 3.16 การไหลของอากาศจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 ของระบบบำบัดคัวน	79
รูปที่ 3.17 การไหลของอากาศจากจุดที่ 2 ไปยังจุดที่ 3 ของระบบบำบัดคัวน	80
รูปที่ 3.18 การไหลของอากาศจากจุดที่ 3 ไปยังจุดที่ 4 ของระบบบำบัดคัวน	82
รูปที่ 3.19 การไหลของอากาศจากจุดที่ 4 ไปยังจุดที่ 5 ของระบบบำบัดคัวน	83
รูปที่ 3.20 รูปแบบของระบบบำบัดคัวนพร้อมบอกขนาด	92
รูปที่ 3.21 รูปแบบของระบบบำบัดคัวน (มุมมองด้านหน้า)	93
รูปที่ 3.22 รูปแบบของระบบบำบัดคัวน (มุมมองด้านหลัง)	94
รูปที่ 3.23 รูปแบบของระบบบำบัดคัวน (มุมมองด้านบน)	95
รูปที่ 3.24 รูปแบบของระบบบำบัดคัวน (ก. มุมมองด้านซ้าย ข. มุมมองด้านขวา)	96
รูปที่ 3.25 ส่วนประกอบของระบบบำบัดคัวนพร้อมหมายเลขระบุตำแหน่ง	97
รูปที่ 3.26 ส่วนประกอบของระบบบำบัดคัวนพร้อมหมายเลขระบุตำแหน่ง	98
รูปที่ 5.1 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับที่แตกต่างกัน	117
รูปที่ 5.2 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้แอคติเวเต็ดอะลูมินาเป็นสารดูดซับที่น้ำหนักแตกต่างกัน	118
รูปที่ 5.3 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้โมเลกุลาร์ซีฟเป็นสารดูดซับที่น้ำหนักแตกต่างกัน	119
รูปที่ 5.4 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ โดยใช้แอคติเวเต็ดคาร์บอนเป็นสารดูดซับที่น้ำหนักแตกต่างกัน	120
รูปที่ 5.5 ความสามารถในการลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับที่แตกต่างกัน	121
รูปที่ 5.6 ความสามารถในการลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับที่แตกต่างกัน	121
รูปที่ 5.7 ความสามารถในการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับที่แตกต่างกัน	122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รูปที่ 5.8 ความสามารถในการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับที่แตกต่างกัน	122
รูปที่ 5.9 ความสามารถในการลดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับที่แตกต่างกัน	123
รูปที่ 5.10 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษที่เป็นอนุภาคจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับที่แตกต่างกัน	123
รูปที่ 5.11 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้น้ำเป็นสารดูดซับที่อัตราการไหลต่างกัน	125
รูปที่ 5.12 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้ถ่าน 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซับ	126
รูปที่ 5.13 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ โดยใช้แอกติเวเต็ดอะลูมินา 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซับ	127
รูปที่ 5.14 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้แอกติเวเต็ดอะลูมินา 300 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซับ	128
รูปที่ 5.15 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้แอกติเวเต็ดอะลูมินา 450 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซับ	129
รูปที่ 5.16 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้โมเลกุลาร์ซีฟ 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซับ	130
รูปที่ 5.17 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้โมเลกุลาร์ซีฟ 300 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซับ	131
รูปที่ 5.18 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้โมเลกุลาร์ซีฟ 450 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซับ	132
รูปที่ 5.19 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้แอกติเวเต็ดคาร์บอน 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซับ	133
รูปที่ 5.20 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้แอกติเวเต็ดคาร์บอน 300 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซับ	134
รูปที่ 5.21 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้แอกติเวเต็ดคาร์บอน 450 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซับ	135

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันปัญหามลพิษทางอากาศนั้นนับเป็นปัญหาที่ทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น แหล่งกำเนิดของมลพิษนั้นนอกจากเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้ของยานพาหนะ และยักรวมถึงการปรุงอาหารและกระบวนการผลิตอาหาร ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งที่ไม่ควรมองข้าม การผลิตหรือประกอบอาหารมักก่อให้เกิดควัน ละอองน้ำมัน และกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ เนื่องจากการประกอบอาหารต้องอาศัยความร้อนในการปรุงอาหารให้สุก ยิ่งกว่านั้นในสภาวะการณ์ปัจจุบันพบว่า ประชาชนทั่วนิยมบริโภคอาหารจากแผงค้าอาหารที่มีพบเห็นอยู่ทั่วไปตามสถานที่ต่างๆ รวมทั้งริมบาทวิถี เนื่องจากหาซื้อรับประทานได้โดยสะดวก ไม่ต้องเสียเวลาในการทำอาหาร จึงทำให้แผงค้าอาหารมีจำนวนเพิ่มขึ้นมาก และก่อให้เกิดปัญหาควันที่เกิดจากการปรุงอาหารเพิ่มขึ้นเป็นมลพิษทางอากาศที่ทวีมากขึ้นด้วย

มีรายงานวิจัยของ Beak et al. (1996) ตรวจสอบสารมลพิษจากการปรุงอาหาร ดังนี้ ฝุ่นละอองที่มีอนุภาคขนาดเล็ก คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย ได้แก่ เบนซีน โทลูอิน เอทิลเบนซีน สไตรีน และไซลีน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยการปรุงอาหารจากเตาที่ใช้ให้ความร้อน พบว่าก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ฝุ่นละอองที่มีอนุภาคขนาดเล็ก (PM10) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) โดยปริมาณสูงสุดของสารมลพิษที่พบเป็นดังนี้ เตาไฟฟ้า 3.99 ppm, 0.236 ppm และ 0.174 ppm ตามลำดับ เตาแก๊ส 4.54 ppm, 0.076 ppm และ 0.734 ppm ตามลำดับ และเตาถ่าน 12.54 ppm, 0.467 ppm และ 0.573 ppm ตามลำดับ จากปริมาณสารมลพิษดังกล่าว พบว่าเตาไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่เหมาะสมที่สุด (อินจิรา และคณะ, 2546)

จากการรวบรวมข้อมูลจาก 50 สำนักงานเขต เมื่อเดือนมีนาคม 2545 พบว่าในเขตกรุงเทพมหานคร มีร้านอาหารจำนวน 12,050 ร้านเป็นร้านอาหารที่มีการปรุงบนโต๊ะอาหารจำนวน 268 ร้าน และเป็นร้านอาหารที่มีการปรุงบนโต๊ะอาหารในห้องปรับอากาศ 207 ร้าน โดยแบ่งออกเป็นการปรุงอาหารด้วยเตาไฟฟ้า 117 ร้านเป็นอาหารปิ้งย่าง 13 ร้าน การปรุงอาหารด้วยเตาแก๊ส 42 ร้านเป็นอาหารปิ้งย่าง 30 ร้าน และการปรุงอาหารด้วยเตาถ่าน 48 ร้านเป็นอาหารปิ้งย่าง (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

จากข้อมูลทางสถิติข้างต้น แสดงถึงปัญหาจากการประกอบอาหารที่ก่อให้เกิดควัน ละอองน้ำมัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อในหลายด้าน ทั้งทางด้านสุขภาพ เนื่องจากควันที่ปล่อยออกมานั้นล้วนแต่เป็นมลพิษทางอากาศที่นับเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดโรคต่อระบบทางเดินหายใจ ภูมิคุ้มกัน และผิวหนัง (Jones, 1999) ด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ เนื่องจากสารมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เมื่อทำปฏิกิริยากับบรรยากาศจะมีฤทธิ์สามารถกัดกร่อนอาคาร สิ่งก่อสร้างต่างๆ ทำให้สีซีดและสึกหรอ และยังก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกหรือสภาวะโลกร้อน ทำให้ฤดูกาลเปลี่ยนแปลง (Oesch and Faller, 1997) เป็นต้น เนื่องจากผู้ประกอบการอาหารและผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังขาดความตระหนักถึงผลกระทบที่เป็นอันตรายเหล่านี้ จึงทำให้ขาดการป้องกันและขาดการควบคุมการปล่อยมลพิษสู่อากาศ

ในโครงการวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการออกแบบระบบบำบัดควัน โดยมุ่งเน้นการบำบัดมลพิษที่เกิดจากการปรุงอาหารสำหรับแผงค้าอาหาร โดยสร้างเป็นเครื่องต้นแบบระบบบำบัดควันจำลองนำมาทดสอบการทำงาน เพื่อช่วยลดปริมาณมลพิษทางด้านอากาศจากแผงค้าอาหาร

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อออกแบบวิธีการบำบัดมลพิษทางอากาศแบบดูดซับและแบบดูดซึมที่เหมาะสมต่อระบบบำบัดควัน
- 1.2.2 เพื่อทดลองหาค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบระบบบำบัดควันจากแผงค้าอาหาร
- 1.2.3 เพื่อช่วยลดปริมาณสารมลพิษทางอากาศที่ได้จากการผลิตอาหารจากแผงค้าอาหาร

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาองค์ประกอบของมลพิษทางอากาศที่เกิดจากกระบวนการประกอบอาหารจากแผงค้าอาหาร

1.3.2 ศึกษาและออกแบบระบบการบำบัดควันด้วยกระบวนการดูดซับ โดยใช้สารดูดซับ ได้แก่ ถ่าน
 เอกสารนี้ แอคติเวเต็ด คาร์บอน แอคติเวเต็ด อะลูมินา และโมเลกุลลาร์ ซีฟ ปริมาณ 150, 300 และ 450 กรัม
 ไม่ว่าการนี้ และกระบวนการดูดซึม โดยใช้สารดูดซึม ได้แก่ น้ำ ที่อัตราการไหล 0.384, 0.340 และ 0.246 ลิตร

ต่อวินาที และความเร็วลมที่ไหลผ่านช่องเปิดระหว่าง 0.25 – 2.5 เมตรต่อวินาที (วิภู และคณะ, 2543)

1.3.3 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควันจากการประกอบอาหาร 2 ประเภท ได้แก่ ประเภททอด (ปลาทอด) และประเภทปิ้งย่าง (ปีกไก่ย่าง)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ได้ระบบบำบัดควันที่เหมาะสม

1.4.2 ทำให้ทราบค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เพื่อนำไปออกแบบระบบบำบัดควันที่ดี

1.4.3 ทำให้สามารถลดปริมาณสารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากแผงค้ำอาหารได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 ข้อมูลทั่วไป

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะทางอากาศที่มีสารมลพิษเจือปนในปริมาณและเป็นระยะเวลาพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือการกระทำของมนุษย์ อาจอยู่ในรูปของก๊าซ หยตของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้ สารมลพิษทางอากาศที่สำคัญและมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย ได้แก่ ฝุ่นละออง สารตะกั่ว ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซโอโซนและสารอินทรีย์ระเหยง่าย เป็นต้น (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

2.2 แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ (นพภาพร และคณะ, 2547)

สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.2.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural Sources)

แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติเป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศตามกระบวนการทางธรรมชาติ หรือไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้อง เช่น ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหวไฟป่า กระบวนการย่อยสลายของซากพืชหรือซากสัตว์โดยจุลินทรีย์ เป็นต้น

2.2.2 แหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-Made Sources or Anthropogenic Sources)

แหล่งกำเนิดจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นแหล่งกำเนิดสารมลพิษที่เกิดจากกิจกรรม หรือการกระทำของมนุษย์ ซึ่งก่อให้เกิดการปล่อยสารมลพิษทางอากาศสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 2.2.2.1 แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่อยู่กับที่ ได้แก่ การปล่อยสารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม ไอระเหยจจากคลังน้ำมัน และสถานีบริการน้ำมัน เป็นต้น

มลพิษทางอากาศจากอุตสาหกรรม ถือเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษชนิดอยู่กับที่ ซึ่งมีขั้นตอนและกระบวนการที่สำคัญที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ คือ

- 1) กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ
- 2) กิจกรรมต่างๆในกระบวนการผลิต

มลพิษทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยเชื้อเพลิงที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมันเตา ก๊าซธรรมชาติ และไม้ ซึ่งสารมลพิษหลักที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงมีหลายชนิด ตัวอย่าง เช่น ฝุ่นละออง คาร์บอน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน และสารอินทรีย์ระเหยง่าย และถ้าหากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดเขม่าควันดำ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ได้อีกด้วย

มลพิษทางอากาศจากกระบวนการผลิตอาจเกิดจากวัตถุดิบที่เลือกใช้และขั้นตอนในกระบวนการผลิต ซึ่งสารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากกระบวนการผลิต ได้แก่ กลิ่นสารอินทรีย์ระเหยง่าย หรือการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากการขนถ่ายสินค้า เช่น แป้งมัน ถ่านหิน รวมทั้งการรั่วซึมของสารอินทรีย์ระเหยง่าย

2.2.2.2 แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่เคลื่อนที่ หรือ Mobile Sources ได้แก่ มลพิษจากยานพาหนะ (Automobile air pollution) ประเภทต่างๆ เช่น รถยนต์ รถบรรทุก เรือ เครื่องบิน เป็นต้น

2.2.2.3 มลพิษทางอากาศที่ไม่มีแหล่งกำเนิดแน่นอน หรือ Non - point sources ได้แก่ การเผาในที่โล่ง การเผาตอซังในนาข้าว การเผาขยะ ฝุ่นละอองจากพื้นดินที่ถูกพัดพาโดยลม เป็นต้น

2.3 ประเภทของมลพิษทางอากาศ (เมธี, 2549)

แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

2.3.1 สารมลพิษที่เป็นอนุภาค (Particulate Matter)

สารมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค อาจอยู่ในรูปของของแข็ง หรือของเหลว มีลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นกับขนาด และแหล่งกำเนิดมลพิษ โดยจะมีขนาดตั้งแต่ 0.01 - 1,000 ไมครอน สามารถแบ่งตามแหล่งกำเนิดได้ ดังนี้

- อนุภาคที่เกิดจากสิ่งมีชีวิต (Viable particle) ได้แก่ ละอองเกสร จุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย รา สปอร์ เป็นต้น

- อนุภาคที่เกิดจากสิ่งไม่มีชีวิต (Nonviable particle) มักเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรม การเผาขยะ กระบวนการผลิตอาหาร เป็นต้น และเกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า ทะเลและมหาสมุทร เป็นต้น

สารมลพิษที่เป็นอนุภาคแบ่งออกชนิดต่างๆ ได้ ดังนี้

1. ฝุ่น (Dust) (Tom, 2006)

ฝุ่นเป็นอนุภาคของแข็งขนาดเล็ก ซึ่งลอยอยู่ในอากาศโดยมีขนาดของอนุภาคตั้งแต่ 0.25 ไมครอน จนถึงขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 500 ไมครอน แบ่งประเภทตามขนาดของอนุภาคได้ ดังนี้

- ฝุ่นทั้งหมด (Total Suspended Particulate) คือ ฝุ่นที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 100 ไมครอนมักเกิดจากกระบวนการผลิต ได้แก่ กระบวนการบด การโม่ และการขีด เป็นต้น

- PM10 หมายถึง ฝุ่นที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 10 ไมครอน ซึ่งมีขนาดเล็กมากและสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้โดยง่าย มักมีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง การคมนาคมขนส่ง การผลิตไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหิน เป็นต้น

- PM2.5 หมายถึง ฝุ่นที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 2.5 ไมครอน

2. ละออง (Mist)

ละอองเป็นอนุภาคของของเหลว มีขนาดตั้งแต่ 500 ไมครอน ซึ่งเกิดจากการควบแน่นของไอหรือก๊าซ หรือการแยกตัวของของเหลวออกจากกระบวนการ

ละอองน้ำมันหรือหยดน้ำมัน เป็นละอองที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก และอยู่ในรูปสารประกอบพวกอะโรมาติก (aromatic compounds) เป็นส่วนใหญ่ มักเกิดจากกระบวนการสันดาปเชื้อเพลิงจากแหล่งต่างๆ โดยเฉพาะเครื่องยนต์ของรถยนต์ หรืออุตสาหกรรมที่มีการสันดาบน้ำมันเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมทำน้ำมันดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อนุภาคของถ่านหรือเขม่า (Soot)

อนุภาคของถ่านหรือเขม่าเป็นของแข็งสีดำ ประกอบด้วยอนุภาคคาร์บอนขนาดเล็กๆ มักพบในบรรยากาศที่มีการสันดาปหรือเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยเฉพาะเชื้อเพลิงของแข็ง เช่น ถ่านหิน ถ่านไม้ เป็นต้น หรือเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลว เช่น น้ำมันดิบ หรือน้ำมันเหลือจากการกลั่น

4. ควีน (Smoke) (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2555)

ควีน จัดเป็นสารประเภทคอลลอยด์ที่เป็นอนุภาคของของแข็ง หรือของเหลวกระจายตัวอยู่ในชั้นบรรยากาศ มักมีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาวัสดุ หรือเกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี โดยใช้ความร้อนซึ่งเป็นส่วนเกินจากผลที่เกิดขึ้นจากความร้อน โดยทั่วไปจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 2 ไมครอน

5. ไอควีน (Fume)

ไอควีนเป็นอนุภาคของแข็งที่มีขนาดเล็กมาก ส่วนใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1 ไมครอน มักเกิดจากการควบแน่นของไอจากปฏิกิริยาทางเคมี เช่น กระบวนการหลอมโลหะ หรือกระบวนการเผาไหม้ของสารที่มีโลหะผสมอยู่ ได้แก่ ออกไซด์ของโลหะต่างๆ รวมทั้งออกไซด์ของตะกั่วที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์

6. ขี้เถ้าหรือขี้เถ้าลอย (Ash)

ขี้เถ้าเป็นอนุภาคที่เล็กกว่าฝุ่น ซึ่งปลิวออกมากับไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ได้แก่ เชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และแร่ธาตุต่างๆ

2.3.2 ก๊าซและไอต่างๆ (Gas and Vapors)

1. ออกไซด์ของคาร์บอน (Carbon oxide; COx)

- คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide; CO₂) เป็นองค์ประกอบของอากาศ ซึ่งโดยปกติ

แล้วไม่นับว่า คาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ แต่เนื่องจากในปัจจุบัน CO₂ เพิ่มขึ้นด้วยอัตราประมาณ 0.7 พีพีเอ็มต่อปี จึงส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิโลก ที่เรียกว่าปรากฏการณ์เรือนกระจก

- คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide; CO) เป็นก๊าซมลพิษที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่เกิดการระคายเคือง แต่มีอันตรายมากถึงชีวิต ถ้าได้รับเข้าไปในปริมาณมาก

2. ออกไซด์ของซัลเฟอร์ (Sulphur oxide; SOx)

ออกไซด์ของซัลเฟอร์ ได้แก่ SO₂ และ SO₃ เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ของซัลเฟอร์ หรือเชื้อเพลิงที่มีสารซัลเฟอร์ปนอยู่ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยเฉพาะการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน ซึ่งมีซัลเฟอร์เฉลี่ย 1 - 9% ส่วนในน้ำมันดิบจะมีซัลเฟอร์ 1 - 3%

3. ออกไซด์ของไนโตรเจน (Nitrogen oxide; NOx)

ออกไซด์ของไนโตรเจน ได้แก่ NO และ NO₂ สามารถเกิดได้เองตามธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ต่างๆ ที่อุณหภูมิสูงมาก

4. ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon)

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นหลัก สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ อัลลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (Aliphatic hydrocarbon) เช่น อัลเคน อัลซีน และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic hydrocarbon)

5. สารออกซิแดนท์ (Oxidants) (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

สารออกซิแดนท์ ได้แก่ ก๊าซโอโซน (Ozone; O₃) เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) กับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยก๊าซชนิดนี้จะเคลื่อนตัวลงสู่พื้นผิวระดับต่ำ ความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่ระดับความสูงประมาณ 35 กิโลเมตร อาจมีความเข้มข้นสูงสุดถึง 10 พีพีเอ็ม

6. สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs) (Faisal and Aloke, 2000)

สารอินทรีย์ระเหยง่าย จัดเป็นกลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ ที่มีความดันไอมากกว่า 1 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งสารอินทรีย์ระเหยง่ายสามารถระเหยเป็นไอกระจายตัวในอากาศได้ง่าย ที่อุณหภูมิและความดันปกติ ไอเหล่านี้จะเปลี่ยนสภาวะกลับเป็นของเหลวหรือของแข็งตามเดิมได้ โดยการเพิ่มอุณหภูมิ หรือลดความดันโมเลกุล ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน และไฮโดรเจน และอาจมีออกซิเจนหรือฮาโลเจน เช่น คลอรีน โบรมีนรวมอยู่ด้วย สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่กระจายอยู่ในบรรยากาศมีที่มาจาก 2 แหล่งใหญ่ คือ สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ไฟ

ไหม้ป่า ก๊าซจากการเน่าเสียของอินทรีย์วัตถุ รวมทั้งจากการขับถ่าย และการหายใจของมนุษย์ เป็นต้น และสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นแหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่สำคัญ และเป็นต้นเหตุของปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 2.1 สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่พบทั่วไป

หมายเลข	สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย
1	Acetaldehyde
2	Acetone
3	Benzene
4	Carbon tetrachloride
5	Ethyl acetate
6	Ethylene glycol
7	Formaldehyde
8	Heptane
9	Hexane
10	Isopropyl alcohol
11	Methyl ethyl ketone
12	Methyl chloride
13	Monomethyl ether
14	Naphthalene
15	Styrene
16	Toluene
17	Xylene

7. กลิ่น (Odor) (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2548)

สารในสภาวะก๊าซที่ไม่สามารถจับต้องและเห็นรูปของกลิ่นได้ แต่ทราบแหล่งที่มาของกลิ่นนั้นก็คือ ตัวสารเคมี (ในรูปของโมเลกุล) กลิ่นเป็นโมเลกุลของสารที่มีความไวมากจะหลุดตัวออกจากสารตั้งต้นได้ง่าย การรับรู้กลิ่นได้นั้นต้องมีความเข้มข้นของสารถึงจุดหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า threshold ของ

กลิ่น โดยกลิ่นจัดเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ไอร์โอะเฮยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds: VOCs) และสารพวก HAPs (Hazardous Air Pollutants) ซึ่งมลพิษเหล่านี้มีแหล่งกำเนิดจากยานยนต์ เครื่องจักรกล โรงงานอุตสาหกรรม

2.4 สุขลักษณะและมาตรฐานด้านอากาศ (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ , 2554)

ดัชนีคุณภาพอากาศเป็นข้อมูลคุณภาพอากาศในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจของประชาชน เพื่อเผยแพร่ให้ทราบถึงสถานการณ์มลพิษทางอากาศในแต่ละพื้นที่ว่าอยู่ในระดับใด มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่ ซึ่งดัชนีคุณภาพอากาศเป็นรูปแบบสากลที่ใช้กันแพร่หลายในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย สิงคโปร์ มาเลเซีย และประเทศไทย เป็นต้น

ดัชนีคุณภาพอากาศที่ใช้ในประเทศไทย คำนวณโดยเทียบจากมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของสารมลพิษทางอากาศ 5 ประเภท ได้แก่ ก๊าซโอโซน (O_3) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ดัชนีคุณภาพอากาศที่คำนวณได้ของสารมลพิษทางอากาศประเภทใดมีค่าสูงสุดจะใช้เป็นดัชนีคุณภาพอากาศของวันนั้น ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ตั้งแต่ 0 ถึงมากกว่า 300 ซึ่งแต่ละระดับจะใช้สีเป็นสัญลักษณ์เปรียบเทียบกับระดับของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย โดยดัชนีคุณภาพอากาศ 100 จะมีค่าเทียบเท่ากับมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปหากดัชนีคุณภาพอากาศมีค่าสูงเกินกว่า 100 แสดงว่า ค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศมีค่าเกินมาตรฐาน และคุณภาพอากาศในวันนั้นจะเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศสำหรับประเทศไทย

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	แนวทางการป้องกันผลกระทบ
0-50	คุณภาพดี	ฟ้า	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
51-100	คุณภาพปานกลาง	เขียว	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
101-200	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	เหลือง	ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายภายนอกอาคารบุคคลทั่วไป โดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ ไม่ควรทำกิจกรรมภายนอกอาคารเป็นเวลานาน
201-300	มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก	ส้ม	ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมภายนอกอาคารบุคคลทั่วไป โดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ ควรจำกัดการออกกำลังกายภายนอกอาคาร
มากกว่า 300	อันตราย	แดง	บุคคลทั่วไป ควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายภายนอกอาคาร สำหรับผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ควรอยู่ในอาคาร

(ที่มา: United States Environmental Protection Agency, 1999)

ตารางที่ 2.3 ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ

AQI	PM ₁₀ (24 hr.)	O ₃ (1 hr.)		SO ₂ (24 hr.)		NO ₂ (1 hr.)		CO (8 hr.)	
	µg./m ³	µg./m ³	ppb	µg./m ³	ppb	µg./m ³	ppb	µg./m ³	ppb
50	40	100	51	65	25	160	85	5.13	4.48
100	120	200	100	300	120	320	170	10.26	9.00
200	350	400	203	800	305	1,130	600	17.00	14.84
300	420	800	405	1,600	610	2,260	1,202	34.00	29.69
400	500	1,000	509	2,100	802	3,000	1,594	46.00	40.17
500	600	1,200	611	2,620	1,000	3,750	1,993	57.50	50.21

(ที่มา: United States Environmental Protection Agency, 1999)

ตารางที่ 2.4 ค่ามาตรฐานสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศในเวลา 1 ปี

สารมลพิษ	ค่ามาตรฐาน
เบนซีน (Benzene)	ไม่เกิน 1.70 มคก./ลบ.ม
ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	ไม่เกิน 10.00 มคก./ลบ.ม
. 1,2 - ไดคลอโรอีเทน (1,2 - Dichloroethane)	ไม่เกิน 0.40 มคก./ลบ.ม
ไตรคลอโรเอทิลีน (Trichloroethylene)	ไม่เกิน 23.00 มคก./ลบ.ม
ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	ไม่เกิน 22.00 มคก./ลบ.ม
1,2 - ไดคลอโรโพรเพน (1,2 - Dichloropropane)	ไม่เกิน 4.00 มคก./ลบ.ม
เตตระคลอโรเอทิลีน (Tetrachloroethylene)	ไม่เกิน 200.00 มคก./ลบ.ม
คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	ไม่เกิน 0.43 มคก./ลบ.ม
1,3 - บิวทาไดอีน (1,3 - Butadiene)	ไม่เกิน 0.33 มคก./ลบ.ม

(ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2550)

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลคุณภาพทางอากาศจาก National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)

Pollutant [final rule cite]	Primary/ Secondary	Averaging Time	Level	Form
<u>Carbon Monoxide</u> [76 FR 54294, Aug 31, 2011]	primary	8 hour	9 ppm	Not to be exceeded more than once per year
		1 hour	35 ppm	
<u>Lead</u> [73 FR 66964, Nov 12, 2008]	primary and secondary	Rolling 3 month average	0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Not to be exceeded
<u>Nitrogen Dioxide</u> [75 FR 6474, Feb 9, 2010]	primary	1hour	100 ppb	98th percentile, averaged over 3 years
	primary and secondary	Annual	53 ppb	Annual Mean

<u>Ozone</u> [73 FR 16436, Mar 27, 2008]		primary and secondary	8 hour	0.075 ppm	Annual fourth highest daily maximum 8hr concentration, averaged over 3 years
<u>Particle Pollution</u> [71 FR 61144, Oct 17, 2006]	PM _{2.5}	primary and secondary	Annual	15 µg/m ³	annual mean, averaged over 3 years
			24 hour	35 µg/m ³	98th percentile, averaged over 3 years
	PM ₁₀	primary and secondary	24 hour	150 µg/m ³	Not to be exceeded more than once per year on average over 3 years
<u>Sulfur Dioxide</u> [75 FR 35520, Jun 22, 2010]		primary	1 hour	75 ppb	99th percentile of 1 hour daily maximum concentrations, averaged over 3 years
[38 FR 25678, Sept 14, 1973]		secondary	3-hour	0.5 ppm	Not to be exceeded more than once per year

2.5 ผลกระทบของมลพิษทางอากาศ (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543)

2.5.1 ผลกระทบด้านสุขภาพ

ผลกระทบทางด้านสุขภาพนั้น ส่วนใหญ่ร่างกายได้รับสารมลพิษจากการสูดดม หรือการสัมผัสร่างกาย เมื่อได้รับและสะสมสารมลพิษจะส่งผลให้เกิดโรคต่างๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เมื่อเข้าสู่ร่างกายก๊าซจะไปแย่งจับกับฮีโมโกลบินในเลือด ทำให้เลือดขาดออกซิเจนไปเลี้ยง ทำให้ร่างกายเกิดภาวะขาดออกซิเจนและเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิต ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ มีผลต่อระบบการมองเห็น และผู้ที่มีอาการหอบหืด หรือโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ สารอินทรีย์ระเหยง่ายเป็นสารที่มีความเสี่ยงให้เกิดการก่อมะเร็ง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจผิวหนังและเยื่อปอด ทำให้เกิดการแสบตา และก๊าซยังสามารถละลายในของเหลวในระบบ

ทางเดินหายใจเกิดเป็นกรดซัลฟิวริก ซึ่งจะกัดกร่อนอวัยวะในระบบทางเดินหายใจ ก๊าซโอโซนเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหอบหืด โรคภูมิแพ้ อาการเจ็บคอ เป็นต้น และยังก่อให้เกิดโรคร้ายแรง ซึ่งอาจเป็นอันตรายถึงชีวิต ทั้งโรคอุดตันของระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง โรคปอดบวม โรคมะเร็ง เป็นต้น

2.5.2 ผลกระทบด้านเกษตรกรรม

เนื่องจากมลพิษทางอากาศนั้น มีสารมลพิษที่ทำลายเนื้อเยื่อของพืชชะลอการเจริญเติบโตของพืช เกิดโรคพืชเรื้อรัง เช่น สารออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของซัลเฟอร์ และก๊าซโอโซน นอกจากนี้สารมลพิษยังก่อให้เกิดฝนกรด ซึ่งปัญหาฝนกรดยังก่อให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุในดิน ทำให้ส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้หากแร่ธาตุถูกชะล้างจากดินลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้สาหร่ายในน้ำขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจน

2.5.3 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

การเกิดภาวะโลกร้อน หรือที่เรียกกันว่าปรากฏการณ์เรือนกระจก ซึ่งเกิดจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายทำปฏิกิริยากับก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในบรรยากาศ ทำให้เกิดก๊าซโอโซนปิดบังชั้นบรรยากาศ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นเกิดการเปลี่ยนแปลงทางระบบนิเวศ อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น อาจทำให้บางพื้นที่กลายเป็นทะเลทราย บางพื้นที่ประสบปัญหาน้ำท่วมหนัก เนื่องจากฝนตกรุนแรงขึ้น น้ำแข็งขั้วโลกและบนยอดเขาสูงละลาย ทำให้ปริมาณน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น พื้นที่ชายฝั่งทะเลได้รับผลกระทบโดยตรงอาจทำให้บางพื้นที่จมหายไปอย่างถาวร นอกจากนี้ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ฝุ่นละออง หมอกควันยังมีผลกระทบต่อทัศนวิสัย ทำให้ระยะการมองเห็นลดลง

2.5.4 ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ

การเกิดฝนกรด เกิดจากสารมลพิษออกไซด์ของซัลเฟอร์ ออกไซด์ของไนโตรเจนในบรรยากาศ หากรวมตัวกับไอน้ำจะสามารถเกิดเป็นกรดไนตริก (HNO_3) ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนวัสดุต่างๆ และเป็นสาเหตุของปัญหาฝนกรด ทำให้เกิดการกัดกร่อนสิ่งก่อสร้าง เช่น กระจ่าง ปูนซีเมนต์ ทำให้

สิ่งก่อสร้างเสียรูปทรง จึงต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงซ่อมแซม นอกจากนี้ยังรวมไปถึงการเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล เนื่องจากการเจ็บป่วยเพราะได้รับสารมลพิษทางอากาศ

2.6 การเลือกและออกแบบอุปกรณ์

2.6.1 ครอบดูดอากาศ (Hood)

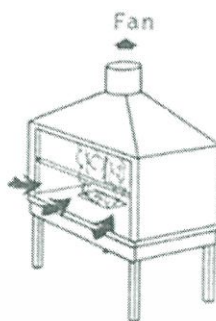
2.6.1.1 ชนิดของครอบดูดอากาศ (พรพิมล, 2543)

ครอบดูดอากาศ (Hood) เป็นส่วนที่ดูดอากาศที่มีสารมลพิษปนเปื้อนเข้ามาสู่ระบบระบายอากาศ ซึ่งอาจมีรูปร่างแตกต่างกัน ครอบดูดอากาศเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ เพราะเป็นส่วนแรกที่สารมลพิษจะถูกดูดเข้ามา การเลือกและการออกแบบครอบดูดอากาศนั้นมีความยุ่งยากและซับซ้อนเนื่องจากสภาวะการใช้งาน หรือสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละกระบวนการผลิต จึงจำเป็นต้องออกแบบให้เหมาะสมกับสภาวะนั้นๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งนี้การออกแบบและเลือกใช้ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น ความหนาแน่นของอากาศ ความเป็นพิษมากน้อยแค่ไหน อุณหภูมิของอากาศเสีย ความดันของอากาศเสีย และคุณสมบัติจำเพาะอื่นๆ ของอากาศเสีย ชนิดของครอบดูดอากาศโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ด้วยกัน ดังนี้

1. ครอบดูดอากาศแบบเอ็นโคลสเชอร์ (Enclosure Hood)

ครอบดูดอากาศชนิดนี้มีลักษณะเป็นที่ปิดครอบแหล่งกำเนิด หรือกระบวนการผลิตที่ทำให้เกิดสารมลพิษไว้ทั้งหมดหรือบางส่วน ซึ่งอาจแยกเป็นชนิดเปิดด้านเดียว (One open side) หรือเปิดสองด้าน (Two open side) ขึ้นกับการใช้งาน ทำให้มีประสิทธิภาพสูงในการดูดอากาศใช้ลมปริมาณน้อย เพื่อพาสารมลพิษเข้าสู่ระบบระบายอากาศ โดยใช้ความเร็วที่ปากทางเปิด ทำให้ง่ายต่อการนำสารมลพิษเข้าสู่ระบบ เนื่องจากไม่ถูกรบกวนด้วยกระแสลม ทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูง

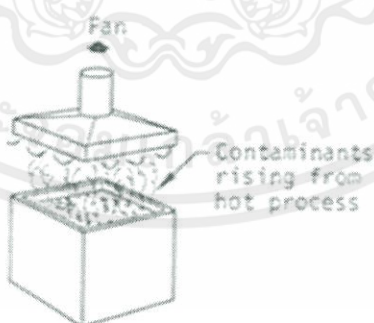
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบเอ็นโคลสเซอร์ (Enclsoure Hood)

2. ครอบดูดอากาศแบบรีซีฟวิ่ง (Receiving Hood or Canopy Hood)

ครอบดูดอากาศชนิดนี้ มีลักษณะการปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิด แบบความเร็วต้นสูง และมีทิศทางการเคลื่อนที่ในทิศพุ่งขึ้นด้านบน โดยครอบดูดอากาศจะติดตั้งด้านบนของแหล่งกำเนิด ทำให้สารมลพิษถูกดูดเข้าสู่ครอบดูดอากาศได้ดีขึ้น นิยมใช้ในกระบวนการผลิตที่มีความร้อนและสารปนเปื้อนลอยขึ้นสามารถดูดได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานมาก รวมถึงผู้ปฏิบัติงานไม่ได้ทำงานในบริเวณทางผ่านของสารมลพิษ ครอบดูดอากาศชนิดนี้เป็นท่อที่ใช้ประโยชน์ได้น้อย เนื่องจากความเร็วลมจะลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำลังสองของระยะทางระหว่างครอบดูดอากาศและแหล่งกำเนิด และต้องใช้ปริมาณอากาศมาก ยังอาจถูกรบกวนจากอากาศโดยรอบ ทำให้อาจมีสารมลพิษกระจายไปยังระบบการหายใจของผู้ปฏิบัติงานได้ง่าย

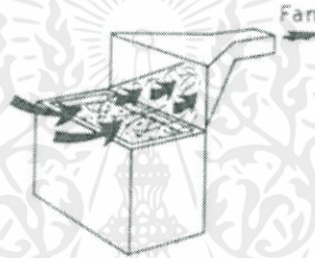


รูปที่ 2.2 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบรีซีฟวิ่ง (Receiving Hood or Canopy Hood)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ครอบดูดอากาศแบบแคพเจอร์ริง (Capturing Hood)

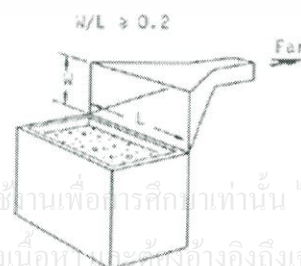
ครอบดูดอากาศชนิดนี้อาศัยการส่งแรงดูดออกไป เพื่อนำสารมลพิษและอากาศเข้าสู่ครอบดูดอากาศใช้กับแหล่งกำเนิดที่สารมลพิษอยู่นอกครอบดูดอากาศ โดยส่วนปล่อยสารมลพิษอยู่ในห่างออกไปนอกหัวดูด ครอบดูดอากาศประเภทนี้จะต้องมีแรงดูดมากพอที่ทำให้สารมลพิษเคลื่อนที่เข้าสู่หัวดูด ซึ่งความเร็วบริเวณที่สารมลพิษถูกปล่อยออกมา เรียกว่า ความเร็วจับ (Capture Velocity) โดยค่าความเร็วจับจะต้องได้ตามที่กำหนดไว้ เพื่อลดปริมาณลมที่ใช้ในการดูดจับ และต้องพยายามลดระยะห่างระหว่างจุดปล่อยสารมลพิษ และครอบดูดอากาศให้สั้นที่สุด ซึ่งไม่ควรเกิน 2 ฟุต ครอบดูดอากาศแบบแคพเจอร์ริงปัจจุบันแบ่งออกเป็น 4 แบบ ได้แก่



รูปที่ 2.3 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบแคพเจอร์ริง (Capturing Hood)

- ครอบดูดอากาศแบบไซด์ดราฟ (Side - draft capturing Hood)

ครอบดูดอากาศชนิดนี้มีการออกแบบการติดตั้งอยู่ด้านข้างของแหล่งกำเนิด เป็นแบบเคลื่อนที่หรืออยู่กับที่ก็ได้ ใช้ในกระบวนการดูดสารมลพิษจำพวกก๊าซหรือไอระเหย ซึ่งลอยขึ้นจากแหล่งกำเนิดอย่างช้าๆ และถูกดูดเข้าสู่ระบบก่อนที่จะลอยขึ้นสู่บรรยากาศโดยรอบ หรือระดับหายใจของผู้ปฏิบัติงาน เช่น ถังซูปโลหะ หรือในกระบวนการผลิตที่ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีการยืนใกล้ชิดกับแหล่งสารปนเปื้อน

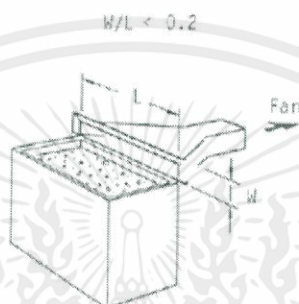


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาของเอกสารดังกล่าวอย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบไซด์ดราฟ (Side - draft capturing Hood)

- ครอบดูดอากาศแบบสลีต (Slot Hood)

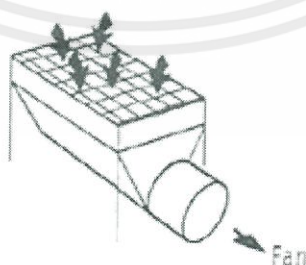
ครอบดูดอากาศชนิดนี้เหมาะสำหรับแหล่งกำเนิดสารมลพิษที่มีพื้นที่สำหรับดูดสารมลพิษในลักษณะแคบและยาว และสลีตจะมีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเท่ากับหรือน้อยกว่า 0.3 ซึ่งพื้นที่ที่จะใช้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการกระจายของอากาศเหนือผิวถัง ความดันลบที่ตรงสลีตสูงมาก เนื่องจากจะต้องให้ความเร็วที่สลีตสูง (นพภาพร และคณะ, 2547)



รูปที่ 2.5 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบสลีต (Slot Hood)

- ครอบดูดอากาศแบบดาวน์ดราฟ (Downdraft Hood)

ครอบดูดอากาศแบบดาวน์ดราฟจะมีลักษณะที่คล้ายกับครอบดูดอากาศแบบไซดร้าฟ แต่ทิศทางการดูดอยู่ด้านล่างของจุดที่ปฏิบัติงาน ที่ครอบดูดแบบนี้จะใช้งานได้ดี เมื่อมีการทำงานกับสารจำพวกสารละลายที่มีการปิดโต๊ะ ขณะทำงานและงานจำพวกการบัดกรี และขัดแต่งต่างๆ แต่มีข้อจำกัดคือ ชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่จะปิดทางดูดของที่ครอบดูดควันนี้ และถ้าอุณหภูมิสูงมากจะทำให้อากาศมีความหนาแน่นลดลงจะลอยตัวขึ้นจากที่ครอบดูดควันได้



รูปที่ 2.6 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบดาวน์ดราฟ (Downdraft Hood)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นที่มีเหตุผลเบี่ยงเนื่องมา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ครอบดูดอากาศแบบปริมาตรต่ำและความเร็วสูง (Low Volume, High – Velocity Hood)

ครอบดูดอากาศแบบปริมาตรต่ำและความเร็วสูง เป็นครอบดูดอากาศแบบสลีตชนิดพิเศษ จะติดอยู่กับเครื่องมือหรือเครื่องจักร ความเร็วที่ปากทางดูดสูงอาจสูงถึง 10000 – 12000 ฟุตต่อ นาที ลักษณะการจับยึดที่ตรงตำแหน่งที่เกิดจะทำให้ปริมาณลมที่ใช้มีปริมาณน้อย ลักษณะของที่ครอบดูดจะออกแบบไม่ให้เกะกะขณะปฏิบัติงาน ที่ครอบดูดชนิดนี้จะใช้แรงในการดูดมาก เพราะจะต้องใช้ความเร็วสูง



รูปที่ 2.7 ลักษณะของครอบดูดอากาศแบบปริมาตรต่ำและความเร็วสูง
(Low Volume, High – Velocity Hood)

2.6.1.2 การคำนวณอัตราการไหลสำหรับครอบดูดอากาศ (สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2547)

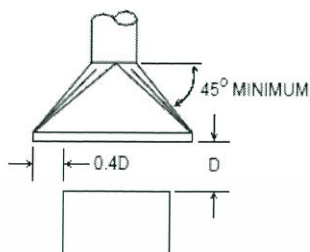
- ครอบดูดอากาศแบบเอ็นโคลสเชอร์

ปริมาณลมสามารถหาได้จาก ขนาดของพื้นที่เปิดและความเร็วที่ผ่านช่องเปิด

$$\text{ปริมาณการไหล (Q)} = \text{พื้นที่เปิด} \times \text{ความเร็วที่ผ่านช่องเปิด}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ครอบดูดอากาศแบบรีซีฟริง



รูปที่ 2.8 ส่วนต่างๆ ของครอบดูดอากาศแบบรีซีฟริง

$$Q = 1.4 P D V$$

โดย Q = ปริมาณการไหล (ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที)

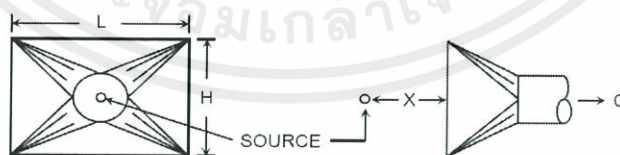
P = ยาวรอบถัง (ฟุต)

D = ระยะห่างระหว่างปากครอบดูดอากาศและแหล่งกำเนิด (ฟุต)

V = ความเร็วของอากาศที่แหล่งกำเนิด (0.5 – 1 เมตรต่อวินาที)

แต่ความเร็วของอากาศอาจเปลี่ยนเป็น 0.25 – 2.5 เมตรต่อวินาที ขึ้นกับการเคลื่อนไหวของอากาศระหว่างปากครอบดูดอากาศกับแหล่งกำเนิด

- ครอบดูดอากาศแบบแขนที่เคลื่อนย้ายได้



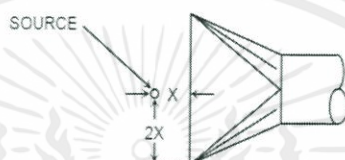
รูปที่ 2.9 ส่วนต่างๆ ของครอบดูดอากาศแบบแขนที่เคลื่อนย้ายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = V (10X^2 + A)$$

- โดย Q = ปริมาณการไหลของอากาศที่ต้องการ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
- X = ระยะทางจากปากครอบดูดอากาศไปจนถึงด้านไกลสุดของแหล่งกำเนิด (เมตร)
- A = พื้นที่ด้านหน้าของครอบดูดอากาศ (ตารางเมตร)
- V = ความเร็วของอากาศที่ต้องการ (0.5 – 1 เมตรต่อวินาที)

- ครอบดูดอากาศแบบปากกว้าง

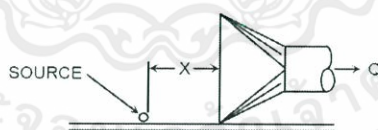


รูปที่ 2.10 ส่วนต่างๆ ของครอบดูดอากาศแบบปากกว้าง

$$Q = V (10X^2 + A)$$

โดยจะจัดเป็นครอบดูดอากาศแบบนี้ก็ต่อเมื่อระยะจากชิ้นงานถึงริมปากครอบดูดอากาศมากกว่า 2 เท่าของระยะระหว่างแหล่งกำเนิดถึงปากครอบดูด

- ครอบดูดอากาศแบบตั้งอยู่บนโต๊ะหรือพื้น

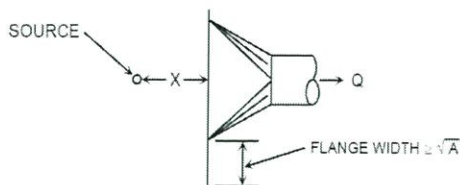


รูปที่ 2.11 ส่วนต่างๆ ของครอบดูดอากาศแบบตั้งอยู่บนโต๊ะหรือพื้น

$$Q = V (5X^2 + A)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ครอบดูดอากาศแบบมีแถบคาดปากครอบดูด



รูปที่ 2.12 ส่วนต่างๆ ของครอบดูดอากาศแบบมีแถบคาดปากครอบดูด

$$Q = V 0.75 (10X^2 - A)$$

2.6.1.3 แนวทางการออกแบบครอบดูดอากาศ (ฉัตรชัย, 2548)

ในการเลือกออกแบบครอบดูดอากาศ ต้องพิจารณาองค์ประกอบหรือปัจจัยแวดล้อมที่อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของครอบดูดอากาศ สามารถทำได้โดยอาศัยแนวทาง ดังต่อไปนี้

1. พยายามลดปริมาณหรือความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่แหล่งกำเนิดให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ก่อน ซึ่งอาจทำได้ด้วยการดัดแปลงกระบวนการ เปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบ หรือดัดแปลงเครื่องจักร เป็นต้น
2. ตำแหน่งของครอบดูดควรอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (กรณีครอบดูดอากาศแบบภายนอก) ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ปริมาณอากาศที่ใช้มีมากเกินไป ซึ่งจะช่วยให้ขนาดของระบบไม่ใหญ่เกินความจำเป็น
3. พยายามออกแบบปากครอบดูดให้มีพื้นที่เปิดน้อยที่สุด ซึ่งต้องพิจารณาลักษณะของงานเป็นสำคัญ
4. ควรหลีกเลี่ยงการใช้ครอบดูดอากาศภายนอก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำไปใช้กับสารปนเปื้อนที่มีความเป็นพิษสูงเนื่องจากสารปนเปื้อนที่เป็นพิษอาจเล็ดลอดจากครอบดูดอากาศ
5. เลือกใช้ความเร็วของอากาศที่ผ่านแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อน และความเร็วของอากาศซึ่งพุ่งตรงเข้าสู่ครอบดูดที่มีค่ามากพอที่จะไม่ทำให้สารปนเปื้อนเล็ดลอดออกมาจากครอบดูดอากาศ

6. การเลือกตำแหน่งติดตั้งครอบดูดอากาศ ให้พิจารณาจากการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อน เช่น พุ้งกระจายไปทุกทิศทางหรือพุ่งตรงไปยังทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อจะได้กำหนดตำแหน่งติดตั้งครอบดูดได้อย่างเหมาะสม

7. ตำแหน่งติดตั้งครอบดูดอากาศต้องไม่อยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อน และคนงาน ซึ่งอาจทำให้คนงานหายใจเอาสารปนเปื้อนเข้าสู่ร่างกายได้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเลือกใช้ชนิดของครอบดูดอากาศ

8. พยายามกำจัดปัจจัยที่อาจทำให้การเคลื่อนที่ของอากาศภายนอกไปรบกวนการไหลของอากาศและสารปนเปื้อนที่กำลังไหลเข้าสู่ครอบดูด ทั้งนี้เพื่อให้ปริมาณอากาศที่ต้องการมีค่าไม่มากเกินไป ซึ่งอาจทำได้โดยการใช้ผนังกัน แต่ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ผนังกันได้ก็ต้องออกแบบให้อากาศไหลผ่านครอบดูดอากาศในปริมาณที่มากกว่าปกติ

9. ครอบดูดอากาศต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะรองรับปริมาณ หรืออัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้า ในกรณีที่ครอบดูดอากาศมีขนาดเล็กเกินไป อัตราการไหลก็ควรจะมีค่ามากกว่าปกติ

10. ครอบดูดอากาศต้องไม่ติดตั้งสิ่งกีดขวางการทำงานของคนงานหรือเครื่องจักรในกระบวนการผลิตรวมถึงกีดขวางการซ่อมบำรุงต่างๆ

2.6.2 ประเภทของพัดลม

พัดลมมีหลายชนิดปัจจุบันได้มีการจัดแบ่งประเภทของพัดลมหลายรูปแบบ และมีการเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปมากมาย การจัดประเภทของพัดลมสามารถแบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศออกเป็น 2 ประเภท คือ พัดลมแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Flow Fan) และแบบพัดลมอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fan) (United Nations Environment Programme, 2006) ซึ่งพัดลมแต่ละประเภทสามารถแบ่งออกเป็นชนิดย่อยๆ ได้ดังนี้

2.6.2.1 พัดลมแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Flow Fan) (กองฝีกอบกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553)

พัดลมแบบหมุนเหวี่ยงนี้ใช้ได้กับงานที่มีความต้านทานลมสูง การทำงานของพัดลมอากาศจะไหลเข้าชานกับแกนใบพัด และไหลออกในแนวตั้งฉากกับแกนใบพัดหรือในแนวรัศมี โครงสร้างจะประกอบด้วย ชุดใบพัด ซึ่งประกอบด้วยแผ่นใบเล็กๆ ลักษณะเป็นวงล้อ ความดันของอากาศจะถูกทำให้มีค่าสูงขึ้นภายในตัวเรือนของพัดลม สามารถเพิ่มให้สูงขึ้นได้ด้วย การเพิ่มความยาวของใบพัดจะทำให้

ให้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางภายในระบบมากยิ่งขึ้นนั่นเอง มีเสียงค่อนข้างเงียบและมีหลายประเภท ดังนี้

- พัดลมแบบใบพัดรัศมีตรง (Straight Blade or Radial Fan)

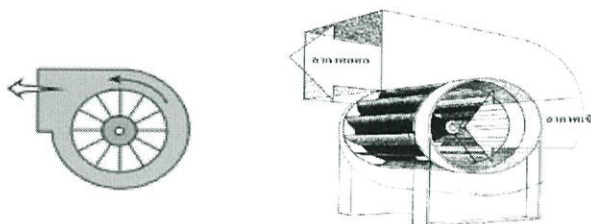
พัดลมแบบใบพัดรัศมีตรงมีเพลขนาดโต มีจำนวนซี่ใบพัด 5 – 20 ซี่ ลักษณะการสร้างเป็นใบล้อมหุ้มด้วยความเร็วรอบต่ำ และใบพัดจะอยู่ในแนวตั้งฉากกับเพลใบพัดหุ้มด้วยความเร็วรอบอย่างต่ำประมาณ 500 – 3,000 รอบต่อนาที จึงเหมาะกับงานที่ต้องการปริมาตรของอากาศที่ถูกขับเคลื่อนจำนวนน้อยๆ ที่มีค่าความกดดันของอากาศสูงๆ เช่น ใช้เป็นพัดลมระบายอากาศเสียออกไปสู่ภายนอก เหมาะกับอากาศสกปรกหรืองานที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุ ซึ่งไหลผ่านตัวพัดลมมีโครงสร้างง่าย แข็งแรง แต่ประสิทธิภาพการใช้งานต่ำ

- พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า (Forward Curved Blade Fan)

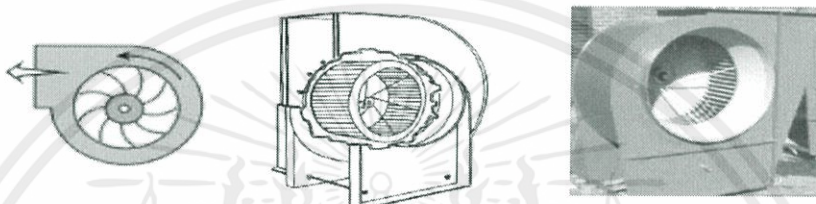
พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า มีลักษณะใบพัดโค้งไปข้างหน้าในทิศทางเดียวกับการหมุนของชุดใบพัด จำนวนแผ่นใบพัดประมาณ 20 – 64 ใบ ชุดใบพัดมีลักษณะคล้ายกับกรงกระรอก (Squirrel Cage) พัดลมชนิดนี้จะให้ค่าความดันลม และอัตราการไหลของอากาศสูงที่สุดเหมาะสำหรับงานที่มีความเร็วลมต่ำ การเป็นพัดลมที่มีเสียงเบาที่สุด มีราคาถูก แต่ค่าใช้จ่ายในการใช้งานสูง และข้อเสียของพัดลม คือ มอเตอร์จะทำงานเกินกำลัง และมีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่เสถียร ดังนั้น จึงไม่ควรใช้กับงานหรือระบบที่มีอัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น พัดลมเซอร์ร็อคโค (Sirroco fan) หรือพัดลมแบบหลายใบ (Multi-blade fan)

- พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง (Backward Curved Blade Fan)

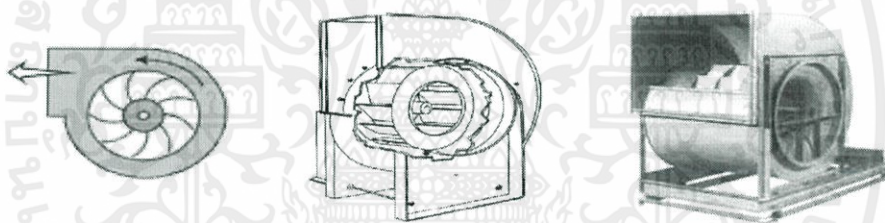
พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหลังมีลักษณะใบพัดเอียงไปข้างหลังในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของการหมุนของใบพัด จำนวนใบพัดประมาณ 10 – 50 ใบ ซึ่งใบพัดจะไม่ถี่ละเอียดเท่ากับพัดลมใบพัดโค้งไปข้างหน้า และเป็นพัดลมที่มีความเร็วรอบสูง ไม่ก่อให้เกิดเสียงดังเกินควร ไม่มีลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลัง และไม่มีช่วงการทำงานที่ไม่เสถียรจึงเหมาะที่จะใช้งานระบายอากาศและอากาศที่ใช้ต้องสะอาด ด้วยเนื่องจากสามารถที่จะควบคุมความกดดัน และปริมาณลมได้ง่ายพัดลมชนิดนี้จะมีราคาสูงกว่าชนิดอื่นๆ เมื่อเทียบกับขนาดที่เท่ากัน เช่น พัดลมภาระจำกัด (Limit - Load fan) เหมาะสำหรับใช้ในอุปกรณ์ปรับอากาศที่ต้องการความดันสถิตต่ำ และพัดลมแบบใบพัดเครื่องบิน (Aerofoil fan) เป็นชนิดที่มีใบคล้ายปีกเครื่องบิน เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความเร็วลมสูงมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล และกำลังค่อนข้างมากเป็นพัดลมที่มีประสิทธิภาพสูง แต่มีราคาค่อนข้างแพง



ก. พัดลมแบบใบพัดรัศมีตรง (Straight Blade or Radial Fan)



ข. พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า (Forward Curved Blade Fan)



ค. พัดลมแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง (Backward Curved Blade Fan)

รูปที่ 2.13 รูปแบบพัดลมแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Flow Fan)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.2 พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial flow fan)

พัดลมแบบนี้อากาศจะไหลขนานกับแกนของใบพัด และตั้งฉากกับระนาบการหมุนของใบพัด ชุดใบพัดติดตั้งบนแกนเพลลาขับของมอเตอร์ ทำให้มอเตอร์สามารถระบายความร้อนออกไปกับอากาศ พัดลมชนิดนี้มีราคาถูกเสียงดัง เมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมแบบหมุนเหวี่ยง และมีช่วงการทำงานที่ไม่เสถียร จึงเหมาะกับการระบายอากาศและงานที่มีความต้านทานลมต่ำ ส่วนมากมีขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายง่าย แบ่งประเภทได้ดังนี้

- พัดลมแบบใบพัด (Propeller fan)

พัดลมชนิดนี้เป็นพัดลมที่การไหลของอากาศเป็นแบบไม่มีท่อลม ความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของอากาศน้อย นิยมใช้เป็นพัดลมถ่ายเทอากาศ พัดลมระบายก๊าซเสีย พัดลมระบายความร้อน มีเสียงค่อนข้างดัง

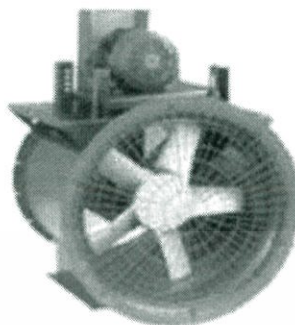
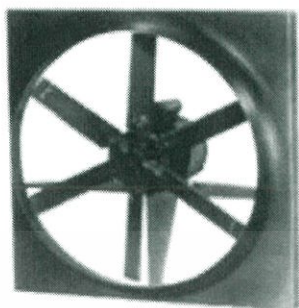
- พัดลมไหลตามแกนแบบมีท่อครอบ (Tube axial fan)

พัดลมชนิดนี้เป็นพัดลมที่มีการไหลของอากาศตามแนวแกนจากด้านหลังไปด้านหน้า แต่ชุดใบพัดจะอยู่ภายในท่อ พัดลมชนิดนี้จะให้ความดันสถิตและอัตราการไหลของลมสูงกว่าแบบใบพัด นิยมใช้เป็นพัดลมส่งหรือจ่ายอากาศให้ไหลวนของห้องเย็น มีเสียงค่อนข้างดัง

- พัดลมไหลตามแนวแกนแบบครีป (Vane axial fan)

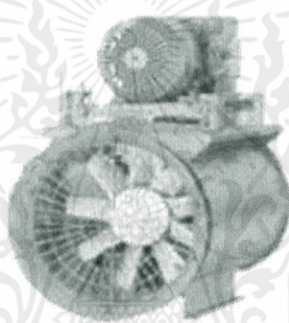
พัดลมชนิดนี้จะมีแผ่นครีปเพื่อใช้ในการบังคับการไหลของอากาศติดตั้งภายในตัวเรือนของพัดลม บริเวณท่อทางออกด้านหลังชุดใบพัด เพื่อช่วยให้การไหลของอากาศเป็นเส้นตรงมากที่สุด ซึ่งจะป้องกันความปั่นป่วนของอากาศและลดการสูญเสียพลังงาน เนื่องจากความปั่นป่วนของการไหลของอากาศ ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งาน และราคาสูงกว่าพัดลมชนิด Tube Axial Fans

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. พัดลมแบบใบพัด (Propeller fan)

ข. พัดลมไหลตามแกนแบบมีท่อครอบ (Tube axial fan)









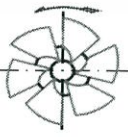
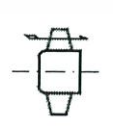
ค. พัดลมไหลตามแนวแกนแบบครีป (Vane axial fan)

รูปที่ 2.14 รูปแบบพัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial flow fan)

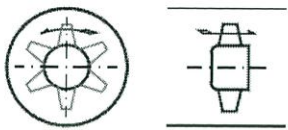
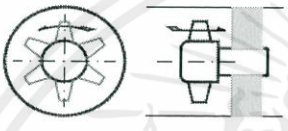
(ที่มา: United Nations Environment Programme, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

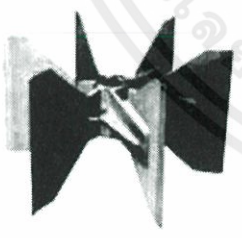
ตารางที่ 2.6 คุณลักษณะและการทำงานของพัดลมชนิดต่างๆ

ชนิด	รูปร่างของใบพัด		ประสิทธิภาพรวม (%)	ปริมาตรอากาศ (m ³ /min)	ความดัน (mmAq)	ความเหมาะสมในการใช้งาน
	ทิศทางการหมุน	ทิศทางอากาศไหล				
พัดลมแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Flow Fan)						
พัดลมหลายใบ			45-60	10-2000	10-125	การปรับอากาศ การระบายอากาศ งานอุตสาหกรรม
พัดลมใบพัดเครื่องบิน			โบลว์เออร์ 50-65	โบลว์เออร์ 20-3,200	โบลว์เออร์ 10-150	ท่อลม ความเร็วสูง งานอุตสาหกรรม
			70-80	60-300	125-250	การปรับอากาศขนาดกลางและใหญ่
พัดลมใบพัดรัศมีตรง			40-50	3-20	1-8	งานอุตสาหกรรม
พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial flow fan)						
พัดลมแบบใบพัด			40-50	10-50	1-6	พัดลมระบายอากาศ หอฝึ่งเย็น งานอุตสาหกรรม

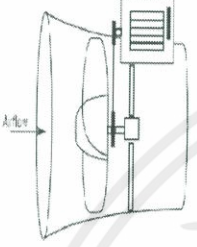
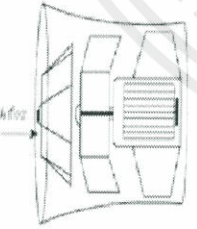
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในสื่ออื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>พัดลม แบบมีท่อ ครอบ</p> 	<p>50-60</p> <p>15-1,000</p> <p>1-55</p>	<p>ระบายอากาศ เฉพาะที่ ห้องเย็น ขนาดใหญ่ งาน อุตสาหกรรม</p>
<p>พัดลม แบบกรีบ</p> 	<p>50-75</p> <p>15-1,000</p> <p>1-55</p>	<p>การปรับ อากาศ การระบาย อากาศ งาน อุตสาหกรรม</p>

ตารางที่ 2.7 แนวทางการเลือกใช้พัดลมประเภทต่างๆ

ประเภทของพัดลม และใบพัด	ข้อดี	ข้อเสีย
<p>พัดลมใบพัดตรงตามแนว รัศมี</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • เหมาะสำหรับการใช้งานในแรงดัน สถิตสูงและอุณหภูมิสูง • มีการออกแบบที่ง่ายติดตั้งอุปกรณ์ เพิ่มเพื่อการใช้งานพิเศษต่างๆได้ • สามารถทำงานเมื่อมีการไหลของ อากาศน้อยๆได้โดยไม่มีปัญหา เกี่ยวกับการสั่นสะเทือนมีความ ทนทานสูง • มีประสิทธิภาพสูง • มีระยะห่างของการหมุนมากเป็น ประโยชน์ต่อการควบคุมจัดการวัตถุ แข็งที่มีอยู่ในอากาศ (ฝุ่นเศษไม้และ เศษโลหะ) 	<ul style="list-style-type: none"> • เหมาะสำหรับการทำงานที่มี อัตราการไหลของอากาศปาน กลาง

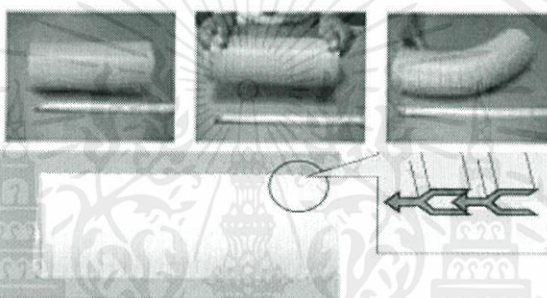
<p>พัดลมใบพัดแบบโค้งหน้า</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ให้อัตราการไหลของอากาศในปริมาณมากได้โดยใช้แรงดันค่อนข้างต่ำ เหมาะสำหรับการใช้งานที่สะอาด มีขนาดค่อนข้างเล็ก มีเสียงดังน้อย (เนื่องจากมีความเร็วต่ำ) และเหมาะสำหรับการระบายอากาศและการปรับอากาศ (HVAC) 	<ul style="list-style-type: none"> ไม่เหมาะกับการใช้งานที่มีแรงดันสูง ยากที่จะปรับปริมาณการทำงานได้อย่างถูกต้อง ต้องเลือกตัวขับอย่างเหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้มอเตอร์ต้องทำงานหนักเกินไป มีประสิทธิภาพด้านพลังงานต่ำ
<p>พัดลมใบพัดแบบโค้งกลับหลัง</p> 	<ul style="list-style-type: none"> สามารถทำงานโดยมีแรงดันสถิตเปลี่ยนแปลงได้ เหมาะสมกับระบบที่ไม่แน่ว่าจะมีการไหลที่มากหรือไม่ เหมาะกับการใช้งานที่มีกระแสลมบังคับ ใบพัดแบนมีความแข็งแรงมากกว่า ใบพัดโค้งมีประสิทธิภาพสูง พัดลมที่มีใบพัดแบบพวยที่บางจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด 	<ul style="list-style-type: none"> ไม่เหมาะกับการทำงานกับกระแสอากาศที่สกปรก (เนื่องจากรูปร่างของพัดลมจะทำให้เกิดการสะสมตัวของฝุ่น) ใบพัดแบบพวยจะมีความมันคงน้อยกว่าเพราะว่าจะเกิดการพวยมากเมื่อเกิดแรงยกโดยใบพัดแต่ละใบ ใบพัดแบบพวยที่จะเกิดการกัดกร่อนได้
<p>ใบพัดแบบธรรมดา</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ให้อัตราการไหลของอากาศได้มากโดยใช้แรงดันต่ำ ไม่รวมตัวกับโครงข่ายท่อที่หนาแน่น (เพราะมีแรงดันเพียงเล็กน้อย) มีราคาไม่แพงเพราะมีกระบวนการผลิตที่ง่าย มีประสิทธิภาพสูงสุดแทบจะไม่ต้องเสียอะไรในการนำส่งและมักถูกนำมาใช้ในการระบายอากาศจากบน 	<ul style="list-style-type: none"> มีประสิทธิภาพด้านพลังงานค่อนข้างต่ำ มีเสียงค่อนข้างดัง

	<p>หลังคา</p> <ul style="list-style-type: none"> • สามารถสร้างการไหลย้อนกลับได้ซึ่งจะมีประโยชน์ในการใช้งานด้านระบายอากาศ 	
<p>ใบพัดแบบไหลตามแนวแกน</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • มีแรงดันสูงและมีประสิทธิภาพมากกว่าพัดลมแบบใบพัดธรรมดา • เหมาะกับการใช้งานที่มีแรงดันปานกลางมีอัตราการไหลของอากาศสูง เช่นการติดตั้งท่อลม • สามารถเร่งอัตราการความเร็วได้อย่างรวดเร็ว (เพราะว่ามีมวลในการหมุนน้อย) และสร้างการไหลย้อนกลับได้ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการระบายอากาศ • สามารถสร้างแรงดันได้เพียงพอที่จะเอาชนะการสูญเสียภายในท่อได้และค่อนข้างมีประสิทธิภาพด้านพื้นที่ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการระบายไอเสีย 	<ul style="list-style-type: none"> • ราคาค่อนข้างแพง • มีเสียงดังปานกลางมีประสิทธิภาพด้านพลังงานค่อนข้างต่ำ
<p>ใบพัดแบบมีท่อครอบและครีบนำ</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • เหมาะสำหรับการใช้งานที่มีแรงดันปานกลางถึงแรงดันสูงเช่นกระแสมเหี่ยวน้ำสำหรับการระบายไอเสียในหม้อไอน้ำ • สามารถเพิ่มอัตราการความเร็วได้อย่างรวดเร็วและสร้างการไหลย้อนกลับได้ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการระบายอากาศ • เหมาะสำหรับการเชื่อมต่อกับเพลามอเตอร์โดยตรง • มีประสิทธิภาพด้านพลังงานมากที่สุด 	<ul style="list-style-type: none"> • มีราคาค่อนข้างแพงเมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมแบบใบพัดธรรมดา

2.6.3 ชนิดท่อลำเลียงควีน

ท่อเฟล็กซ์ (Flexible duct hose) (บริษัท ซาปิเะ เอ็นจิเนียริง จำกัด, 2555) สำหรับต่อกับพัดลม ท่อส่งลมต่อระหว่างเครื่องจักรกับท่อลดการสั่นสะเทือน ซึ่งทำให้มีผลต่อน๊อตสกรูอาจคลายตัว หลุดร่วงชำรุดเสียหายได้ แบ่งออกได้หลายชนิดดังนี้

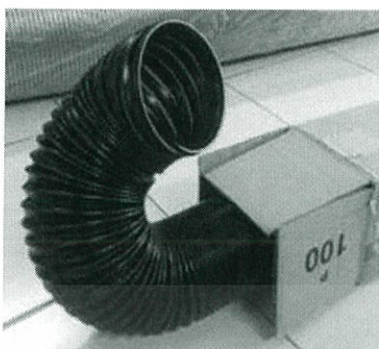
- ท่อเฟล็กซ์แบบกระดุกงเป็นท่อเฟล็กซ์ที่สามารถดัดโค้งอยู่ตัวไม่คืนรูป สามารถยืดหยุ่นได้ 30 – 50% และขยายหรือลดขนาดได้ 15% แข็งแรงทนทาน ไม่ติดไฟเหมาะสำหรับใช้ส่ง และรับลมเย็นตามจุด (Spot air condition) หรือเป็นท่อดูดฝุ่น ทนอุณหภูมิ 20 ถึง 60 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.15 ท่อเฟล็กซ์แบบกระดุกง

- ท่อเฟล็กซ์แบบ P – Type ทนอุณหภูมิ -20 ถึง 80 องศาเซลเซียส มีสีขาวและสีน้ำตาล ท่อเฟล็กซ์แบบ P – Type ผลิตจากวัสดุกลุ่มโอเลฟิน (olefin resin) มีโครงเหล็กแข็งเคลือบด้วยโพลีโพรพิลีน เป็นท่อที่สามารถปรับความยาวและตัดได้ตามต้องการ ทนทานความร้อนและสารเคมีได้ดี อีกทั้งน้ำหนักยังเบากว่าท่อพลาสติกทั่วไป และยังใช้ได้กับงานที่ต้องการการออกแบบที่ทันสมัย เหมาะสำหรับ งานรับและส่งลมเย็น, งานระบบปรับอากาศ, ระบบลำเลียงอากาศภายในอาคาร, ระบายกลิ่นสี และก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



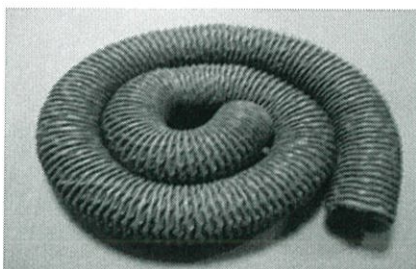
รูปที่ 2.16 ท่อเหล็กแบบ P – Type

- ท่อเหล็กส่งลมแบบผ้าใบเคลือบพีวีซี รุ่น F – 401 เป็นท่อเหล็กส่งลมแบบผ้าใบเคลือบด้วยพีวีซี ซึ่งเป็นท่อลมอ่อนที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมโดยทาร์โพลีนถูกเคลือบด้วยพีวีซีที่ความหนาตามมาตรฐาน 0.5 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างขอลวด 23 มิลลิเมตร เหมาะสำหรับใช้ในระบบระบายอากาศแบบต่างๆ ระบบลมร้อน – เย็น ระบายฝุ่นควัน ทนอุณหภูมิ -15 ถึง 70 องศาเซลเซียส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ถึง 1,000 มิลลิเมตร (40 นิ้ว) ความยาวมาตรฐาน 6 เมตรต่อเส้น, 10 เมตรต่อเส้น



รูปที่ 2.17 ท่อเหล็กส่งลมแบบผ้าใบเคลือบพีวีซี รุ่น F – 401

- ท่อเหล็กส่งลมแบบผ้าใบเคลือบพีวีซี รุ่น F – 601 ท่อลมอ่อนที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม แข็งแรงทนทาน มีคุณภาพสูง ประกอบด้วยผ้าใบเคลือบพีวีซีและเสริมโครงลวดสปริงภายในโดยไม่ใช้กาว ในกรรมวิธีการผลิต (ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส) ความหนาตามมาตรฐาน 0.5 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างขอลวด 23 มิลลิเมตร เหมาะสำหรับใช้ในระบบระบายอากาศแบบต่างๆ ระบบลมร้อน – เย็น ระบายฝุ่นควัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ถึง 1,000 มิลลิเมตร (40 นิ้ว) ความยาวมาตรฐาน 6 เมตรต่อเส้น, 10 เมตรต่อเส้น



รูปที่ 2.18 ท่อเพลิงส่งลมแบบผ้าใบเคลือบพีวีซี รุ่น F – 601

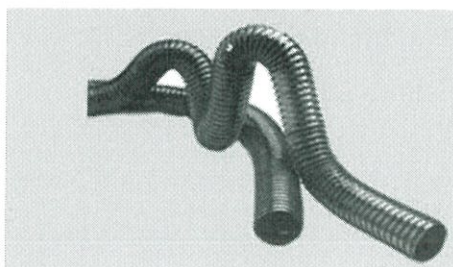
- ท่อเพลิงส่งลมแบบผ้าใบเคลือบพีวีซีชนิดไม่ลามไฟ รุ่น F – 701 ท่อลมอ่อนที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม แข็งแรงทนทานมีคุณภาพสูง ประกอบด้วยผ้าทาร์โพลีนเคลือบพีวีซี และสารกันลามไฟ โดยไม่เป็นเส้นลวด (ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส) ความหนามาตรฐาน 0.5 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างขอลวด 23 มิลลิเมตร เหมาะสำหรับใช้ในระบระบายอากาศแบบต่างๆ ระบบลมร้อน – เย็น ระบายฝุ่นควัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 75 มิลลิเมตร (3 นิ้ว) ถึง 600 มิลลิเมตร (24 นิ้ว) ความยาวมาตรฐาน 6 เมตร/เส้น, 10 เมตร/เส้น



รูปที่ 2.19 ท่อเพลิงส่งลมแบบผ้าใบเคลือบพีวีซีชนิดไม่ลามไฟ รุ่น F – 701

- ท่อดูดอากาศพีวีซีมีน้ำหนักเบา ทนแรงดันต่ำ เสริมโครงด้วยขดเกลียวต่อเนื่อง ความเรียบของผิว ลดความปั่นป่วนของอากาศใช้แพร่หลายในระบบปรับอากาศในรถยนต์ เหมาะสำหรับส่งถ่ายอากาศ ในอุตสาหกรรมต่างๆ ใช้ได้ดีในงานที่ต้องการความยืดหยุ่นสูง มีรัศมีการตัดโค้งน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 ท่อดูดอากาศพีวีซี

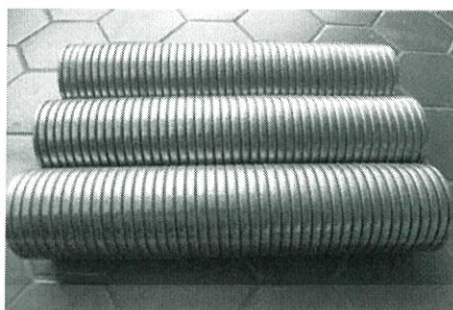
- ท่อแบบเคลือบพีวีซี รุ่น N – Type เป็นท่อเหล็กอ่อนหรือท่อเย็นแบบพลาสติก มีโครงเหล็กแข็งที่ถูกล้อมด้วยพีวีซีแข็งอีกชั้นหนึ่ง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงทนทาน ตัวท่อทำจากพีวีซีอ่อน ช่วยในการยืดหยุ่นได้ดี เหมาะสำหรับงานดักเก็บ หรือสเปร์ย์ผงแป้ง หรือวัสดุที่มีอนุภาคขนาดเล็ก งานส่งอากาศ และก๊าซเสีย รวมไปถึงงานในอุตสาหกรรมไม้ที่มีการดูดฝุ่นปนเศษไม้



รูปที่ 2.21 ท่อแบบเคลือบพีวีซี รุ่น N – Type

- ท่อเหล็กสแตนเลสแบบแข็ง ผลิตจากสแตนเลส 304 มีความแข็งแรงสูงทนอุณหภูมิได้ -40 ถึง 450 องศาเซลเซียส สามารถโค้งงอได้ มีความแข็งแรงทนทาน และรับแรงสั่นสะเทือนได้ดี เหมาะสำหรับท่อระบายอากาศความร้อน ไอเสียรถยนต์ ท่อดูดฝุ่นควัน ไอน้ำ ไอตะกั่ว ท่อลำเลียงวัสดุสำหรับไซโล งานที่มีการสั่นสะเทือนตลอดเวลา มีลักษณะเป็นการขึ้นลอนจากท่อเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีรอยต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

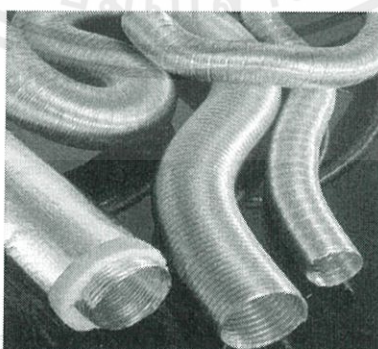


รูปที่ 2.22 ท่อเฟล็กซ์สแตนเลสแบบแข็ง

- ท่อเฟล็กซ์โลหะ เป็นท่อลมที่สามารถตัดโค้งงอได้ มีความแข็งแรง และรับแรงสั่นสะเทือนได้ดี มีขนาดตั้งแต่ ½ นิ้ว ถึง 12 นิ้ว เหมาะสำหรับระบบระบายอากาศท่อดูดความร้อน คว้น ไอเสีย งานไฮโล ท่อลำเลียงเศษวัสดุทนความร้อนได้ดี ถ้าเป็นสังกะสี ช่วงอุณหภูมิ -40 ถึง 250 องศาเซลเซียส สแตนเลส ช่วงอุณหภูมิ -40 ถึง 450 องศาเซลเซียส

- ท่อเฟล็กซ์อะลูมิเนียม เป็นท่อระบายอากาศเอนกประสงค์ ผลิตจากอะลูมิเนียมอย่างดี มีลักษณะเป็นลูกฟูก และต่อตะเข็บล็อกเป็นเกลียวแบบตะเข็บคู่คล้ายฟันเฟือง ยืดหยุ่นได้ดี ทนอุณหภูมิสูง ติดตั้งง่าย

- ท่อเฟล็กซ์อะลูมิเนียมแบบแข็ง เป็นท่อเฟล็กซ์ระบายอากาศเอนกประสงค์ ผลิตจากอะลูมิเนียมอย่างดี มีลักษณะเป็นลูกฟูก และต่อตะเข็บล็อกเป็นเกลียวแบบตะเข็บคู่คล้ายฟันเฟือง สามารถยืดหยุ่นได้ดี ตัดโค้งงอได้ตามต้องการ ทนอุณหภูมิ -75 ถึง 250 องศาเซลเซียส ง่ายต่อการติดตั้ง เหมาะสำหรับส่งลมและระบบระบายอากาศแบบต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมระบบระบายคว้น ระบายความร้อน ท่อดูดคว้นฝุ่น ไอน้ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ถึง 12 นิ้ว



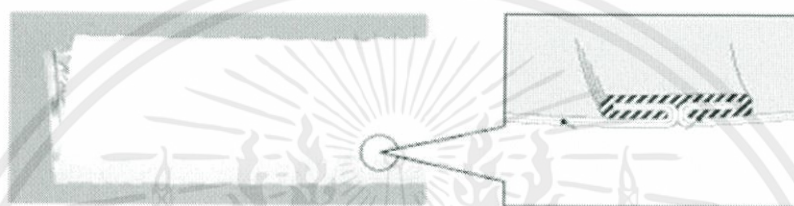
รูปที่ 2.23 ท่อเฟล็กซ์อะลูมิเนียมแบบแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกา... ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ท่อลมอะลูมิเนียมพลอยด์ชนิดยืดหยุ่นสูงเคลือบผิวด้านนอกด้วยโคโพลิเมอร์ สามารถทนต่อการขีดข่วนจากภายนอกได้ดี เหมาะกับงานระบบปรับอากาศ และระบายอากาศที่ต้องการความทนทานเป็นพิเศษ ติดตั้งง่ายสะดวกต่อการใช้งาน

- ท่อเฟล็กซ์ AG – Type เป็นท่อยืดหยุ่นสามารถทนความร้อนได้ สร้างจากเหล็กกล้าไร้สนิมเคลือบอะลูมิเนียมพลอยด์และผ้าใยแก้ว น้ำหนักเบา ด้านทานเปลวไฟและความร้อนดี ใช้ได้ที่อุณหภูมิต่อเนื่องถึง 180 องศาเซลเซียส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ถึง 12 นิ้ว



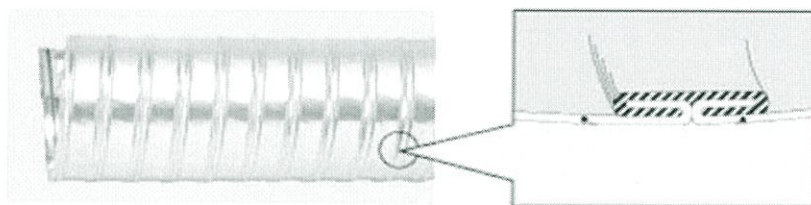
รูปที่ 2.24 ท่อเฟล็กซ์ AG – Type

- ท่อเฟล็กซ์ FP – Type เป็นท่อยืดหยุ่นสามารถทนความร้อนได้ สร้างจากผ้าใยแก้ว และสแตนเลส 304 ด้านทานเปลวไฟและความร้อนดีกว่าท่อ AP – Type ใช้ได้ที่อุณหภูมิต่อเนื่องถึง 250 องศาเซลเซียส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ถึง 12 นิ้ว



รูปที่ 2.25 ท่อเฟล็กซ์ FP – Type

- ท่อเฟล็กซ์ SUS – Type เป็นท่อยืดหยุ่นสามารถทนความร้อนได้ ดัดได้ง่าย ผลิตจากสแตนเลส 304 ด้านทานเปลวไฟ และความร้อนดีกว่า AP – Type และ FP – Type ใช้ได้ที่อุณหภูมิต่อเนื่องถึง 400 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับระบบลมของเครื่องมือปลดดมลภาวะ ระบบเคมี และระบบเผาไหม้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ถึง 12 นิ้ว



รูปที่ 2.26 ท่อเฟล็กซ์ SUS – Type

- ท่อเฟล็กซ์ยาง GL – Hose มีน้ำหนักเบา ยืดหยุ่นดี เหมาะสำหรับใช้ต่อท่อน้ำดีและน้ำทิ้งต่อท่อดูดฝุ่น



รูปที่ 2.27 ท่อเฟล็กซ์ยาง GL – Hose

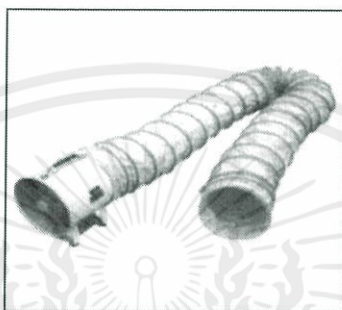
- ท่อเฟล็กซ์อ่อนโพลียูรีเทนไส้ทองเหลือง ผลิตจากโพลีเอสเตอร์ – โพลียูรีเทน ทนอุณหภูมิ - 40 ถึง 100 องศาเซลเซียส เป็นท่อโปร่งแสง มองเห็นข้างในได้ มีความยืดหยุ่นสูง น้ำหนักเบาใช้ดูดอากาศ ฝุ่นละออง น้ำมันและควันที่ใช้กับรถยนต์ เหมาะกับอุตสาหกรรมยาและอาหาร โครงสร้างพิเศษ ต่อต้านไฟฟ้าสถิต ต้านทานต่อน้ำและน้ำมัน



รูปที่ 2.28 ท่อเฟล็กซ์อ่อนโพลียูรีเทนไส้ทองเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับคนในหน่วยงานเท่านั้น กรุณาอย่าให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ท่ออ่อนใช้กับพัดลมถึงกลมเป็นท่อลมระบายอากาศ สำหรับงานดูด เป่า, ส่งลม มีทั้งแบบมี ห่วงสปริง (Spiral) ตะเข็บทำด้วยพลาสติกเหนียว สามารถกำหนดช่วงห่างสปริง (Pitch) ได้ตาม ต้องการให้ความยืดหยุ่นสูง ไม่หักงอ เมื่อโดนทับสามารถยืดหยุ่น และโค้งงอได้ตามต้องการ และแบบ ไม่มีห่วงสปริง (NonSpiral) สามารถต่อความยาวด้วยซีป ทนความร้อนได้ถึง 70 องศาเซลเซียส ไม่ติด ไฟ



รูปที่ 2.29 ท่ออ่อนใช้กับพัดลมถึงกลม

2.6.4 วัสดุ

2.6.4.1 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) (บริษัท แม็กซ์สตีล จำกัด, ม.ป.ป)

เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) คือเหล็กกล้าผสมพิเศษ (Special Alloy Steel) ถูก พัฒนาให้มีความทนทานต่อการกัดกร่อน โดยมีการเพิ่มธาตุโครเมียม (Chromium) ขึ้นต่ำ 11% เหล็กกล้าไร้สนิมแบ่งออกเป็น 5 ประเภท

1. Ferritic Stainless Steel (รู้จักกันในนาม Plain Chromium Steel) มีการเพิ่มธาตุโครเมียม (Chromium) ประมาณ 12 – 18% และมีปริมาณคาร์บอนต่ำมาก (Very Low Carbon)

ลักษณะเด่นของ Ferritic Stainless Steel นิยมใช้ทั่วไป คือ

- เกรด 430 ราคาถูกที่สุด
- แม่เหล็กดูดติดได้ (Magnetic)
- ไม่สามารถทำ Heat Treatment เพิ่มได้
- ทำได้เพียงการอบอ่อน (Annealing)
- เชื่อมได้ไม่ดี (Poor Weld ability)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทนต่อการกัดกร่อนปานกลาง (Moderate Corrosion Resistance)

2. Austenitic Stainless Steel (รู้จักกันในนาม "18/8" มาจากส่วนผสม Chromium 18% และ Nickel 8%) มีการเพิ่มธาตุนิกเกิล (Nickel) ทำให้เปลี่ยนโครงสร้างทางจุลภาค (Micro – structure) เรียกว่า "Austenite" ซึ่งจากปริมาณเหล็กกล้าที่ใช้ทั่วไปประมาณ 70% คือ Austenite

ลักษณะเด่นของ Austenitic Stainless Steel

- เชื่อมได้ดีเยี่ยม
- สามารถตัดและขึ้นรูปได้
- ไม่สามารถทำ Heat Treatment เพิ่มเติม
- การขึ้นรูปเย็น (Cold Work) จะทำให้เหล็กแข็งขึ้น
- มีสมรรถนะ "ดีเยี่ยม" ที่อุณหภูมิต่ำ (Low Temperature)
- มีสมรรถนะ "ดี" (Good) ที่อุณหภูมิสูง (High Temperature)
- ทนต่อการกัดกร่อนได้ดีเยี่ยม (Excellent Corrosion Resistance)
- แม่เหล็กดูดไม่ติด (Non-Magnetic) หลังการอบอ่อน (Annealing)
- สามารถทำความสะอาดได้ดี (Excellent Clean ability) ถูกตามสุขลักษณะ (Hygienic)

3. Martensitic Stainless Steel (มีปริมาณคาร์บอนสูง (High Carbon) ประมาณ 0.1 – 1.2% คล้ายกับ Ferritic Stainless Steel หรือ Plain Chromium Steel ตรงที่มีส่วนผสมของโครเมียม (Chromium) ประมาณ 12 – 18%) เป็นเหล็กสแตนเลสชนิดแรกที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อให้ใช้งานทั่วไป เช่น อุปกรณ์ตัด

ลักษณะเด่นของ Martensitic Stainless Steel

- แม่เหล็กดูดติดได้ (Magnetic)
- สามารถทำ Heat Treatment เพิ่มเติม
- ไม่สามารถ (Inability) ขึ้นรูปเย็น (Cold Work)
- เชื่อมได้ไม่ดี (Poor Weld ability)

- ทนต่อการกัดกร่อนปานกลาง (Moderate Corrosion Resistance)

4. Duplex Stainless Steel (มีโครงสร้างทางจุลภาคคล้าย ทั้ง Ferritic และ Austenitic Stainless Steel ที่มีปริมาณโครเมียมสูง (High Chromium) ระหว่าง 18 – 28%, นิกเกิล (Nickel) มีปริมาณปานกลางที่ 4.5 – 8% ซึ่งปริมาณนิกเกิล (Nickel) ที่ต่ำนี้ไม่สามารถเปลี่ยนโครงสร้างเป็น Austenitic อย่างเต็มรูปแบบ แต่พิเศษกว่าตรงที่มีการใส่โมลิบดีนัม (Molybdenum) ประมาณ 2.5 – 4%

ลักษณะเด่นของ Duplex Stainless Steel

- เชื่อมได้ดี
- สามารถขึ้นรูปได้ดี
- ทนทานต่อกรด Chloride เป็นพิเศษ
- ทนทานได้ดีต่อความเครียดจากการถูกกัดกร่อน
- มีความแข็งกว่าทั้ง Ferritic และ Austenitic Stainless Steel
- ทนต่อการกัดกร่อนได้ดีเยี่ยม (Excellent Corrosion Resistance)

5. Precipitation (Hardening Grade) Stainless Steel ที่มีค่าความแข็งแปรผัน (Precipitation Hardening) คล้ายกับ Martensitic, Semi – Austenitic หรือ Austenitic Stainless Steels ที่นำจุดเด่นของทั้ง Austenitic คือ ความทนทานต่อการกัดกร่อน และ Martensitic คือ ความสามารถในการทำ Heat Treatment เพิ่มได้มารวมไว้ด้วยกัน

ลักษณะเด่นของ Precipitation Stainless Steel

- แม่เหล็กดูดติดได้ (Magnetic)
- เชื่อมได้ดี (Good Weld ability)
- มีความแข็งสูงมาก (Very High Strength)
- ทนต่อการกัดกร่อนปานกลาง (Moderate Corrosion Resistance)

2.6.4.2 อะคริลิกพลาสติก (acrylic plastic) (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ,

เอกสารนี้²⁵⁴⁹⁾ เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์นี้สงวนไว้ของกรมพัฒนาและส่งเสริมผลิตภัณฑ์พลาสติกของกรมการช่างฝีมือแรงงานไปใช้ อะคริลิกพลาสติก (acrylic plastic) หรือพลาสติกอะคริลิก (acrylic glass) หรือเรียกย่อๆ แค่แผ่นอะคริลิก แต่ไม่ว่าจะเรียกชื่อแตกต่างกันอย่างไรก็ตามทั้งหมดก็หมายถึงพลาสติกชนิดเดียวกัน

คือ โพลีเมทิลเมทาไครเลต หรือพีเอ็มเอ็มเอ (poly (methyl methacrylate) ,PMMA) อะคริลิกพลาสติกหรือโพลีเมทิลเมทาไครเลตเป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่ง มีชื่อทางการค้าหลายชื่อด้วยกัน เช่น Plexiglas, Lucite, Perspex เป็นต้น พลาสติกชนิดนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานหลายอย่าง เช่น กระจกใสบนเครื่องบิน ป้ายโฆษณา กระจกตู้ปลา วัสดุทางการแพทย์ เป็นต้นเนื่องจากวัสดุนี้มีสมบัติโดดเด่นในเรื่องความเหนียว (toughness) ความโปร่งใส (transparent) สามารถขึ้นรูปได้ง่าย และเมื่อผนวกกับการมีความหนาแน่นต่ำ ซึ่งเป็นสมบัติประจำตัวของวัสดุประเภทพลาสติกแล้ว อะคริลิกพลาสติกจึงเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้แทนแก้วในงานหลายอย่าง

สมบัติของอะคริลิกพลาสติก:

1. มีความหนาแน่นประมาณ 1.15 – 1.19 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
2. มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 130 – 140 องศาเซลเซียส และจุดเดือดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
3. มีความทนทานต่อการกระแทก (impact strength) สูงกว่าแก้วและโพลิสไตรีน แต่ต่ำกว่าโพลีคาร์บอเนตและพลาสติกวิศวกรรมชนิดอื่น
4. อะคริลิกพลาสติกมีเนื้ออ่อนจึงเกิดรอยขีดขูดได้ง่าย
5. แสงสว่างสามารถส่องผ่านเนื้อพลาสติกได้ถึงร้อยละ 92 และมีการสะท้อนกลับที่ผิวประมาณร้อยละ 4
6. มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมดีกว่าพลาสติกชนิดอื่น เช่น โพลีคาร์บอเนต จึงนิยมใช้อะคริลิกพลาสติกกับงานกลางแจ้งด้วย
7. อะคริลิกพลาสติกไม่ทนทานต่อตัวทำละลายหลายชนิด

2.6.4.3 ไบโอบอล (Bio - Balls) (กรมทรัพยากรธรณี, 2009)

ไบโอบอลเป็นวัสดุที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นวัสดุกรองโดยเฉพาะ เช่นเดียวกับเซรามิก – รินค์ ไบโอบอลทำจากพลาสติก และมีน้ำหนักเบา โดยในปัจจุบันนี้มีรูปแบบมากมายหลายแบบ เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ กันในระบบกรอง เช่น เพิ่มรู เพิ่มช่อง รูปร่าง ลักษณะ และคุณสมบัติโดยทั่วไปแล้ว ไบโอบอลจะมีลักษณะเป็นทรงกลม เพื่อวัตถุประสงค์ในการกระจายน้ำออก เพื่อให้ผิวหน้าได้

สัมผัสกับอากาศ และดูดซับออกซิเจนในอากาศให้ได้มากที่สุด อายุการใช้งานของไบโอบอลสามารถใช้งานได้จนย่อยสลาย แตกหัก หรือเปื่อยไปเอง แต่ไม่ควรเก็บไว้ในที่โดนแสงแดด หรืออุณหภูมิสูง เพราะจะทำให้ไบโอบอลเปราะา ย่อยสลาย เปื่อยยุ่ย และแตกหักเร็วกว่าปกติ



รูปที่ 2.30 ลักษณะของไบโอบอล

2.6.4.4 ไยกรอง

ใยกรองต่างๆ ที่ใช้สำหรับระบบกรองมีหลากหลายแบบ ทั้งแบบใยแก้ว และแบบฟองน้ำ แบบกรองหยาบ และแบบกรองละเอียด ทำขึ้นจากพลาสติกไฟเบอร์ รูปร่าง ลักษณะ และคุณสมบัติของใยกรองส่วนใหญ่จะมีรูปร่างเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมแบนๆ แต่จะมีอยู่หลายลักษณะ แบ่งสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มที่เป็นฟองน้ำ และกลุ่มที่เป็นใยแก้ว ในกลุ่มที่เป็นใยแก้วนั้นก็ยังสามารถแบ่งได้อีกหลายแบบ แบ่งเป็นใยกรองหยาบ ใยกรองละเอียด ส่วนสีของใยกรองมีหลากหลายสี ส่วนมากเป็นสีขาว (พบมากในใยแก้ว แบบกรองหยาบ), เขียว, น้ำเงิน และดำ (พบมากในกลุ่มของฟองน้ำ) ใยกรองเหล่านี้ถูกทำขึ้นมาด้วยวัตถุประสงค์หลัก คือ กรองฝุ่น ผง ตะกอน ในน้ำ ความละเอียดของใยกรองยิ่งมากจะยิ่งมีประสิทธิภาพในการกรองได้สูง แต่ก็มีใยกรองบางประเภท เช่น ในกลุ่มของฟองน้ำจะมีพื้นที่ว่างให้แบคทีเรียเข้าไปอยู่อาศัยได้ ซึ่งนับว่าเป็นการกรองชีวภาพด้วย



รูปที่ 2.31 ลักษณะของใยกรอง

2.6.4.5 คุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ (Young, n.d.)

การนำความร้อน คือ การส่งผ่านความร้อนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังอุณหภูมิต่ำกว่า มีวัสดุเป็นตัวกลางโดยวัตถุจะอยู่กับที่ แต่ความร้อนจะค่อยๆ แผ่กระจายไปตามเนื้อวัสดุนั้น ซึ่งคุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุแสดงดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ค่าคุณสมบัติการนำความร้อนของวัสดุ

วัสดุ	คุณสมบัติการนำความร้อน	
	(cal/sec)/(cm ² C/cm)	(W/m K)
เงิน	1.01000	406.00
ทองแดง	0.99000	385.00
ทอง	-	314.00
ทองเหลือง	-	109.00
อะลูมิเนียม	0.50000	205.00
เหล็ก	0.16300	79.50
สแตนเลส	-	50.20
แก้ว	0.00250	0.80
คอนกรีต	0.00200	0.80
ไฟเบอร์กลาส	0.00015	0.04

2.7 รูปแบบการบำบัดมลพิษทางอากาศ

เนื่องจากวิธีการควบคุมก๊าซปนเปื้อน (Method of Control Gases Contaminants) สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งหนึ่งในนั้นมีการบำบัดโดยการดูดซับรวมอยู่ด้วย จากที่กล่าวมาข้างต้นได้แบ่งวิธีการควบคุมก๊าซปนเปื้อนออกเป็น 3 วิธี คือ

1. การควบคุมแหล่งกำเนิดก๊าซ (Source Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 2. การควบคุมโดยการระบายอากาศ (Ventilation Control) จะใช้เมื่อไม่สามารถควบคุมแหล่งกำเนิดก๊าซได้ โดยการจัดระบบระบายอากาศเพื่อทำให้ก๊าซเจือจางลง

3. การควบคุมโดยการกำจัด (Removal Control) เป็นการกำจัดโดยวิธีการดูดซับทางกายภาพ (Physical Adsorption) และวิธีการดูดซับทางเคมี (Chemisorption) โดยใช้ Activated Carbons, Activated Alumina, Silica Gel หรือ Zeolites โดยเพิ่มการหมุนเวียนอากาศในอาคาร โดยผ่านระบบกรอง และปล่อยอากาศทิ้งให้น้อยลง เพื่อการประหยัดพลังงาน

การควบคุมสารมลพิษโดยวิธีการกำจัด (Removal Control) มีหลักการทั่วไปอยู่ 2 วิธีการใหญ่ๆ ดังนี้คือ

1. การดูดซับก๊าซ (Adsorption) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยอาศัยพื้นที่ผิว ดังนั้นการกำจัดก๊าซจึงขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ผิวของของแข็งที่ใช้เป็นวัสดุดูดซับก๊าซ (Adsorbent) ซึ่งจะดูดซับโดยอาศัยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล การทำให้สารดูดซับมีความพรุนมากๆ จึงเป็นการเพิ่มพื้นที่การดูดซับก๊าซให้มากขึ้นด้วย เช่น Activated carbon มีพื้นที่ผิวถึง $1,400 \text{ m}^2/\text{gm}$ จึงมักใช้เป็นตัวดูดซับก๊าซได้ดี และยังสามารถดูดซับอีกหลายตัวที่ มักนิยมใช้กัน เช่น Activated Alumina, Zeolite และ Silica Gel เป็นต้น เนื่องจากแรงยึดระหว่างสารดูดซับกับก๊าซที่ติดอยู่บนสารดูดซับนั้น ไม่แข็งแรงนัก (เราเรียกก๊าซที่ถูกแยกออกจากอากาศโดยถูกดูดติดอยู่บนสารดูดซับว่า Adsorbate) ดังนั้น ก๊าซที่ติดอยู่บนสารดูดซับอาจจะหลุดออกได้หรือมีการดูดซับ จนกระทั่งถึงภาวะอิ่มตัวหรือดูดซับก๊าซจนทั่วทุกพื้นที่ผิว ซึ่งเรียกขบวนการนี้ว่า Reversible Physical Process หรือ Desorption

2. การทำปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซ เพื่อเปลี่ยนเป็นสารตัวใหม่ที่สามารถทำลายได้ง่าย (Chemisorption) ปกติแล้วโมเลกุลของก๊าซที่มีขนาดเล็กและมี Molecular Weight > 80 หรือเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว (Non - Polar) ที่ดูดซับนั้น มีโอกาสที่จะหลุดออกมามากจึงจำเป็นต้องใช้อีกวิธีหนึ่งคือ Chemisorption ใช้สารเคมีที่มีความสามารถทำปฏิกิริยากับก๊าซแล้วได้ สารตัวใหม่ที่เสถียร สารเคมีที่ผสมในสารดูดซับ เรียกว่า Chemical Impregnate ที่เอามาผสมในสารดูดซับขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซที่จะกำจัด เช่น Sulfur Dioxide จะใช้ Activated Carbon มาผสมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide; NaOH) หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide; KOH) ปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดได้ดีเมื่ออุณหภูมิและความชื้นสูงๆ ซึ่งตรงกันข้ามกับการดูดซับทางกายภาพ (Chaimitr Engineering International, ม.ป.ป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 กระบวนการดูดซึม (Absorption) (จักรกฤษณ์, 2552)

2.7.1.1 ความหมายของกระบวนการดูดซึม

การดูดซึม (absorption) เป็นกระบวนการถ่ายโอนมวลสารที่เป็นก๊าซ (หรือไอ) ซึ่งมีความสามารถในการละลาย (soluble gas) ออกจากกระแสอากาศไปยังตัวทำละลายที่เป็นของเหลว (solvent liquid) โดยกระบวนการนี้เกิดขึ้นจากการสัมผัสกันระหว่างกระแสอากาศ และตัวทำละลายดังกล่าว การดูดซึมเป็นวิธีที่ใช้อย่างแพร่หลาย สำหรับการบำบัดก๊าซชนิดสารอินทรีย์ อัตราการดูดซึมขึ้นกับคุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซ เช่น การแพร่กระจาย อัตราการไหล ความเข้มข้น ความหนาแน่น และสถานะของตัวทำละลาย เช่น อุณหภูมิ อัตราการไหลของของเหลว เป็นต้น

การดูดซึมเกิดขึ้นได้ทั้งทางกายภาพและทางเคมี การดูดซึมทางกายภาพเกิดขึ้นเมื่อก๊าซที่ถูกดูดซึมละลายอยู่ในตัวทำละลายโดยไม่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น ถ้าก๊าซที่ปนเปื้อนในกระแสอากาศนั้นละลายในตัวทำละลายได้ดี การบำบัดด้วยวิธีการดูดซึมจะมีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นสำหรับก๊าซปนเปื้อนที่ละลายไม่ดีในตัวทำละลาย บางครั้งอาจต้องมีการเติมสารเคมีเข้าไป เพื่อเพิ่มความสามารถในการละลายของก๊าซที่ปนเปื้อนนั่น เช่น การเติมสารโซเดียมซิติเตตในการดูดซึมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น การเลือกตัวทำละลายที่ใช้ในการดูดซึมควรพิจารณาถึงประสิทธิภาพที่ต้องการและราคาของสารเคมี ตัวทำละลายที่ดี ควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

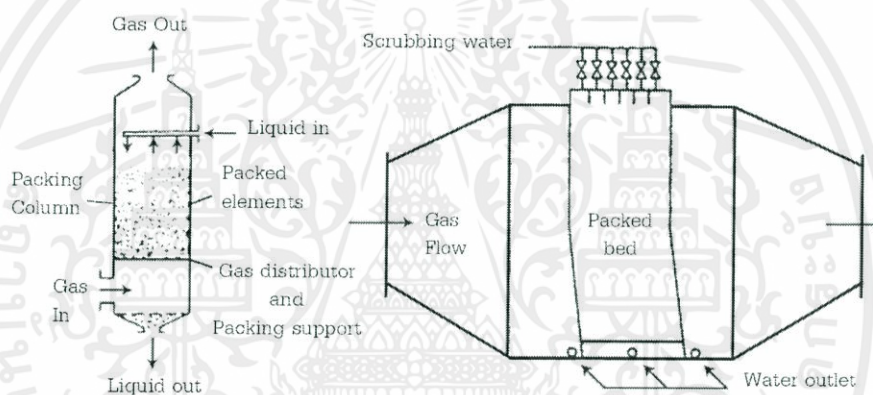
1. สามารถละลายก๊าซที่ต้องการกำจัดออกจากกระแสอากาศได้ดี
2. ควรมีอัตราการระเหยต่ำ เพื่อลดการสูญเสียตัวทำละลาย
3. ควรเป็นสารที่ไม่กัดกร่อน เพื่อช่วยลดค่าบำรุงรักษาเครื่องมือ
4. ควรมีราคาไม่แพงและหาง่าย
5. ควรมีความหนืดต่ำ เพื่อเพิ่มการดูดซึมและลดการเกิดทวนขังของตัวทำละลายในอุปกรณ์
6. ควรเป็นสารที่ไม่เป็นพิษไม่ติดไฟและมีจุดเยือกแข็งต่ำ

2.7.1.2 ประเภทของอุปกรณ์การดูดซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้ภายในมหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น - แพคทาวเออร์ (packed tower) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลสารได้ดีมากจึงทำให้แพคทาวเออร์มีขนาดเล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ชนิดอื่นๆ ที่ใช้สำหรับบำบัดมลพิษทาง

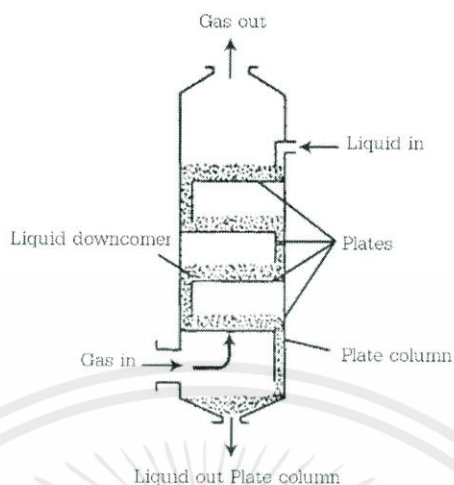
อากาศจากแหล่งเดียวกัน แพคทาวเออร์ที่นิยมใช้มี 2 แบบ ได้แก่ แบบไหลสวนทาง (countercurrent) และแบบไหลผ่าน (cross - flow) มีการบรรจุวัสดุในแพคคอลัมน์ (packed column) หรือแพคเบด (packed bed) เพื่อใช้เป็นตัวกลางสำหรับเพิ่มพื้นที่ผิวของการสัมผัสระหว่างก๊าซกับของเหลวได้มากขึ้น วัสดุดังกล่าวต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีและราคาไม่สูงจนเกิน แพคทาวเออร์ชนิดไหลสวนทางจะทำให้เกิดแรงผลักดัน และการถ่ายโอนมวลสารได้ดีมาก และเหมาะที่จะใช้สำหรับบำบัดก๊าซมลพิษที่ไม่มีอนุภาคปะปนอยู่ในกระแสอากาศเสีย เพราะถ้ามีอนุภาคปะปนอยู่จะทำให้เกิดการอุดตันได้ง่ายหากมีอนุภาคอยู่ในกระแสอากาศ ควรจะใช้ชนิดไหลไปในทางเดียวกัน (concurrent) คือ ปล่อยให้กระแสอากาศกับของเหลวไหลลงมาพร้อมๆ กัน เพื่อลดการอุดตันถ้าต้องการลดการอุดตันให้มากยิ่งขึ้นก็ควรใช้ชนิดไหลผ่าน



รูปที่ 2.32 อุปกรณ์การดูดซับแบบแพคทาวเออร์

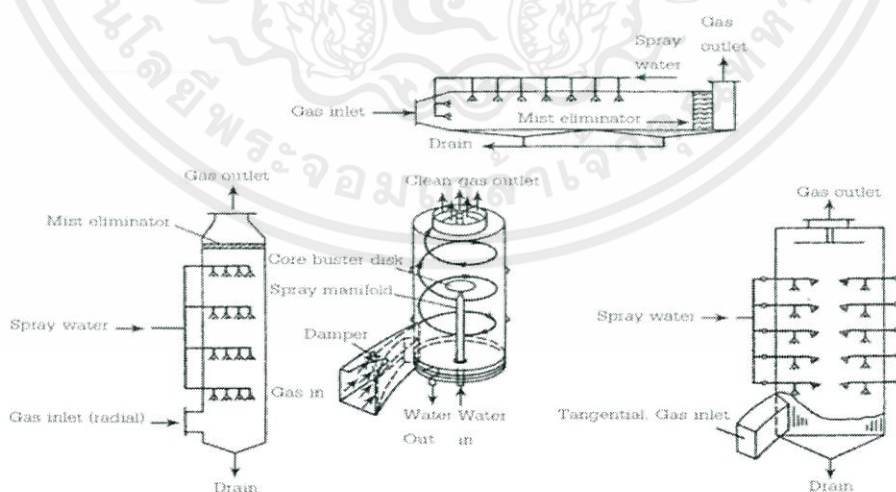
- เพลทคอลัมน์ (plate column) อุปกรณ์ชนิดนี้ใช้หลักการบังคับให้กระแสอากาศไหลย้อนขึ้นด้านบนผ่านรูเล็กๆ ของแผ่นรองรับ (plate) ไปสัมผัสกับชั้นของน้ำหรือของเหลวที่เป็นตัวทำละลาย ซึ่งไหลอยู่บนแผ่นรองรับนั้นๆ โดยสามารถปรับอัตราการไหลของกระแสอากาศได้ ชนิดของการไหลเป็นวิธีไหลสวนทางโดยให้กระแสอากาศไหลขึ้น และให้ของเหลวไหลลง โดยทั่วไปจะใช้แผ่นรองรับต่อเป็นอนุกรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบำบัดให้ได้ตามที่ต้องการ ข้อดีของอุปกรณ์ชนิดนี้คือ มีราคาถูก แต่มีข้อจำกัด คือ การปรับอัตราการไหลของกระแสอากาศ สามารถทำได้เฉพาะช่วงแคบๆ เท่านั้น ทำให้ยากต่อการเดินระบบเมื่อปริมาณก๊าซมลพิษมีการเปลี่ยนแปลงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 อุปกรณ์การดูดซึมแบบเพลทคอลัมน์

- หอสเปรย์ (spray towers) หลักการของอุปกรณ์ คือ การพ่นฝอยของเหลวลงสู่กระแสอากาศ เพื่อชะล้างสารมลพิษที่ต้องการบำบัดออกจากกระแสอากาศไปสู่ของเหลว ข้อดีของอุปกรณ์ชนิดนี้ คือ แม้วางจะมีอนุภาคปะปนอยู่ในกระแสอากาศก็ จะไม่เกิดการอุดตัน แต่ถ้ามีการนำของเหลวกลับมาใช้ใหม่โดยไม่ได้กำจัดอนุภาคออกเสียก่อนก็จะทำให้เกิดการอุดตันที่หัวพ่นของเหลว (nozzle) ได้โดยง่าย อุปกรณ์ประเภทนี้มีหลายชนิดมีทั้งชนิดที่ใช้มากในการควบคุมก๊าซที่มีอนุภาคปะปนอยู่ด้วย หรือชนิดที่ใช้หลักการของไซโคลน ซึ่งใช้สำหรับบำบัดอนุภาคและมีประสิทธิภาพสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้รูปที่ 2.34 อุปกรณ์การดูดซึมแบบหอสเปรย์ สารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.3 ชนิดของสารดูดซึม (ไบรท์-ไบโอติก, 2555)

น้ำเป็นสารเคมีที่เขียนสูตรเคมีได้ว่า (H_2O) ของเหลวที่ไม่มีรสและไม่มีกลิ่น ที่อุณหภูมิและความดันปกติ ตามธรรมชาติเป็นสีโทนน้ำเงินอ่อนๆ น้ำเป็นโมเลกุลมีขั้วเพราะว่าออกซิเจนมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงกว่าไฮโดรเจน ปฏิกริยาระหว่างขั้วของแต่ละโมเลกุลเป็นเหตุให้เกิดแรงดึงดูดที่เชื่อมโยงกับมวลรวมของน้ำของความตึงผิว น้ำจึงมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดี สามารถละลายสารได้หลายชนิด สารที่ละลายกับน้ำได้ดี เช่น เกลือ น้ำตาล กรด ต่าง และก๊าซบางชนิดโดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และยังมีคุณสมบัติเป็นขั้วแม่เหล็ก จึงมีคุณสมบัติการยึดติดสูง

2.7.2 กระบวนการดูดซับ (Adsorption)

2.7.2.1 ความหมายของกระบวนการดูดซับ

การดูดซับ (adsorption) เป็นกระบวนการที่โมเลกุลของก๊าซมลพิษถูกดูดออกจากอากาศเสียไปจับกับผิวด้านในของวัตถุของแข็งที่ใช้เป็นตัวดูดซับ โมเลกุลของก๊าซที่ถูกดูดซับ เรียกว่า สารถูกดูดซับ (adsorbate) และของแข็งที่ใช้ดูดซับก๊าซ เรียกว่า สารดูดซับ (adsorbent) จะเป็นก้อนของแข็งที่มีลักษณะรูพรุน นอกจากนี้จะต้องทำการไล่สารที่ถูกดูดซับไว้ออกจากสารดูดซับ เพื่อให้ผิวของสารดูดซับมีพื้นที่ว่างสำหรับการดูดซับใหม่อีกครั้ง ซึ่งเรียกกระบวนการไล่สารถูกดูดซับนี้ว่าการฟื้นฟูสภาพ (regeneration)

การดูดซับทางกายภาพเกิดขึ้นได้เนื่องจากผล 3 ประการ คือ ผลของการจัดเรียงตัว (orientation effect) ผลของการแพร่กระจาย (dispersion effect) และผลของการเหนี่ยวนำ (induction effect) สำหรับโมเลกุลที่มีขั้วการดึงดูดกันและกัน เกิดขึ้นได้เนื่องจากผลของการจัดเรียงตัวของโมเลกุลที่มีขั้ว 2 โมเลกุล การดูดซับของโมเลกุลของก๊าซที่ไม่มีขั้วเกิดขึ้นได้โดยผลของการแพร่กระจาย เมื่อโมเลกุลของสารที่ไม่มีขั้ว 2 ชนิดเข้าใกล้กัน การดูดซับระหว่างโมเลกุลของก๊าซที่มีขั้วกับโมเลกุลที่ไม่มีขั้วเกิดขึ้นเนื่องจากผลของการเหนี่ยวนำโมเลกุลที่มีขั้วสามารถเหนี่ยวนำ หรือทำให้โมเลกุลที่ไม่มีขั้วเกิดมีขั้วขึ้นเมื่ออยู่ใกล้กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ การดูดซับทางเคมีเป็นผลมาจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างโมเลกุลของก๊าซกับโมเลกุลของสารดูดซับ โมเลกุลของก๊าซจะถูกยึดติดกับผิวของสารดูดซับ โดยการเกิดพันธะทางเคมี สารดูดซับที่ใช้ในกระบวนการดูดซับทางเคมี อาจเป็นสารบริสุทธิ์หรือเป็นสารเคมีที่จับเกาะอยู่บนสารเคมีเฉื่อยก็ได้

2.7.2.2 ชนิดของสารดูดซับ

สารดูดซับมีหลายชนิดที่นิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ซิลิกาเจล (silica gel) แอคติเวทเต็ดอะลูมินา (activated alumina) และซีโอไลต์ (zeolites) ลักษณะของสารดูดซับแต่ละชนิดมีดังนี้

- ซิลิกาเจล ผลิตจาก โซเดียมซิลิเกต (sodium silicate) ผิวของซิลิกาเจลเป็นประเภทที่มีขี้ผึ้งใช้ดูดซับไอน้ำ หรือความชื้นได้ดีพื้นที่ผิวของซิลิกาเจล ประมาณ 750 ตารางเมตรต่อกรัม ซิลิกาเจลจะดูดความชื้นได้ไม่ตื้นัก ถ้าหากอุณหภูมิของกระแสอากาศสูงเกินกว่า 260 องศาเซลเซียส

- แอคติเวทเต็ดอะลูมินา ผลิตโดยการเผาอะลูมิเนียม เพื่อให้กลายเป็นออกไซด์ของอะลูมิเนียม ซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ด ปกติจะไม่ใช้แอคติเวทเต็ดอะลูมินาในการกำจัดก๊าซมลพิษจากกระแสอากาศ แต่จะใช้กันมากในการดูดความชื้นจากอากาศพื้นที่ผิวของแอคติเวทเต็ดอะลูมินาค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสารดูดซับชนิดอื่นๆ คือ ประมาณ 200 – 300 ตารางเมตรต่อกรัม

- ซีโอไลต์หรือโมเลกุลาร์ซีฟส์ (molecular sieves) มีลักษณะเป็นผลึก ซึ่งแตกต่างจากสารดูดซับชนิดอื่นๆ ที่ไม่ได้เป็นผลึก ดังนั้น ซีโอไลต์จึงมีรูพรุนที่มีขนาดเท่ากันโดยตลอด ปกติจะใช้ซีโอไลต์ในการดูดซับความชื้นในกระแสอากาศ บางครั้งอาจใช้ในการดูดซับพาราฟินในกระบวนการผลิตของโรงงานกลั่นน้ำมัน

- ถ่านกัมมันต์ ผลิตจากวัตถุดิบต่างๆ ได้แก่ ไม้ถ่านกะลามะพร้าว หรือเปลือกถั่วเป็นต้น ผิวของถ่านกัมมันต์เป็นชนิดไม่มีขี้ผึ้งไม่ดูดไอน้ำที่ปะปนอยู่ในกระแสอากาศ และสามารถดูดซับสารละลายอินทรีย์กลิ่น หรือก๊าซพิษต่างๆ ได้ดี ขนาดของถ่านกัมมันต์ที่ใช้มีตั้งแต่ 4 × 6 เมสซ์ (mesh) ถึง 4 × 20 เมสซ์ ความหนาแน่น 0.08 – 0.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร พื้นที่ผิว 600 – 1,600 ตารางเมตรต่อกรัม

เนื่องจากถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) มีคุณสมบัติในการดูดซับกลิ่นและแก๊ส เริ่มเป็นที่สนใจในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 1 โดยนำเอามาทำเป็นหน้ากากป้องกันแก๊สพิษ หลังจากการสงครามสิ้นสุดลงแล้ว การค้นคว้าก็บรรลุผลสำเร็จ พบว่าถ่านที่ทำจากกะลามะพร้าวเป็นถ่านที่ใช้ในการดูดซับแก๊สได้ดี (ปรีนทร, 2551)

1. ชนิดของถ่านกัมมันต์ แบ่งออกตามเกณฑ์ต่างๆ คือ

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมิให้คัดลอกเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบ่งตามชนิดตัวกระตุ้น

- เคมี (Chemical activated carbon) มักเป็นพวกที่มีรูพรุนขนาดใหญ่
- ฟิสิกส์ (Physical activated carbon) ได้จากแก๊สออกซิไดซ์มักมีรูพรุนขนาดเล็ก

แบ่งตามขนาดรูพรุนบนผิวคาร์บอน

- ขนาดเล็ก (micropores) มีรัศมีไม่เกิน 15 nm ดูดซับแก๊สและสารระเหย
- ขนาดกลาง (transitional pores or mesopores) มีรัศมีประมาณ 15 – 100 nm
- ขนาดใหญ่ (macropores) มีรัศมีใหญ่กว่า 100 nm ใช้ในการฟอกสีและผลิตยา

แบ่งตามความหนาแน่น

- ความหนาแน่นต่ำ มักใช้ในสภาวะที่เป็นสารละลาย
- ความหนาแน่นสูง มักใช้ดูดแก๊สพิษและไอระเหย

แบ่งตามชนิดของสารที่ถูกดูดซับ

- สำหรับดูดซับแก๊ส (gas adsorbent) จะเป็นถ่านที่จากการเผาเมล็ดผลไม้
- สำหรับดูดซับสี (colour adsorbent) จะเป็นถ่านที่ได้จากการเผาชายอ้อย แกลบ ถ่านหินน้ำมัน
- สำหรับดูดซับโลหะ (metal adsorbent) จะเป็นตัวแยกพวกโลหะ

แบ่งตามรูปร่างลักษณะ

- ประเภทเป็นผง (powder)
- ประเภทเป็นเม็ด (pellet) แบ่งออกเป็น pellet activated carbon และ granular activated carbon

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวดูดซับ ได้แก่ พื้นที่ผิว ขนาดรูพรุน ส่วนประกอบ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ทางเคมี

- คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวถูกดูดซับ ได้แก่ ขนาดของโมเลกุล ประจุไฟฟ้าของโมเลกุล และส่วนประกอบทางเคมี
- ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในสารละลาย
- ลักษณะของสารละลาย เช่น ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ เป็นต้น
- ระยะเวลาในการดูดซับ

2.7.3 การกรองทางชีวภาพ (Bio Filtration) (นพภาพร และคณะ, 2547)

การกรองทางชีวภาพเป็นการบำบัดสารมลพิษที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งหลักการบำบัดสารมลพิษของระบบนี้อาศัยการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในชั้นสารตัวกรอง ได้มีการนำระบบการกรองแบบชีวภาพมาใช้ในการกำจัดกลิ่น สารมลพิษที่เป็นอันตราย สารอินทรีย์ระเหยง่าย สารประเภทไฮโดรคาร์บอนรวมทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์อื่นๆ ในการบำบัดนั้นไอของสารมลพิษจะเข้าสู่ระบบโดยใช้ตัวกรองชีวภาพ ซึ่งไอของสารมลพิษนั้นจะต้องมีการปรับสภาพก่อน เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้น หรือฝุ่นละอองให้มีค่าที่เหมาะสมก่อนนำเข้าสู่ระบบการกรอง โดยตัวกรองชีวภาพจะประกอบด้วยตัวกลางที่รูพรุน ซึ่งเป็นวัสดุที่เป็นสารอินทรีย์ซึ่งใช้เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ ได้แก่ ดิน เปลือกไม้ กากตะกอนน้ำเสีย ขยะอินทรีย์ เป็นต้น โดยทั่วไปความหนาของตัวกลางกรองจะน้อยกว่า 1 เมตร เมื่อผ่านอากาศที่มีสารปนเปื้อนเข้าไปบำบัดซึ่งผ่านตัวกรองที่มีสารจุลินทรีย์อาศัยอยู่ จุลินทรีย์เหล่านั้นจะทำหน้าที่ย่อยสารมลพิษที่ปนเปื้อนให้กลายเป็นสารประกอบที่มีขนาดเล็ก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และชีวมวล

ระบบบำบัดแบบการกรองแบบชีวภาพ สามารถใช้บำบัดสารมลพิษได้ดังนี้

1. สารประเภท Aliphatic Hydrocarbon ได้แก่ เฮกเซน
2. สารประเภท Aromatic Hydrocarbon ได้แก่ เบนซีนโทลูอิน
3. สารประกอบที่มีออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ก่อนเพื่อตรวจสอบเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กลุ่ม Alcohol เช่น เมทานอล, เอทานอล
- กลุ่ม Aldehyde เช่น พอร์มาลดีไฮด์

- กลุ่ม Ketones เช่น อะซีโตน
- กลุ่ม Caborine Acid, Butyric acid
- กลุ่ม Phenol

4. สารประกอบที่มีซัลเฟอร์ ได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์

5. สารประกอบที่มีไนโตรเจน ได้แก่ แอมโมเนีย, เอไมด์

2.7.4 กระบวนการเผาทำลาย (Incineration)

เตาเผาเป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษชนิดหนึ่ง ซึ่งมีหลักการทำงานโดยการให้ความร้อนแก่ก๊าซมลพิษ จนกระทั่งอุณหภูมิของก๊าซจากของเสียมีค่าสูงขึ้นจนเพียงพอที่จะสามารถทำลายมลพิษได้ ประสิทธิภาพการทำงานของระบบการเผาไหม้ขึ้นกับอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเผาไหม้ ในปัจจุบันนิยมใช้เตาเผากันอย่างแพร่หลายในการควบคุมสารมลพิษ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ เตาเผาชนิดใช้ความร้อนโดยตรง (Thermal incinerator) และเตาเผาชนิดใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมด้วย (Catalytic incinerator) เป็นเตาเผาที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า เตาเผาชนิดใช้ความร้อนโดยตรง ใช้เชื้อเพลิงในปริมาณที่น้อยกว่า เนื่องจากมีสารเร่งปฏิกิริยาบรรจุอยู่

เตาเผาชนิดใช้ความร้อนโดยตรง เป็นเตาเผาที่อาจประกอบด้วยห้องเผาเพียงหนึ่งห้องหรือมากกว่านั้น ใช้ความร้อนจากเปลวไฟผ่านเข้าไปในเตาเผา เพื่อให้เตาเผามีความร้อนสูงจนถึงระดับที่ต้องการ คืออุณหภูมิเผาไหม้และมีระยะเวลาเพียงพอที่จะทำลายสารมลพิษ โดยใช้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 650 – 800 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ค่า 0.3 – 0.5 วินาที โดยการออกแบบเตาเผาต้องพิจารณาค่าอุณหภูมิ ปริมาณก๊าซ อัตราการใช้เชื้อเพลิง และปริมาตรของห้องเผาไหม้

เตาเผาแบบมีสารเร่งปฏิกิริยา โดยทั่วไปแล้วมีลักษณะคล้ายกับการเผาไหม้แบบใช้ความร้อน แต่มีข้อแตกต่างโดยเมื่อก๊าซผ่านส่วนของการเพิ่มความร้อนแล้วจะเคลื่อนผ่านชั้นของสารเร่งปฏิกิริยา ซึ่งสารเร่งปฏิกิริยาจะช่วยให้เกิดปฏิกิริยาและทำลายสารมลพิษโดยใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าแบบใช้ความร้อน ตัวเร่งปฏิกิริยานั้นจะมีลักษณะเป็นวัสดุพูนที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกหรือทรงกลม เส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 1.5 – 12.5 มิลลิเมตร หรือลักษณะคล้ายรวงผึ้ง ริปบิน หรือตาข่าย โดยส่วนใหญ่สารเร่งปฏิกิริยามักทำมาจาก โลหะ หรือเกลือของโลหะ ได้แก่ แพลตินัมพัลลาเดียม โคบอลต์

ทองแดง โครเมียม โมลิบดีนัม โลหะจำพวกอะลูมิเนียมหรือเหล็กจะสัมผัสและทำปฏิกิริยากับ ออกซิเจนโดยตรง ทำให้เกิดชั้นของออกไซด์ที่ผิวจึงไม่เหมาะต่อการนำมาเป็นสารเร่งปฏิกิริยา

2.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ

2.8.1 การคำนวณหาปริมาณลม

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการหาปริมาณลมที่ได้จากขนาดของช่องเปิด และความเร็วที่ผ่านช่องเปิด เพื่อนำไปสู่การคำนวณหาความดันลดต่อไป

$$\text{ปริมาณการไหล (Q)} = \text{พื้นที่เปิด} \times \text{ความเร็วที่ผ่านช่องเปิด}$$

ความเร็วของช่องเปิดส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง 50 – 300 ฟุตต่อนาที ขึ้นกับกับกระบวนการผลิตนั้นๆ (เมธี, 2549)

2.8.2 การคำนวณหาความดันลด

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาอัตราการไหลและความดันลดของของไหล (วิภู และคณะ, 2543)

อัตราการไหล คือ ปริมาณของของไหลที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่งต่อหนึ่งหน่วยเวลาดังนั้น อัตราการไหลจึงมีความสัมพันธ์กับความเร็วดังนี้

$$Q = A \times V \quad (1)$$

ในกรณีที่การไหลเป็นแบบ Steady (ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา) แล้วอัตราการไหลที่มวลเข้าขอบเขตที่กำหนดจะเท่ากับอัตราการไหลที่มวลไหลออกจากขอบเขตที่กำหนด

$$m_1 = m_2 \quad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2 \quad (3)$$

สมการพลังงานจะถูกนำไปใช้กับการไหลของของไหล เมื่อของไหลเคลื่อนที่ก็จะมีพลังงานต่างๆ เกิดขึ้นด้วย เช่น พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ และพลังงานภายในที่เปลี่ยนแปลง การวิเคราะห์ปัญหาของของไหลที่เคลื่อนที่อาจทำได้โดยใช้หลักต่างๆ ดังนี้

- Principle of conservation of mass
- Principle of conservation of energy
- Principle of conservation of momentum

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + (u_2 - u_1 - Q_H) - h_m \quad (4)$$

สมการนี้สามารถใช้ได้ทั้งของเหลว ก๊าซ และไอ แต่ต้องเป็นการไหลแบบคงตัว

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_L \quad (5)$$

$$P_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} + \gamma Z_1 = P_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} + \gamma Z_2 + \gamma h_L \quad (6)$$

ค่าการสูญเสียหลักและการสูญเสียรองสำหรับการไหลในท่อ

- การสูญเสียหลัก (Major loss)

สมการของ Darcy – Weisbach ใช้สำหรับคำนวณหาการสูญเสียที่เกิดจากความเสียดทานในท่อ ดังนี้

$$\Delta P_1 = \frac{fL\rho V^2}{2D_h} \quad (\text{Pa}) \quad (7)$$

ในกรณีที่ท่อไม่ใช่หน้าตัดวงกลม ($D = D_h$)

$$D_h = \frac{4A}{P} \quad (8)$$

สำหรับกรณีที่ท่อกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง D ($D_h = D$)

- การสูญเสียรอง (Minor loss)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเอกสารหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไป (9)

$$\Delta P_2 = k \frac{\rho V^2}{2} \quad (\text{Pa})$$

2.8.3 การสูญเสียแรงเสียดทานเมื่อผ่านชั้นดุดับ (McCabe et al., 2005)

สมการของ Burke – Plummer equation เป็นสมการที่ใช้คำนวณหาการสูญเสียแรงเสียดทานเมื่อผ่านชั้นดุดับที่มีค่า $Re_p > 1000$ โดยพิจารณาตามคุณสมบัติของสารดุดับ ดังนี้

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{1.75 \rho V_0^2}{\phi D_p} \frac{1 - \epsilon}{\epsilon^3} \quad (\text{Pa/m}) \quad (10)$$

เมื่อ Re_p คือ ค่า Reynolds number สำหรับอนุภาคในของไหล

D_p คือ ความยาวของอนุภาค

V_0 คือ ความเร็วลมเฉลี่ยเมื่อหว่านเป่า

ϕ คือ ค่าความเป็นทรงกลมของอนุภาค

ϵ คือ ค่าความพรุนของอนุภาค

2.8.4 การสูญเสียแรงเสียดทานเมื่อผ่านชั้นของแพ็คกิ้ง

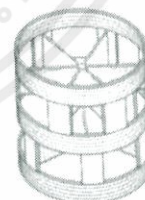
การหาค่าการสูญเสียแรงเสียดทานเมื่อผ่านชั้นของแพ็คกิ้งอาศัยการอ่านค่าจากกราฟที่มีความสัมพันธ์ทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 2.36 ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าโดยประมาณสำหรับแพ็คกิ้งชนิดต่างๆ ดังรูปที่ 2.35 โดยพิจารณาตามคุณสมบัติของแพ็คกิ้งชนิดนั้น



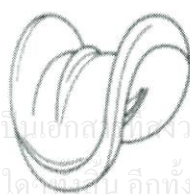
a)



b)



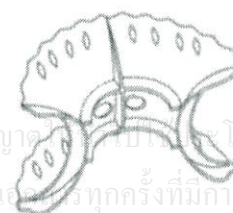
c)



d)

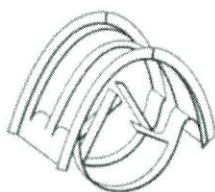


e)



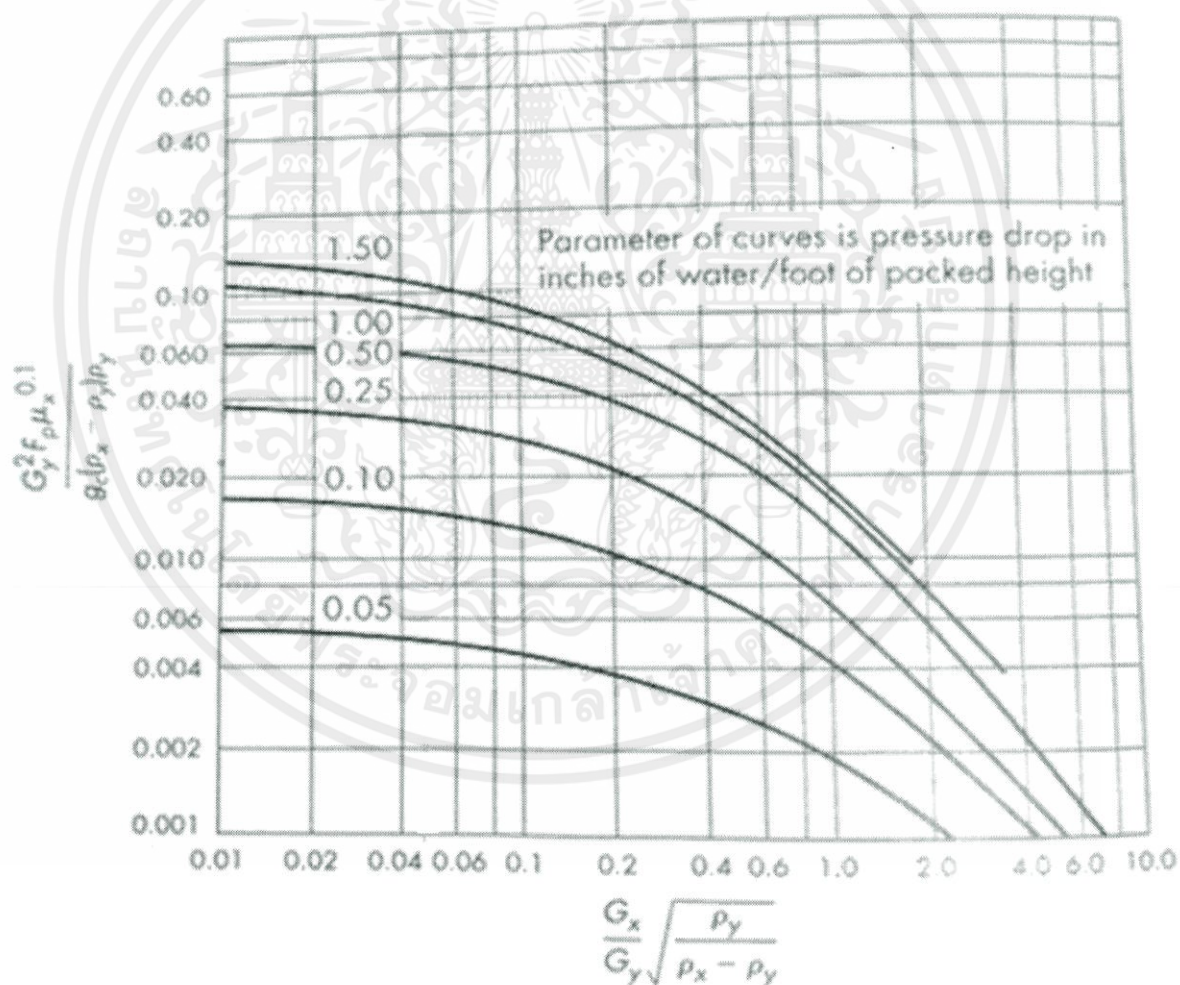
f)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้มีการเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



g)

รูปที่ 2.35 แพ็คกิ้ง a) Raschig ring b) metal Pall ring c) plastic Pall ring d) Berl saddle
e) ceramic Intalox saddle f) plastic Super Intalox saddle g) metal Intalox saddle



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 2.36 ความสัมพันธ์ทั่วไปสำหรับหาค่าความดันลดในการบรรจุคอลลัมน์ โชนด์้านการค้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ G_y คือ อัตราการไหลเชิงมวลของก๊าซ ($\text{lb}/\text{ft}^2 \text{ s}$)

G_x คือ อัตราการไหลเชิงมวลของของเหลว ($\text{lb}/\text{ft}^2 \text{ s}$)

μ_x คือ ค่าความหนืดของของเหลว cP

ρ_y คือ ค่าความหนาแน่นของก๊าซ (lb/ft^3)

ρ_x คือ ค่าความหนาแน่นของของเหลว (lb/ft^3)

2.8.5 ค่ากำลังลม (Air Power, P_A) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553)

กำลังลมหมายถึงกำลังที่พัดลมจ่ายให้ลมโดยผ่านใบพัดที่หมุนมีหน่วยเป็น kW ในหน่วยเมตริกสามารถคำนวณได้จากสมการข้างล่างตามลำดับ

$$\text{Air power } (P_A) = \frac{P_T \times Q}{102} \quad (10)$$

ค่ากำลังเข้าพัดลม (Power input)

$$\text{Power input} = \frac{\text{Air power}}{\eta_F} \quad (11)$$

เมื่อ P_A คือ ค่ากำลังลม (kW)

P_T คือ ค่าความดันสถิตรวม (mmH_2O)

η_F คือ ประสิทธิภาพพัดลม

2.9 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการออกแบบ (จตุรงค์, 2555)

โปรแกรม Solidworks เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นและใช้กันอย่างแพร่หลาย ในปัจจุบัน Solidworks เป็นโปรแกรมเขียนแบบและออกแบบที่ใชในงานออกแบบผลิตภัณฑ์ ออกแบบเฟอร์นิเจอร์ และออกแบบชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล 3 มิติ ซึ่งมีฟังก์ชันการใช้งาน ดังต่อไปนี้ ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คำแนะนำเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การสร้าง Part Solid ใช้วิธีการและเทคโนโลยีของ Surface Modeling (NURBS)

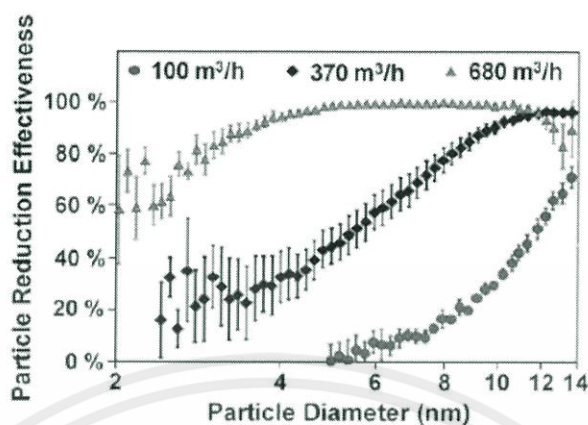
- Assembly modeling สามารถประกอบชิ้นส่วน 3 มิติได้อย่างรวดเร็ว และมีขนาดไฟล์ที่เล็กลง
- Drawing สร้าง Drawing 2 มิติจาก 3 มิติ โดยอัตโนมัติ
- Simulation ใช้ทดสอบการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนต่างๆ
- Animator สร้างภาพเคลื่อนไหวแสดงการทำงานของชิ้นส่วนและเครื่องกล
- Sheet Metal สามารถสร้างงานการพับแผ่นโลหะต่างๆ
- Module การใช้งานอื่นๆ

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- Meera et. al. (2012) ได้ทำการทดสอบเกี่ยวกับระบบการกรองอากาศ โดยใช้ตัวดูดซับคือ activated carbon fiber ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร และหนา 0.4 มิลลิเมตร โดยให้อากาศไหลผ่านแผ่นกรองขนาด 9.5 ตารางเซนติเมตร และเก็บตัวอย่างทุกๆ 12 ชั่วโมง และวิเคราะห์ปริมาณสารด้วย Gas Chromatography (GC) พบว่า activated carbon fiber สามารถดูดซับสารมลพิษได้ 70% และยังสามารถส่งผลให้การระบายของอากาศลดลงประมาณ 50%

- Joao et al. (2001) ได้ศึกษาการดูดซับสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ (VOC) โดยใช้ผลึก Zeolite และ Pillared clay โดยกระบวนการดูดซับนั้นใช้วิธี Gravimetric เพื่อดูดซับสารประกอบที่สำคัญ ได้แก่ TCE, TCA, เมทานอล และ Propanone วิเคราะห์ผลด้วยเครื่อง TG – DSC รุ่น 111 จากการทดลองพบว่าความพรุนของวัสดุมีผลต่อการดูดซับ ขนาดโมเลกุล อุณหภูมิ ความเป็นขั้วของสาร

- Donghyun et al. (2012) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอัตราการไหลของอากาศที่มีผลต่อการลดปริมาณอนุภาคของมลพิษ การลดการสัมผัสกับ ultrafine particles โดยใช้ที่ครอบดูดควันที่ใช้ในครัว เพื่อศึกษาผลจากอัตราการไหลของแก๊สพิษ ขนาดอนุภาคและตำแหน่งของเตา เนื่องจากพบว่าเตาหุงต้มอาหาร ทั้งเตาแก๊ส และเตาไฟฟ้าเป็นหนึ่งในแหล่งที่ทำให้เกิด UFP มากที่สุด ซึ่งการเกิด UFP มีผลกระทบต่อสุขภาพ และได้ประสิทธิภาพของการลดระดับ UFP ภายในห้องที่ถูกปล่อยออกมาจากเตาแก๊ส และเตาอบ มีการตรวจวัดจากช่วงอัตราการดูดควัน และตำแหน่งของเตาที่แตกต่างกัน โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงของอากาศจะถูกบันทึกอย่างต่อเนื่อง จากผลวิจัยทำให้ทราบว่าประสิทธิภาพในการลด UFP โดยทั่วไปจะมีค่าลดลง เมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กลง



รูปที่ 2.37 ประสิทธิภาพการลดขนาดอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงได้สำหรับเตาแก๊ส (ด้านหน้าเตา) กับ 3 อัตราการไหล : 100 m³/h, 370 m³/h และ 680 m³/h

จากงานวิจัยพบว่า การเพิ่มอัตราการไหลจะทำให้ประสิทธิภาพการลด UFP สูงขึ้นและช่วงในการดูดไอเสียจะเห็นว่าด้านหลังเตาจะมีประสิทธิภาพในการลดมากกว่าด้านหน้าเตา จากงานวิจัยนี้มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอัตราการไหลของไอเสีย เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการลดอนุภาคได้สูงสุด ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย โดยนำไปทำนายค่าพารามิเตอร์แล้วนำไปสู่การสร้างแบบจำลองที่ดีต่อไป

- Lee et al. (2005) ได้ศึกษาการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้สารดูดซับแก้ถ่านหิน/CaO/CaSO₄ เนื่องจากกำมะถันที่เกิดจากการเผาไหม้จะเปลี่ยนเป็นสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการเกิดฝนกรด นอกจากนี้ยังสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศ พบว่า CaO สามารถดูดซับ SO₂ ได้ดีที่สุดโดยดูดซับได้ถึง 80%

- Baek et al. (1996) ได้ศึกษาการตรวจวัดคุณภาพของอากาศในร้านอาหาร โดยได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างสารมลพิษจากร้านอาหารประเภทฟาสต์ฟู้ด เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง โดยการปล่อยให้อากาศไหลเข้าไปในท่อสแตนเลส ซึ่งภายในบรรจุด้วยตัวกรองที่เรียกว่า Carbotrap เพื่อดูดซับสารมลพิษออกจากกระแสอากาศ หลังจากนั้นนำตัวกรองที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยกระบวนการ Gas Chromatography (GC) เพื่อหาปริมาณของสารมลพิษที่ได้แสดงดังตารางที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 ความเข้มข้นของสารมลพิษจากการปรุงอาหารระยะเวลา 2 ชั่วโมง ในร้านอาหารประเภทฟาสต์ฟู้ด

สารมลพิษ	ความเข้มข้นของสารมลพิษ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
RSP	171.0	101.0
CO (ppm)	11.3	16.4
CO ₂ (ppm)	1081.0	488.0
NO ₂ (ppb)	58.0	22.0
Benzene	12.0	12.8
Toluene	52.0	55.4
Ethyl benzene	8.2	6.5
Styrene	22.4	14.6
1,3,5-TMB	5.1	4.3
1,2,4-TMB	10.9	8.6

- Faisal et al. (2000) ได้ศึกษาการกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เป็นมลพิษทางอากาศ เนื่องจากการปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายออกสู่บรรยากาศ จะส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของ สภาพภูมิอากาศ, การเจริญเติบโตและการเสื่อมสลายของพืช และสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ โดย ศึกษากระบวนการลดปริมาณสารอินทรีย์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ ดังนี้ กระบวนการที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นการเผาไหม้สารมลพิษ ซึ่งจะใช้อุณหภูมิสูงกว่า 700 องศาเซลเซียสในการทำลาย การกรองชีวภาพเป็นกระบวนการกำจัดสารมลพิษ โดยใช้สาร จุลินทรีย์เป็นตัวทำลาย ซึ่งจุลินทรีย์จากวัสดุกรองจะเปลี่ยนสารมลพิษให้เป็นน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และชีวมวล และกระบวนการที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ ได้แก่ กระบวนการดูดซึม โดยใช้สารดูดซึมมี ลักษณะเป็นของเหลวสัมผัสกับอากาศ กระบวนการนี้สามารถกำจัดสารมลพิษได้ 95 – 98 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับรูปแบบการไหลของสารดูดซึม อัตราการไหล และชนิดของวัสดู และกระบวนการดูดซับ กำจัด สารมลพิษโดยการสัมผัสกับสารดูดซับ ซึ่งความสามารถในการกำจัดสารมลพิษขึ้นกับชนิดของสารดูดซับ ความดัน ความเข้มข้นของสารมลพิษ และอัตราการไหลของสารมลพิษ

- Beko et al. (2009) ได้ทำการวิจัยประสิทธิภาพของถุกรองไฟเบอร์กลาส F7 เปรียบเทียบกับการกรองโดยใช้ Activated Carbon (AC) ที่มีน้ำหนักแตกต่างกัน ดังนี้ 400 กรัมต่อ

ตารางเมตร 200 กรัมต่อตารางเมตร และ 100 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งพื้นที่ที่ใช้สำหรับการทดลองมีขนาด 0.3×0.6 เมตร และอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านตัวกรองเป็น 2 เมตรต่อวินาที โดยได้ทดลองความสามารถในการดูดซับสารมลพิษของตัวกรองเป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำให้ทราบปริมาณของสารมลพิษและสารที่มีลักษณะเป็นอนุภาค ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 น้ำหนักของตัวกรองแอกติเวเต็ดคาร์บอน เมื่อกรองสารมลพิษเป็นระยะเวลา 6 เดือน

ชนิดของตัวกรอง	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (g)	น้ำหนักของสารอินทรีย์ (g)	น้ำหนักของสารอินทรีย์ต่อน้ำหนักของ AC (g/g_{ac})
F7	1210	102	ไม่มี	ไม่มี
AC 100 g/m^2	1466	165	63	0.21
AC 200 g/m^2	1866	246	144	0.24
AC 400 g/m^2	2685	327	225	0.19

- Amitava (2007) ได้ศึกษากระบวนการบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในหอสเปรย์ เนื่องจากลักษณะของหยดน้ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหยดน้ำ ความเร็วในตกของหยดน้ำ อัตราการไหลของของไหล และขนาดของหอสเปรย์ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซึม โดยการสร้างแบบจำลองระบบบำบัดสารมลพิษได้ตั้งสมมติฐานของการทดลองให้หยดน้ำมีลักษณะเป็นทรงกลมภายในหอสเปรย์เป็นระบบที่มีสภาวะคงตัว ไม่คิดผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่า pH การกระจายตัวของก๊าซในหอสเปรย์มีความสม่ำเสมอและความเร็วคงที่ โดยได้ทำการทดลองการบำบัดสารมลพิษภายในหอสเปรย์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 เมตรและยาว 2 เมตร ทำให้ทราบว่าเมื่อหยดน้ำมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสารมลพิษสูงขึ้น และความเร็วของหยดน้ำที่ตกลงสู่ด้านล่างหอสเปรย์มีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เหมาะสมต่อระบบบำบัดอยู่ในช่วง 40 – 140 ไมโครเมตร สามารถกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้สูงถึง 90 – 95 เปอร์เซ็นต์

- Adisorn (2001) ได้ศึกษาถึงความสำคัญ ค่าตัวแปรของการดำเนินงาน และการออกแบบสำหรับการถ่ายมวลในการดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับโครงสร้างของแพ็คกิ้งในคอลัมน์ ในงานวิจัยได้เปรียบเทียบสมรรถนะของแพ็คกิ้งสแตนเลส 4 ชนิด ได้แก่ Gempak 4A Mellapak 500Y Mellapak 500X และ Optiflow พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลสำหรับโครงสร้างของ

แพคเกจที่แตกต่างกันเหล่านี้มีความสอดคล้องไม่เพียงกับค่าตัวแปรในการดำเนินงาน เช่น liquid load, liquid CO₂ loading และอุณหภูมิของของเหลว แล้วยังสอดคล้องกับค่าตัวแปรของการออกแบบอีกด้วย คือ รูปแบบการจัดเรียงของแพคเกจและการกระจายของของเหลว

ตารางที่ 2.11 Operating conditions for CO₂ absorption experiments

		CO ₂ -NaOH	CO ₂ -MEA
Feed gas	CO ₂ concentration (%)	Up to 15	Up to 15
	Concentration (Kmol/m ³)	1.0 – 2.0	3.0
Feed solution	Liquid load (m ³ /m ² h)	3.8 – 29.3	3.8 – 22.9
	Temperature (°C)	25	25 – 50

จากตารางพบว่าที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 15% จะป้อนสารละลายของเหลว 3.8 – 22.9 m³/m² h ที่อุณหภูมิ 25 – 50°C

- Zerrin and Zekeriya (2011) ได้ศึกษาการไหลของอากาศอย่างราบเรียบตามธรรมชาติภายในครอบดูดอากาศแบบครอบปิดแหล่งกำเนิด (Enclosure) ที่มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม มีด้านเปิด 1 ด้านและ 3 ด้านที่เหลือปิดครอบแหล่งกำเนิด โดยมีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวที่แตกต่างกัน ดังนี้ H/L = 1 และ H/L = 2 และยังมีการศึกษาการปิดครอบในรูปแบบต่างๆ จำนวน 2, 4, 5, 6, 8, 9 และ 10 หมุด ซึ่งในการทดสอบการไหลของอากาศได้ตั้งข้อสมมุติฐานให้ภายในระบบมีสภาวะคงที่พบว่าอากาศจะไหลไปชนผนังทั้ง 3 ด้านที่ปิดครอบแหล่งกำเนิดทำให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้น และลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน เมื่อทำการปิดหมุดลงไปตำแหน่งต่างๆ ของครอบดูดอากาศ พบว่า จำนวนของหมุดและรูปแบบของการจัดเรียงมีผลต่ออุณหภูมิ ซึ่งจะทำให้มีอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการนำความร้อนหมุด โดยมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 26 – 34%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบระบบบำบัดควัน

3.1 โครงสร้างที่ครอบดูดควัน (Hood)

3.1.1 การเลือกใช้วัสดุสำหรับโครงสร้างที่ครอบดูดควัน

ในการออกแบบโครงสร้างที่ครอบดูดควันเลือกใช้เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) สำหรับใช้ทำเป็นโครงสร้าง เนื่องจากมีคุณสมบัติการนำความร้อนที่ต่ำเพียง 50.2 W/mK นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรง ทำความสะอาดได้ง่าย และยังทนต่อการกัดกร่อนอีกด้วย

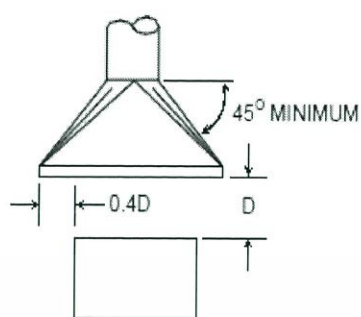
3.1.2 การออกแบบโครงสร้างที่ครอบดูดควัน

โครงสร้างของที่ครอบดูดควันเป็นส่วนที่ใช้ครอบบริเวณแหล่งกำเนิดสารมลพิษ เพื่อให้ควันสามารถลอยเข้าสู่ระบบบำบัดควันได้มากที่สุดก่อนปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นการช่วยลดปัญหามลพิษทางอากาศ และยังลดปัญหาทางด้านสุขภาพของประชากรได้อีกด้วย ดังนั้นการออกแบบที่ครอบดูดควันจึงเลือกที่ครอบดูดควันแบบครอบปิดแหล่งกำเนิด (Enclosure Hood) เนื่องจากที่ครอบดูดแบบนี้สามารถรวบรวมสารมลพิษไว้ได้เกือบทั้งหมด และเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานจึงออกแบบให้สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zerrin and Zekeriya (2011) ซึ่งออกแบบให้ที่ครอบดูดอากาศมีด้านปิดครอบแหล่งกำเนิด และเป็นด้านเปิด 1 ด้าน โดยการออกแบบส่วนประกอบของที่ครอบดูดควันแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

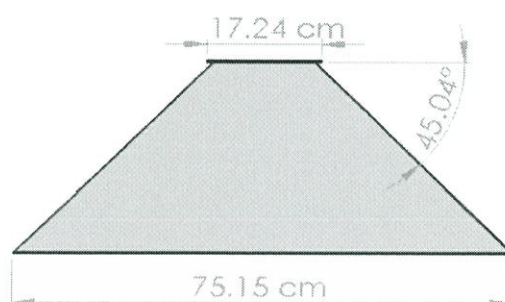
- ฝาครอบดูดควัน

ส่วนของฝาครอบดูดควัน การออกแบบจะเน้นการรวบรวมปริมาณควันที่ปนเปื้อนมลพิษจากการปรุงอาหารไว้ให้ได้มากที่สุด จึงได้ออกแบบให้ฝาที่ครอบดูดควันมีหน้าตัด 6 นิ้ว นอกจากนี้ยังมีหน้าแปลนยื่นออกมา 1 เซนติเมตร และยึดกันด้วยน็อตเกลียว เพื่อให้สามารถถอดหรือประกอบเข้ากับส่วนอื่นๆ ได้ง่ายมากขึ้น

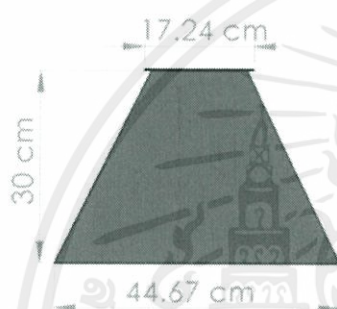
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก)



ข)



ค)



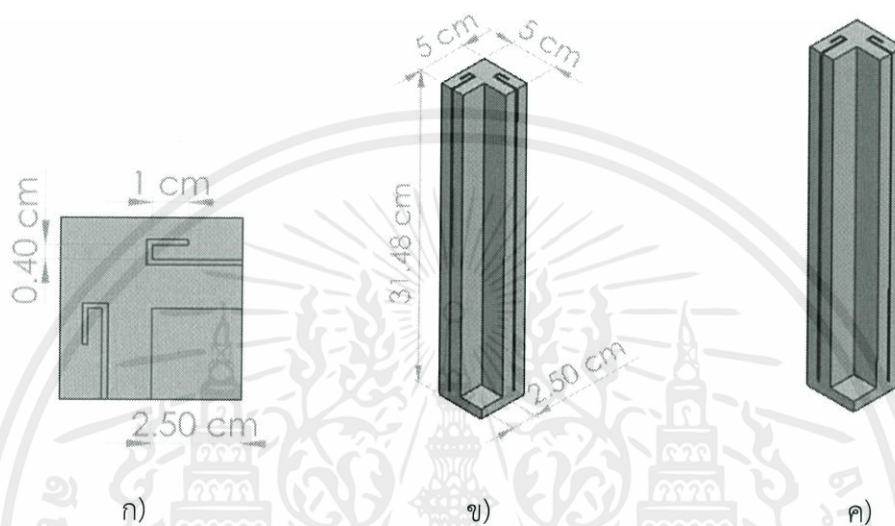
ง)

รูปที่ 3.1 ฝาที่ครอบตุ๊ดควัน ก) ฝาที่ครอบตุ๊ดควันแบบรีซีฟวิ้ง มุมมอง 2 มิติ ข) มุมมองด้านหน้า
ค) มุมมองไอโซเมตริกพร้อมบอกขนาด ง) มุมมองไอโซเมตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เส้า

ส่วนของเส้าจะออกแบบให้มีความแข็งแรง พร้อมทั้งออกแบบให้มีร่องสำหรับใส่ผนังเพื่อให้สามารถเลื่อนปรับระดับได้ โดยในการออกแบบเส้ามีขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร สูง 1 ฟุต

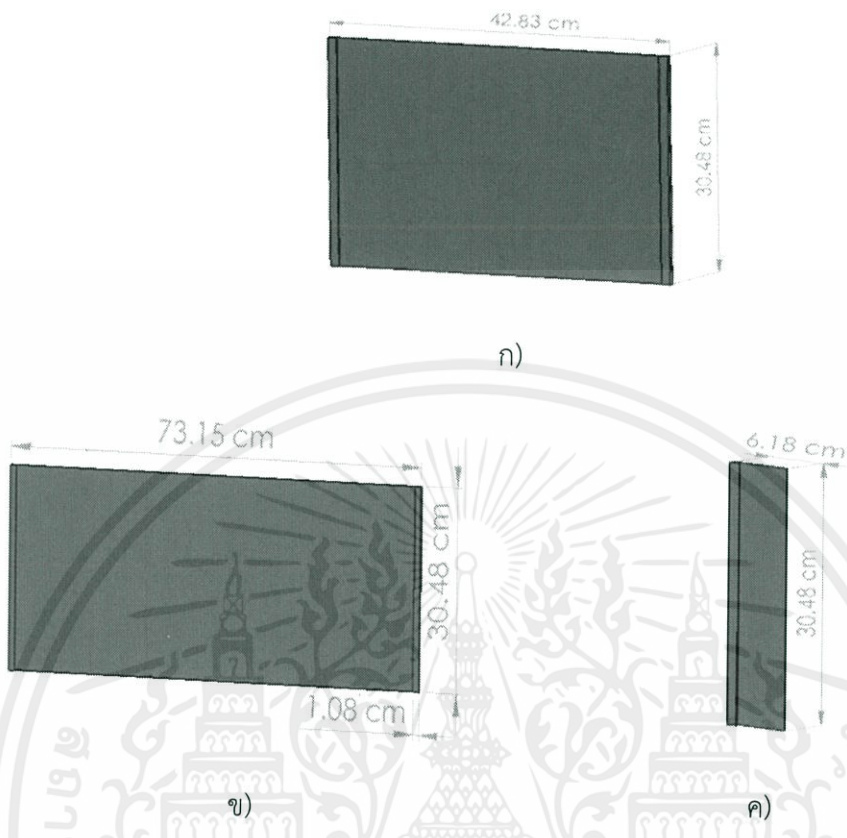


รูปที่ 3.2 เส้า ก) มุมมองด้านบน ข) มุมมองไอโซเมตริกพร้อมบอกขนาด
ค) มุมมองไอโซเมตริก

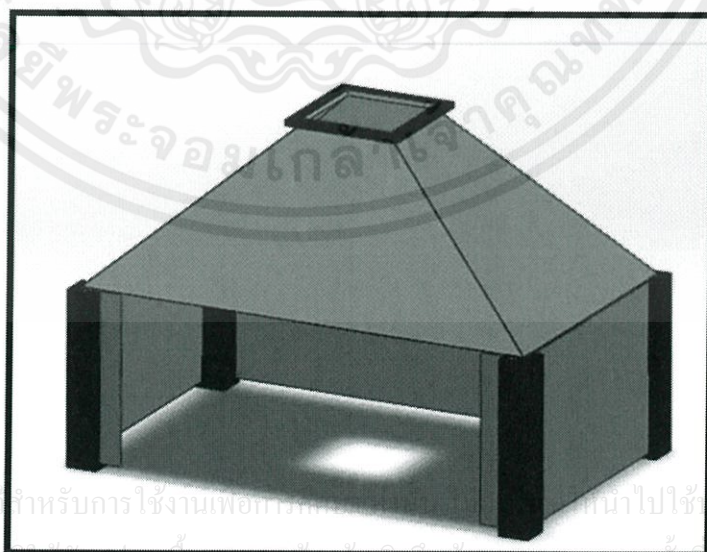
- ผนัง

ในส่วนของผนังด้านข้างของเตาออกแบบให้สามารถเลื่อนปรับระดับความสูงได้ เนื่องจากในขณะที่มีการใช้งานจริงนั้นอาจมีการรบกวนจากแรงลมภายนอกเตาได้ จึงมีการออกแบบเพื่อให้การบำบัดควมมีประสิทธิภาพสูงสุด พร้อมทั้งสามารถใช้งานได้จริง ซึ่งในส่วนของผนังเตานี้มีทั้งหมด 3 ด้าน ส่วนด้านหน้าเป็นด้านเปิดเพื่อเป็นช่องผ่านของลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ผนังของที่ครอบตุตควัน ก) มุมมองด้านซ้ายและขวา ข) มุมมองด้านหลัง
ค) มุมมองด้านหน้า



รูปที่ 3.4 โครงสร้างที่ครอบตุตควัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งนี้ออกไปและต้องอ้างถึงที่มาของเอกสารนี้ในการนำไปใช้

3.2 ระบบดูดซับ (Adsorption)

3.2.1 การเลือกใช้วัสดุสำหรับระบบดูดซับ

- ตะแกรงใส่สารดูดซับ และกล่องสแตนเลสทรงสี่เหลี่ยม เลือกใช้ตะแกรงสแตนเลส เนื่องจากมีคุณสมบัติการนำความร้อนต่ำ และยังสามารถทนอุณหภูมิสูงได้ นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงทนทานอีกด้วย

- สารดูดซับ (Adsorbent) เลือกใช้แอคติเวเต็ดคาร์บอน (Activated carbon) เนื่องจากมีคุณสมบัติในการดูดซับกลิ่นและก๊าซมลพิษ โดยอาศัยกระบวนการดูดซับทางกายภาพที่บริเวณพื้นผิวของแอคติเวเต็ดคาร์บอน เมื่อก๊าซมลพิษเคลื่อนที่ผ่านสารดูดซับ สารมลพิษเหล่านั้นจะถูกดักจับอยู่ที่รูพรุน ดังนั้นวัสดุดูดซับควรมีความพรุนมากๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่การดูดซับสารมลพิษให้มากขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Meera et al. (2012) ที่เลือกใช้แอคติเวเต็ดคาร์บอนเป็นตัวกรองสารมลพิษทางอากาศและสารที่เป็นอนุภาค

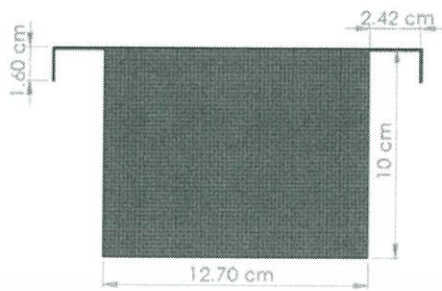
3.2.2 การออกแบบระบบดูดซับ

ระบบดูดซับเป็นระบบที่ออกแบบให้มีพื้นที่สำหรับกระบวนการบำบัดควินโดยการดูดซับ ซึ่งการดูดซับนั้นจะใช้สารดูดซับที่มีลักษณะเป็นเม็ด มีรูพรุน จึงต้องออกแบบพื้นที่ให้มีลักษณะเป็นกล่องหรือตะกร้า พร้อมทั้งมีรูเพื่อให้ลมสามารถไหลผ่านได้ แต่ต้องมีขนาดเล็กกว่าขนาดของสารดูดซับ ทั้งนี้การออกแบบต้องออกแบบให้สามารถถอดเปลี่ยนสารดูดซับได้ง่าย เนื่องจากสารดูดซับมีอายุการใช้งานที่จำกัด ดังนั้นเพื่อประสิทธิภาพในการบำบัดควินจึงควรเปลี่ยนสารดูดซับอย่างต่อเนื่อง

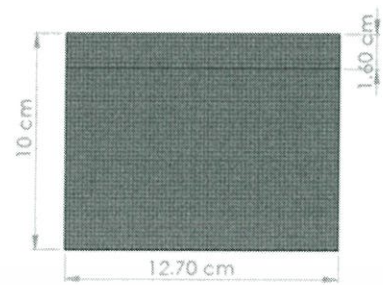
- ตะแกรงใส่สารดูดซับ

ตะแกรงสำหรับใส่สารดูดซับออกแบบให้มีลักษณะเป็นตะกร้าเพื่อใส่สารดูดซับ ซึ่งในการออกแบบจะใช้การพับขึ้นรูปให้เป็นทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ด้านละ 5 นิ้ว เพื่อให้สามารถใส่ลงในถาดขนาด 6 x 6 นิ้วได้อย่างเหมาะสม และมีความสูง 10 เซนติเมตร

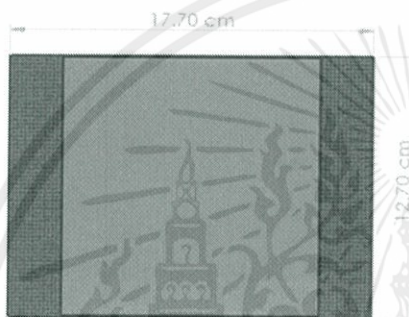
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



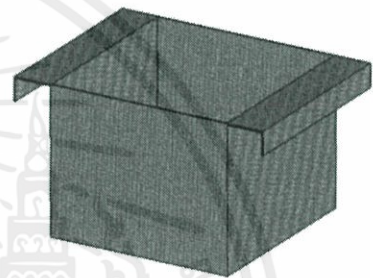
ก)



ข)



ค)



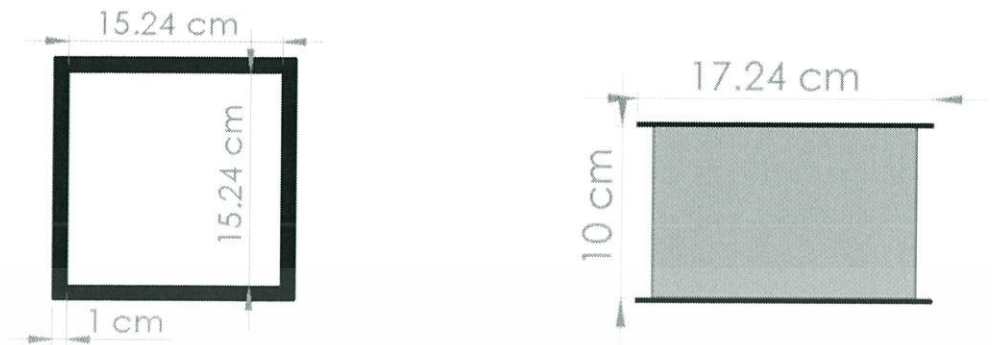
ง)

รูปที่ 3.5 ตะแกรงใส่สารดูดซับ ก) มุมมองด้านหน้า ข) มุมมองด้านข้าง
ค) มุมมองด้านบน ง) มุมมองไอโซเมตริก

- กล่องสแตนเลสทรงสี่เหลี่ยม

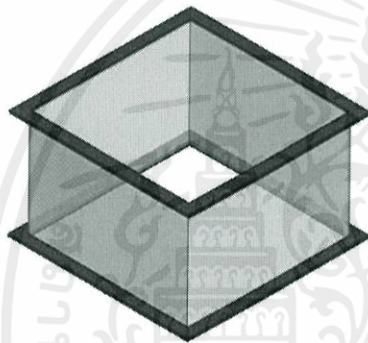
ในส่วนนี้ออกแบบเพื่อให้ง่ายต่อการถอดเปลี่ยนตัวตะแกรงที่ใส่สารดูดซับ อีกทั้งยังง่ายต่อการปรับเปลี่ยนตำแหน่งในการติดตั้งระบบบำบัดควัน โดยตัวกล่องเป็นทรงสี่เหลี่ยมมีขนาด 6 x 6 นิ้ว มีหน้าแปลนยื่นออกมา 1 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถประกอกับส่วนต่างๆ ได้โดยใช้น็อตสกรูขนาด 5 มิลลิเมตร ยึดติด 4 มุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก)

ข)



ค)

ง)

รูปที่ 3.6 กล่องสแตนเลสทรงสี่เหลี่ยม ก) มุมมองด้านบน ข) มุมมองด้านหน้า
ค) มุมมองไอโซเมตริก ง) ตะแกรงใส่สารดูดซับประกอบกับกล่องสแตนเลสทรงสี่เหลี่ยม

3.3 ระบบดูดซึม (Absorption)

3.3.1 การเลือกวัสดุสำหรับระบบดูดซึม

- ถึงระบบดูดซึม เลือกใช้วัสดุจากสแตนเลส เนื่องจากถึงในระบบดูดซึมนั้นต้องคำนึงถึงหลัก
สุขลักษณะด้วย เพราะในการใช้งานจริงอาจมีการสะสมของคราบน้ำมันหรือคราบสกปรกต่างๆ ได้
ดังนั้นวัสดุจากสแตนเลสนอกจากจะมีความแข็งแรงทนทานแล้ว ยังทนต่อการกัดกร่อน และสามารถ
ทำความสะอาดได้ง่ายอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- กล่องใส่แพ็คกิ้ง เลือกตะแกรงสแตนเลสมีขนาดรู 1 มิลลิเมตร เนื่องจากกล่องใส่แพ็คกิ้ง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีคุณสมบัติป้องกันไฟ และต้องให้อากาศไหลเวียนของอากาศไว้ทุกครั้งที่มีการไปใช้
เป็นอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับน้ำตลอดการดำเนินงาน ดังนั้นจึงเลือกวัสดุที่ทำจากสแตนเลสซึ่งเหมาะสม

กับการทำงานและถูกสุขลักษณะ เนื่องจากสามารถลดปัญหาการเกิดสนิม ง่ายต่อการทำความสะอาด และยังทนต่อการกัดกร่อนของคราบน้ำมัน และคราบสกปรกต่างๆ ที่มาเกาะตามตะแกรง

- ระบบสเปรย์ ในส่วนทางเดินของสารดูดซึมเลือกใช้สายยางแข็ง เนื่องจากทำให้ระบบสเปรย์มีความแข็งแรง และคงสภาพเดิมได้เมื่อได้รับแรงน้ำที่สูงจากปั๊ม และในส่วนของหัวนอชเชิลนั้นเลือกใช้หัวนอชเชิลที่สามารถกระจายน้ำได้ดีทั่วทั้งระบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดควันให้ได้มากที่สุด

- ฝาถัง เลือกวัสดุจากพลาสติกอะคริลิก เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความโปร่งใส เพื่อให้สามารถมองเห็นระบบดูดซึมภายในได้ มีความเหนียวซึ่งทนต่อแรงกระแทกได้ดีกว่ากระจก ราคาถูก และยังมีน้ำหนักเบาเคลื่อนย้ายได้ง่าย

- สารดูดซึม เลือกใช้ น้ำ เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดี สามารถดักจับก๊าซได้หลายชนิดโดยเฉพาะ คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อีกทั้งยังสามารถหาได้ง่ายและมีราคาถูก สอดคล้องกับการทดลองของ Amitava (2007) ที่เลือกใช้น้ำเป็นสารดูดซึมภายในหอสเปรย์

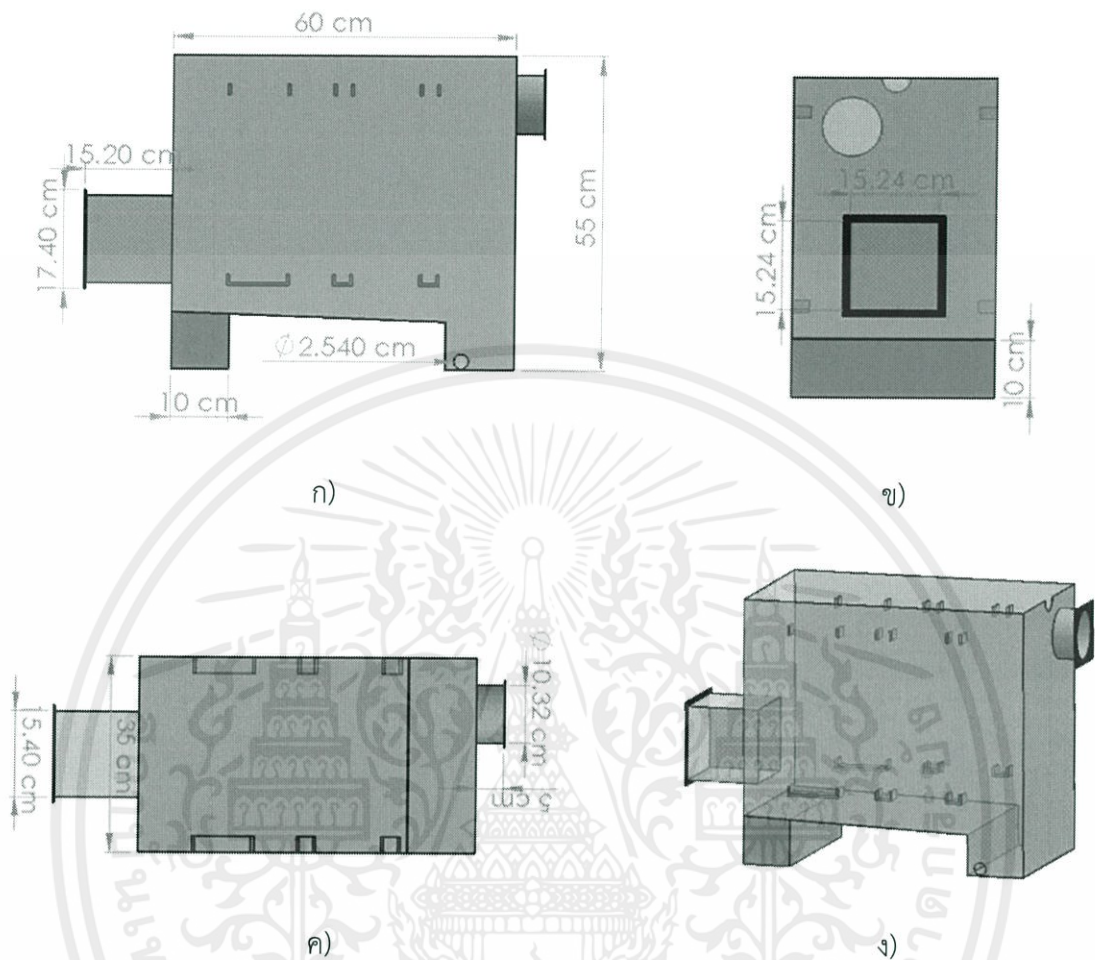
3.3.2 การออกแบบระบบดูดซึม

ระบบดูดซึมเป็นระบบบำบัดมลพิษโดยการใช้สารดูดซึมในการบำบัด ซึ่งสารดูดซึมนี้อจะช่วยชะล้างควันมลพิษก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ และได้ออกแบบในส่วนของชั้นแพ็คกิ้ง เพื่อชะลอและเพิ่มพื้นที่สัมผัสให้กับอากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดควันให้มากขึ้น จึงต้องมีการออกแบบระบบสเปรย์น้ำให้เหมาะสมกับปริมาณควันที่เข้ามา ซึ่งในระบบดูดซึมนั้นประกอบไปด้วย 4 ส่วน ได้แก่

- ถังระบบดูดซึม

ตัวถังระบบดูดซึมเป็นส่วนที่รองรับปริมาณของควันและสารดูดซึมที่ใช้สำหรับบำบัดควัน ดังนั้นตัวถังจึงต้องออกแบบให้มีความแข็งแรง และป้องกันการรั่วซึม นอกจากนี้ต้องออกแบบทางเข้าเพื่อให้ควันมลพิษไหลผ่านชั้นของถ่านได้สะดวก โดยออกแบบเป็นท่อทรงสี่เหลี่ยมยื่นออกมา 15 เซนติเมตร และภายในท่อนั้นมีถ่านบรรจุอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

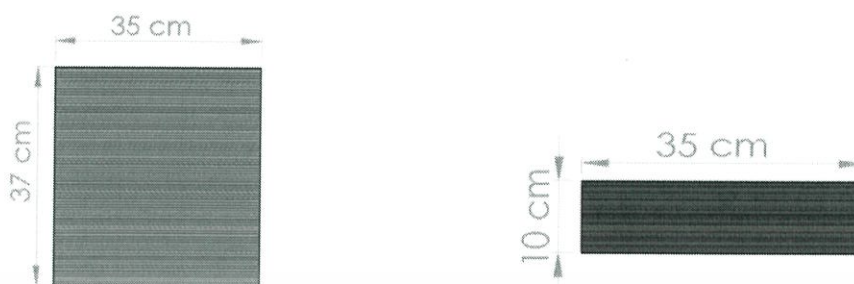


รูปที่ 3.7 ถังของระบบดูดซึม ก) มุมมองด้านหน้า ข) มุมมองด้านข้าง
ค) มุมมองด้านบน ง) มุมมองไอโซเมตริก

ในส่วนของทางออกต้องออกแบบให้มีทางเดินของน้ำ และทางออกของควันด้วย ซึ่งใน ส่วนทางเดินของน้ำจะมี 2 ส่วน ได้แก่ ทางปล่อยน้ำทั้งด้านล่าง และส่วนป้อนน้ำเข้าที่ถูกส่งจากบ่มนอกจากนี้ในส่วนทางออกของควันจะมีท่อพร้อมทั้งหน้าแปลนยื่นออกมาจากตัวถัง เพื่อให้ง่ายต่อการประกอบเข้ากับท่ออ่อน เพื่อใช้พัดลมหอยโข่งช่วยในการระบายควันออก

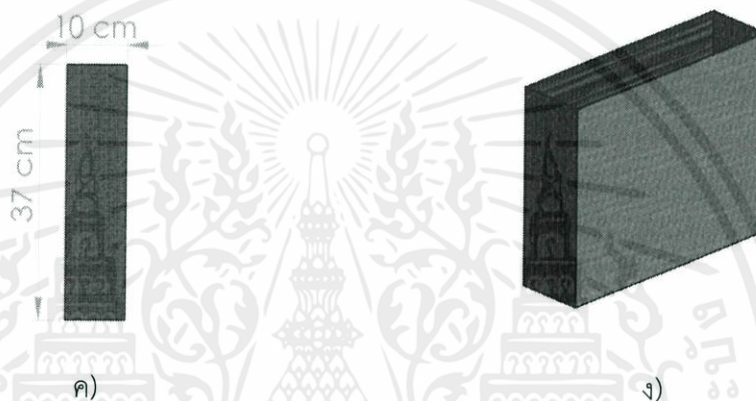
- ถังใส่แพ็คกิ้ง

ในส่วนของถังใส่แพ็คกิ้งเป็นการออกแบบเพื่อใส่แพ็คกิ้ง สำหรับเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำและควันให้มากขึ้น ตัวถังออกแบบให้กว้าง 35 เซนติเมตร หนา 10 เซนติเมตร และสูง 37 เซนติเมตร สำหรับบรรจุแพ็คกิ้งประมาณ 200 ชิ้น



ก)

ข)



ค)

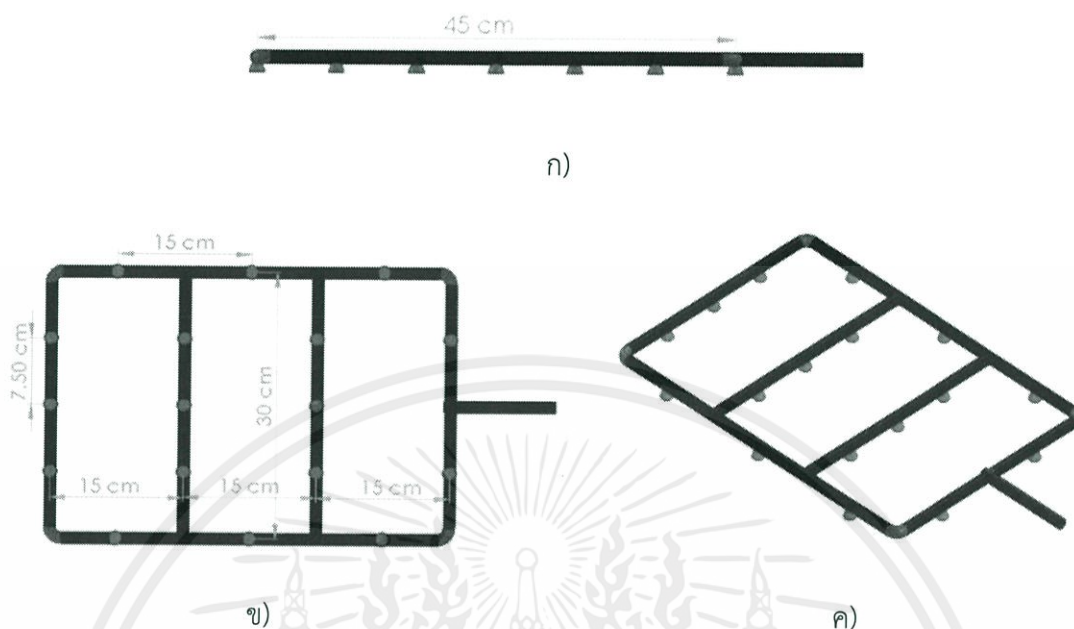
ง)

รูปที่ 3.8 ก่องสำหรับใส่แพ็คกิ่ง ก) มุมมองด้านหน้า ข) มุมมองด้านบน
ค) มุมมองด้านข้าง ง) มุมมองไอโซเมตริก

- ระบบสเปรย์

ระบบสเปรย์ใช้สำหรับลำเลียงสารดูดซึมเข้าสู่ถัง โดยออกแบบให้สามารถสเปรย์ได้ทั่วทั้งถัง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดคว้นให้มากขึ้น ในการออกแบบจะแบ่งระบบสเปรย์ออกเป็นแถว แถวจำนวน 4 แถว และต่อท่อออกนอกถังเพื่อรับน้ำจากระบบปั้มน้ำ โดยระบบสเปรย์จะใช้สายยาง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ นิ้ว และติดตั้งหัวนอชเชิลตามตำแหน่ง ดังรูปที่ 3.9 นอกจากนี้ยังมีการ คำนวณหาปริมาณน้ำที่ออกจากหัวนอชเชิลแต่ละหัวอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ระบบสเปรย์สารดูดซึ่ม ก) มุมมองด้านหน้า ข) มุมมองด้านบน ค) มุมมองไอโซเมตริก

การคำนวณปริมาณน้ำที่ออกจากหัวนอซเซลแต่ละหัว

ปริมาณอากาศที่เข้าสู่ระบบบำบัดควัน เท่ากับ $0.372 \text{ m}^3/\text{s}$

ปริมาณน้ำที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดควัน เท่ากับ 0.383 l/s หรือ 0.00638 l/min

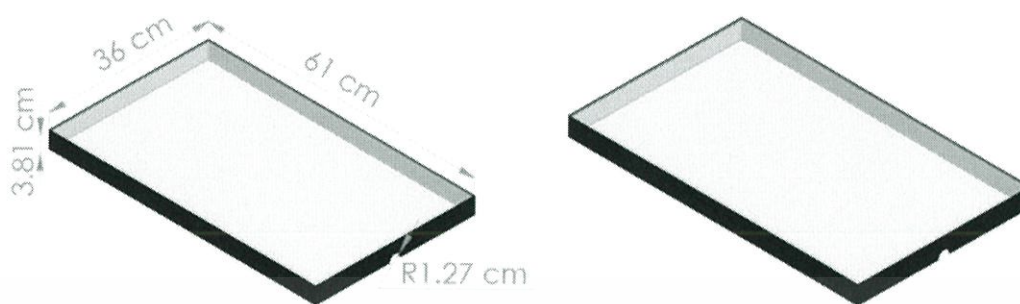
เมื่อติดตั้งหัวนอซเซล 17 หัว

$$\text{ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ออกจากหัวนอซเซล} = \frac{0.3830}{17} = 0.0226 \text{ l/s}$$

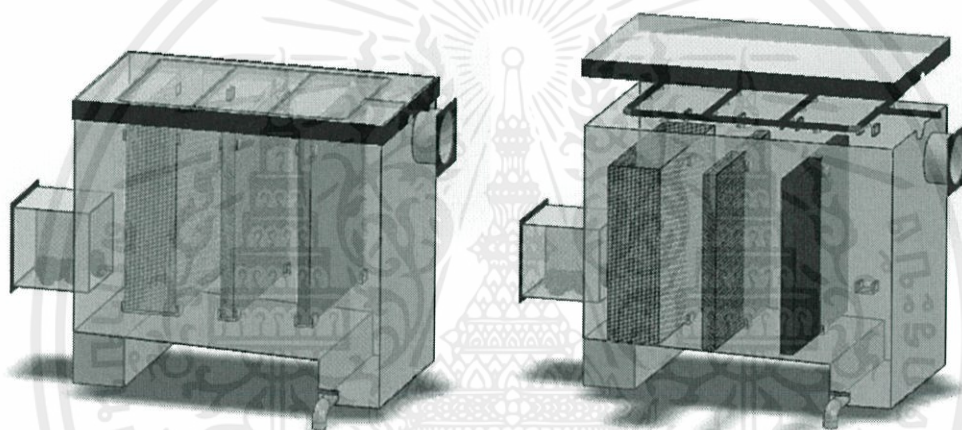
- ฝาถัง

ฝาถังออกแบบเพื่อป้องกันการกระเซ็นของสารดูดซึ่ม และการเล็ดลอดออกนอกระบบบำบัดของควัน โดยการออกแบบจะเลือกใช้แผ่นพลาสติกอะคริลิก เพื่อให้สามารถมองเห็นการทำงานของระบบ และระดับของสารดูดซึ่มภายในได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

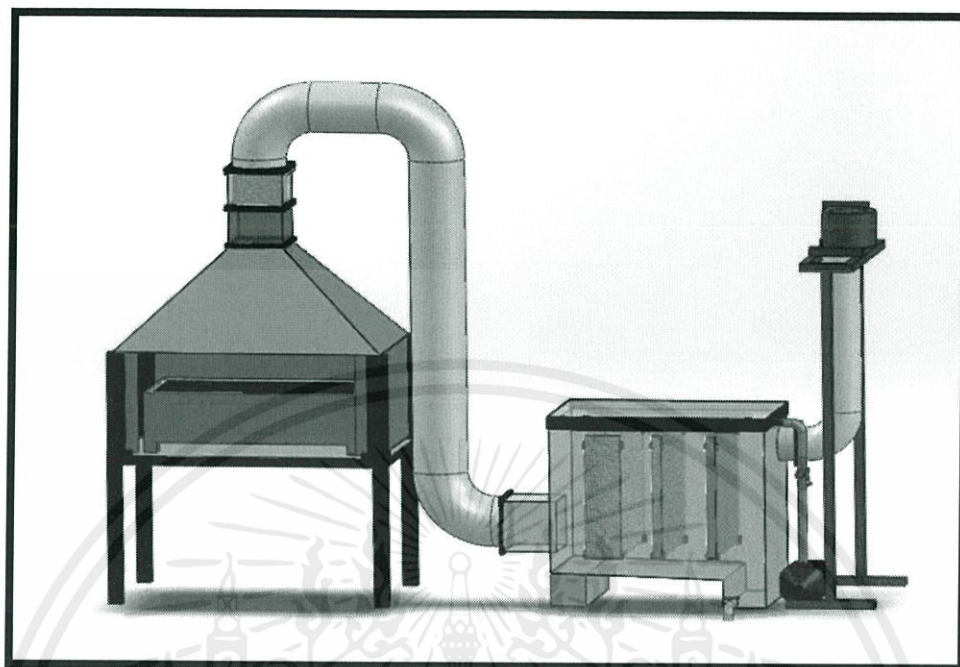


รูปที่ 3.10 ฝาถังในระบบบำบัดแบบดูดซึมในมุมมองไอโซเมตริก



รูปที่ 3.11 ระบบบำบัดแบบดูดซึมในมุมมองไอโซเมตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ระบบบำบัดควันในมุมมองไอโซเมตริก

3.4 ออกแบบขนาดของโบลว์เออร์ (Blower)

3.4.1 การคำนวณหาความดันลดจากทฤษฎี

- การหาปริมาณการไหลของอากาศที่ครอบดูดควันแบบครอบปิดแหล่งกำเนิด (Enclosure Hood)

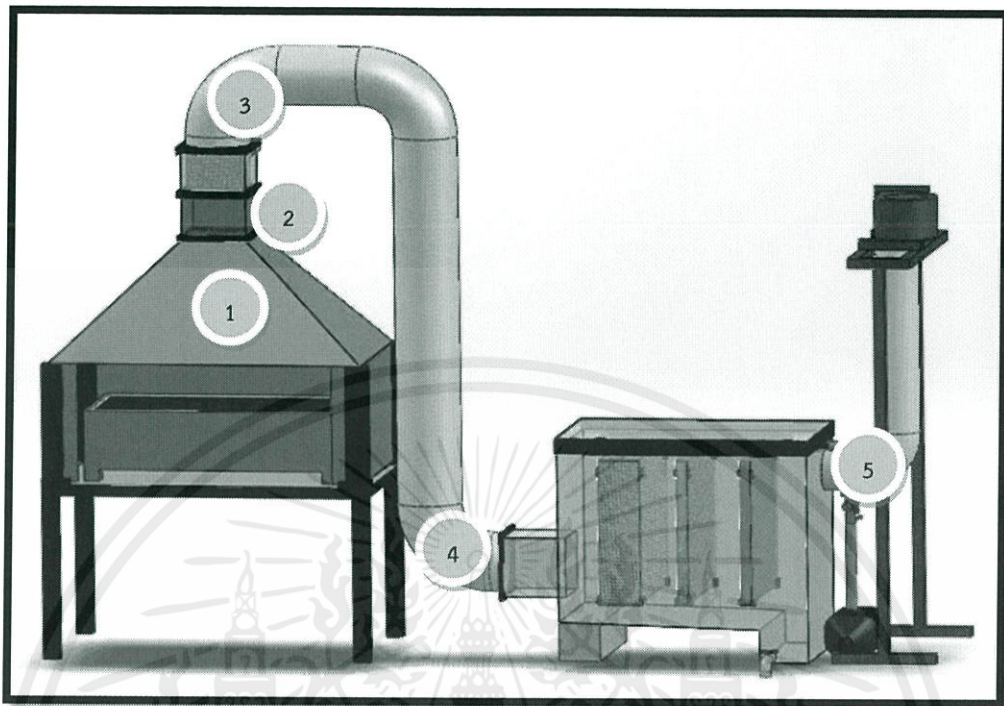
จากส่วนใหญ่ความเร็วลมที่ไหลผ่านช่องเปิดอยู่ในช่วง 0.25 – 2.5 เมตรต่อวินาที (วิภู และคณะ, 2543)

สมมติให้ ความเร็วที่ผ่านช่องเปิด ($V_1 = V_s$) เท่ากับ 1.5 เมตรต่อวินาที

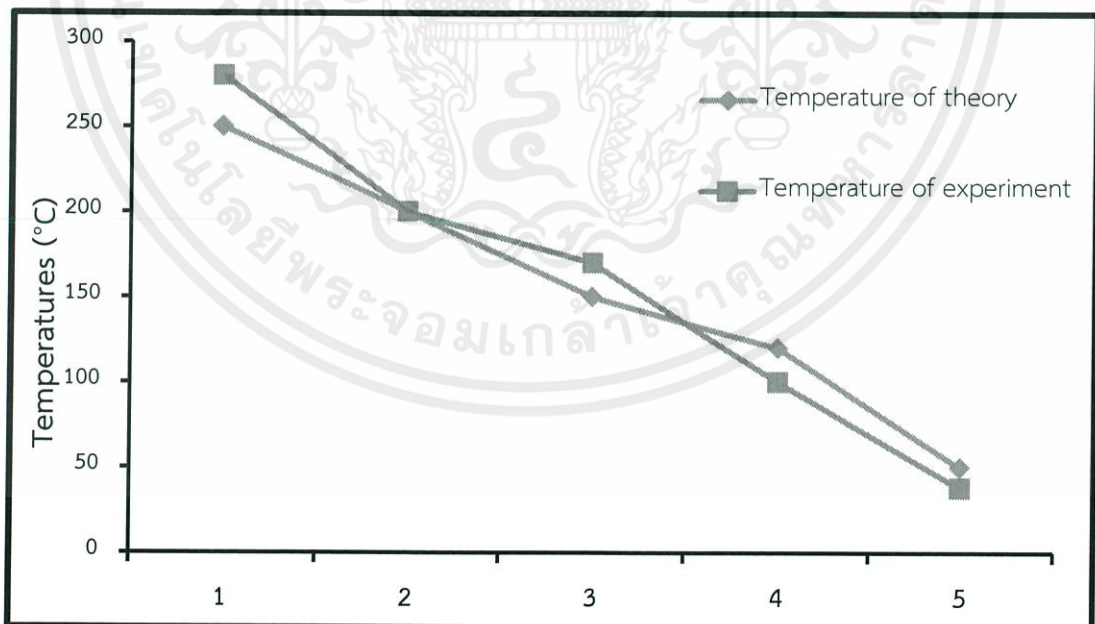
$$\text{ปริมาณการไหล (Q)} = \text{พื้นที่เปิด} \times \text{ความเร็วที่ผ่านช่องเปิด (V}_1\text{)}$$

$$Q = (0.6096 \times 0.3048) \text{ m}^2 \times 1.5000 \text{ m/s}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อ 0.2790 m³/s ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ระบบบำบัดควีนพร้อมระบุตำแหน่งเพื่อคำนวณหาความดันลด



เอกสารนี้เป็นรูปที่ 3.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจากทฤษฎีและอุณหภูมิจากการทดลองที่เป็นการคำนวณค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกตำแหน่งต่างๆ ของระบบบำบัดควีน เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การหาความเร็วลมภายในระบบ

- ความเร็วลมในท่อเหลี่ยม, (V_{1-2}) เมื่อ กว้าง = ยาว = 0.1524 m

$$V_{1-2} = \frac{Q}{A_a} = \frac{0.279}{0.1524^2} = 12.010 \text{ m/s}$$

- ความเร็วลมในท่อกลม, (V_{3-4}) เมื่อ รัศมี = 0.0762 m

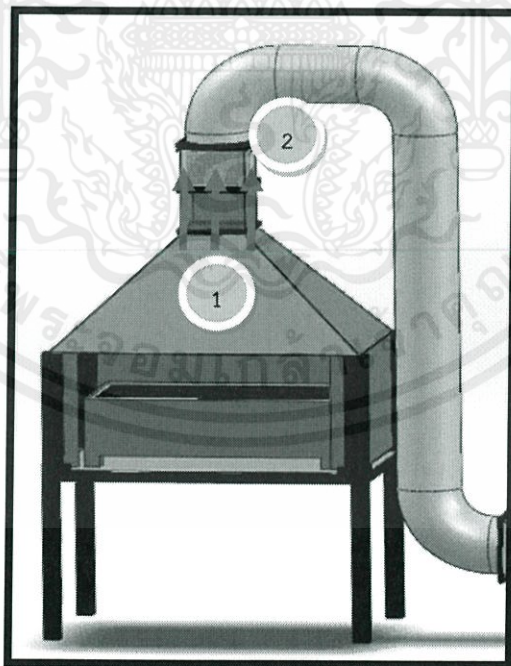
$$V_{3-4} = \frac{Q}{A_b} = \frac{0.279}{\pi \times 0.0762^2} = 15.295 \text{ m/s}$$

- ความเร็วลมในถังดูดซึม, (V_{4-5}) เมื่อ กว้าง = 0.35 m, ยาว = 0.60 m

$$V_{4-5} = \frac{Q}{A_c} = \frac{0.279}{0.35 \times 0.6} = 1.330 \text{ m/s}$$

1) การหาความดันสูญเสีย

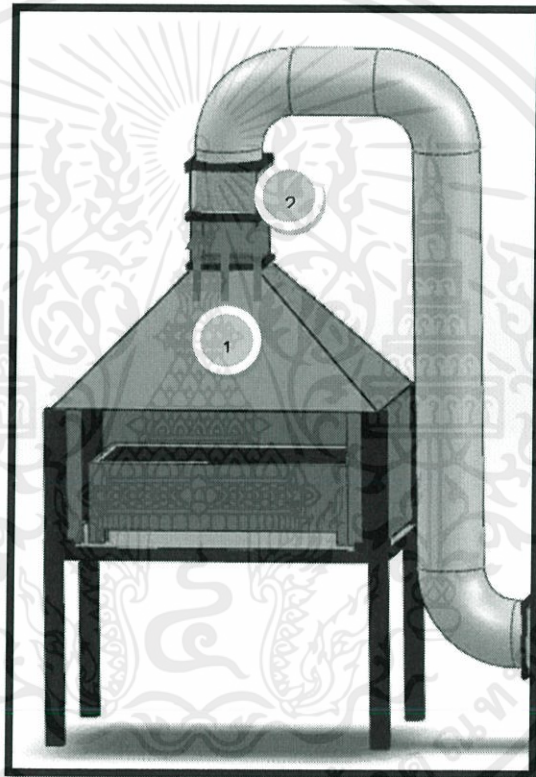
- ### 1.1 การหาความดันสูญเสียเมื่อลมผ่านจากตัวที่ครอบดูดควัน (Hood) เข้าปล่อง ที่อุณหภูมิ 200 °C



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.15 การไหลของอากาศเข้าสู่ระบบบำบัดควันนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 \Delta P_1 &= K_s \times \frac{1}{2} \rho V_A^2 \\
 &= 0.0400 \times \frac{1}{2} \times 0.7433 (12.0100)^2 \\
 &= 2.14 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

1.2 การหาค่าความดันสูญเสียเมื่อผ่านท่อทรงสี่เหลี่ยม ที่อุณหภูมิ 200 °C



รูปที่ 3.16 การไหลของอากาศจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 ของระบบบำบัดควัน

$$\Delta P_2 = \frac{f l}{D_h} \times \frac{1}{2} \rho V_{1-2}^2$$

จากตารางคุณสมบัติ $v_{@200^\circ\text{C}} = 3.45 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษายเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 Re = $\frac{VD}{\nu} = \frac{(12.01)(0.1524)}{3.45 \times 10^{-5}} = 53,052.87$
 ไม่ว่าจะฉฉใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งที่ มมให้ค้บเปล่งเนื้อ 3.45 x 10⁻⁵ ้างอิงถึงเขาข้งเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคุณสมบัติของสแตนเลส $\varepsilon = 0.015 \text{ mm}$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.015}{152.4} = 0.000098 \approx 0.0001$$

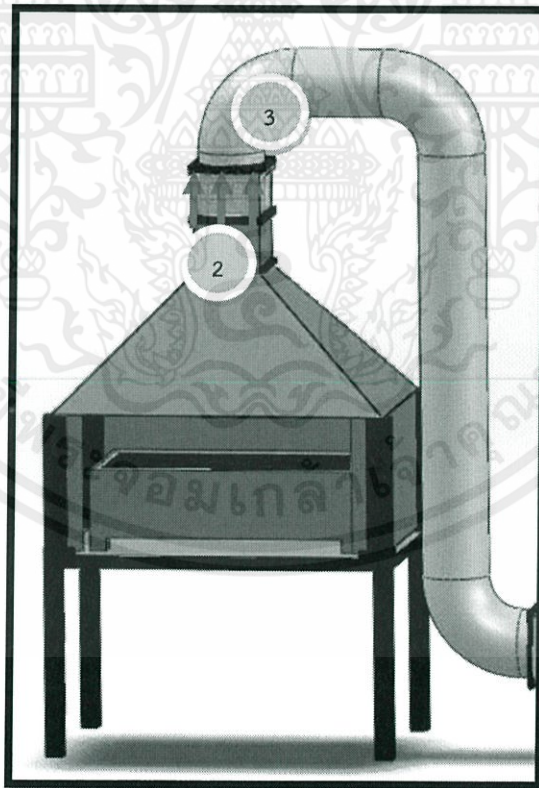
จะได้ $f = 0.038$ จากผนวก รูปที่ 1.ข

เนื่องจากไม่ใช่หน้าตัดวงกลม จะได้ $D = D_h = 0.1524 \text{ m}$

ดังนั้น เมื่อ $l = 0.1 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \Delta P_2 &= \frac{fl}{D_h} \times \frac{1}{2} \rho V_{1-2}^2 \\ &= \frac{(0.038)(0.1)}{0.1524} \times \frac{1}{2} (0.7433)(12.01)^2 \\ &= 1.34 \text{ Pa} \end{aligned}$$

1.3 การหาค่าความดันสูญเสียเมื่อผ่านชั้นดูดซับ ที่อุณหภูมิ $150 \text{ }^\circ\text{C}$



รูปที่ 3.17 การไหลของอากาศจากจุดที่ 2 ไปยังจุดที่ 3 ของระบบบำบัดควัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติของเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{Re}_p &= \frac{VD_p}{\nu} \\ &= \frac{12.44 \times 0.006}{3.45 \times 10^{-5}} = 2,163.48 \end{aligned}$$

จะเห็นว่าค่า Re_p มีค่ามากกว่า 1000 จึงใช้สมการ (10) Burke - Plummer equation

$$\frac{\Delta P_3}{L} = \frac{1.75\rho V_0^2}{\phi D_p} \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3}$$

จากภาคผนวก ตารางที่ ข.1 จะได้ $\phi = 0.73$ และจากภาคผนวก ตารางที่ ข.2 จะได้ $\varepsilon = 0.35$

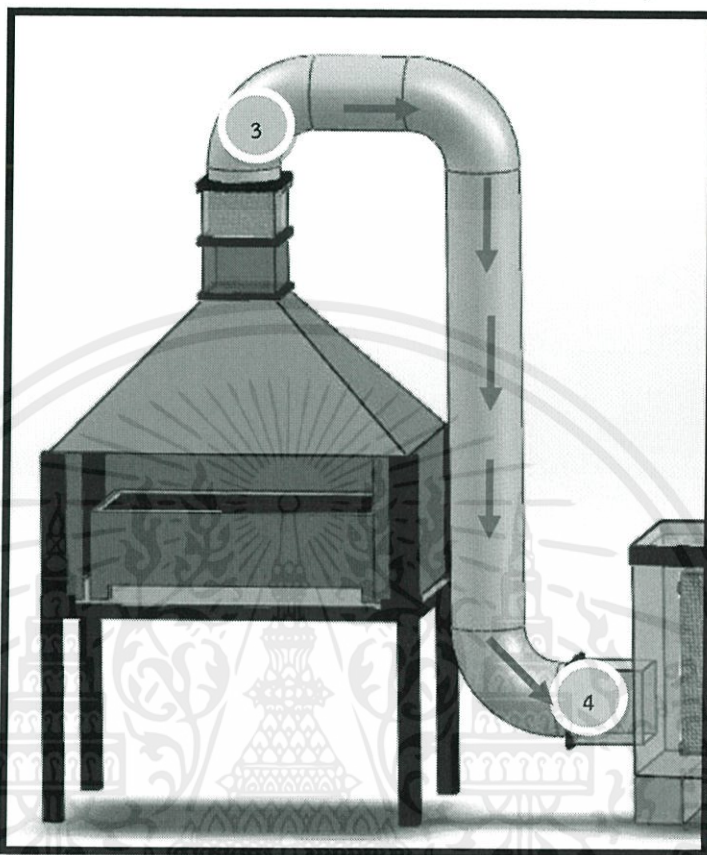
$$V_0 = V \times \varepsilon = 1.5 \times 0.35 = 0.53 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P_3}{L} &= \frac{1.75\rho V_0^2}{\phi D_p} \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \\ &= \frac{1.75 \times 0.74 \times 0.53^2}{0.73 \times 0.006} \frac{1-0.35}{0.35^3} \\ &= 1,259.09 \text{ Pa/m} \end{aligned}$$

ออกแบบให้ตะแกรงใส่สารดูดซับสูง 10 เซนติเมตร จะได้ $\Delta P_3 = 125.90 \text{ Pa}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 หาค่าความดันสูญเสียที่ข้อต่อใช้ Regular 90° จะได้ $K_L = 0.3$ ที่อุณหภูมิ 120 °C



รูปที่ 3.18 การไหลของอากาศจากจุดที่ 3 ไปยังจุดที่ 4 ของระบบบำบัดควัน

$$\begin{aligned}
 \Delta P_4 &= K_L \times \frac{1}{2} \rho V_{3-4}^2 \\
 &= (0.3 + 0.3 + 0.3) \times \frac{1}{2} \times 0.895 (15.295)^2 \\
 &= 94.22 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ค่าความดันสูญเสียจากท่อตรง หน้าตัด 6 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 120 °C

จากเส้นรอบรูปวงกลม, (P_B)

$$P_B = 2\pi r = 2\pi(0.0762) = 0.479 \text{ m}$$

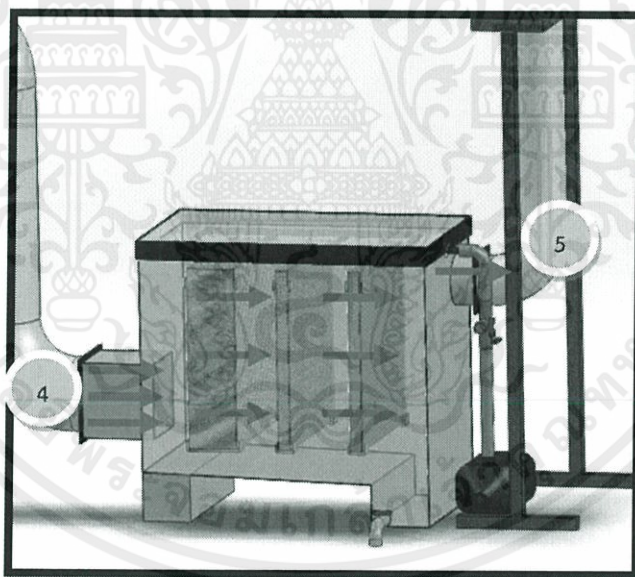
$$\text{จาก } D_h = \frac{4A}{P} = \frac{4 \times \pi \times 0.0762^2}{0.479} = 0.152 \text{ m}$$

$$\text{เมื่อ } l = 1.2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \Delta P_5 &= \frac{fl}{D_h} \times \frac{1}{2} \rho V_{3-4}^2 \\ &= \frac{0.005 \times 1.2}{0.152} \times \frac{1}{2} \times 0.895 \times 15.295^2 \\ &= 4.13 \text{ Pa} \end{aligned}$$

1.6 ค่าความดันสูญเสียจากการดูดซึม ที่อุณหภูมิ 50 °C

สมมติให้ ค่าความดันสูญเสียจากการดูดซึม (ΔP_4) = 700 Pa



รูปที่ 3.19 การไหลของอากาศจากจุดที่ 4 ไปยังจุดที่ 5 ของระบบบำบัดควีน

จากรูปที่ 2.36 เป็นกราฟความสัมพันธ์เพื่อหาค่าความดันลดเมื่อผ่านแพ็คกิ้งชนิดต่างๆ ในการ

ออกแบบเลือกแพ็คกิ้งแบบ Pall ring plastic ขนาด 1 นิ้ว โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสมการ

ดังกล่าวนี้

$$\text{ดังต่อไปนี้ } \frac{G_y^2 F_p \mu_x^{0.1}}{g_c (\rho_x - \rho_y) \rho_y} \text{ และ } \frac{G_x}{G_y} \sqrt{\frac{\rho_y}{\rho_x - \rho_y}} \text{ พบว่า}$$

จากคุณสมบัติ $Q_y = 0.28 \text{ m}^3/\text{s} = 9.89 \text{ ft}^3/\text{s}$, $A_y = 1.15 \times 1.48 \text{ ft}^2$,

$$\rho_y = 0.74 \text{ kg/m}^3 = 0.046 \text{ lb/ft}^3 \text{ จะได้ } G_y = 0.27 \text{ lb/ft}^2 \text{ s}$$

จากคุณสมบัติ $Q_x = 0.384 \text{ l/s} = 0.014 \text{ ft}^3/\text{s}$, $A_x = 1.15 \times 2.00 \text{ ฟุต}$,

$$\rho_{x@27^\circ\text{C}} = 57.31 \text{ lb/ft}^3 \text{ จะได้ } G_x = 0.35 \text{ lb/ft}^2 \text{ s}$$

$$\mu_{x@27^\circ\text{C}} = 0.185 \text{ cP}, \quad g_c = 32.174 \text{ (lb ft/lb}_f \text{ s}^2)$$

จากภาคผนวก ตารางที่ ข.3 จะได้ $F_p = 55$

$$\frac{G_y^2 F_p \mu_x^{0.1}}{g_c (\rho_x - \rho_y) \rho_y} = \frac{(0.27)^2 (55) (0.185)^{0.1}}{(32.174) (57.31 - 0.046) (0.046)} = 0.04$$

$$\frac{G_x}{G_y} \sqrt{\frac{\rho_y}{\rho_x - \rho_y}} = \frac{0.35}{0.27} \sqrt{\frac{0.046}{57.31 - 0.046}} = 0.037$$

ดังนั้น จากรูปที่ 2.36 จะได้ $0.25 \text{ in}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{ft packed} = 204.25 \text{ Pa/m}$

จากการออกแบบกล่องใส่แพ็คกิ้งสูง 0.37 เมตร และสามารถใส่กล่องแพ็คกิ้งได้มากที่สุด 2 ชั้น
จำนวน 3 กล่อง

$$\Delta P_6 = [(204.25 \times 0.37) \times 2 \times 3] = 453.44 \text{ Pa}$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{total}} &= 2.29 + 1.45 + 125.90 + 77.71 + 5.40 + 453.44 \\ &= 666.19 \text{ Pa} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การหาค่ากำลังป้อนเข้าโบลว์เออร์

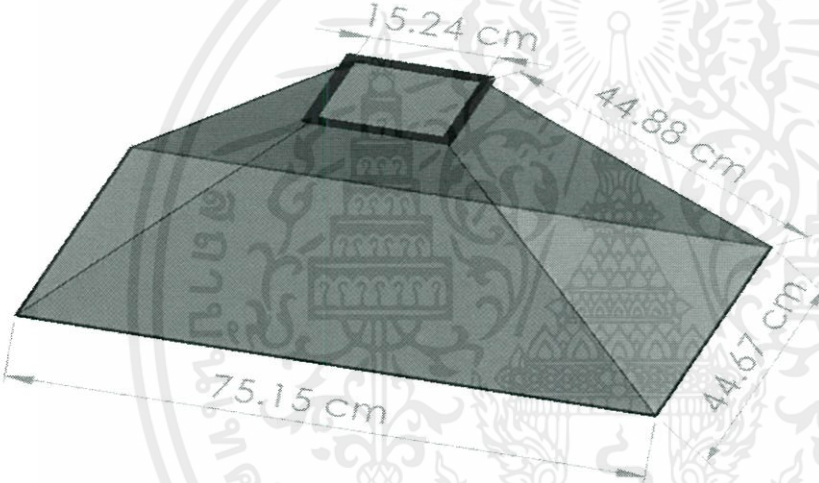
สมมติให้ ประสิทธิภาพโบลว์เออร์เป็น 85 เปอร์เซ็นต์

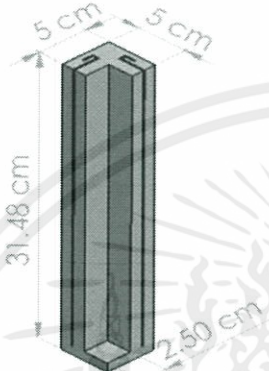

$$\begin{aligned}
 \text{จาก input power} &= \frac{\Delta P \cdot Q}{\eta} \\
 &= \frac{666.19 \times 0.28}{0.60} \\
 &= 310.89 \text{ W} \\
 &= 0.42 \text{ hp}
 \end{aligned}$$





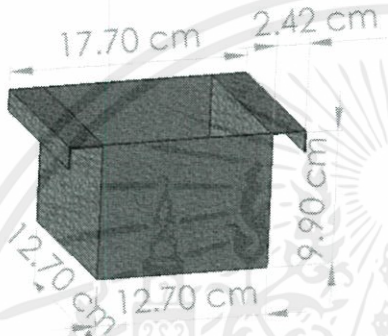
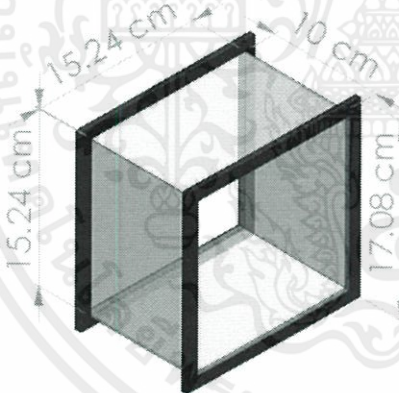
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

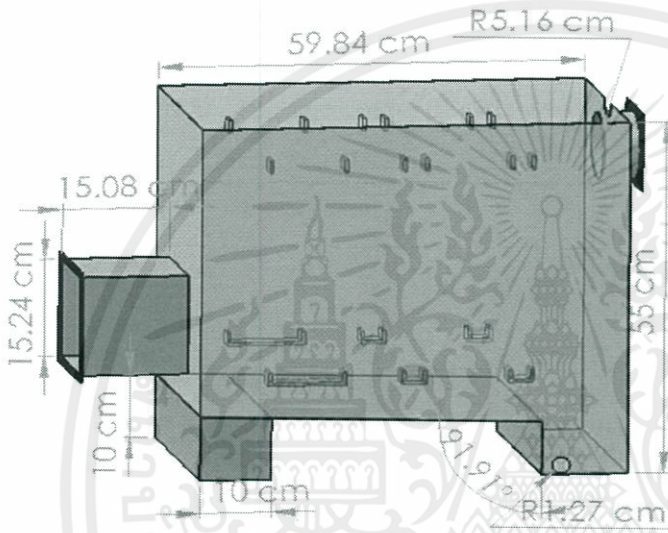
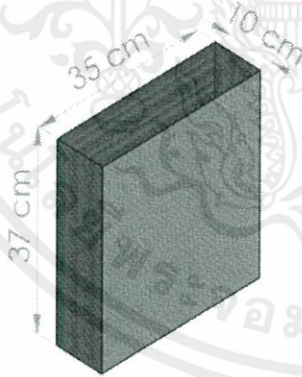
ตารางที่ 3.1 สรุปการออกแบบส่วนประกอบและอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับระบบบำบัดควัน

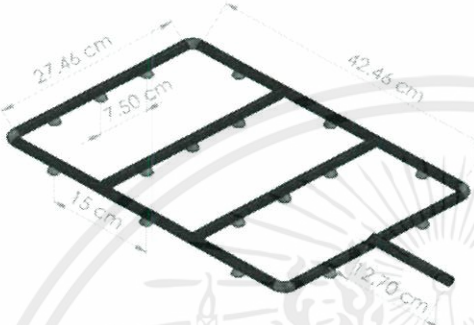
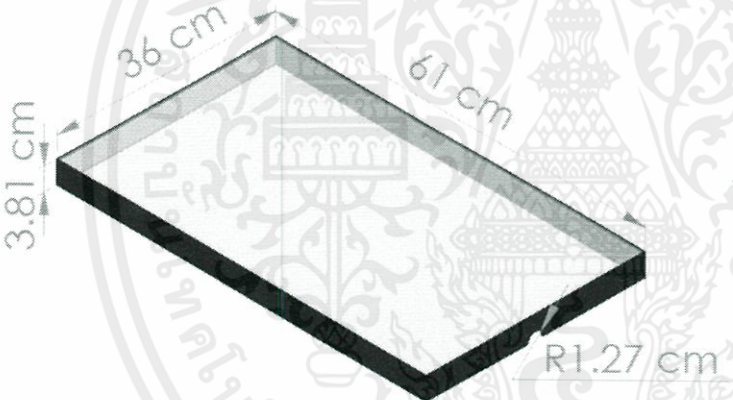
ส่วนประกอบ	ภาพประกอบ	รายละเอียด
โครงสร้างที่ครอบดูดควัน		
ฝาที่ครอบดูดควัน		<p>วัสดุที่ใช้ : สแตนเลส</p> <p>ขนาด : 75.15 x 44.67 cm</p> <p>หน้าตัด : 6 x 6 in</p> <p>ลักษณะทั่วไป : มีรูปร่างคล้ายพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมปลายตัด</p> <p>ใช้สำหรับรวบรวมปริมาณควันให้เข้าสู่ระบบบำบัด</p>

<p>เสาที่ครอบ ดูดควัน</p>		<p>วัสดุที่ใช้ : สแตนเลส ขนาด : 31.48 x 5.00 x 5.00 cm ลักษณะทั่วไป : มีลักษณะคล้ายเสาฉากทั่วไป แต่มีความหนาและมีร่องสำหรับใส่ผนังกัน เพื่อให้ผนังกันสามารถปรับระดับความสูงได้</p>
<p>ผนังด้านซ้าย- ขวาของที่ ครอบดูดควัน</p>		<p>วัสดุที่ใช้ : สแตนเลส ขนาด : 30.48 x 42.87 cm ลักษณะทั่วไป : มีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า และพับขอบเข้าทั้งสองข้างเป็นรูปตัวยูให้พอดีกับขนาดเสาที่ทำไว้ เพื่อให้ใส่ได้พอดีสำหรับปรับระดับความสูงของผนัง</p>

<p>ผนังด้านหลัง ของที่ครอบ ควีน</p>		<p>วัสดุที่ใช้ : สแตนเลส ขนาด : 30.48 x 73.15 cm ลักษณะทั่วไป : มีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า และพับ ขอบเข้าทั้งสองข้างเป็นรูปตัวยูให้พอดีกับขนาดเสาที่ทำไว้ เพื่อให้ใส่ได้พอดีสำหรับปรับระดับความสูงของผนัง</p>
<p>ผนังด้านหน้า ของที่ครอบ ตุตควีน</p>		<p>วัสดุที่ใช้ : สแตนเลส ขนาด : 30.48 x 6.18 cm ลักษณะทั่วไป : มีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า และพับ ขอบเข้าทั้งสองข้างเป็นรูปตัวยูให้พอดีกับขนาดเสาที่ทำไว้ เพื่อให้ใส่ได้พอดีสำหรับปรับระดับความสูงของผนัง</p>

การออกแบบระบบดูดซับ		
<p>ตะแกรงใส่ สารดูดซับ</p>		<p>วัสดุที่ใช้ : ตะแกรงสแตนเลส ขนาด : 12.70 x 12.70 x 10.00cm ปริมาตรบรรจุ : 1,572.50 cm³ ลักษณะทั่วไป : เป็นกล่องทรงสี่เหลี่ยมด้านบนเปิดโล่ง และมีที่จับยื่นออกมามาทางด้านข้างทั้งสองข้าง เพื่อให้สะดวกและง่ายต่อการจับและถอดเปลี่ยน</p>
<p>กล่องสแตน เลสทรง สี่เหลี่ยม</p>		<p>วัสดุที่ใช้ : สแตนเลส ขนาด : 15.24 x 15.24 x 10.00 cm ลักษณะทั่วไป : เป็นกล่องปากเปิดทั้งสองด้านสำหรับให้อากาศไหลผ่านได้ และมีหน้าแปลนยื่นออกมาด้านละ 1 ซม. เพื่อให้ง่ายต่อการถอดประกอบได้</p>

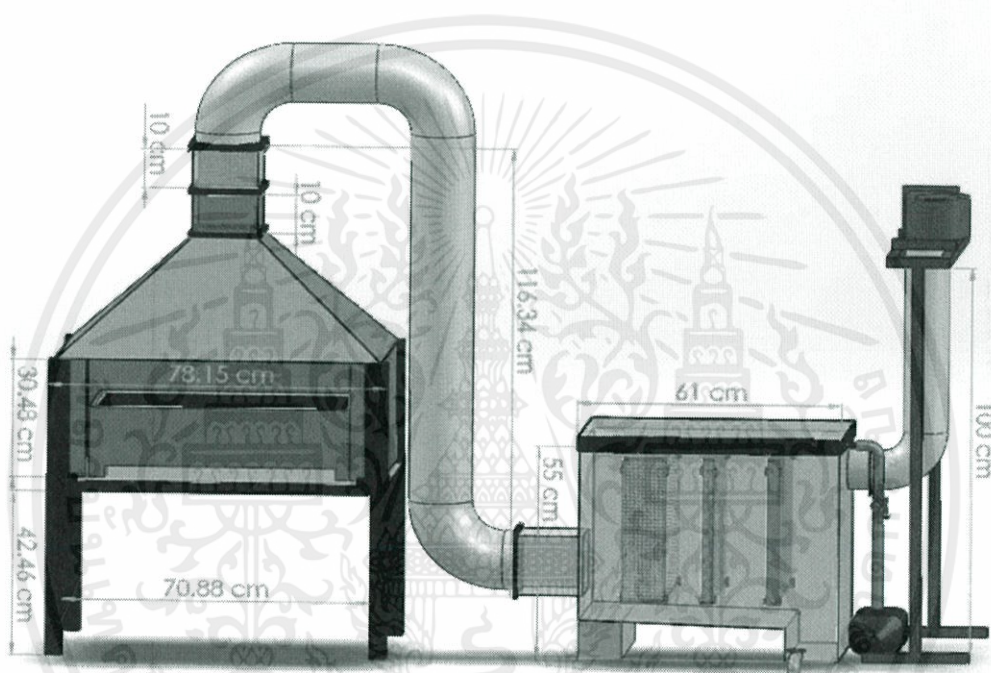
การออกแบบระบบดูดซึม		
<p>ถังดูดซึม</p>		<p>วัสดุที่ใช้ : สังกะสี</p> <p>ขนาด : 60.00 x 35.00 x 45.00 cm</p> <p>ปริมาตรบรรจุ : 94,500.00 m³</p> <p>ลักษณะทั่วไป : เป็นถังทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีทางเข้าหน้าตัดขนาด 6 x 6 นิ้ว ด้านล่างของถังเอียงเพื่อให้ระบายสารดูดซึมออกจากถัง มีท่อลมออกหน้าตัด 4 นิ้ว</p>
<p>กล่องใส่แพ็คกิ้ง</p>		<p>วัสดุที่ใช้ : ตะแกรงสแตนเลส</p> <p>ขนาด : 10.00 x 35.00 x 37.00 cm</p> <p>ปริมาตรบรรจุ : 12,950 m³</p> <p>ลักษณะทั่วไป : เป็นกล่องทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ด้านบนเปิด ตัวกล่องมีขนาดรู 1 นิ้ว เพื่อให้อากาศไหลผ่านได้</p>

ระบบสเปรย์		<p>วัสดุที่ใช้ : สายยางแข็ง</p> <p>ขนาด : 45.00 x 30.00 cm</p> <p>ลักษณะทั่วไป : ระบบสเปรย์แบ่งออกเป็นแถว 4 แถว แล้วติดนอสเซิลตามตำแหน่ง 17 ตัว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสเปรย์ให้ทั่วถึงมากขึ้น</p>
ฝาถัง		<p>วัสดุที่ใช้ : แผ่นอะคริลิก</p> <p>ขนาด : 61.00 x 36.00 x 3.81 cm</p> <p>ลักษณะทั่วไป : เป็นฝาทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ใช้สำหรับกันการกระเซ็นของน้ำ และลดการเล็ดลอดของอากาศ มีลักษณะโปร่งใสสามารถเห็นระบบการทำงานภายในได้</p>

3.5 สรุปผลการออกแบบ

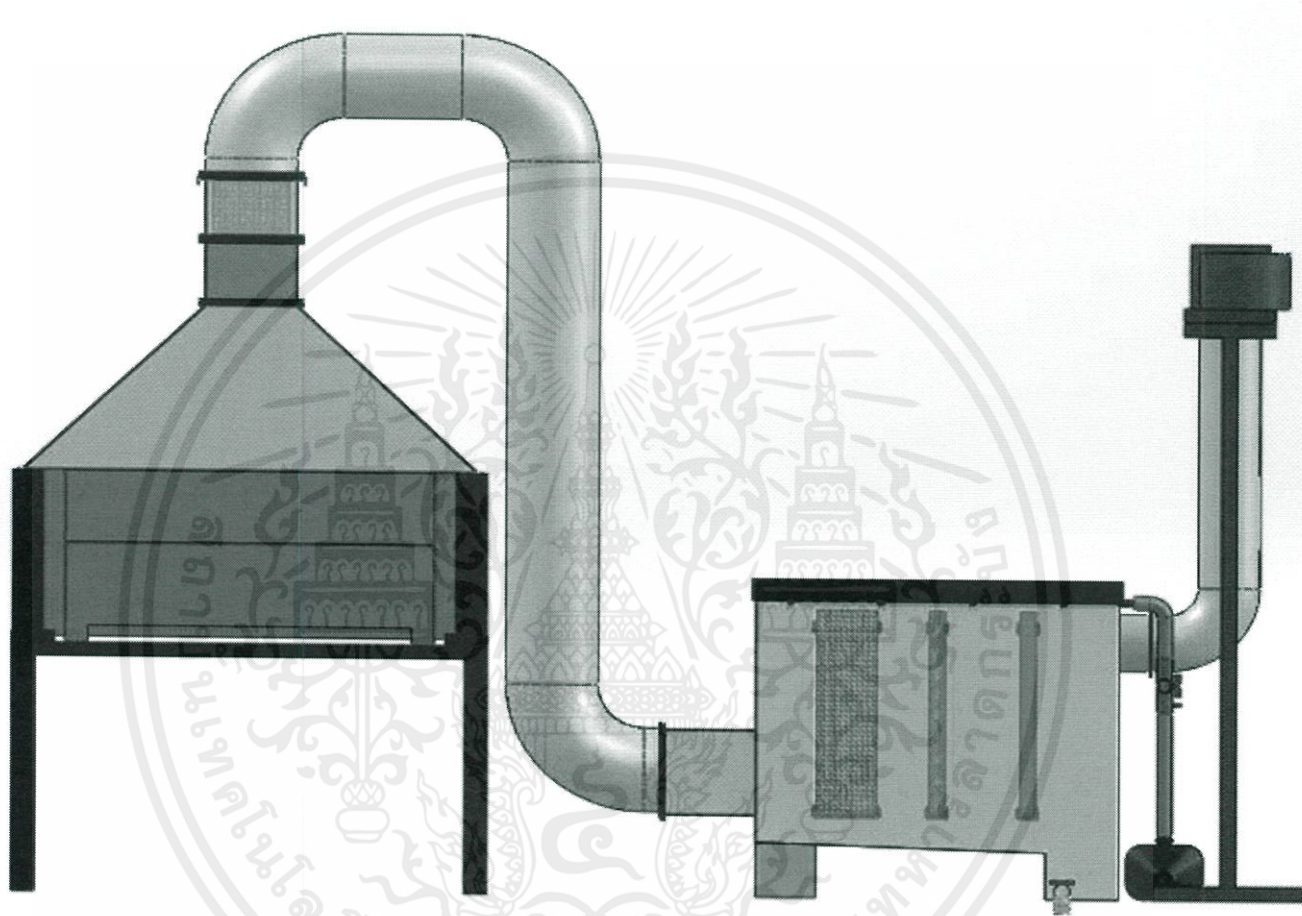
ระบบบำบัดมลพิษควัน

จากการออกแบบส่วนประกอบและอุปกรณ์ของระบบบำบัดควัน สามารถแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้

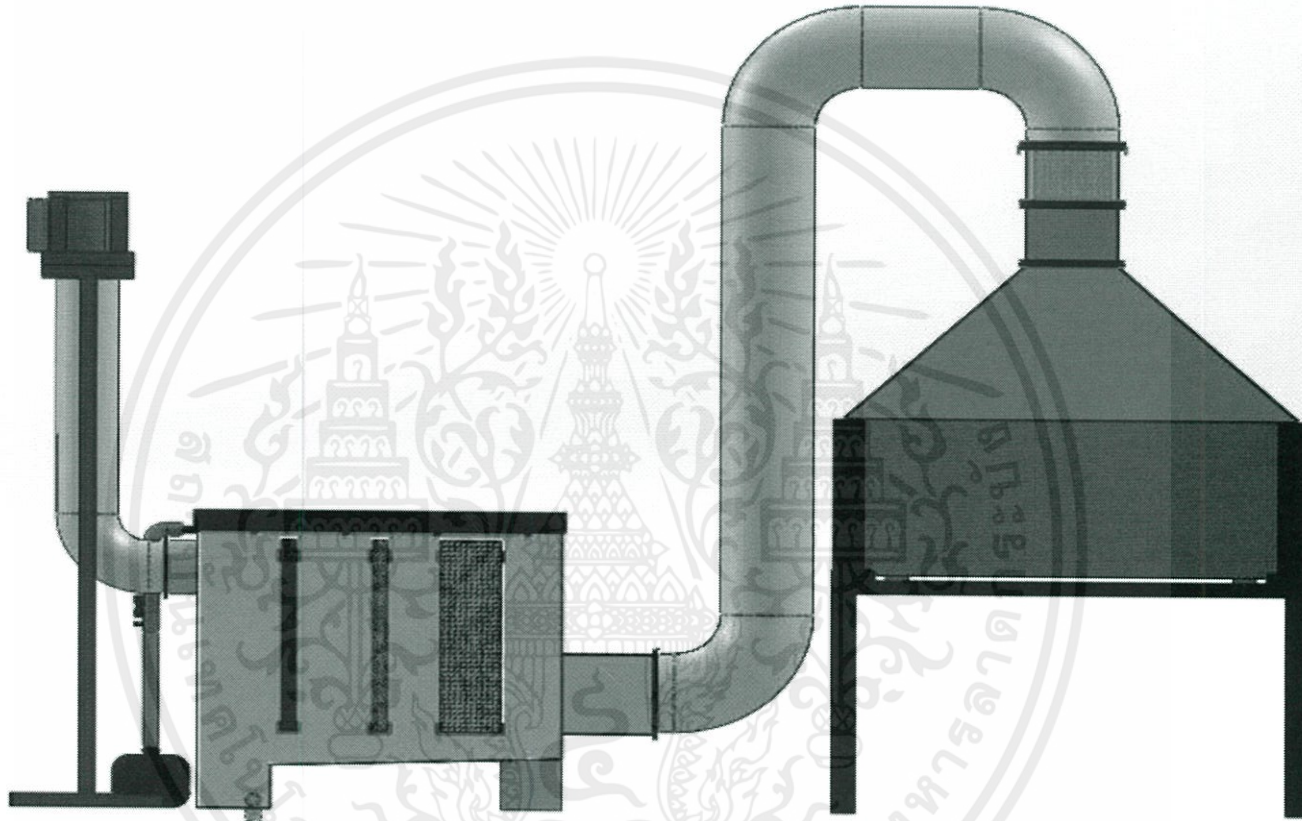


รูปที่ 3.20 รูปแบบของระบบบำบัดควันพร้อมบอกขนาด

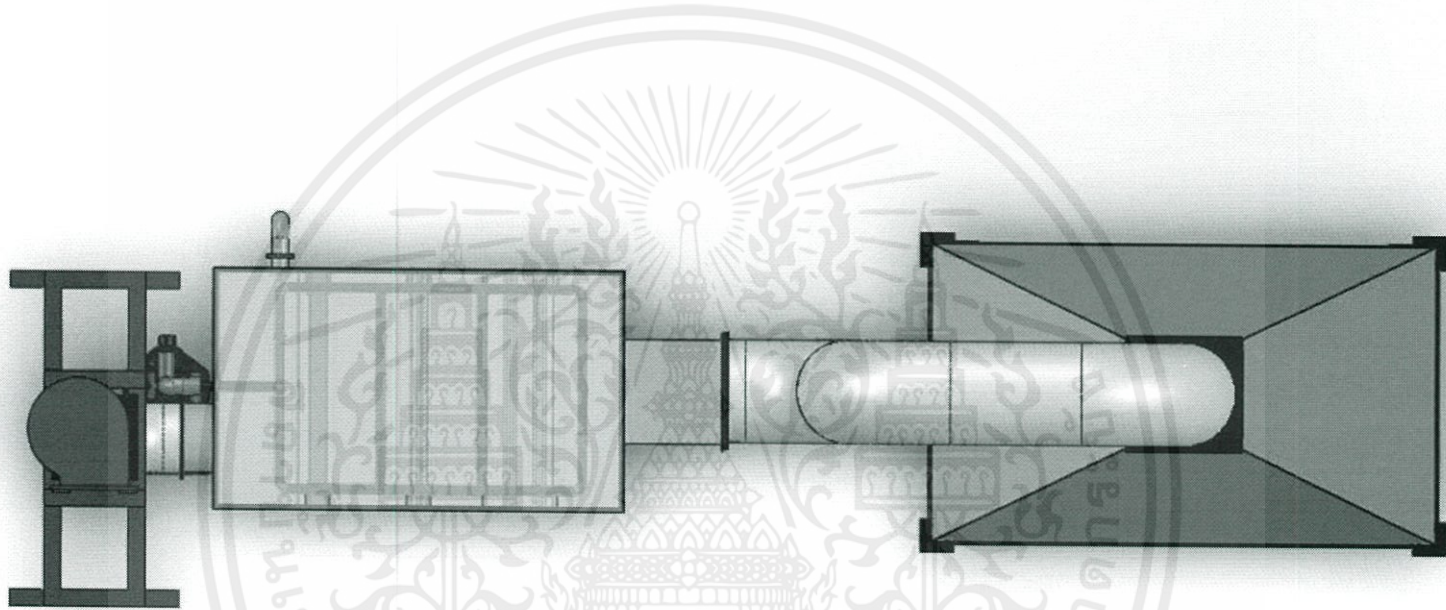
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



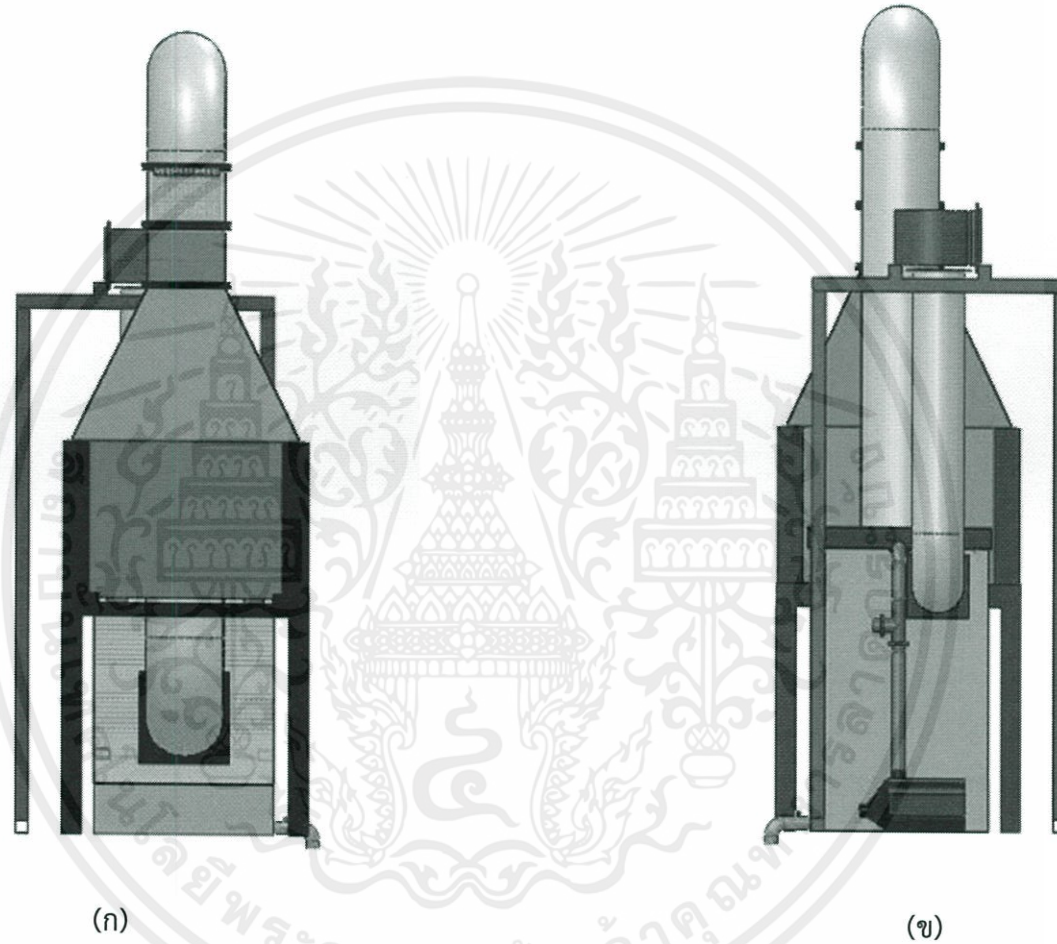
รูปที่ 3.21 รูปแบบของระบบบำบัดควิน (มุมมองด้านหน้า)



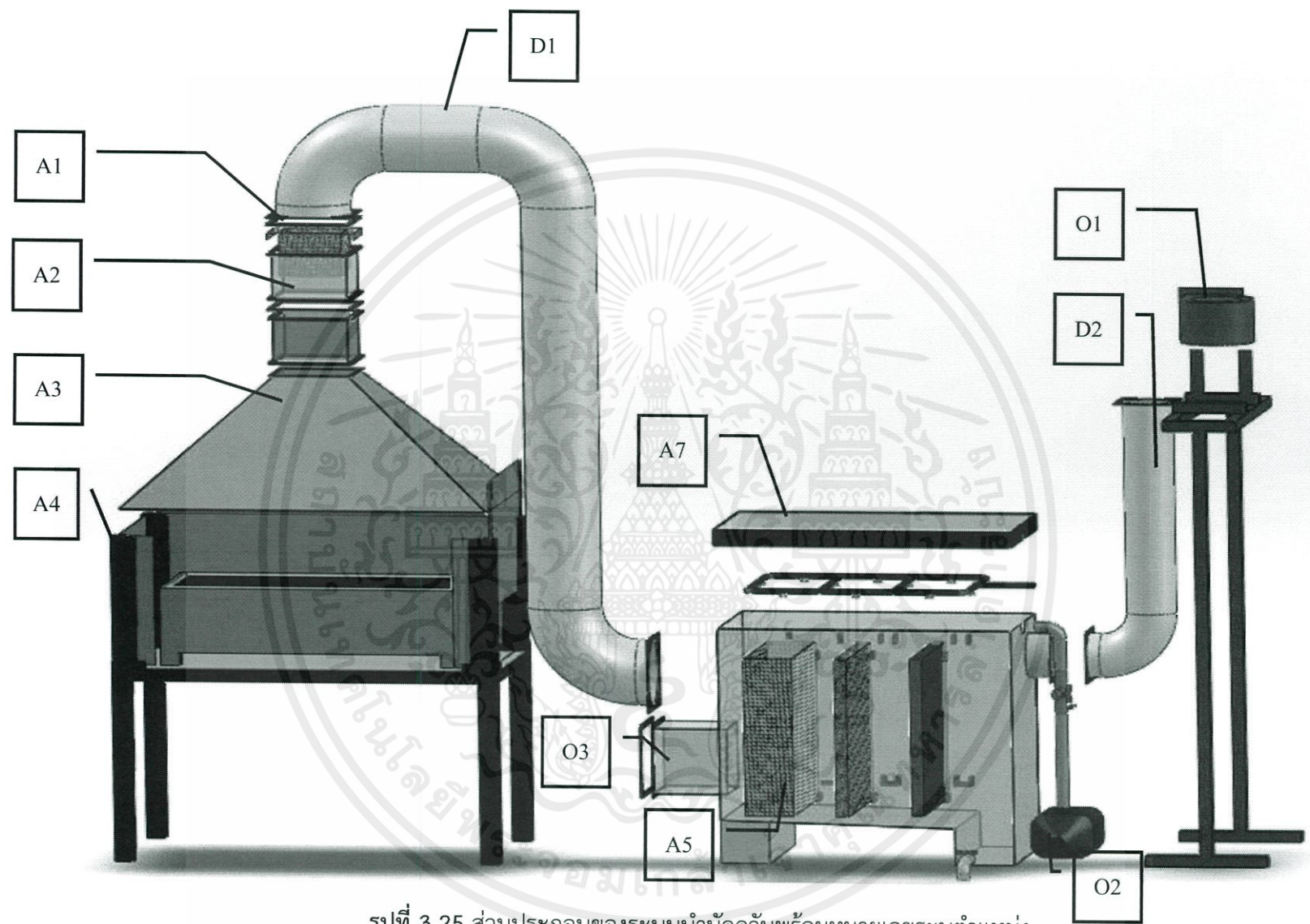
รูปที่ 3.22 รูปแบบของระบบบำบัดคั้น (มุมมองด้านหลัง)



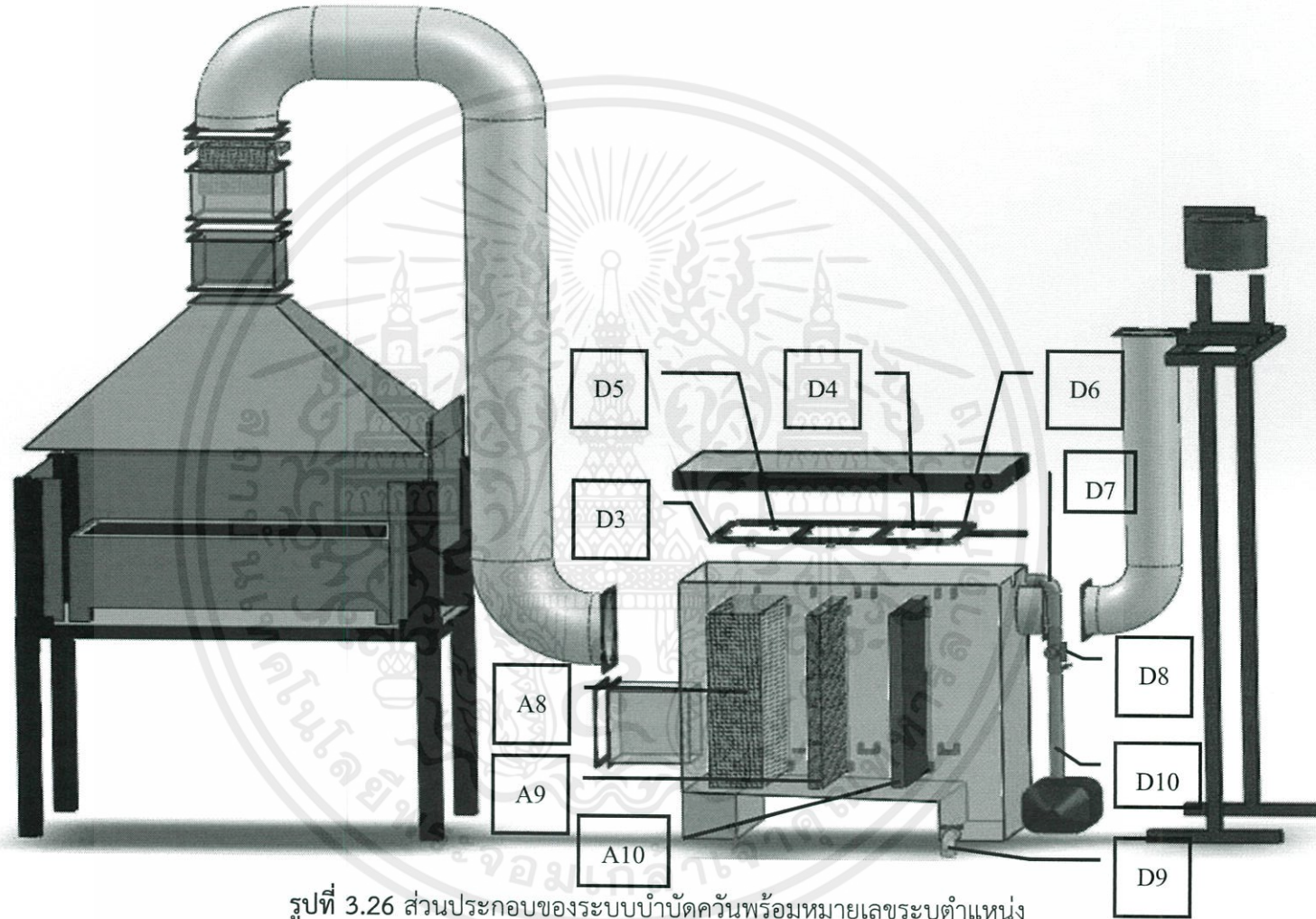
รูปที่ 3.23 รูปแบบของระบบบำบัดควัน (มุมมองด้านบน)



รูปที่ 3.24 รูปแบบของระบบบำบัดควีน (ก. มุมมองด้านซ้าย ข.มุมมองด้านขวา)



รูปที่ 3.25 ส่วนประกอบของระบบบำบัดควันพร้อมหมายเลขระบุตำแหน่ง



รูปที่ 3.26 ส่วนประกอบของระบบบำบัดควันพร้อมหมายเลขระบุตำแหน่ง

ในการออกแบบระบบบำบัดคั้นนั้น มีส่วนประกอบที่สำคัญดังที่แสดงในรูปที่ 3.25 และ 3.26 ซึ่งแต่ละส่วนประกอบใช้ต้องคำนึงถึงการเลือกวัสดุ โดยตารางที่ 3.3 ได้แสดงส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ในระบบบำบัดคั้น

ตารางที่ 3.2 ลักษณะของส่วนประกอบและอุปกรณ์ของระบบบำบัดคั้น

รหัส	ส่วนประกอบ/อุปกรณ์	ลักษณะ
A1	ตะแกรงสำหรับใส่สารดูดซับ	วัสดุ : ตะแกรงสแตนเลสขนาดรู ตะแกรง 1 x 1 มิลลิเมตร
A2	ถั๊บสำหรับใส่สารดูดซับ	วัสดุ : แผ่นสแตนเลส ความหนา 0.8 มิลลิเมตร
A3	ครอบดูดคั้น	วัสดุ : แผ่นสแตนเลส ความหนา 0.8 มิลลิเมตร
A4	เสา	วัสดุ : สแตนเลส ทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 2 x 2 นิ้ว
A5	ถังดูดซึม	วัสดุ : แผ่นสแตนเลส ความหนา 0.8 มิลลิเมตร
A6	ขาตั้งสำหรับวางโบลเวอร์	วัสดุ : เหล็กกล่อง ขนาด 1 x 1 นิ้ว
A7	ฝาถัง	วัสดุ : พลาสติกอะคริลิก สีใส ความ หนา 2 มิลลิเมตร
A8	ตะแกรงสำหรับแพ็คกิ้ง (ไบโอบอล)	วัสดุ : ตะแกรงสแตนเลสขนาดรู ตะแกรง 1 x 1 มิลลิเมตร
A9	ตะแกรงสำหรับแพ็คกิ้ง	วัสดุ : ตะแกรงสแตนเลสขนาดรู
A10		ตะแกรง 1 x 1 มิลลิเมตร
D1	ท่อเฟล็กซ์1	วัสดุ : อะลูมิเนียมพอยด์ ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว
D2	ท่อเฟล็กซ์2	วัสดุ : อะลูมิเนียมพอยด์ ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว
D3	ข้องอ1	วัสดุ : ข้องอพีวีซี ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว

D4	ระบบสเปร์ย์	วัสดุ : สายยางดำ แข็ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว
D5	สปริงเกลอร์	วัสดุ : มินิสปริงเกลอร์พลาสติก
D6	สามทาง	วัสดุ : ข้อต่อสามทางพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว
D7	ข้องอ2	วัสดุ : ข้ออพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว
D8	วาล์ว 3 ทาง	วัสดุ : วาล์วทองเหลือง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว
D9	วาล์ว 2 ทาง	วัสดุ : วาล์วทองเหลือง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว
D10	ท่อตรง	วัสดุ : ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว
O1	โบลว์เออร์	ขนาดมอเตอร์ 0.5 แรงม้า ขนาดท่อออก 4 นิ้ว
O2	ปั้มน้ำ	ขนาด 0.5 แรงม้า
O3	ปะเก็น	วัสดุ : แผ่นยางปะเก็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การประเมินราคา

จากการออกแบบระบบบำบัดมลพิษทางอากาศข้างต้น เพื่อให้สามารถนำไปสร้างเป็นเครื่องต้นแบบ จึงได้ประเมินราคาของส่วนประกอบและอุปกรณ์พอสั่งซื้

ตารางที่ 3.3 การประเมินราคาส่วนประกอบและอุปกรณ์ของครอบดูดควันและระบบดูดซับ

รายการ	วัสดุ/อุปกรณ์	ราคา/หน่วย	จำนวน	ราคา (บาท)
ตัวครอบดูดควัน No: A2-A3	แผ่นสแตนเลส ความหนา 0.80 มม. ขนาด 24 ฟุต	70 บาท (ต่อ ตร.ฟุต)	1	1,680.00
เสา No: A4	ท่อนสแตนเลส ทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 2 x 2 นิ้ว ยาว 3.02 ม.	558 บาท (ต่อ ม.)	1	1,685.16
ตะแกรงสำหรับใส่ สารดูดซับ No: A1	ตะแกรงสแตนเลส ขนาดรูตะแกรง 1 x 1 มม. ขนาด 0.14 ตร.ม.	130 บาท (ต่อ ตร.ม.)	1	18.20
ท่อเฟล็กซ์1 No: D1	ท่อเฟล็กซ์อะลูมิเนียมพอยด์ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ยาว 2 ม.	65.50 บาท (ต่อ ม.)	1	131.00
ปะเก็น No: O3	แผ่นยางปะเก็น ความหนา 5 มม. ขนาด 0.16 ตร.ม.	70 บาท (ต่อ ตร.ม.)	1	11.20
สารดูดซับ	แอคทีเวเต็ด คาร์บอน ปริมาณ 450 กรัม	86 บาท (ต่อ ก.ก.)	1	38.70
รวมราคา				3,575.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 การประเมินราคาส่วนประกอบและอุปกรณ์ของระบบดูดซึม

รายการ	วัสดุ/อุปกรณ์	ราคา/หน่วย	จำนวน	ราคา (บาท)
ถังดูดซึม No: A5	แผ่นสแตนเลส ความหนา 0.80 มม. ขนาด 18 ตร.ฟุต	70 บาท (ต่อ ตร.ฟุต)	1	1,260.00
ขาตั้งสำหรับโบลว์ เออร์ No: A6	เหล็กกล่อง ขนาด 1 x 1 นิ้ว ยาว 4.78 ม.	130 บาท (ต่อ ม.)	1	621.40
ฝาถัง No: A7	พลาสติกอะคริลิก สีใส ความหนา 2 มม. ขนาด 0.30 ตร.ม.	464.28 บาท (ต่อ ตร.ม.)	1	139.28
ตะแกรง สำหรับแพ็คกิ้ง No: A8 – A10	ตะแกรงสแตนเลส ขนาดรูตะแกรง 1 x 1 มม. ขนาด 0.33 ตร.ม.	130 บาท (ต่อ ตร.ม.)	1	42.90
ท่อเพล็กซ์2 No: D2	ท่อเพล็กซ์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 0.72 ม.	52.22 บาท (ต่อ ม.)	1	37.60
ข้องอ1 No: D3	ข้องอขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว	3.50 บาท (ต่อตัว)	4	14.00
ระบบสเปรย์ No: D4	สายยางดำ - แข็ง ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว ยาว 1.77 ม.	11.55 บาท (ต่อ ม.)	1	20.44
สปริงเกลอร์ No: D5	มินิสปริงเกลอร์	3 บาท (ต่อตัว)	17	51.00
สามทาง No: D6	ท่อสามทาง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ½ นิ้ว	12.50 บาท (ต่อตัว)	1	12.50
ข้องอ2 No: D7	ข้องอ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว	8.50 บาท (ต่อตัว)	2	17.00
วาล์ว 3 ทาง No: D8	วาล์วทองเหลือง 3 ทาง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว	299 บาท (ต่อตัว)	1	299.00
วาล์ว 2 ทาง No: D9	วาล์วทองเหลือง 2 ทาง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว	110 บาท (ต่อตัว)	1	110.00
ท่อตรง	ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	21 บาท	1	14.70

No: D10	1 นิ้ว ยาว 0.70 ม.	(ต่อ ม.)		
โบลว์เออร์	โบลว์เออร์ ขนาดมอเตอร์	3,090 บาท		
No: O1	0.5 แรงม้า ขนาดท่อออก 4 นิ้ว	(ต่อตัว)	1	3,090.00
ปั๊มน้ำ	ปั๊มน้ำ ขนาด 0.50 แรงม้า	2,240 บาท		
No: O2		(ต่อตัว)	1	2,240.00
แพ็คกิ่ง	ใยสังเคราะห์ ปริมาณ 3.10 ซีด	8 บาท		
		(ต่อซีด)	1	24.80
แพ็คกิ่ง	ไบโอบอล	20 บาท		
		(30 ลูก)	200	133.33
แพ็คกิ่ง	ฝอยขัดหม้อขนาด 0.13 ตร.ม.	10 บาท		
		(ต่อชิ้น)	10	100.00
แพ็คกิ่ง	ฟองน้ำ ขนาด 0.13 ตร.ม.	29 บาท		
		(ต่อแผ่น)	3	87.00
รวมราคา				8,314.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดควีน

4.1 การทดลองเพื่อหาค่าประกอบของควีนจากถ่าน

การทดลองเพื่อหาค่าประกอบของควีนจากถ่าน โดยการทดลองจะใช้ถ่านที่มีความชื้นแตกต่างกัน 3 ระดับ ดังนี้ ถ่านความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์ ถ่านความชื้น 8 เปอร์เซ็นต์ และถ่านความชื้น 11 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาองค์ประกอบของสารมลพิษ ได้แก่ ออกซิเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ สารมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค และลักษณะของการเกิดควีนที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่าน

4.1.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อศึกษาปริมาณของสารมลพิษจากควีนจากถ่านที่มีระดับความชื้นแตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาลักษณะของควีนจากถ่านที่มีระดับความชื้นแตกต่างกัน

4.1.2 วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. ถ่าน
2. เครื่องวัดองค์ประกอบควีน
3. กระดาษกรองฝุ่น (Whatman เบอร์ 4)
4. เครื่องวัดอุณหภูมิ
5. เตาปิ้งย่างสแตนเลส
6. เตาแก๊สปิกนิก
7. ตู้อบลมร้อน
8. เครื่องชั่งน้ำหนัก
9. พัดลม

เอกสารนี้เป็น 10. กองบรรณาธิการมีสิทธิในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ 11. คณะกรรมการฯ ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
12. ที่สืบถ่าน

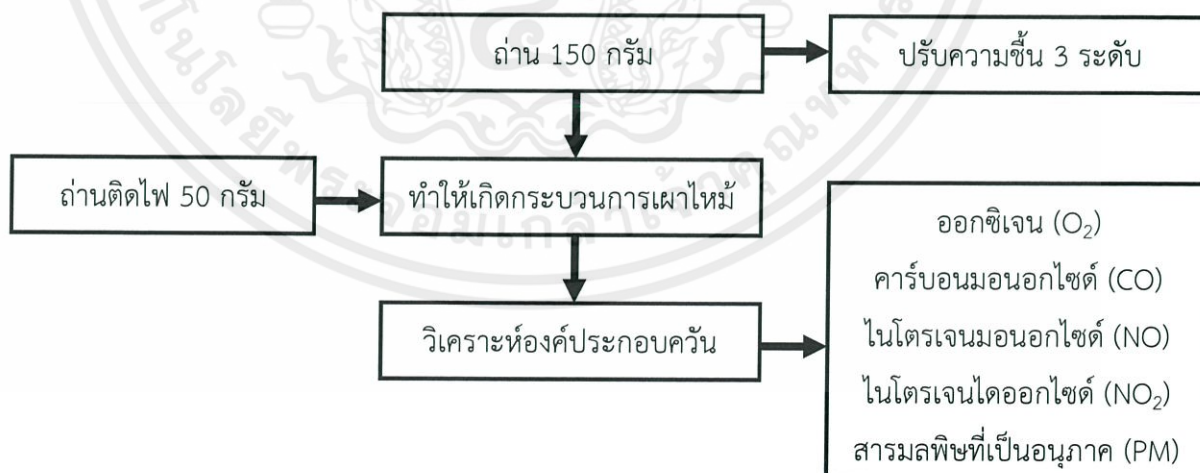
4.1.3 การเตรียมวัตถุดิบ

1. นำตัวอย่างถ่านปริมาณ 3 กรัม ไปอบหาความชื้นเริ่มต้น เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
2. ปรับความชื้นของถ่านให้แตกต่างกัน 3 ระดับ
3. ชั่งน้ำหนักของถ่านที่มีความชื้นแตกต่างกัน อย่างละ 200 กรัมต่อหนึ่งการทดลอง

4.1.4 วิธีการทดลอง

1. นำถ่านปริมาณ 50 กรัม มาติดไฟด้วยเตาแก๊สที่ระดับความแรงคงที่เป็นเวลา 5 นาที
2. นำถ่านที่ติดไฟแล้วไปใส่เตาปิ้งย่าง จึงเปิดพัดลมที่มีความแรงและระยะห่างคงที่นาน 5 นาที
3. นำถ่านที่เหลือปริมาณ 150 กรัม มาใส่ในเตาและเกลี่ยให้ทั่วเตาและเริ่มบันทึกผล
4. นำกระดาษกรอง กรองสารมลพิษที่เป็นอนุภาคนาน 10 นาที
5. วัดองค์ประกอบของควันด้วยเครื่องวัดองค์ประกอบทุกๆ 5 วินาที นาน 10 นาที
6. สังเกตและบันทึก ลักษณะของควันและสารมลพิษจากถ่าน
7. นำกระดาษกรองที่ได้ไปหาปริมาณอนุภาคที่ผ่านกระดาษกรอง

แผนผังแสดงวิธีการทดลองเพื่อหาองค์ประกอบของควันจากถ่านที่มีความชื้นแตกต่างกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองเพื่อหาค่าประอบของควันจากการประกอบอาหารที่โรงอาหาร C

การทดลองหาค่าประอบของควันจากการประกอบอาหารที่โรงอาหาร C ซึ่งสุ่มวัดปริมาณสารมลพิษจากตัวอย่างอาหาร 2 ประเภท ดังนี้ กระเพราเบคอน และผัดซีอิ้วทะเล เพื่อหาปริมาณสารมลพิษของควันที่เกิดจากการปรุงอาหาร ได้แก่ ออกซิเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และสารมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค และสังเกตลักษณะของควันที่เกิดจากการประกอบอาหาร

4.2.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อหาปริมาณของสารมลพิษของควันที่เกิดจากการปรุงอาหาร
2. เพื่อสังเกตลักษณะของควันที่เกิดจากการประกอบอาหาร

4.2.2 วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. ตัวอย่างอาหาร ได้แก่ กระเพราเบคอน ผัดซีอิ้วทะเล
2. เครื่องวัดองค์ประกอบควัน
3. กระดาษกรองฝุ่น (Whatman เบอร์ 4)
4. เครื่องวัดอุณหภูมิ
5. ที่ครอบเก็บควัน
6. บีมสุญญากาศ

4.2.3 วิธีการทดลอง

1. เตรียมเครื่องวัดองค์ประกอบควัน และที่ดูดเก็บควันให้พร้อม
2. สุ่มวัดตัวอย่างควันจากการประกอบอาหารที่โรงอาหาร C โดยใช้เครื่องวัดองค์ประกอบควันเป็นเวลาทุกๆ 5 วินาที
3. นำกระดาษกรอง กรองสารมลพิษที่เป็นอนุภาค นาน 1 นาที
4. สังเกตและบันทึกผลการทดลอง
5. นำกระดาษกรองที่ได้ไปหาปริมาณอนุภาคที่ผ่านกระดาษกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นกรณีที่มีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหาให้สอดคล้องกับความต้องการของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควัน

จากการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควัน โดยใช้แหล่งกำเนิดควันจากถ่าน ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษมากที่สุด จากการทดลองสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของระบบบำบัดแบบดูดซับ ในการทดลองนี้จะศึกษาโดยใช้สารดูดซับ 4 ชนิด คือ แอคติเวเต็ดคาร์บอน, แอคติเวเต็ดอะลูมินา, โมเลกุลาร์ซีฟ และถ่าน ที่ปริมาณต่างกัน 3 ระดับ คือ 150, 300, 450 กรัม
2. ทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของระบบบำบัดแบบดูดซึม ในการทดลองนี้จะศึกษาโดยใช้น้ำ เป็นสารดูดซึมที่อัตราการไหล 3 ระดับ คือ 0.384, 0.340, 0.246 ลิตรต่อวินาที
3. ทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของระบบบำบัดควัน โดยรวมทั้งระบบบำบัดแบบดูดซึมและแบบดูดซับเข้าด้วยกัน ในการทดลองจะศึกษาที่ระดับอัตราการไหลของสารดูดซึม และปริมาณของสารดูดซับที่ต่างกันดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น

4.3.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบดูดซับที่ปริมาณของสารดูดซับที่ต่างกัน
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดแบบดูดซึมที่ระดับอัตราการไหลของสารดูดซึมที่ต่างกัน
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควันของสารดูดซึมและสารดูดซับ

4.3.2 วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. สารดูดซับ ได้แก่ คาร์บอน, แอคติเวเต็ดคาร์บอน, แอคติเวเต็ดอะลูมินา, โมเลกุลาร์ซีฟ และถ่าน
2. สารดูดซึม ได้แก่ น้ำ
3. เครื่องวัดองค์ประกอบควัน (Tempest 100)
4. เครื่องวัด VOC (MiniRAE Plus)
5. กระดาษกรองฝุ่น (Whatman เบอร์ 4)
6. มานอมิเตอร์
7. เทอร์โมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบต่อข้อมูลที่คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ที่ครอบดูดควัน
9. เตาปิ้งย่างสแตนเลส
10. เตาแก๊สปิกนิก
11. ถ่าน
12. น้ำมันพืช
13. กระดาษหนังสือพิมพ์
14. กระจกฉีดยา

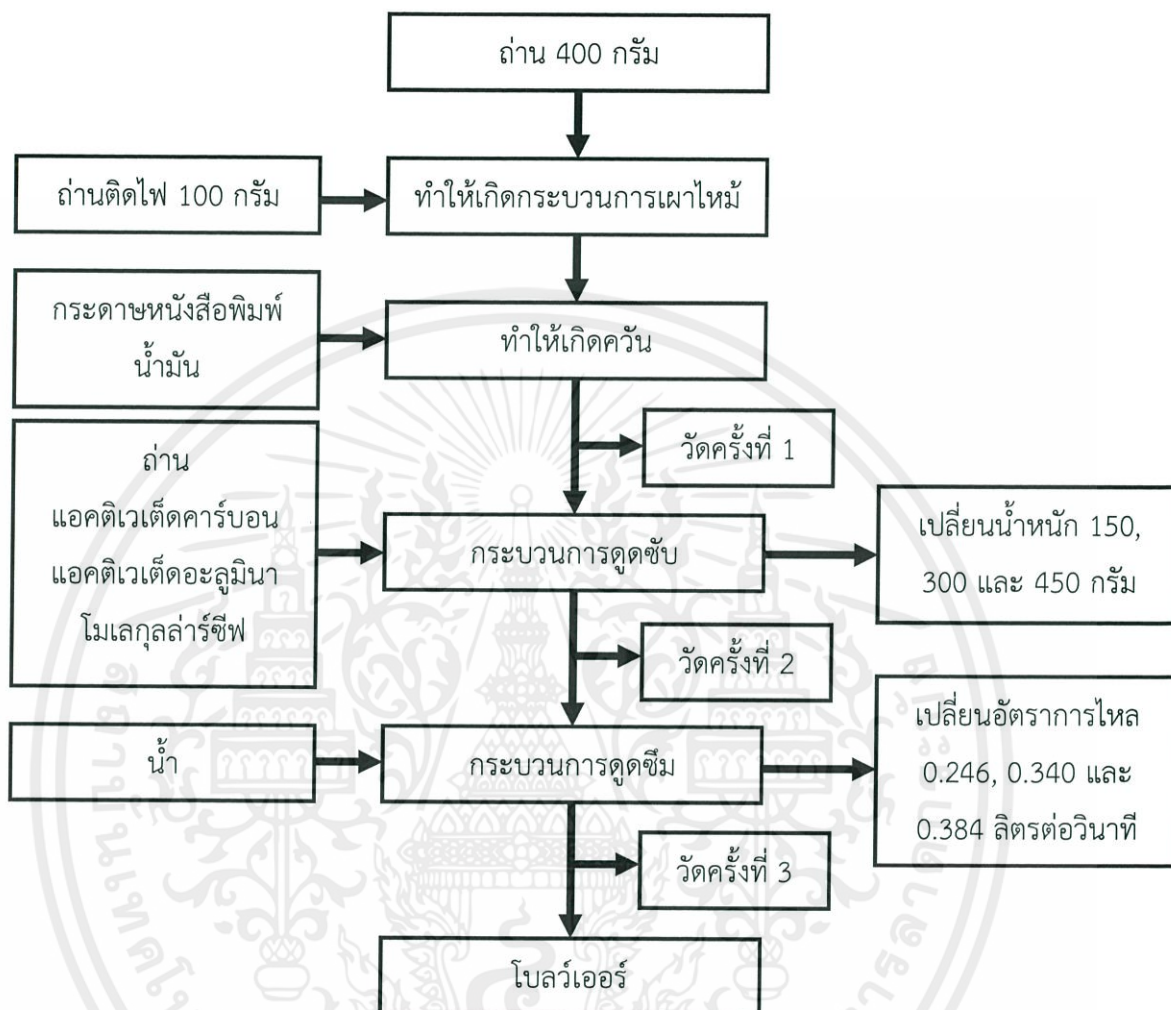
4.3.3 การเตรียมวัสดุดิบ

1. ชั่งน้ำหนักถ่านปริมาณ 500 กรัมต่อการทดลอง
2. เตรียมสารดูดซึมน้ำ 23.34 ลิตร
3. เตรียมสารดูดซับอย่างละ 3 ถัง คือ 150, 300, 450 กรัมต่อการทดลอง
4. เตรียมน้ำมันพืช 30 มิลลิลิตรต่อการทดลองใส่ในกระจกฉีดยา
5. ติดตั้งระบบบำบัดควัน และอุปกรณ์การวัดให้เรียบร้อย

4.3.4 วิธีการทดลอง

1. นำถ่านปริมาณ 100 กรัม มาติดไฟด้วยเตาแก๊สที่ระดับความแรงคงที่ เป็นเวลา 5 นาที
2. นำถ่านที่ติดไฟแล้วใส่ในเตา แล้วจึงใส่ถ่านที่เหลือหลังจากเวลาผ่านไป 1 นาทีจึงเริ่มการทดลอง
3. ใส่กระดาษหนังสือพิมพ์ สลับกับการสเปรย์น้ำมันปริมาณ 2 มิลลิลิตร ทุกๆ 1 นาที
4. วัดค่าความดันลดและวัดความเร็วลมภายในระบบบำบัดควันพร้อมทั้งบันทึกค่า
5. นำกระดาษกรอง กรองสารมลพิษที่เป็นอนุภาคนาน 2 นาที
6. จากนั้นนำเครื่องวัดองค์ประกอบควัน (Tempest 100) และเครื่องวัด VOC (MiniRAE Plus) มาวัดตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งบันทึกค่า
7. ปรับระดับการไหลของน้ำและทำการทดลองเช่นเดิม
8. บันทึกผลและสังเกตลักษณะของควัน
9. นำกระดาษกรองที่ได้ไปหาปริมาณอนุภาคที่ผ่านกระดาษกรอง

แผนผังแสดงการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควันจากการปรุงอาหาร

การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควันจากการปรุงอาหาร โดยการเลือกระบบบำบัดควันที่สามารถลดปริมาณสารมลพิษได้มากที่สุดจากการทดลองข้างต้น (การทดลองที่ 4.3) เพื่อบำบัดควันจากการปรุงอาหาร 2 ประเภท ได้แก่ ประเภททอด (ปลาทอด) และประเภทปิ้งย่าง (ปีกไก่ย่าง) อย่างละ 500 กรัมต่อหนึ่งการทดลอง โดยทำการวัดค่าปริมาณสารมลพิษตั้งแต่เริ่มปรุงอาหารจนกระทั่งอาหารสุก

4.4.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารมลพิษของระบบบำบัดควันที่เลือกจากการปรุงอาหาร

4.4.2 วัสดุอุปกรณ์การทดลอง

1. สารดูดซับ ได้แก่ Activated carbon
2. สารดูดซึม ได้แก่ น้ำ
3. ตัวอย่างอาหาร ได้แก่ ปลาทอด ปีกไก่
4. เครื่องวัดองค์ประกอบควัน (Tempest 100)
5. เครื่องวัด VOC (MiniRAE Plus)
6. กระดาษกรองฝุ่น (Whatman เบอร์ 4)
7. มานอมิเตอร์
8. เทอร์โมมิเตอร์
9. ที่ครอบควัน
10. เตาย่างสแตนเลส
11. เตาก๊าซปิคนิค
12. กระทะตะหลิว
13. ถ่าน
14. น้ำมันพืช
15. เครื่องปรุงรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 การเตรียมวัตถุดิบ

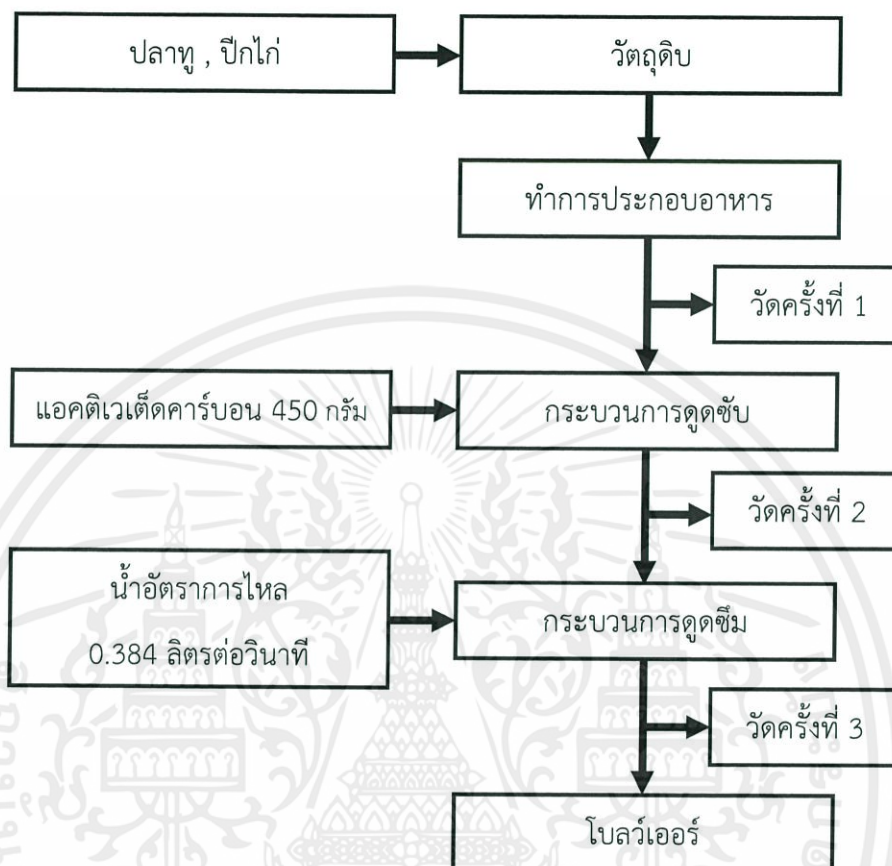
1. ชั่งน้ำหนักปลาทุและปีกไก่ อย่างละ 500 กรัม
2. เตรียมน้ำมันพืชปริมาณ 600 มิลลิลิตร
3. หมักปีกไก่กับเครื่องปรุงรสเป็นเวลา ครึ่ง ชั่วโมง
4. เตรียมสารดูดซับ ได้แก่ Activated carbon 450 กรัม
5. เตรียมถ่าน 1000 กรัม

4.4.4 วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งระบบบำบัดควัน และติดตั้งอุปกรณ์การวัดให้พร้อมใช้งาน
2. ทำการประกอบอาหาร 2 อย่าง ได้แก่ ปลาทุทอด และปีกไก่ย่าง
3. วัดค่าอุณหภูมิขณะทำอาหาร
4. วัดความดันลดก่อนและหลังผ่านการบำบัดแบบดูดซึมโดยใช้มานอมิเตอร์
5. จากนั้นนำเครื่องวัดองค์ประกอบควันมาเสียบตรงกลางท่อดูดควันก่อนและหลังผ่านการบำบัดควันที่เตรียมไว้วัดค่าทุกๆ 4 นาทีจนกระทั่งอาหารสุกบันทึกค่า
6. นำกระดาษกรอง กรองสารมลพิษที่เป็นอนุภาค นาน 2 นาที พร้อมทั้งบันทึกค่า
7. นำกระดาษกรองที่ได้ไปหาปริมาณอนุภาคที่ผ่านกระดาษกรอง
8. บันทึกผลและสังเกตการบำบัดควัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังแสดงการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดคั้นจากการปรุงอาหาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการทดสอบ

5.1 การออกแบบโบลว์เออร์ (Blower)

โบลว์เออร์เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยระบายอากาศออกสู่ภายนอกระบบบำบัดควัน โดยการเลือกใช้โบลว์เออร์นั้นจะต้องเลือกให้มีขนาดที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถระบายอากาศออกได้ทั้งหมด ซึ่งในการออกแบบได้คำนวณอุณหภูมิ และกำลังป้อนเข้า (ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 2.8.2 การคำนวณหาความดันลด) นำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองจริง ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิและความดันลดระหว่างทฤษฎีกับผลจากการทดลองที่ตำแหน่งต่างๆ ของระบบบำบัดควัน (ดังรูปที่ 3.13)

Position	Theory			Experiment		
	Temperature (°C)	Pressure drop (Pa)	Power input	Temperature (°C)	Pressure drop (Pa)	Power input
1-2	200	$\Delta P_1 = 2.29$	0.42 hp	200	$\Delta P_1 = 4.22$	0.41 hp
		$\Delta P_2 = 1.45$			$\Delta P_2 = 2.39$	
2-3	150	$\Delta P_3 = 125.90$		170	$\Delta P_3 = 126.48$	
3-4	120	$\Delta P_4 = 77.71$		100	$\Delta P_4 = 151.10$	
		$\Delta P_5 = 5.40$			$\Delta P_5 = 10.49$	
4-5	50	$\Delta P_6 = 453.44$		38	$\Delta P_6 = 187.85$	
Total pressure drop		666.19		482.53		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดลองเพื่อหาค่าองค์ประกอบของควันจากถ่าน

การทดลองเพื่อหาค่าองค์ประกอบของควันจากความชื้นของถ่านที่แตกต่างกัน ดังนี้ ถ่านแห้ง (5 เปอร์เซ็นต์) ถ่านธรรมดา (8 เปอร์เซ็นต์) ถ่านชื้น (11 เปอร์เซ็นต์) เป็นการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณของสารมลพิษต่างๆ ในควัน ได้แก่ ออกซิเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และสารมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค โดยการทดลองใช้ถ่านปริมาณ 200 กรัมต่อหนึ่ง การทดลองนำมาเผาไหม้ จากนั้นทำการวัดค่าองค์ประกอบของควันทุกๆ 3 วินาที เป็นระยะเวลา 10 นาที และกรองสารมลพิษที่เป็นอนุภาคนาน 10 นาที ซึ่งผลการทดลองเป็นดังนี้

ตารางที่ 5.2 ปริมาณของสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่านที่มีความชื้นแตกต่างกัน

Pollutants	Moisture content of coal		
	5%	8%	11%
O ₂ (%)	20.72 ± 0.08 ^b	20.84 ± 0.06 ^a	20.52 ± 0.06 ^c
CO (ppm)	492.85 ± 160.05 ^a	293.45 ± 82.49 ^b	347.52 ± 80.55 ^c
NO (ppm)	2.41 ± 1.12 ^a	2.11 ± 0.93 ^b	1.24 ± 0.77 ^c
NO ₂ (ppm)	0.03 ± 0.05 ^c	0.05 ± 0.05 ^b	0.18 ± 0.08 ^a
PM (mg.)	3.10	2.10	5.20
Temperature in Hood (°C)	45.54 ± 5.60 ^a	44.18 ± 3.79 ^b	41.28 ± 2.70 ^c

จากตารางที่ 5.2 พบว่าการเผาไหม้ถ่านนั้นก่อให้เกิดสารคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณที่สูงมาก โดยเฉพาะถ่านที่มีความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์มีสารคาร์บอนมอนอกไซด์สูงถึง 492.85 ± 160.05 พีพีเอ็ม ในขณะที่พบปริมาณสารไนโตรเจนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และสารมลพิษที่เป็นอนุภาคเพียงเล็กน้อยจากการเผาไหม้ ทั้งนี้อุณหภูมิที่วัดได้ภายในปล่องควันมีค่าอยู่ระหว่าง 40 – 50 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การทดลองเพื่อหาค่าประกอบของควินจากการประกอบอาหารที่โรงอาหาร C

การทดลองหาค่าประกอบของควินจากการประกอบอาหารที่โรงอาหาร C เพื่อหาปริมาณสารมลพิษของควินที่เกิดจากการปรุงอาหาร 2 ประเภท ได้แก่ กระทะเผาเบคอนและผัดซีอิ๊วทะเล โดยทำการวัดปริมาณของสารมลพิษทุกๆ 5 วินาที ตั้งแต่เริ่มปรุงอาหารจนกระทั่งอาหารสุก และวัดปริมาณสารมลพิษที่เป็นอนุภาคนาน 1 นาที ซึ่งผลการทดลองหาค่าประกอบของควินจากการประกอบอาหารที่โรงอาหาร C พบว่าการปรุงอาหารประเภทกระทะเผาเบคอนก่อให้เกิดสารคาร์บอนมอนอกไซด์และออกซิเจนในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งมีปริมาณโดยเฉลี่ย 43.50 ± 8.17 พีพีเอ็ม และ 19.59 ± 0.24 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่พบปริมาณสารคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และสารมลพิษที่เป็นอนุภาคเพียง 0.80 ± 0.14 พีพีเอ็ม 1.33 ± 0.52 เปอร์เซ็นต์, 0.27 ± 0.05 พีพีเอ็ม, และ 1.40 มิลลิกรัม ตามลำดับ สำหรับการปรุงอาหารประเภทผัดซีอิ๊วทะเล พบว่ามีปริมาณสารออกซิเจนสูงสุดเฉลี่ย 20.96 เปอร์เซ็นต์ แต่พบปริมาณสารคาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และสารมลพิษที่เป็นอนุภาคเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีปริมาณ 0.72 ± 1.44 พีพีเอ็ม, 0.07 ± 0.05 พีพีเอ็ม, 1.80 มิลลิกรัม ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Baek et al. (1996) ที่ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณของสารมลพิษที่เกิดจากการปรุงอาหาร โดยพบสารคาร์บอนมอนอกไซด์ 11.3 ± 16.4 พีพีเอ็ม คาร์บอนไดออกไซด์ 1081 ± 488 พีพีเอ็ม และไนโตรเจนไดออกไซด์ 58 ± 22 พีพีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควัน

การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควัน โดยใช้แหล่งกำเนิดควันจากถ่าน สามารถแบ่งผลการทดลองออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. การทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของระบบบำบัดแบบดูดซับ โดยใช้สารดูดซับ 4 ชนิด ได้แก่ แอคติเวเต็ดคาร์บอน, แอคติเวเต็ดอะลูมินา, โมเลกุลลาร์ซีฟ และถ่าน ที่ปริมาณต่างกัน 3 ระดับ คือ 150, 300, 450 กรัมต่อหนึ่งการทดลอง
2. การทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของระบบบำบัดแบบดูดซึม โดยใช้ น้ำเป็นสารดูดซึม ที่อัตราการไหลของสารดูดซึมแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 0.384, 0.340, 0.246 ลิตรต่อวินาที ตามลำดับ
3. การทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของระบบบำบัดควัน ซึ่งประยุกต์ใช้สองระบบดังกล่าวข้างต้นร่วมกัน โดยที่ระดับอัตราการไหลของน้ำ และปริมาณของสารดูดซับที่แตกต่างกันดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

สำหรับการทดลองใช้ถ่านปริมาณ 500 กรัมต่อหนึ่งการทดลอง พร้อมทั้งจำลองการสร้างควัน โดยการสเปรย์น้ำมัน และเติมกระดาษหนังสือพิมพ์สลับกันทุกๆ 1 นาที ทำการวัดค่าปริมาณสารมลพิษด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 ผลการทดลองเป็นดังนี้

ตารางที่ 5.3 ปริมาณสารมลพิษเริ่มต้นที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่าน (ก่อนการบำบัด)

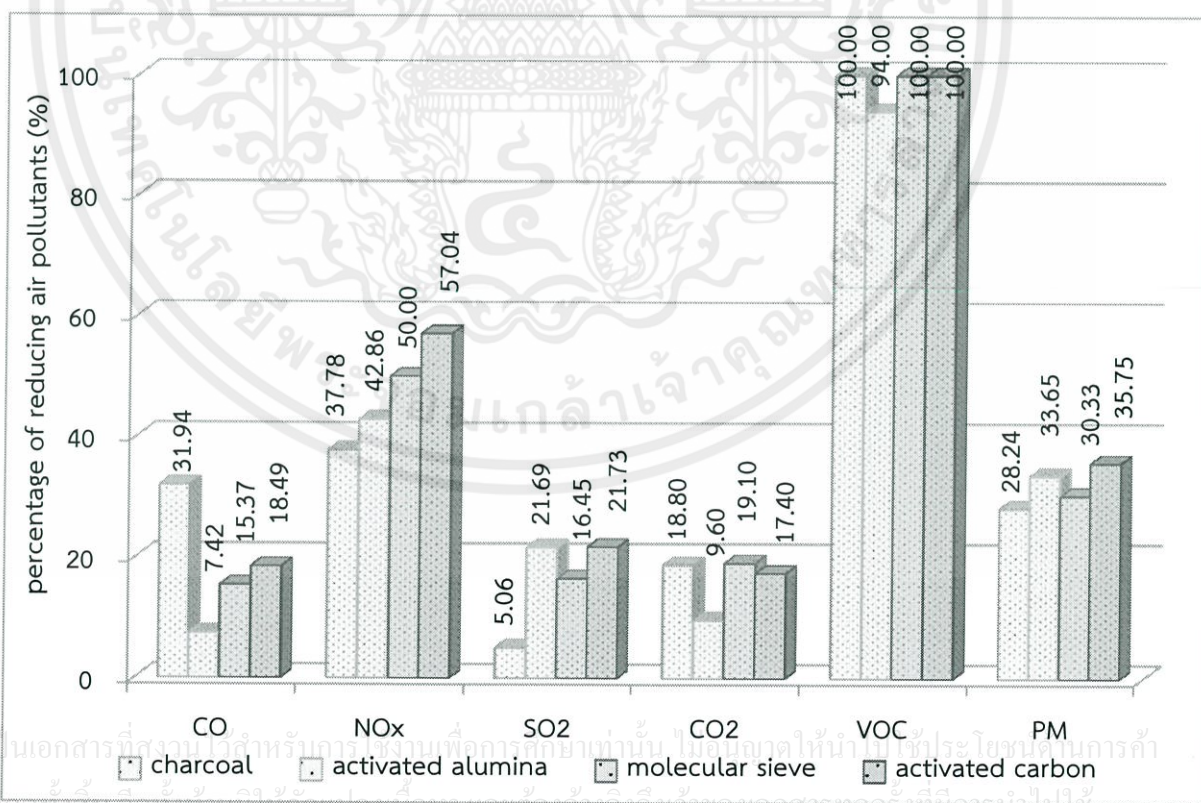
Pollution source	Pollutants						
	CO (%)	NO _x (PPM)	O ₂ (%)	SO ₂ (PPM)	CO ₂ (%)	VOC (PPM)	PM (gram)
Charcoal	0.25 ±	6.66 ±	19.23 ±	41.74 ±	1.74 ±	2.02 ±	4.46 ±
	0.04	3.89	0.15	6.81	0.32	2.16	0.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.1 ผลการทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของระบบบำบัดแบบดูดซับ

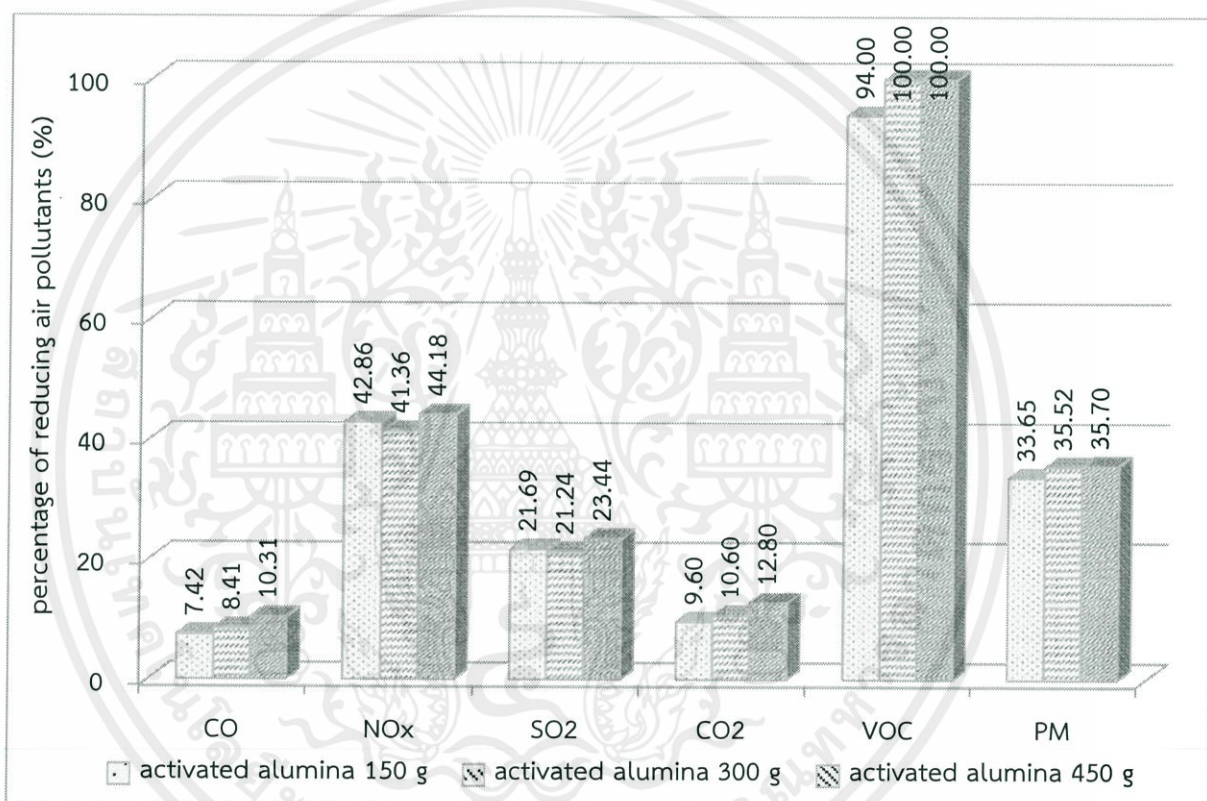
ตารางที่ 5.4 การลดปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่าน เมื่อใช้สารดูดซับที่มีชนิดและปริมาณแตกต่างกัน

Pollutants	Percentage of reducing air pollutants (%)								
	Activated Alumina			Molecular Sieve			Activated Carbon		
	150 g	300 g	450 g	150 g	300 g	450 g	150 g	300 g	450 g
CO	7.42	8.41	10.31	15.37	16.90	15.43	18.49	18.57	19.17
NOx	42.86	41.36	44.18	50.00	56.89	57.80	57.04	60.00	62.28
SO ₂	21.69	21.24	23.44	16.45	17.29	19.38	21.73	26.48	28.03
CO ₂	9.60	10.60	12.80	19.10	20.40	22.70	17.40	19.00	20.20
VOC	94.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
PM	33.65	35.52	35.70	30.33	29.76	32.67	35.75	37.00	36.96



รูปที่ 5.1 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับแตกต่างกัน

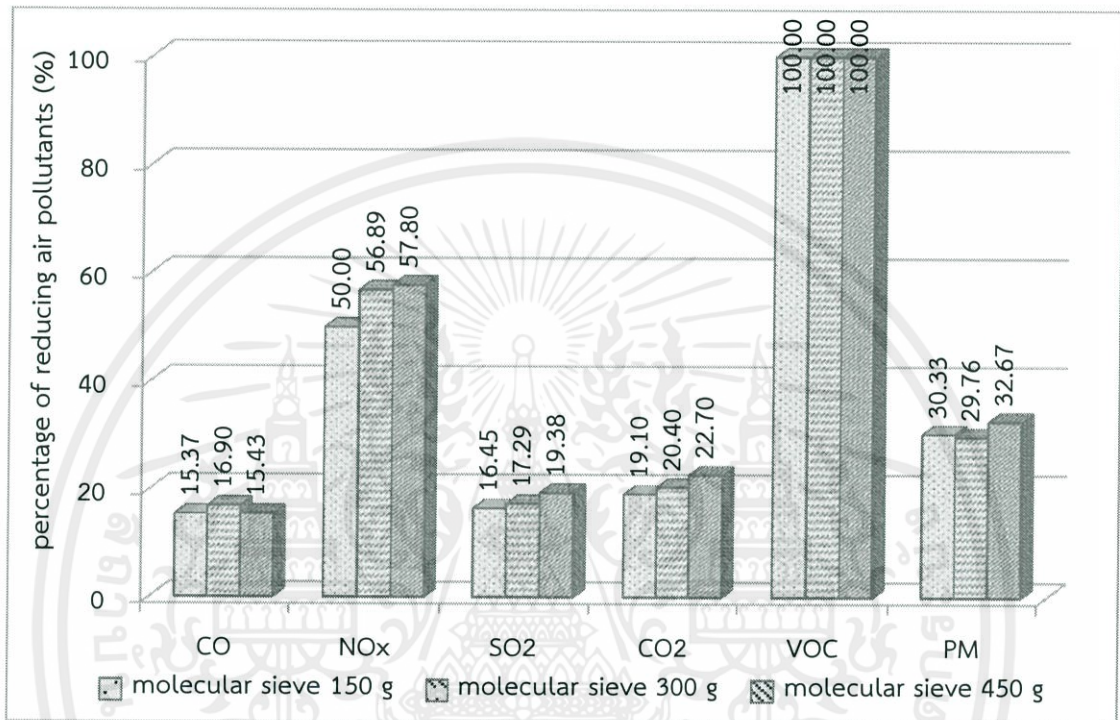
จากรูปที่ 5.1 เมื่อใช้สารดูดซับในปริมาณ 150 กรัมต่อการทดลอง พบว่าการใช้ถ่านเป็นสารดูดซับสามารถช่วยลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ได้สูงสุดถึง 31.94 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่โมเลกุลลาร์ซีฟสามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงสุด 19.10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแอกติเวเต็ดคาร์บอนสามารถดูดซับปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหยง่าย และสารมลพิษที่เป็นอนุภาคได้สูงสุดที่ 57.04, 21.73, 100.00 และ 35.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



รูปที่ 5.2 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้แอกติเวเต็ดอะลูมินาเป็นสารดูดซับที่น้ำหนักแตกต่างกัน

จากรูปที่ 5.2 พบว่าเมื่อใช้แอกติเวเต็ดอะลูมินาเป็นสารดูดซับในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้สามารถลดปริมาณสารมลพิษได้เพิ่มมากขึ้นจากเดิมเพียงเล็กน้อย โดยการเพิ่มน้ำหนักจาก 150 กรัม เป็น 450 กรัม สามารถลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ได้เพิ่มขึ้นจาก 7.42 เปอร์เซ็นต์เป็น 10.31 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดคาร์บอนไดออกไซด์ได้เพิ่มขึ้นจาก 9.60 เปอร์เซ็นต์เป็น 12.80 เปอร์เซ็นต์ ลด

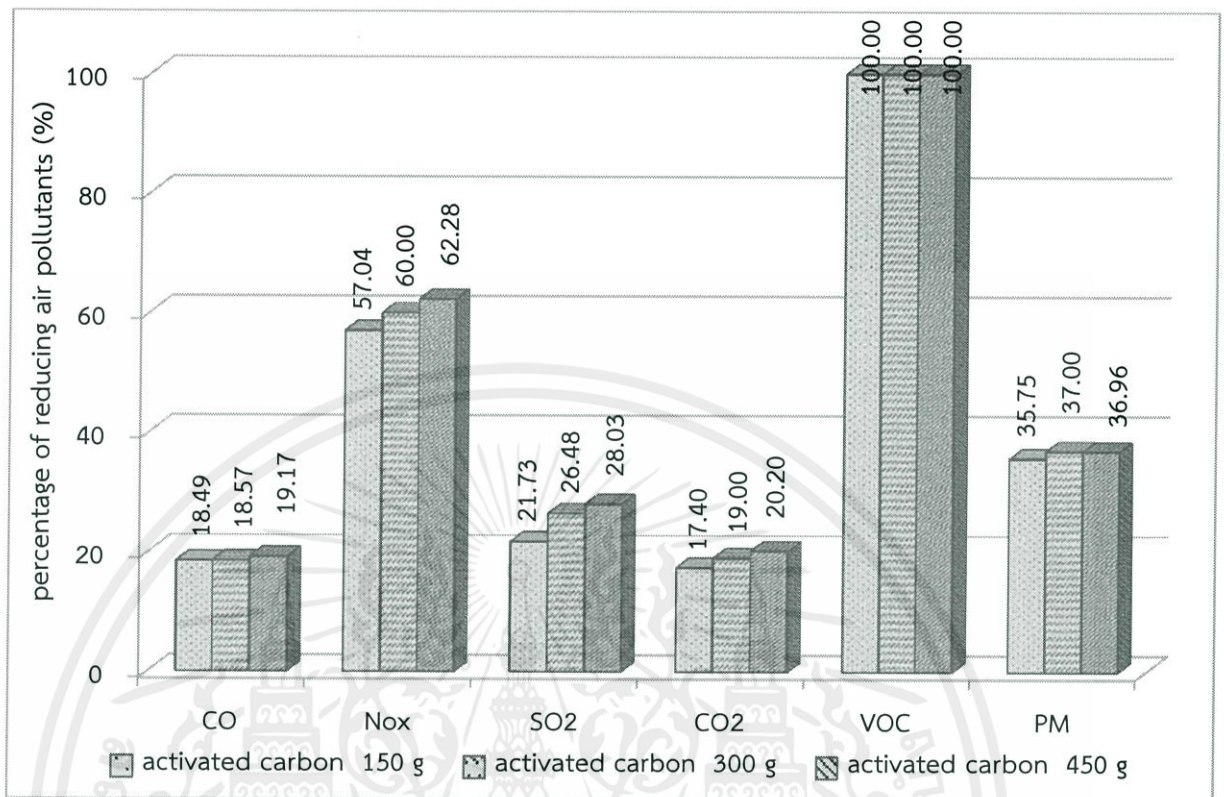
ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายได้เพิ่มขึ้นจาก 94.00 เปอร์เซ็นต์เป็น 100.00 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดปริมาณสารมลพิษที่เป็นอนุภาคได้เพิ่มมากขึ้นจาก 33.65 เปอร์เซ็นต์เป็น 35.70 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 5.3 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้โมเลกุลลาร์ซีฟเป็นสารดูดซับที่น้ำหนักแตกต่างกัน

จากรูปที่ 5.3 พบว่าเมื่อใช้โมเลกุลลาร์ซีฟเป็นสารดูดซับในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษเพิ่มสูงขึ้นตามด้วย โดยเมื่อเพิ่มโมเลกุลลาร์ซีฟจาก 150 กรัมเป็น 450 กรัม ทำให้สามารถลดปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 50.00 เปอร์เซ็นต์เป็น 57.80 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 16.45 เปอร์เซ็นต์เป็น 19.38 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ได้เพิ่มสูงขึ้นจาก 19.10 เปอร์เซ็นต์เป็น 22.70 เปอร์เซ็นต์

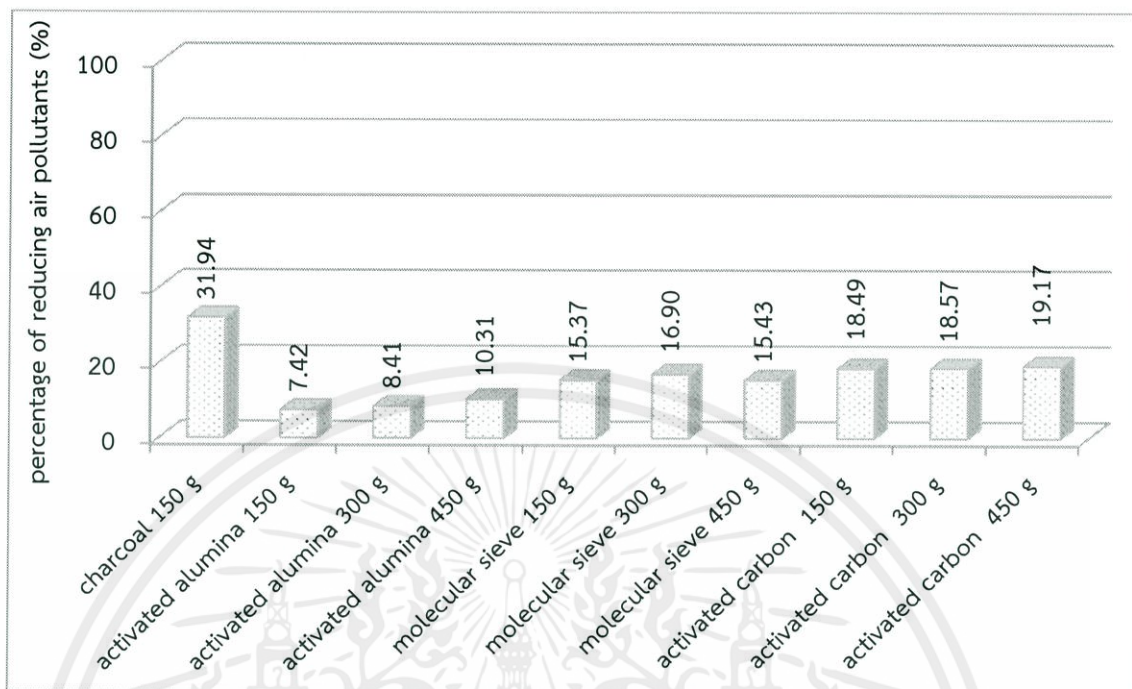
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



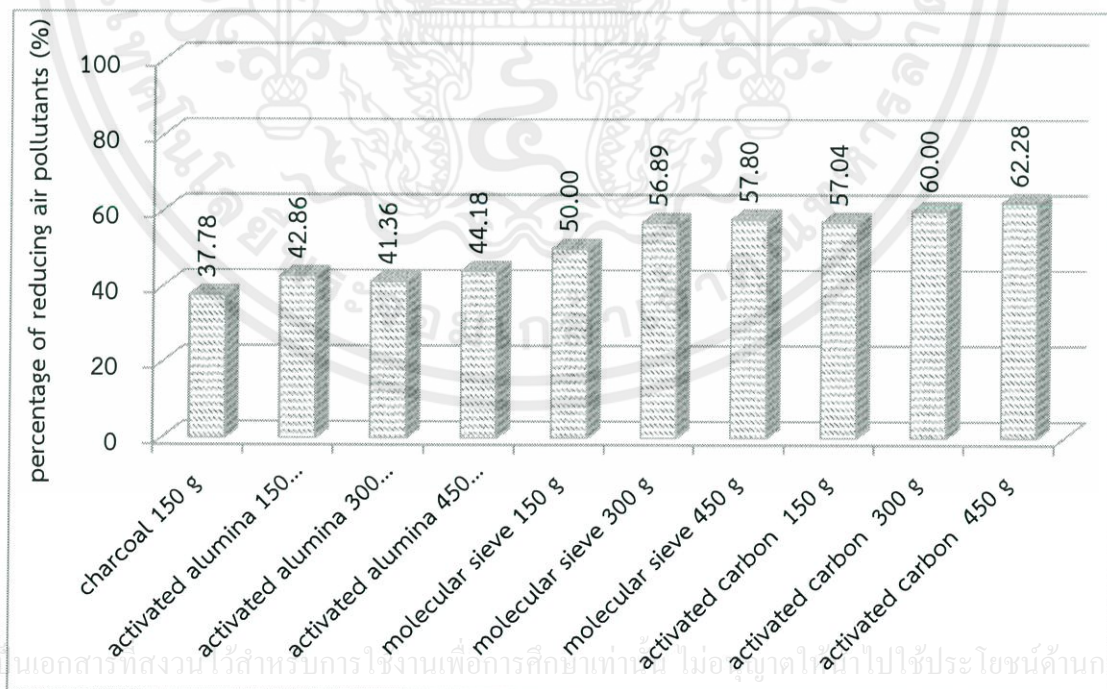
รูปที่ 5.4 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้แอกติเวเต็ดคาร์บอน เป็นสารดูดซับที่น้ำหนักแตกต่างกัน

จากรูปที่ 5.4 เมื่อทำการทดลองโดยใช้สารแอกติเวเต็ดคาร์บอนเป็นสารดูดซับในปริมาณต่างกัน พบว่าการใช้ปริมาณของสารแอกติเวเต็ดคาร์บอนเพิ่มขึ้น สามารถดูดซับปริมาณสารมลพิษได้เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยเฉพาะสำหรับออกไซด์ของไนโตรเจนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งลดได้ถึง 62.28 เปอร์เซ็นต์ และ 28.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่การเพิ่มปริมาณสาร แอกติเวเต็ดคาร์บอนในการดูดซับคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหยง่าย และสารมลพิษที่เป็นอนุภาค สามารถลดปริมาณสารมลพิษได้เพิ่มมากขึ้นเพียงเล็กน้อย ผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Beko et al. (2009) ซึ่งใช้แอกติเวเต็ดคาร์บอนในการดูดซับสารมลพิษทางอากาศและสารมลพิษที่เป็นอนุภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



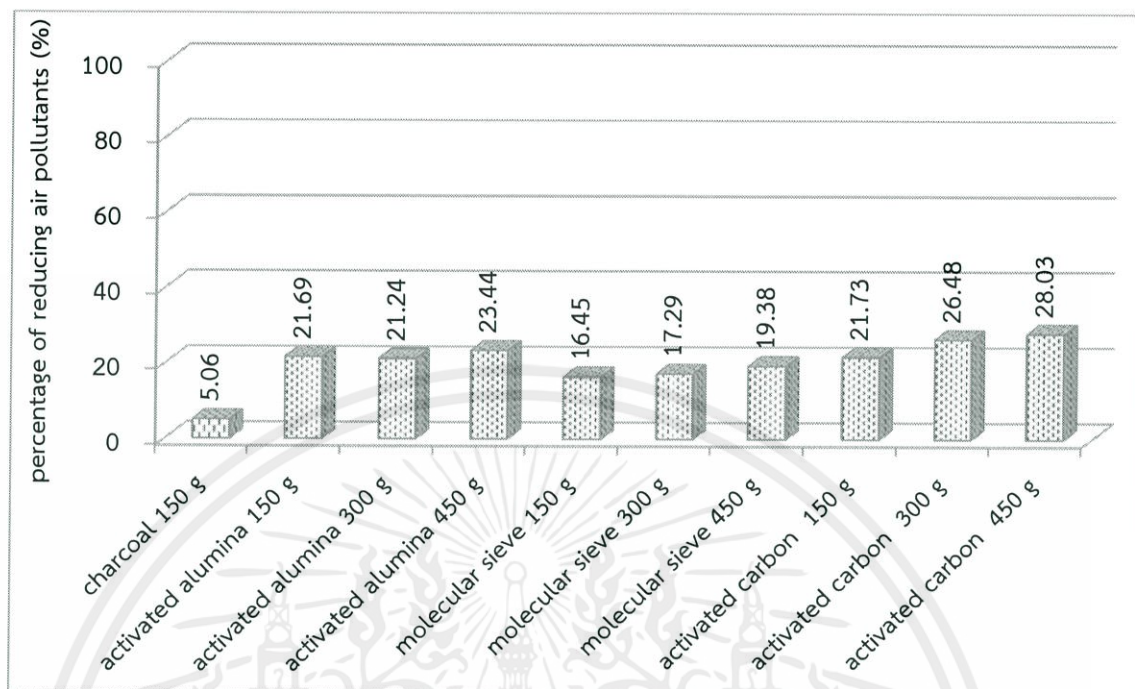
รูปที่ 5.5 ความสามารถในการลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับที่แตกต่างกัน



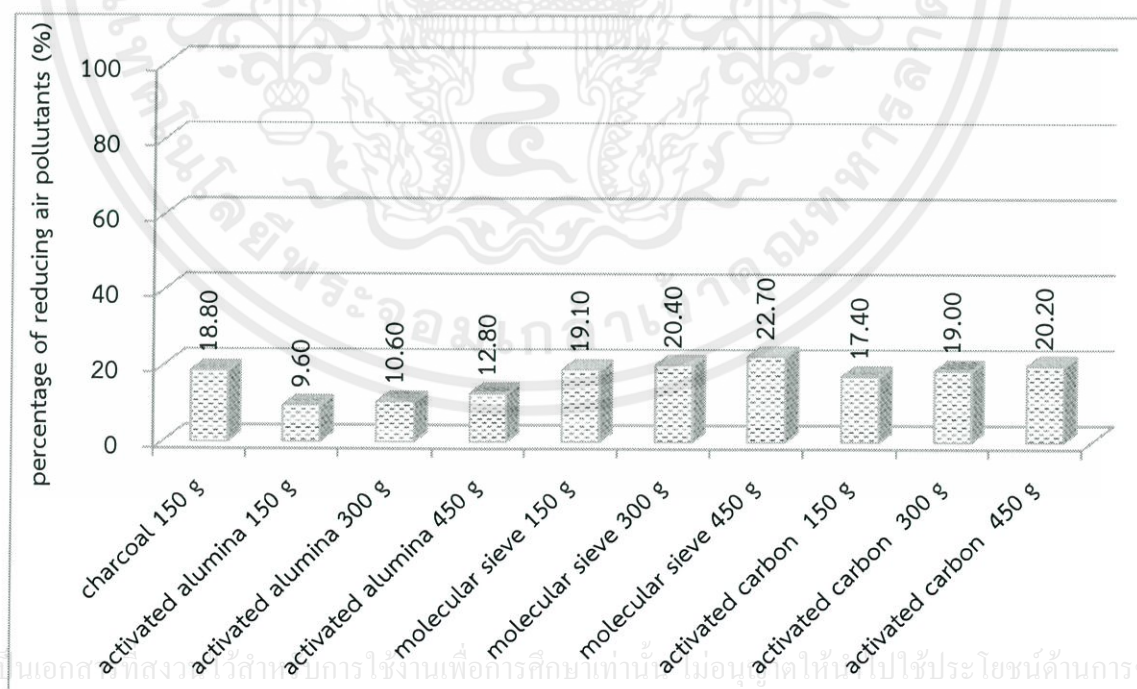
รูปที่ 5.6 ความสามารถในการลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

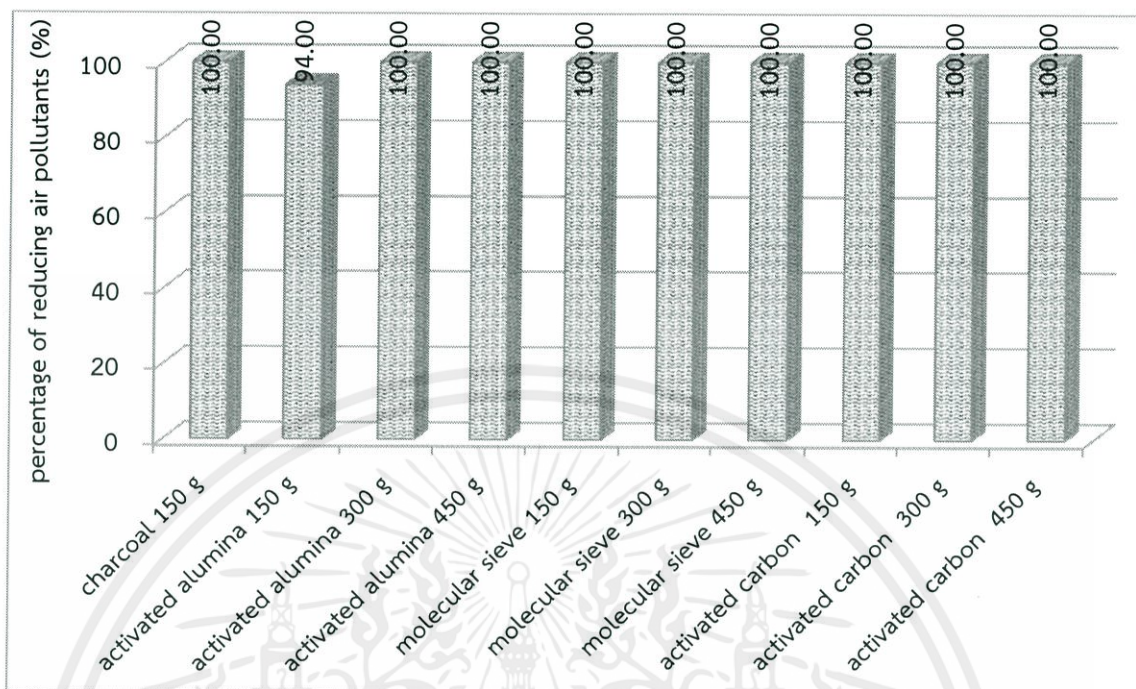
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



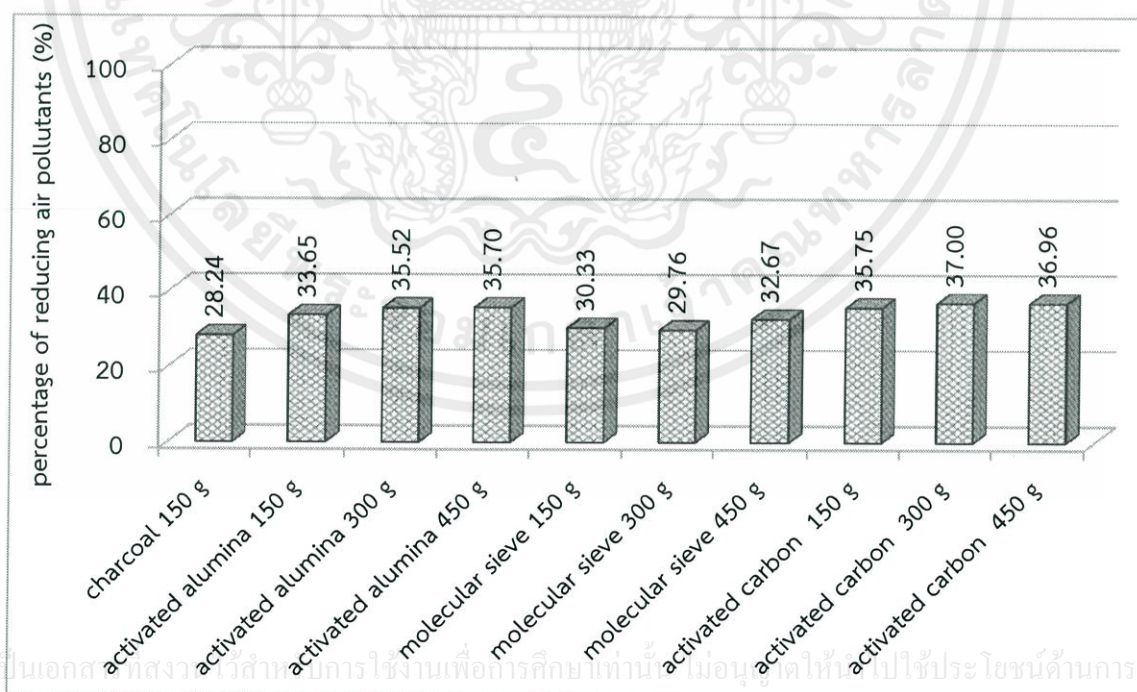
รูปที่ 5.7 ความสามารถในการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับที่แตกต่างกัน



รูปที่ 5.8 ความสามารถในการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับที่แตกต่างกัน



รูปที่ 5.9 ความสามารถในการลดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับที่แตกต่างกัน



รูปที่ 5.10 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษที่เป็นอนุภาคจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้สารดูดซับที่แตกต่างกัน

สรุปผลการทดลอง

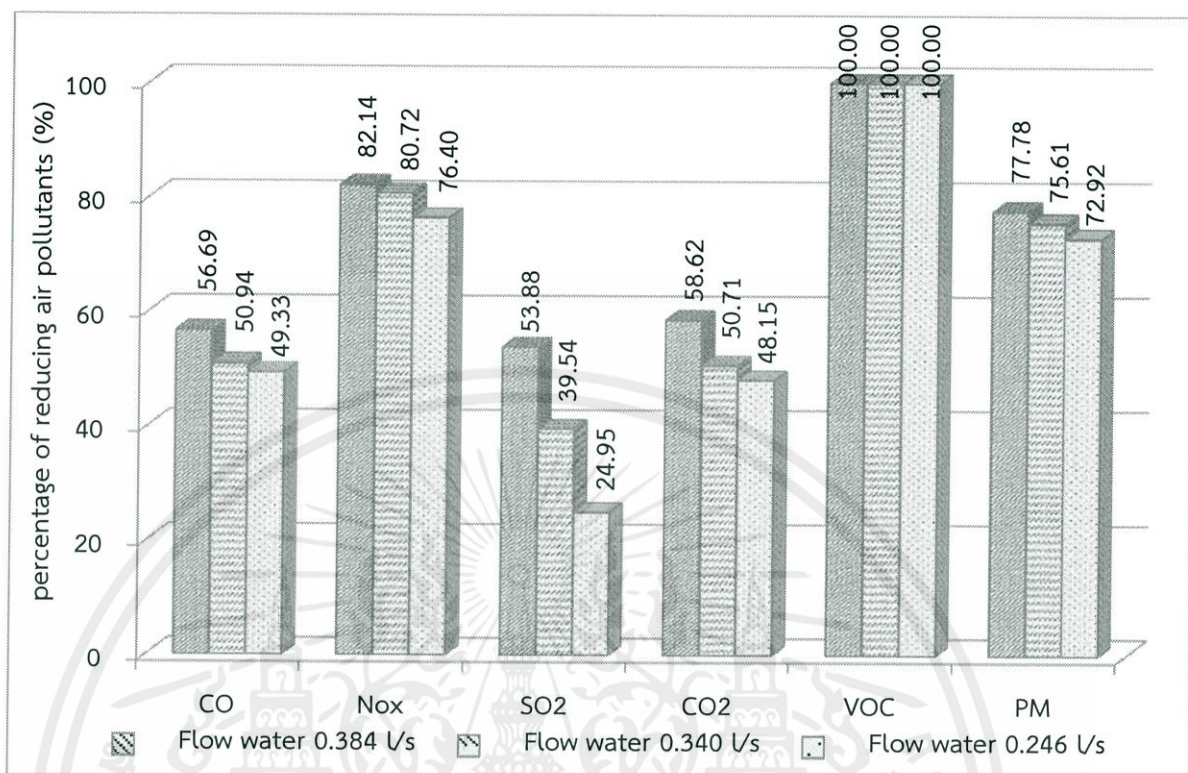
จากการทดลองเมื่อเพิ่มน้ำหนักของสารดูดซับ ได้แก่ ถ่าน แอคทีเวเต็ดอะลูมินา โมเลกุลลาร์ซีฟ และแอคทีเวเต็ดคาร์บอน ทำให้ความสามารถในการดูดซับสารมลพิษนั้นเพิ่มสูงขึ้นตามด้วย สำหรับการลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ พบว่าถ่านมีความสามารถลดสารมลพิษได้มากที่สุด (ดังรูปที่ 5.5) ในขณะที่ปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และสารมลพิษที่เป็นอนุภาค เมื่อใช้แอคทีเวเต็ดคาร์บอน 450 กรัม เป็นสารดูดซับสามารถลดปริมาณสารมลพิษเหล่านี้ได้สูงที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 5.6, 5.7 และ 5.10 สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าเมื่อใช้โมเลกุลลาร์ซีฟ 450 กรัมเป็นสารดูดซับ สามารถลดปริมาณสารมลพิษได้มากที่สุด 22.70 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แอคทีเวเต็ดคาร์บอน 450 กรัม สามารถลดปริมาณสารมลพิษได้ 20.20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับสารใกล้เคียงกับโมเลกุลลาร์ซีฟ ดังนั้นจึงเลือกใช้แอคทีเวเต็ดคาร์บอนเป็นสารดูดซับสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพระบบบำบัดควิน

5.4.2 ผลการทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของระบบบำบัดแบบดูดซึม

ตารางที่ 5.5 การลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน ที่อัตราการไหลของน้ำแตกต่างกัน

Pollutants	Percentage of reducing air pollutants (%)		
	Flow rate of water 0.384 Vs	Flow rate of water 0.340 Vs	Flow rate of water 0.246 Vs
CO	56.69	50.94	49.33
NOx	82.14	80.72	76.40
SO2	53.88	39.54	24.95
CO2	58.62	50.71	48.15
VOC	100.00	100.00	100.00
PM	77.78	75.61	72.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

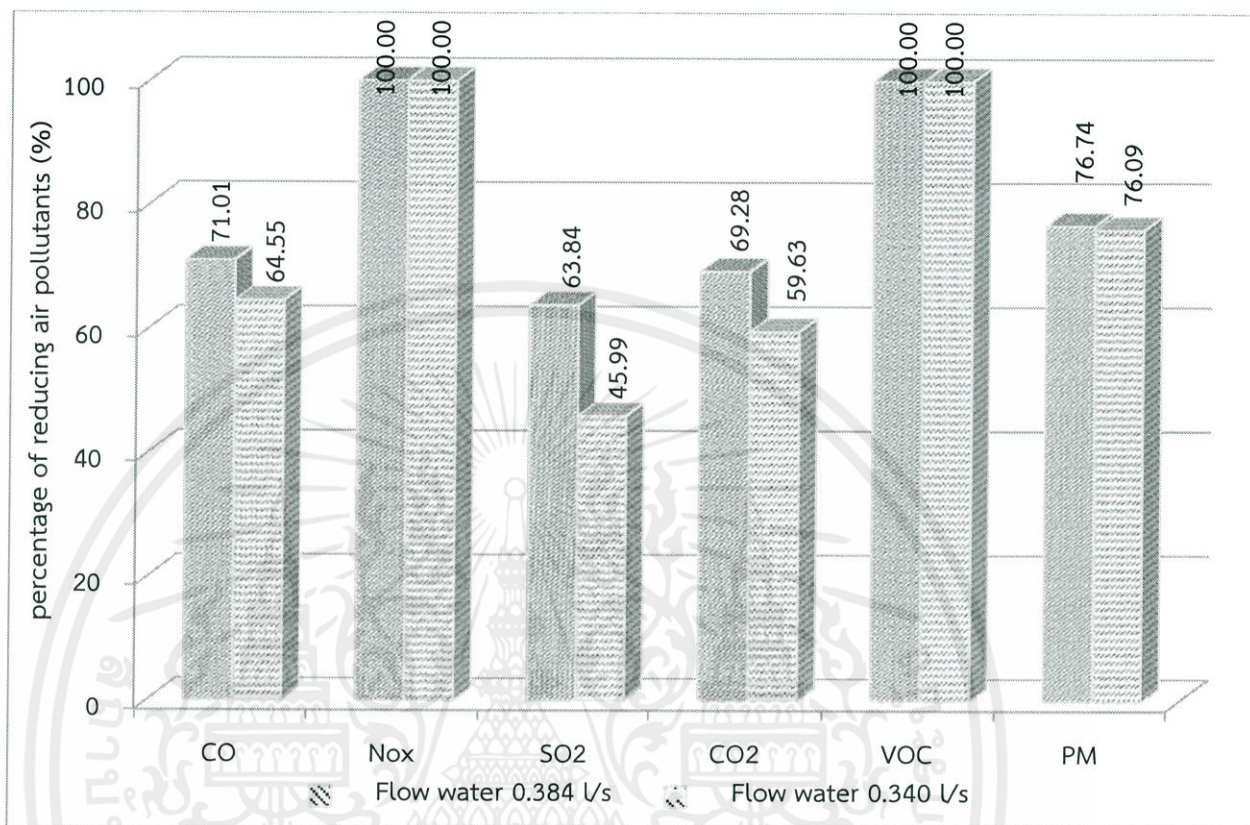


รูปที่ 5.11 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้ น้ำเป็นสารดูดซับที่มีอัตราการไหลต่างกัน

จากรูปที่ 5.11 เมื่อใช้น้ำเป็นสารดูดซับในอัตราการไหลที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่ออัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการดูดซับปริมาณสารมลพิษเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะสำหรับสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าการเพิ่มปริมาณอัตราการไหลของน้ำจาก 0.246 เป็น 0.384 ลิตรต่อวินาที สามารถลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จาก 24.95 เปอร์เซ็นต์เป็น 53.88 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การเพิ่มปริมาณอัตราการไหลของน้ำ ส่งผลต่อความสามารถในการลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหยง่าย และสารมลพิษที่เป็นอนุภาค ลดลงเพียงเล็กน้อย นอกจากนั้นพบว่าอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในระบบการบำบัดสารมลพิษแบบดูดซับมีค่าอยู่ในช่วง 36 – 41 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

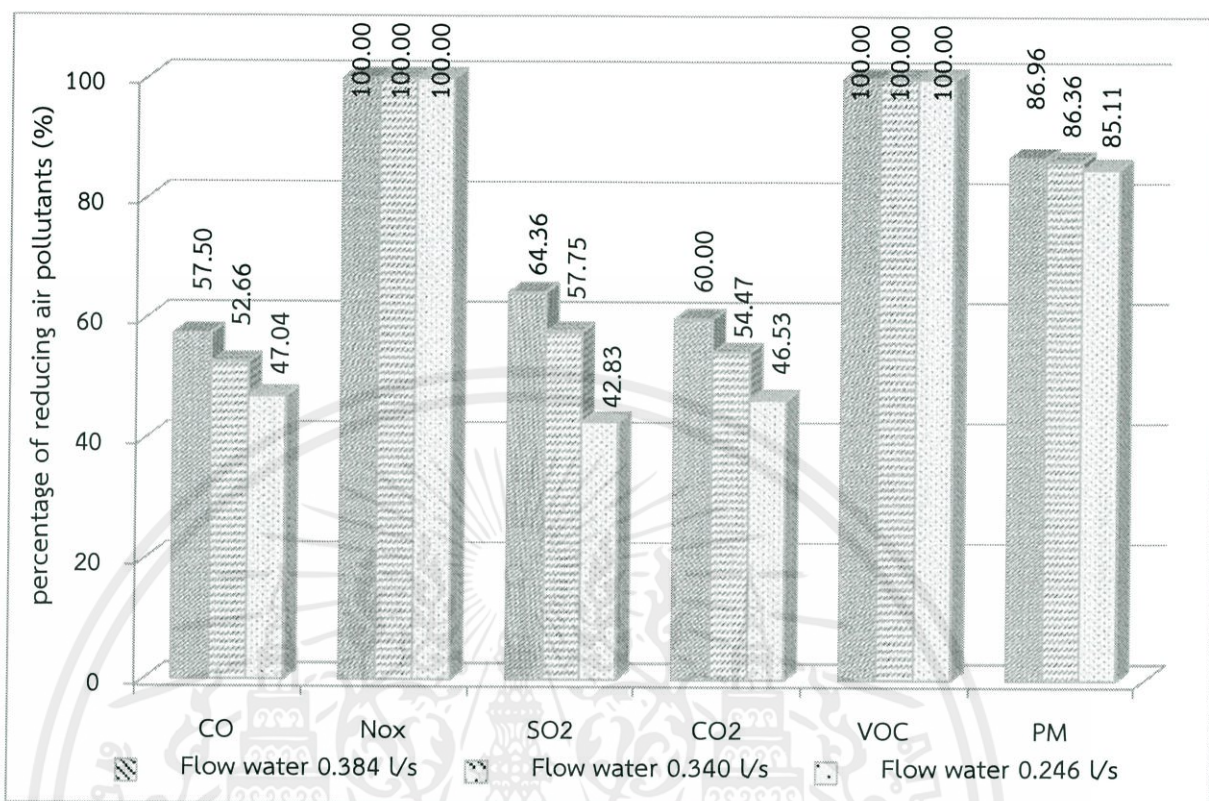
5.4.3 ผลการทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของระบบบำบัดควัน



รูปที่ 5.12 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้ถ่าน 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

จากรูปที่ 5.12 เมื่อใช้ถ่าน 150 กรัมเป็นสารดูดซับและใช้น้ำเป็นสารดูดซึม พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำ ทำให้ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษเพิ่มสูงขึ้นตามด้วย โดยสามารถลดปริมาณของสารมลพิษอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะความสามารถในการลดปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 45.99 เปอร์เซ็นต์เป็น 63.84 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ได้เพิ่มขึ้นจาก 59.63 เปอร์เซ็นต์เป็น 69.28 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ถ่านสามารถลดปริมาณของสารมลพิษอื่นๆ เพิ่มขึ้นจากเดิมเพียงเล็กน้อย

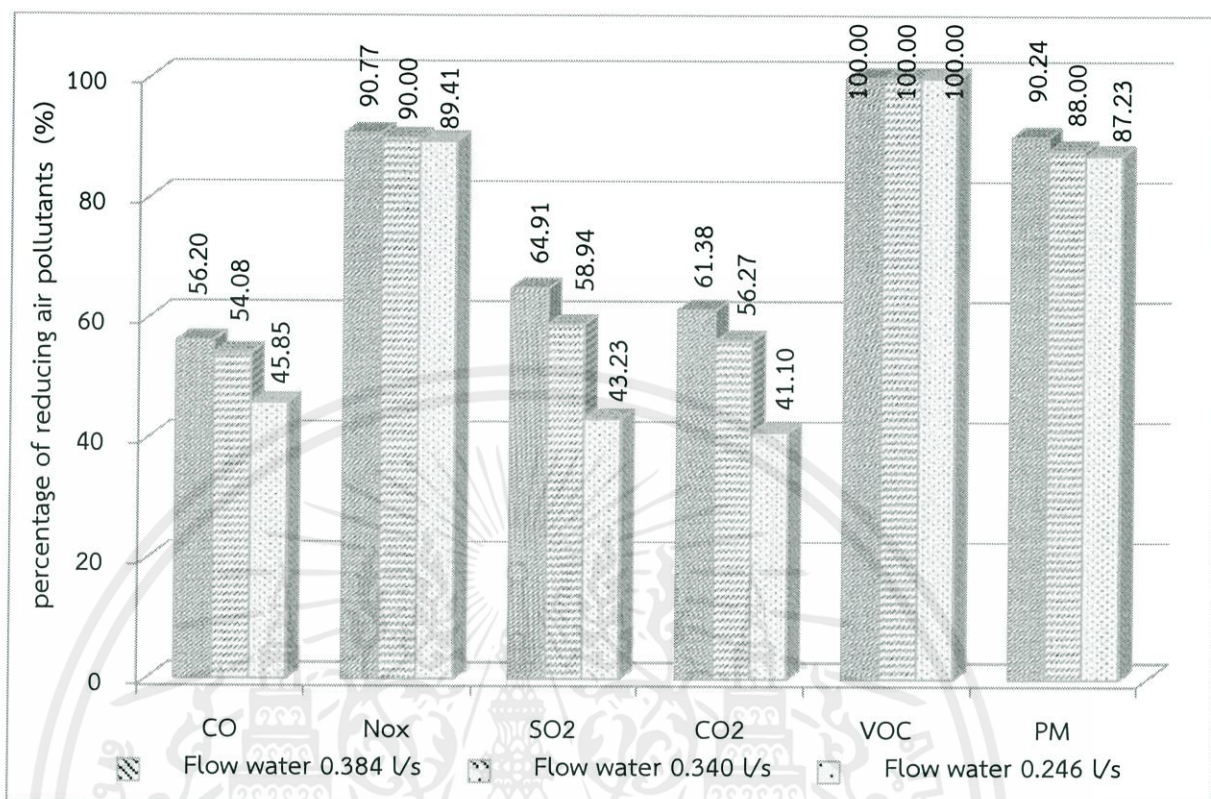
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ โดยใช้แอกติเวเต้ดอะลูมินา 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

จากรูปที่ 5.13 เมื่อใช้แอกติเวเต้ดอะลูมินาปริมาณ 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำจาก 0.246 เป็น 0.384 ลิตรต่อวินาที ทำให้ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษเพิ่มสูงขึ้นตามด้วย โดยสามารถปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจาก 47.04 เป็น 57.50 เปอร์เซ็นต์ จาก 42.83 เป็น 64.36 เปอร์เซ็นต์และจาก 46.53 เป็น 60.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

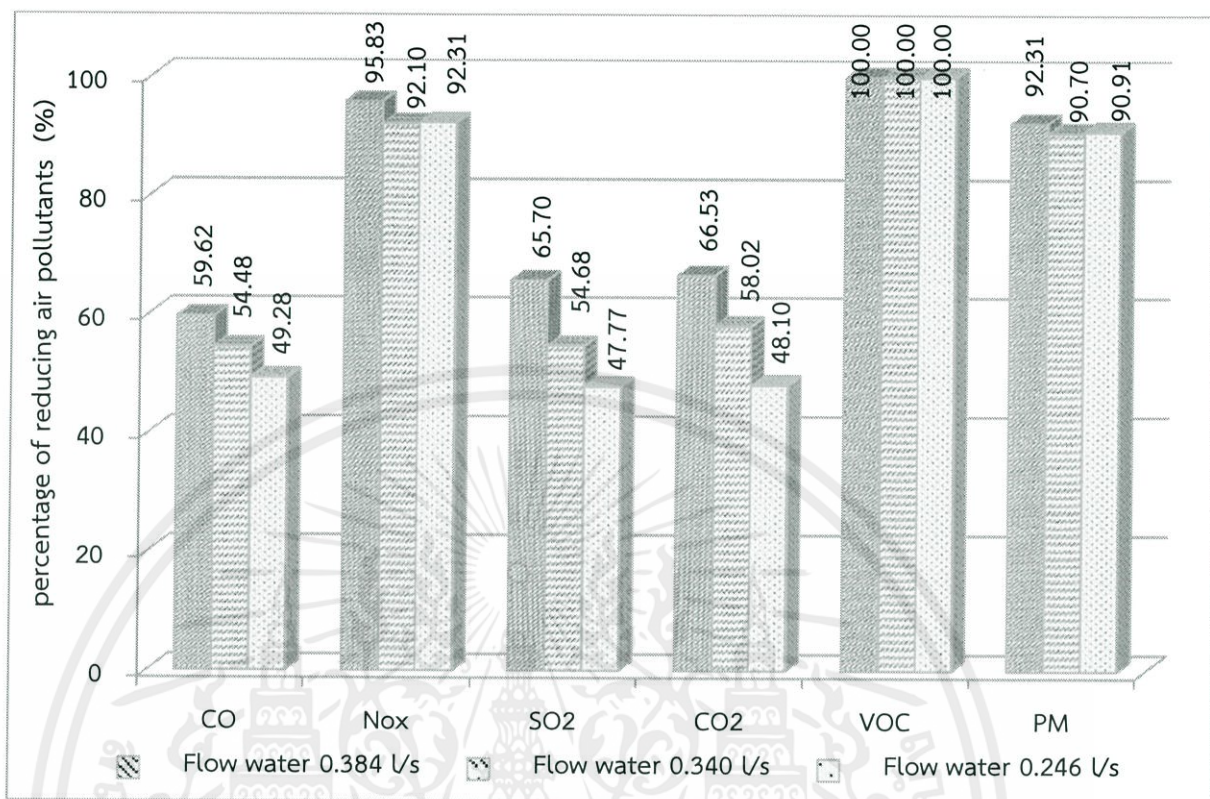
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้แอกติเวต์อะลูมินา 300 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

จากรูปที่ 5.14 พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำสูงขึ้น ทำให้ความสามารถในการปริมาณสารมลพิษเพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะความสามารถในการปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถลดได้เพิ่มขึ้นจาก 45.85 เป็น 56.20 เปอร์เซ็นต์ 43.23 เป็น 64.91 เปอร์เซ็นต์ และ 41.10 เปอร์เซ็นต์เป็น 61.38 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สำหรับการลดปริมาณสารมลพิษอื่น ได้แก่ ออกไซด์ของไนโตรเจน สารอินทรีย์ระเหยง่าย และสารมลพิษที่เป็นอนุภาค สามารถลดปริมาณได้เพิ่มขึ้นจากเดิมเพียงเล็กน้อย

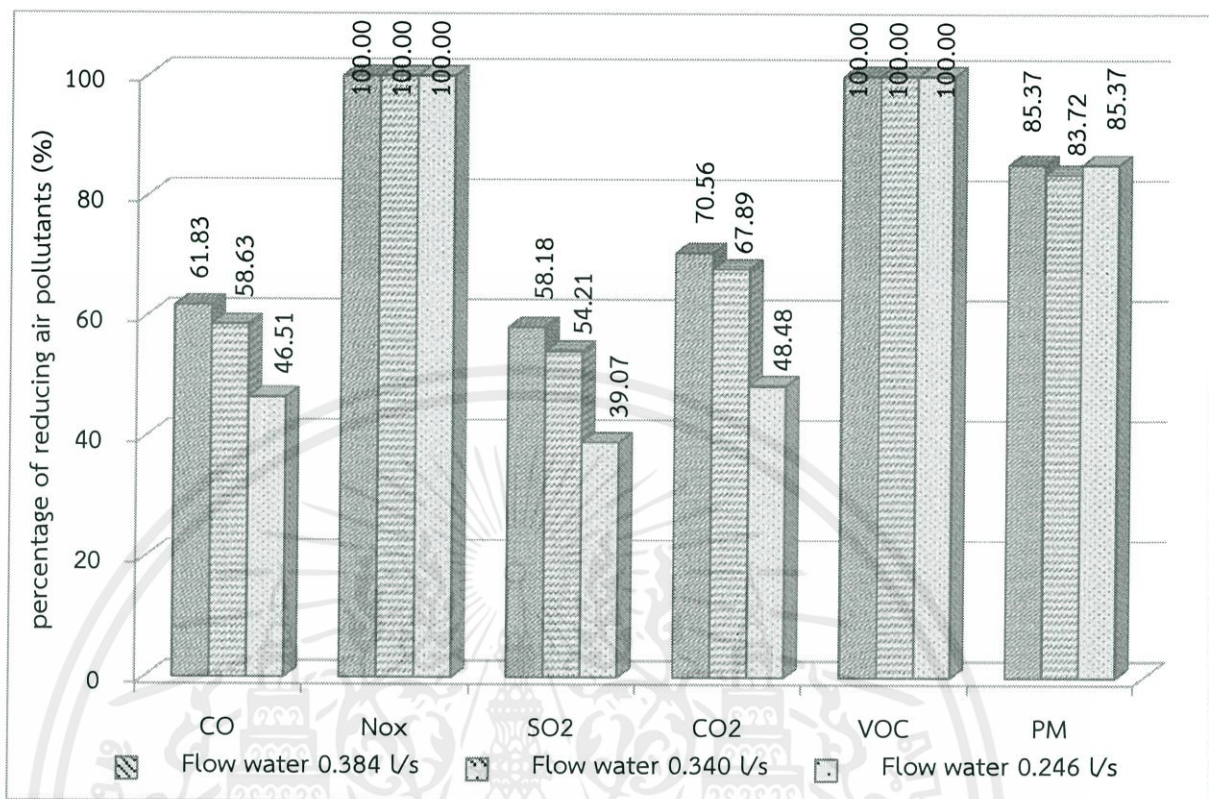
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้แอกติเวต์ดอะลูมินา 450 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

จากรูปที่ 5.15 พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำ ทำให้ความสามารถในการปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยความสามารถในการลดสารมลพิษเพิ่มขึ้นจาก 49.28 เป็น 59.62 เปอร์เซ็นต์ 47.77 เป็น 65.70 เปอร์เซ็นต์ และ 48.10 เป็น 66.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการลดปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจน สารอินทรีย์ระเหยง่าย และสารมลพิษที่เป็นอนุภาค สามารถลดปริมาณได้เพิ่มจากเดิมเพียงเล็กน้อย

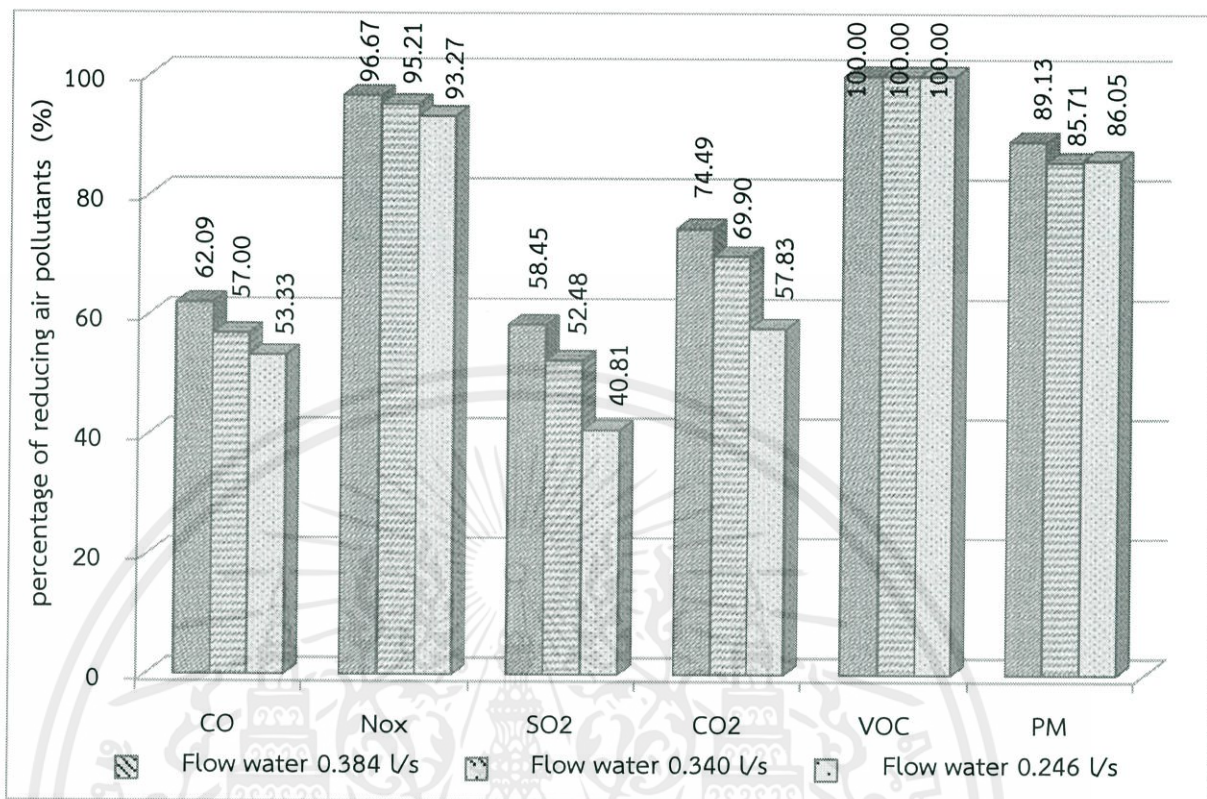
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.16 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้โมเลกุลลาร์ซีฟ 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

จากรูปที่ 5.16 เมื่อใช้โมเลกุลลาร์ซีฟ 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำสูงจาก 0.246 เป็น 0.384 ลิตรต่อวินาที ทำให้ความสามารถในการลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจาก 46.51 เป็น 61.83 เปอร์เซ็นต์ 39.07 เป็น 58.18 เปอร์เซ็นต์ และ 48.48 เป็น 70.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับออกไซด์ของไนโตรเจน สารอินทรีย์ระเหยง่าย และสารมลพิษที่เป็นอนุภาค โมเลกุลลาร์ซีฟสามารถลดปริมาณสารมลพิษเหล่านี้ได้เพิ่มขึ้นจากเดิมเพียงเล็กน้อย

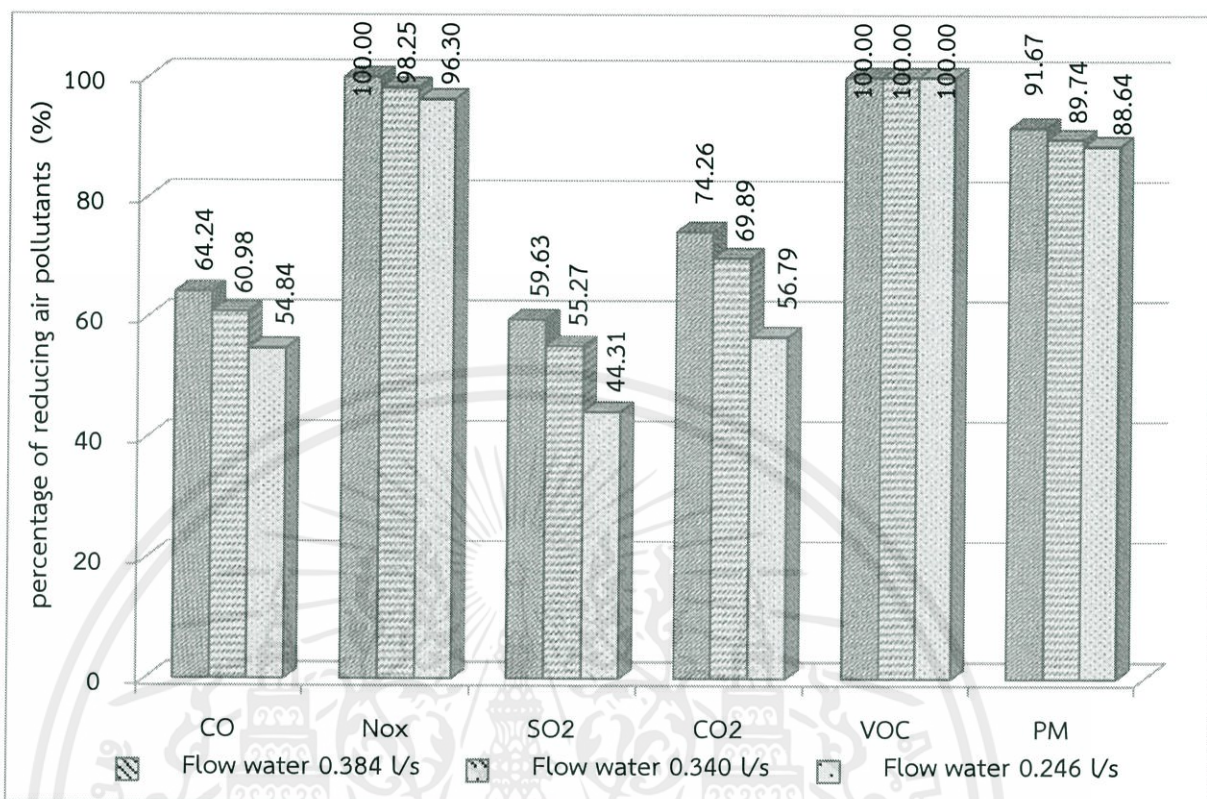
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.17 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้โมเลกุลลาร์ซีฟ 300 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

จากรูปที่ 5.17 พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำให้สูงขึ้นจาก 0.246 เป็น 0.384 ลิตรต่อวินาที สามารถลดปริมาณของสารมลพิษได้เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะคาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสามารถลดปริมาณได้จาก 53.33 เป็น 62.09 เปอร์เซ็นต์ 40.81 เป็น 58.45 เปอร์เซ็นต์ และ 57.83 เป็น 74.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่โมเลกุลลาร์ซีฟสามารถลดปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจน สารอินทรีย์ระเหยง่าย และสารมลพิษที่เป็นอนุภาค ได้เพียงเล็กน้อย

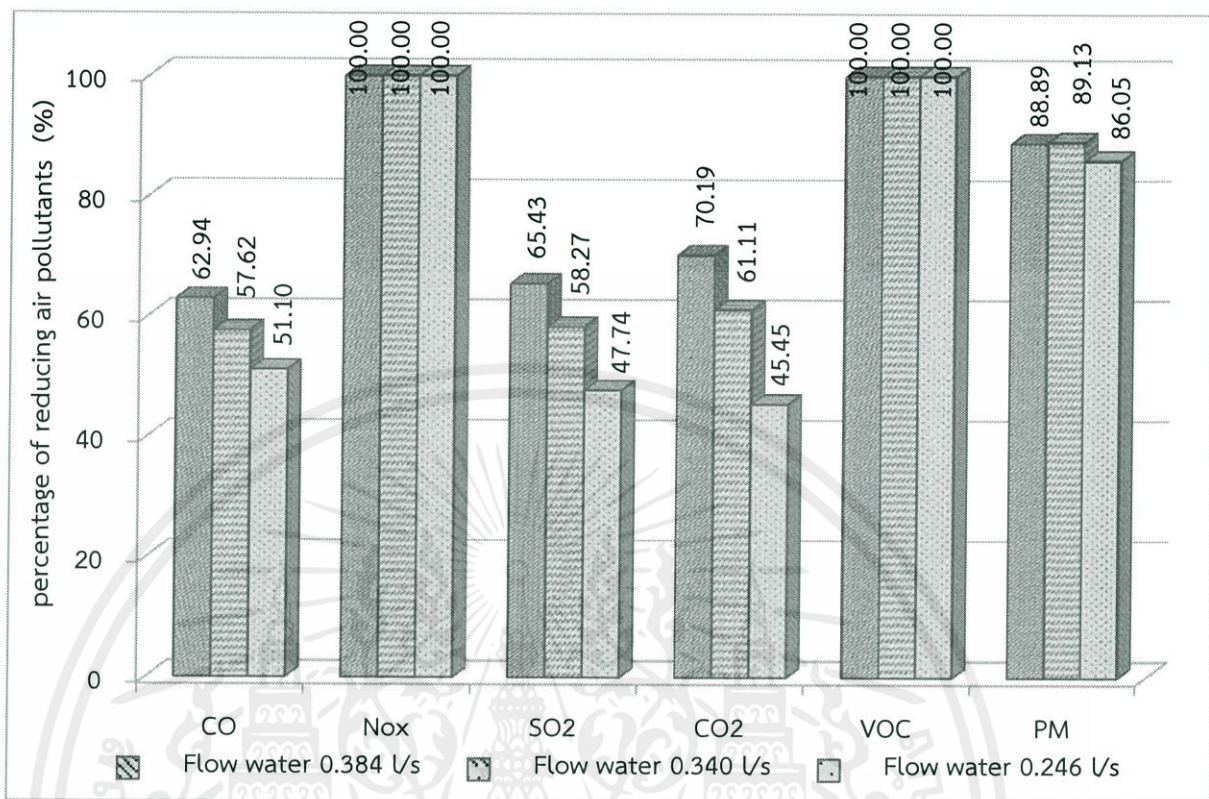
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.18 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษ โดยใช้โมเลกุลลาร์ซีฟ 450 กรัมเป็นสารดูดซับ และน้ำเป็นสารดูดซึม

จากรูปที่ 5.18 พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำ ทำให้ความสามารถในการลดปริมาณของ สารมลพิษเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะคาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งโมเลกุลลาร์ซีฟสามารถปริมาณได้เพิ่มมากขึ้นจาก 54.84 เป็น 64.24 เปอร์เซ็นต์ 44.31 เป็น 59.64 เปอร์เซ็นต์ และ 56.79 เป็น 74.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ สามารถลดปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจน สารอินทรีย์ระเหยง่าย และสารมลพิษที่เป็นอนุภาคได้ มากขึ้นกว่าเดิมเพียงเล็กน้อย

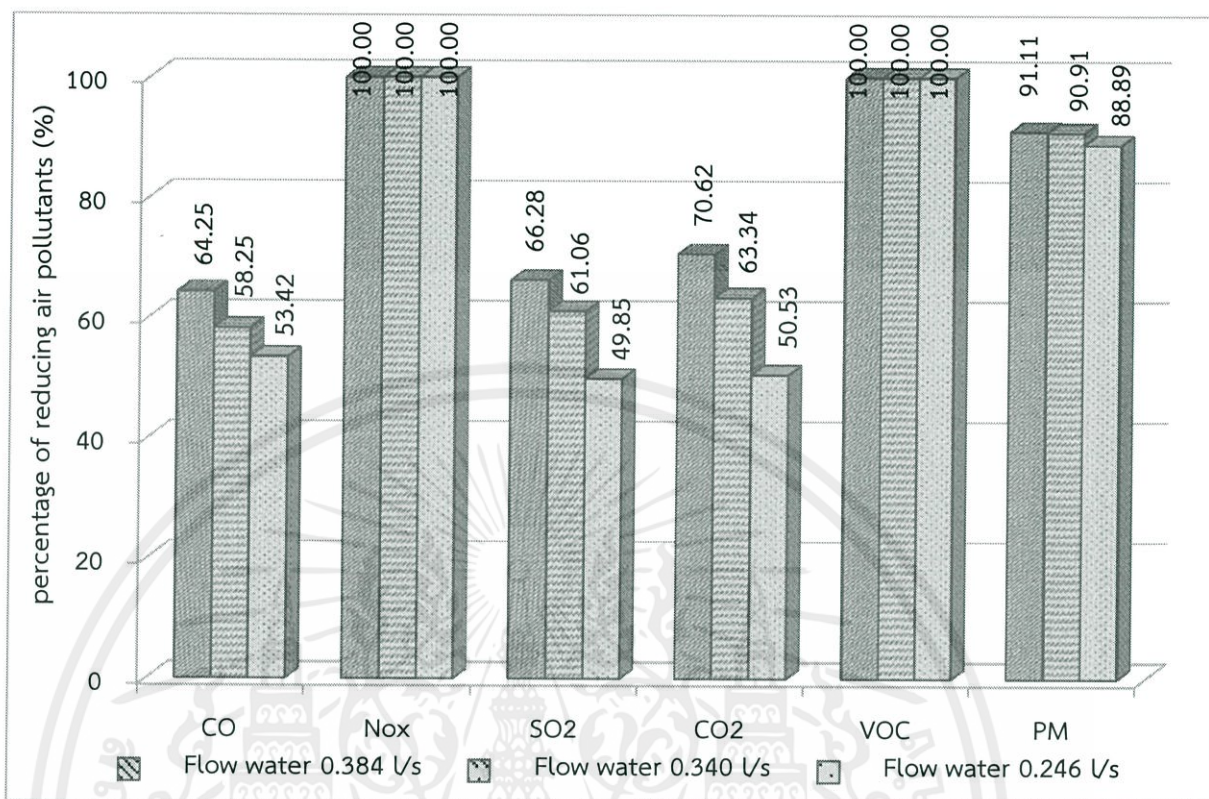
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.19 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้แอกติเวเต็ดคาร์บอน 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

จากรูปที่ 5.19 เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำ ทำให้ความสามารถในการลดปริมาณของสารมลพิษเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะคาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษเหล่านี้เพิ่มสูงขึ้นจาก 51.10 เป็น 62.94 เปอร์เซ็นต์ 47.74 เป็น 65.43 เปอร์เซ็นต์ และ 45.45 เป็น 70.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ความสามารถในการลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน สารอินทรีย์ระเหยง่าย และสารมลพิษที่เป็นอนุภาคเพิ่มขึ้นจากเดิมเพียงเล็กน้อย

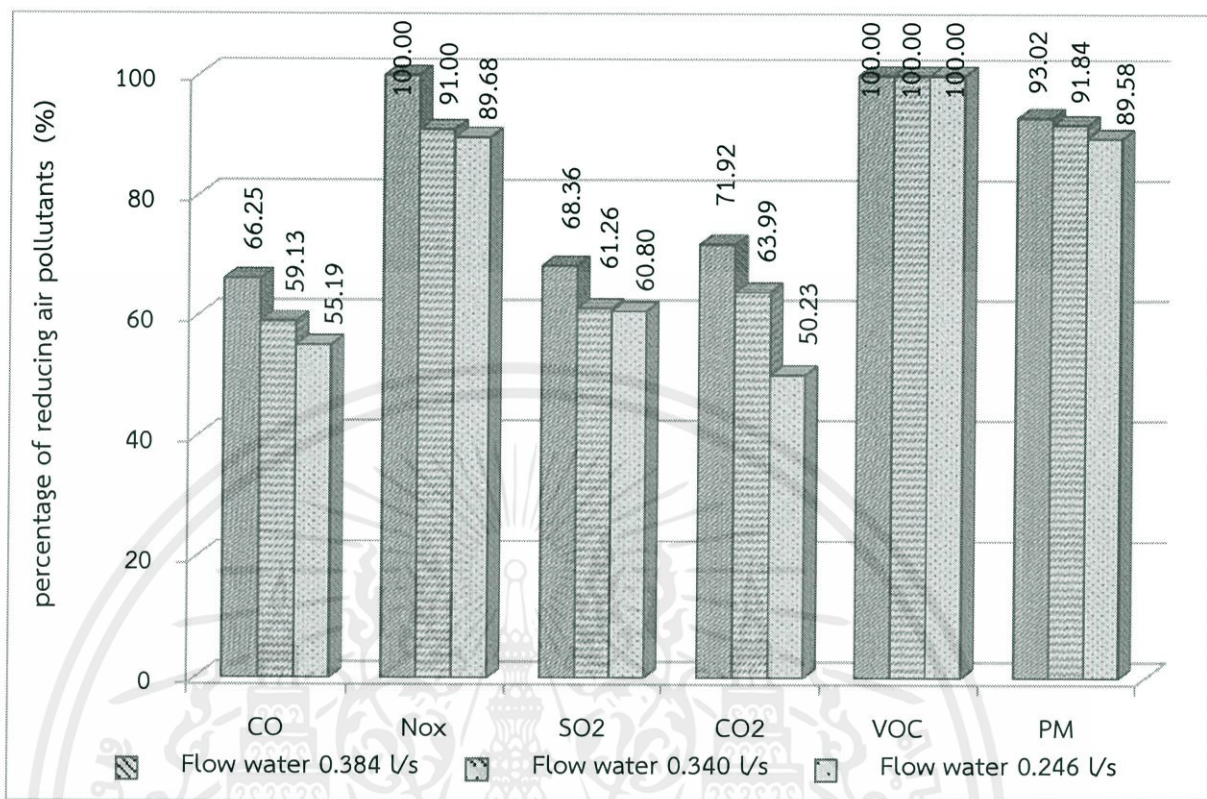
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.20 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้แอกติเวเต็ดคาร์บอน 300 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

จากรูปที่ 5.20 พบว่าการเพิ่มอัตราการไหลของน้ำ ทำให้ความสามารถในการลดปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจาก 53.42 เป็น 64.25 เปอร์เซ็นต์ 49.85 เป็น 66.28 เปอร์เซ็นต์ และ 50.53 เป็น 70.62 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แอกติเวเต็ดคาร์บอนสามารถลดปริมาณของออกไซด์ของไนโตรเจน สารอินทรีย์ระเหยง่าย และสารมลพิษที่เป็นอนุภาค ได้เพิ่มมากขึ้นจากเดิมเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.21 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้ถ่าน โดยใช้แอกติเวเต็ดคาร์บอน 450 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

จากรูปที่ 5.21 เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำให้เพิ่มสูงขึ้น ทำให้สามารถลดปริมาณของสารมลพิษได้เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะคาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถช่วยลดปริมาณได้เพิ่มมากขึ้นจาก 55.19 เป็น 66.25 เปอร์เซ็นต์ 89.68 เป็น 100.00 เปอร์เซ็นต์ 60.80 เป็น 68.36 เปอร์เซ็นต์ และ 50.23 เป็น 71.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ในกรณีของระบบการบำบัดแบบการดูดซับ เมื่อเพิ่มน้ำหนักของสารดูดซับทำให้ความสามารถในการลดปริมาณของสารมลพิษเพิ่มมากขึ้น โดยการใช้สารแอกติเวเต็ดคาร์บอนมีประสิทธิภาพโดยรวมในการลดปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นได้ดีกว่าสารดูดซับชนิดอื่น ส่วนกรณีของระบบการดูดซึมนั้น การใช้น้ำเป็นสารดูดซึมที่อัตราการไหลสูงขึ้น ช่วยให้การลดปริมาณ

สารมลพิษเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการนำทั้งสองระบบมาประยุกต์ใช้ร่วมกันย่อมก่อให้เกิดผลการบำบัดหรือการลดปริมาณสารมลพิษมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

5.5 การทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดควันจากการปรุงอาหาร

จากข้อสรุปการทดลองข้างต้น นำมาพิจารณาเลือกใช้ระบบบำบัดควันที่ประกอบด้วยระบบการดูดซับโดยใช้สารแอคทีเวเต็ดคาร์บอนในปริมาณ 450 กรัมเป็นสารดูดซับ ร่วมกับระบบการดูดซับโดยใช้น้ำที่มีอัตราการไหล 0.384 ลิตรต่อวินาทีเป็นสารดูดซับ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดควันจากการปรุงอาหาร 2 ประเภทคือ ประเภททอด (ปลาทูทอด) และประเภทปิ้งย่าง (ปีกไก่ย่าง) ใช้ตัวอย่างประเภทละ 500 กรัม นำมาปิ้งย่างและทอด บันทึกค่าสารมลพิษทุกๆ 4 นาที ตั้งแต่เริ่มปรุงอาหารจนกระทั่งอาหารสุก ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคของสารมลพิษ ใช้เวลาในการรวบรวมอนุภาคเป็นเวลา 2 นาที ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4

ตารางที่ 5.6 ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษเฉลี่ยของระบบบำบัดควันจากการปรุงอาหาร

Pollutants	percentage of reducing air pollutants (%)	
	Fried Mackerel Fish	Roast Chicken Wing
CO	-	65.83
NOx	100.00	92.10
SO ₂	100.00	77.94
CO ₂	48.33	71.72
VOC	100.00	100.00
PM	-	94.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากตารางพบว่าระบบบำบัดควันที่ออกแบบสามารถช่วยลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากการปรุงอาหารประเภททอดได้ถึง 100.00 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สำหรับสารคาร์บอนไดออกไซด์สามารถลดได้ 71.21 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีอาหารประเภทปิ้งย่างพบว่าระบบบำบัดควันที่ออกแบบสามารถช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายได้ 100.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณของสารมลพิษที่เป็นอนุภาค ออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ สามารถลดได้ 94.74, 92.10, 77.94, 71.72 และ 65.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการออกแบบระบบบำบัดควัน

ระบบบำบัดควันที่ได้ออกแบบสามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนสำคัญดังนี้

- โครงสร้างที่ครอบควัน เป็นส่วนที่ปิดครอบแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ มีด้านเปิด 1 ด้าน และอีก 3 ด้านที่เหลือมีผนังกัน เพื่อให้ควันสามารถไหลเข้าสู่ระบบบำบัดได้มากที่สุด ซึ่งแผ่นกันด้านข้างมีรูปแบบที่สามารถเลื่อนเปิด - ปิด และปรับระดับความสูงได้ เพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานของผู้ใช้งาน และส่วนประกอบทุกชิ้นสามารถถอดประกอบได้ เพื่อความสะดวกสบายและใช้พื้นที่ในการเก็บที่น้อย
- ระบบดูดซับ เป็นระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ โดยใช้แอคติเวเต็ดคาร์บอนเป็นสารดูดซับ เนื่องจากสามารถดูดซับสารมลพิษได้มากกว่าสารชนิดอื่น และมีราคาที่ไม่แพงมากจนเกินไป โดยในการออกแบบระบบดูดซับได้ออกแบบให้สามารถใส่และถอดออกจากถังใส่สารดูดซับได้อย่างง่าย เพื่อให้สะดวกต่อการเปลี่ยนสารดูดซับ
- ระบบดูดซึม เป็นระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ โดยการสเปรย์สารดูดซึม ในการออกแบบฝาปิดของถังสามารถเปิด - ปิด ได้อย่างง่าย โดยมีโยสั้งเคราะห์เป็นอุปกรณ์ป้องกันการรั่วซึมของควัน ทำให้สามารถตรวจสอบระบบการทำงานภายในได้อย่างง่าย และระบบนี้ยังได้ออกแบบให้รองรับการต่อระบบน้ำประปาโดยตรงและระบบปั้มน้ำ เพื่อความสะดวกสบายในการเลือกใช้
- โบลว์เออร์ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการระบายควันให้ระบายออกสู่ภายนอกระบบได้อย่างง่าย โดยเลือกใช้โบลว์เออร์ขนาด 0.5 แรงม้า

จากการออกแบบระบบบำบัดควันได้มีการประเมินราคาของส่วนประกอบและอุปกรณ์พอสังเขป เพื่อนำไปสร้างเครื่องต้นแบบ โดยมีราคาประมาณ 11,890.41 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดควัน

จากการทดลองเพื่อหาค่าประกอบของควันจากถ่านที่มีความชื้นแตกต่างกันทั้งหมด 3 ระดับ และการทดลองหาค่าประกอบของควันจากการประกอบอาหารที่โรงอาหาร C ทำให้ทราบถึงปริมาณของสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนมอนอกไซด์ สารมลพิษที่เป็นอนุภาค เพื่อนำองค์ประกอบเหล่านี้มาเลือกใช้กระบวนการบำบัดสารมลพิษอย่างเหมาะสม

ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดมลพิษประกอบด้วยระบบการดูดซับพบว่า การเพิ่มน้ำหนักของสารดูดซับ ทำให้ความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งการใช้สารแอคทิเวเต็ดคาร์บอนนั้นมีประสิทธิภาพโดยรวมในการดูดซับสารมลพิษสูงกว่าการใช้ถ่าน สารแอคทิเวเต็ดอะลูมินา และโมเลกุลาร์ซีฟ สำหรับการบำบัดมลพิษด้วยระบบการดูดซับ พบว่าการเพิ่มอัตราการไหลของน้ำ ทำให้การลดปริมาณสารมลพิษเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

เมื่อใช้การบำบัดมลพิษร่วมกันทั้งแบบดูดซับและแบบดูดซึมในการปรุงอาหาร ประกอบด้วย แอคทิเวเต็ดคาร์บอน 450 กรัมเป็นสารดูดซับ และน้ำที่อัตราการไหล 0.384 ลิตรต่อวินาทีเป็นสารดูดซึม เพื่อบำบัดสารมลพิษจากการปรุงอาหารประเภททอด และประเภทปิ้งย่าง พบว่าระบบบำบัดมลพิษมีความสามารถในการลดปริมาณสารมลพิษได้มากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการเลือกใช้ระบบบำบัดมลพิษควรเลือกใช้แอคทิเวเต็ดคาร์บอนปริมาณ 450 กรัมต่อการบำบัดมลพิษจากการปรุงอาหาร 4 ชั่วโมง และน้ำ 23 ลิตรต่อการบำบัดมลพิษจากการปรุงอาหาร 3 ชั่วโมง

6.3 ข้อเสนอแนะ

ระบบบำบัดควัน เป็นเพียงต้นแบบที่สร้างขึ้นจากข้อมูลการศึกษาและการทดลอง ซึ่งผู้ประกอบการสามารถพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานให้มากยิ่งขึ้น โดยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. การประกอบอาหารที่ต้องใช้ถ่านเป็นวัสดุหลัก ผู้ประกอบการควรเลือกใช้ถ่านไร้ควัน หรือถ่านที่ก่อให้เกิดควันน้อยที่สุด เพื่อลดปริมาณสารมลพิษในเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการสร้างระบบบำบัดมลพิษ ผู้ประกอบการสามารถเลือกใช้วัสดุอื่นๆ ที่มีความเหมาะสม เพื่อลดต้นทุนในการผลิต เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบบำบัดควันควรรติดตั้งพัดลม เพื่อช่วยในการบังคับทิศทางการไหลของควันให้เข้าสู่ระบบบำบัดได้ดียิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ., กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม., (2550). *ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 30 เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี*. ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนพิเศษ 143ง.

กรมทรัพยากรธรณี., (2009). *ตัวกรอง* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.dmr.go.th (27 กุมภาพันธ์ 2556)

กระทรวงอุตสาหกรรม., (2548). *มาตรฐานและวิธีการตรวจสอบกลิ่นในอากาศจากโรงงาน. กฎกระทรวงอุตสาหกรรม.*

กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน., (2553). *คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร).*

จตุรงค์ ลังกาพินธุ์., (2555). *ออกแบบและเขียนแบบวิศวกรรมด้วยโปรแกรม (SOLIDWORKS). ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น.*

จักรกฤษณ์ ศิวะเตชาเทพ., (2552). *อุปกรณ์ควบคุมมลพิษ ชนิดก๊าซและไอ* [ออนไลน์]. เข้าได้จาก: www.safety-stou.com/UserFiles/File/54114-6.pdf (15 พฤศจิกายน 2555)

ฉัตรชัย นิยมล., (2548). *ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).*

นภาพร พานิช และคณะ., (2547). *ตำราบำบัดมลพิษอากาศ. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

บริษัท ซาปิเ อ็นจิเนียริง จำกัด., (2555). *ท่อเฟล็กซ์ (Flexible duct)* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sapaengineer.com> (10 พฤศจิกายน 2555)

บริษัท แม็กซ์สตีล จำกัด., (ม.ป.ป.). *เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel)* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.maxsteelthai.com> (27 กุมภาพันธ์ 2556).

ไบรท์-ไบโอติก., (2555). *คุณสมบัติของน้ำทางเคมีและฟิสิกส์* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.bright-bioticshop.com> (28 กุมภาพันธ์ 2556)

ปริญทร เต็มญารศิลป์., (2551). *การเตรียมและการวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์จากไผ่ตง และไผ่หมาจู*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมี สาขาเคมีอินทรีย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรพิมล กองทิพย์., (2543). *สุขศาสตร์อุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: นำอักษรการพิมพ์.

เมธี เพชรมณีโชติ., (2549). *Air pollution control system guide book*. Ed.1. 12-15.

วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์., นิตยา มหาผล., ธีระ เกรอต., (2543). *มลภาวะทางอากาศ*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์แห่งมหาวิทยาลัย.

วิภู วิศวะเวช., อนุชิต อิสราธร., เอกวิทย์ เอกไทยเจริญ., (2543). *ชุดทดสอบการไหลของของไหล*. ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศุภญ์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ., (2549). *อะคริลิกพลาสติก (acrylic plastic)* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.mtec.or.th> (27 กุมภาพันธ์ 2556).

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม., (2555). *คุณภาพทางอากาศ* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: reo16.mnre.go.th/reo16 (10 พฤศจิกายน 2555).

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียงกรมควบคุมมลพิษ., (2554). *รู้รอบทิศมลพิษทางอากาศ บทเรียนแนวคิดและการจัดการ*. กษกรพับลิชชิง.

สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม., (2547). *คู่มือเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศ สำหรับอุตสาหกรรมเคลือบผิว*.

อินจิรา นิยมสุข., สุนันทา จิตประพันธ์., ไพฑูรย์ งามมุข., (2546). *คุณภาพอากาศในร้านอาหารที่มีการประกอบปรุงบนโต๊ะและการจัดการกรณีศึกษา : ร้านอาหารประเภทปิ้งย่างในห้างสรรพสินค้า*. วารสารการส่งเสริมสุขภาพ และอนามัยสิ่งแวดล้อม, ฉบับที่ 4.

A.P. Jones., (1999). *Indoor air quality and health*. Atmospheric Environment, vol.33, 4535 – 4564.

Adisorn Aroonwilas., Paitoon Tontiwachwuthikul., Amit Chakma., (2001). *Effects of operating and design parameters on CO₂ absorption in columns with structured packings*. Separation and Purification Technology, Vol.24, 403–411.

Amitava Bandyopadhyay., Manindra N. Biswas., (2007). *Modeling of SO₂ scrubbing in spray towers*. Science of The Total Environment, Vol.383, 25–40.

Chaimitr Engineering International., (ม.ป.ป). *การควบคุมก๊าซเอทิลีน (Ethylene) เพื่อยืดอายุของผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมพีซีพีและผลไม้ต่างๆ*.

Donghyun Rim., Lance Wallace., Steven Nabinger., Andrew Persily., (2012). *Reduction of Exposure to Ultrafine Particles by Kitchen Exhaust Hoods : The Effects of Exhaust Flow Rates, Particle Size, and Burner Position*. Science of the Total Environment, vol.432, 350–356.

Faisal, K.I., Aloke, G.Kr., (2000). *Removal of Volatile Organic Compounds from polluted air*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, vol.13, 527-545.

Gabriel Beko., Moshood Olawale Fadeyi., Geo Clausen., Charles J. Weschler., (2009). *Sensory pollution from bag-type fiberglass ventilation filters: Conventional filter compared with filters containing various amounts of activated carbon*. Building and Environment, vol.44, 2114–2120.

Joao Pires., Ana Carvalho., Manuela B de Carvalho., (2001). *Adsorption of volatile organic compounds in Y zeolites and pillared clays*. Microporous and Mesoporous Materials, vol.43, 277-287.

K.T. Lee., A.R. Mohamed., S. Bhatia., K.H. Chu., (2005). *Removal of Sulfer Dioxide by Fly Ash/CaO/CaSO₄ Sorbents*. Chemical Engineering Journal, vol.114, 171-177.

Meera A., Sidheswaran., Hugo Destailats., Douglas P. Sullivan., Sebastian Cohn., William J. Fisk., (2012). *Energy Efficient Indoor VOC Air Cleaning with Activated Carbon Fiber (ACF) Filters*. Building and Environment, vol.47, 357-367.

S. Oesch., M. Faller., (1997). *Environmental effects on materials : The effect of the air pollutant SO₂, NO₂, NO and O₃ on the corrosion of Copper, Zinc and Aluminium*.

A short literature survey and results of laboratory exposures. Corrosion Science, vol.39, 1505-1530.

- Sung-Ok Baek., Yoon-Shin Kim., Roger Perry., (1996). *Indoor Air Quality in Homes, Offices and Restaurants in Korean Urban Areas--Indoor/Outdoor Relationships*. Atmospheric Environment, vol.31, 529-544.
- Tom Holden., (2006). *Air Quality – Dust Monitoring*. Environmental Defender’s Office.
- United Nations Environment Programme., (2006). *Energy Efficiency Guide for Industry in Asia* [online]. Available: www.energyefficiencyasia.org (10 November 2012).
- United States Environmental Protection Agency., (1999). *Guideline for Reporting of Daily Air Quality - Air Quality Index (AQI)*. Part 58, Appendix G.
- Warren L. McCabe., Julian C. Smith., Peter Harriott., (2005). *Unit Operations of Chemical Engineering*. 7th Ed. McGraw-Hill: Singapore.
- Young Hugh D., (n.d.). *Values for diamond and silica aerogel from CRC*. Handbook of Chemistry and Physics, 7th Ed. Table 15-5.
- Zerrin Bocu., Zekeriya Altac., (2001). *Laminar natural convection heat transfer and air flow in three-dimensional rectangular enclosures with pin arrays attached to hot wall*. Applied Thermal Engineering, vol. 31, 3189-3195.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1 ปริมาณของสารมลพิษจากการปรุงอาหารประเภทผัดกระเพราเบคอนด้วยเตาแก๊ส
ปริมาณสารมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค = 1.40 มิลลิกรัม

Time	Pollutants				
	O2 (%)	CO (ppm)	CO2 (%)	NO (ppm)	NO2 (ppm)
11:37:58	19.74	51.00	0.71	1.00	0.20
11:38:03	19.70	51.00	0.73	1.00	0.30
11:38:08	19.23	49.00	1.00	1.00	0.20
11:38:13	19.36	42.00	0.93	2.00	0.30
11:38:18	19.67	36.00	0.75	2.00	0.30
11:38:23	19.84	32.00	0.65	1.00	0.30
Avg.	19.59 ± 0.24	43.50 ± 8.17	0.80 ± 0.14	1.33 ± 0.52	0.27 ± 0.05

ตารางที่ ก.2 ปริมาณของสารมลพิษจากการปรุงอาหารประเภทผัดซีอิ้วทะเลด้วยเตาแก๊ส
ปริมาณสารมลพิษที่มีลักษณะเป็นอนุภาค = 1.80 มิลลิกรัม

Time	Pollutants				
	O2 (%)	CO (ppm)	CO2 (%)	NO (ppm)	NO2 (ppm)
12:37:22	20.96	2.00	-	0.00	0.10
12:37:27	20.96	1.00	-	0.00	0.10
12:37:32	20.96	0.00	-	0.00	0.10
12:37:37	20.96	0.00	-	0.00	0.10
12:37:42	20.96	0.00	-	0.00	0.00
12:37:47	20.96	0.00	-	0.00	0.00
12:37:52	20.96	0.00	-	0.00	0.10
12:37:57	20.96	0.00	-	0.00	0.10
12:38:02	20.96	0.00	-	0.00	0.00
12:38:07	20.96	0.00	-	0.00	0.10
12:38:12	20.96	0.00	-	0.00	0.00
12:38:17	20.96	0.00	-	0.00	0.00
12:38:22	20.96	0.00	-	0.00	0.10
12:38:27	20.96	0.00	-	0.00	0.00

12:38:32	20.96	0.00	-	0.00	0.00
12:38:37	20.96	2.00	-	0.00	0.10
12:38:42	20.96	5.00	-	0.00	0.10
12:38:47	20.96	5.00	-	0.00	0.00
12:38:52	20.96	4.00	-	0.00	0.10
12:38:57	20.97	2.00	-	0.00	0.10
12:39:02	20.97	1.00	-	0.00	0.10
12:39:07	20.97	0.00	-	0.00	0.00
12:39:12	20.96	0.00	-	0.00	0.10
12:39:17	20.96	0.00	-	0.00	0.10
12:39:22	20.96	0.00	-	0.00	0.00
12:39:27	20.96	0.00	-	0.00	0.10
12:39:32	20.96	0.00	-	0.00	0.00
12:39:37	20.96	0.00	-	0.00	0.00
12:39:42	20.96	0.00	-	0.00	0.10
12:39:47	20.96	0.00	-	0.00	0.10
12:39:52	20.96	0.00	-	0.00	0.10
12:39:57	20.96	1.00	-	0.00	0.10
12:40:02	20.96	0.00	-	0.00	0.10
12:40:07	20.96	0.00	-	0.00	0.00
Avg.	20.96	0.72 ± 1.44	-	0.00	0.07 ± 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่าน สำหรับกระบวนการบำบัดมลพิษโดยใช้น้ำเป็นสารดูดซึม

CO (%)			NOx (PPM)			O2 (%)		SO2 (PPM)		
#1	#3	%Re	#1	#3	%Re	#1	#3	#1	#3	%Re
Flow of water 0.246 V/s										
0.31	0.16	48.39	9.00	2.00	77.78	19.10	19.90	34.00	31.00	8.82
0.31	0.15	51.61	7.00	2.00	71.43	19.30	19.80	34.00	21.00	38.24
0.25	0.13	48.00	5.00	1.00	80.00	19.50	20.20	36.00	26.00	27.78
Avg.		49.33			76.40					24.95
Flow of water 0.340 V/s										
0.33	0.15	54.55	17.00	3.00	82.35	19.10	19.40	53.00	33.00	37.74
0.29	0.15	48.28	16.00	3.00	81.25	19.10	19.80	40.00	22.00	45.00
0.28	0.14	50.00	14.00	3.00	78.57	19.40	20.10	39.00	25.00	35.90
Avg.		50.94			80.72					39.54
Flow of water 0.384 V/s										
0.19	0.11	42.11	2.00	0.00	100.00	18.30	19.80	64.00	32.00	50.00
0.30	0.10	66.67	4.00	1.00	75.00	19.10	19.40	79.00	31.00	60.76
0.31	0.12	61.29	7.00	2.00	71.43	19.00	20.10	57.00	28.00	50.88
Avg.		56.69			82.14					53.88

CO2 (%)			VOC (PPM)			PM (mg.)			Temperature (°C)	
#1	#3	%Re	#1	#3	%Re	#1	#3	%Re	#1	#3
Flow of water 0.246 Vs										
2.20	1.10	50.00	1.20	0.00	100.00	4.80	1.30	72.92	180.00	39.00
1.80	1.00	44.44	0.70	0.00	100.00				177.00	37.00
2.20	1.10	50.00	0.60	0.00	100.00				186.00	36.00
Avg.		48.15			100.00			72.92	181.00	37.33
Flow of water 0.340 Vs										
3.00	1.30	56.67	3.80	0.00	100.00	4.10	1.00	75.61	200.00	38.00
2.80	1.40	50.00	2.60	0.00	100.00				199.00	38.00
2.20	1.20	45.45	2.50	0.00	100.00				192.00	38.00
Avg.		50.71			100.00			75.61	197.00	38.00
Flow of water 0.384 Vs										
1.10	0.40	63.64	2.60	0.00	100.00	4.50	1.00	77.78	132.00	36.00
1.60	0.50	68.75	3.80	0.00	100.00				198.00	36.00
2.30	1.30	43.48	3.50	0.00	100.00				207.00	37.00
Avg.		58.62			100.00			77.78	179.00	36.33

หมายเหตุ : #1 คือ สารมลพิษก่อนเข้าระบบบำบัด #3 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซึม %Re คือ เปอร์เซนต์การลดสารมลพิษทั้งหมด

ตารางที่ ก.4 ปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่าน สำหรับกระบวนการบำบัดมลพิษโดยใช้ถ่านปริมาณ 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

CO (%)						NOx (PPM)						O2 (%)			SO2 (PPM)						
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3	#1	#2	%Re 1	#3	%Re 2	%Re	
Flow of water 0.340 Vs																					
0.30	0.24	20.00	0.11	54.17	63.33	3.00	1.00	66.67	0.00	100.00	100.00	18.80	19.30	20.20	54.00	52.00	3.70	27.00	48.08	50.00	
0.34	0.22	35.29	0.12	45.45	64.71	5.00	2.00	60.00	0.00	100.00	100.00	18.90	19.40	20.00	52.00	48.00	7.69	29.00	39.58	44.23	
0.32	0.22	31.25	0.11	50.00	65.63	8.00	4.00	50.00	0.00	100.00	100.00	18.90	19.30	19.90	48.00	43.00	10.42	27.00	37.21	43.75	
Avg.		28.85			64.55			58.89			100.00						7.27			45.99	
Flow of water 0.384 Vs																					
0.18	0.11	38.89	0.06	45.45	66.67	1.00	1.00	0.00	0.00	100.00	100.00	19.90	19.60	20.70	46.00	42.00	8.70	18.00	57.14	60.87	
0.25	0.14	44.00	0.06	57.14	76.00	1.00	1.00	0.00	0.00	100.00	100.00	19.30	19.00	20.30	49.00	47.00	4.08	10.00	78.72	79.59	
0.27	0.21	22.22	0.08	61.90	70.37	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	18.90	19.10	20.40	47.00	49.00	-4.26	23.00	53.06	51.06	
Avg.		35.04			71.01			16.67			100.00						2.84			63.84	

CO2 (%)						VOC (PPM)						PM (mg.)						Temperature (°C)		
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3
Flow of water 0.340 Vs																				
1.90	1.20	36.84	0.80	33.33	57.89	10.50	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00							172.00	206.00	35.00
2.10	2.00	4.76	0.80	60.00	61.90	8.10	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	4.60	3.50	23.91	1.10	68.57	76.09	167.00	214.00	34.00
2.20	2.00	9.09	0.90	55.00	59.09	10.20	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00							189.00	219.00	36.00
Avg.		16.90			59.63			100.00			100.00			23.91			76.09	176.00	213.00	35.00
Flow of water 0.384 Vs																				
1.30	1.10	15.38	0.40	63.64	69.23	0.50	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00							115.00	118.00	34.00
1.70	1.50	11.76	0.60	60.00	64.71	2.10	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	4.30	2.90	32.56	1.00	65.52	76.74	130.00	144.00	34.00
2.30	1.50	34.78	0.60	60.00	73.91	2.30	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00							148.00	176.00	35.00
Avg.		20.64			69.28			100.00			100.00			32.56			76.74	131.00	146.00	34.33

หมายเหตุ : #1 คือ สารมลพิษก่อนเข้าระบบบำบัด #2 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซับ #3 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซึม %Re1 คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซับ %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซึม %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษทั้งหมด

ตารางที่ ก.5 ปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่าน สำหรับกระบวนการบำบัดมลพิษโดยใช้แอกติเวเตดอะลูมินาปริมาณ 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

CO (%)						NOx (PPM)						O2 (%)			SO2 (PPM)						
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	
Flow of water 0.246 Vs																					
0.29	0.27	6.90	0.15	44.44	48.28	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.80	20.10	20.40	31.00	27.00	12.90	19.00	29.63	38.71	
0.28	0.27	3.57	0.17	37.04	39.29	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.60	20.00	20.30	26.00	22.00	15.38	17.00	22.73	34.62	
0.28	0.26	7.14	0.13	50.00	53.57	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.60	19.80	20.30	29.00	20.00	31.03	13.00	35.00	55.17	
Avg.		5.87			47.04			50.00			100.00						19.77			42.83	
Flow of water 0.340 Vs																					
0.28	0.24	14.29	0.14	41.67	50.00	0.00	0.00	-	0.00	-	-	19.20	19.30	20.10	47.00	34.00	27.66	18.00	47.06	61.70	
0.23	0.22	4.35	0.13	40.91	43.48	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	19.30	19.40	19.80	52.00	38.00	26.92	20.00	47.37	61.54	
0.31	0.28	9.68	0.11	60.71	64.52	1.00	1.00	0.00	0.00	100.00	100.00	18.90	19.30	19.90	34.00	28.00	17.65	17.00	39.29	50.00	
Avg.		9.44			52.66			50.00			100.00						24.08			57.75	
Flow of water 0.384 Vs																					
0.11	0.10	9.09	0.06	40.00	45.45	0.00	0.00	-	0.00	-	-	20.20	20.20	20.40	29.00	24.00	17.24	11.00	54.17	62.07	
0.15	0.15	0.00	0.03	80.00	80.00	1.00	1.00	0.00	0.00	100.00	100.00	19.90	19.90	20.20	54.00	33.00	38.89	17.00	48.48	68.52	
0.17	0.15	11.76	0.09	40.00	47.06	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.20	19.00	20.70	40.00	37.00	7.50	15.00	59.46	62.50	
Avg.		6.95			57.50			25.00			100.00						21.21			64.36	

CO2 (%)						VOC (PPM)						PM (mg.)						Temperature (°C)		
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3
Flow of water 0.246 V/s																				
2.10	2.00	4.80	1.20	40.00	42.86	1.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.70	3.10	34.04	0.70	77.42	85.11	165.00	138.00	38.00
1.70	1.80	-5.90	1.00	44.44	41.18	0.50	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							177.00	132.00	37.00
1.80	1.60	11.10	0.80	50.00	55.56	0.70	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							186.00	137.00	37.00
Avg.		3.33			46.53			100.00			100.00			34.04		85.11	176.00	135.67	37.33	
Flow of water 0.340 V/s																				
1.90	1.70	10.53	0.60	64.71	68.42	3.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.40	2.70	38.64	0.60	77.78	86.36	173.00	154.00	37.00
2.00	2.00	0.00	1.10	45.00	45.00	2.60	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							197.00	173.00	38.00
1.80	1.30	27.78	0.90	30.77	50.00	4.10	0.70	83.00	0.00	100.00	100.00							192.00	181.00	38.00
Avg.		12.77			54.47			94.31			100.00			38.64		86.36	187.33	169.33	37.67	
Flow of water 0.384 V/s																				
1.60	1.50	6.25	0.80	46.67	50.00	0.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.60	3.30	28.26	0.60	81.82	89.96	123.00	118.00	35.00
1.00	0.90	10.00	0.20	77.78	80.00	0.90	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							149.00	124.00	36.00
1.40	1.10	21.43	0.70	36.36	50.00	2.10	0.80	61.90	0.00	100.00	100.00							154.00	130.00	36.00
Avg.		12.56			60.00			87.30			100.00			28.26		89.96	142.00	124.00	35.67	

หมายเหตุ : #1 คือ สารมลพิษก่อนเข้าระบบบำบัด #2 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซับ #3 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซึม %Re1 คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซับ %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซึม %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษทั้งหมด

ตารางที่ ก.6 ปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่าน สำหรับกระบวนการบำบัดมลพิษโดยใช้แอกติเวเต็ดอะลูมินาปริมาณ 300 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

CO (%)						NOx (PPM)						O2 (%)			SO2 (PPM)						
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	
Flow of water 0.246 Vs																					
0.28	0.26	7.14	0.14	46.15	50.00	15.00	10.00	33.33	2.00	80.00	86.67	19.20	19.70	20.20	42.00	29.00	30.95	21.00	27.59	50.00	
0.29	0.27	6.90	0.15	44.44	48.28	17.00	11.00	35.29	2.00	81.82	88.24	19.50	20.00	20.60	39.00	30.00	23.08	22.00	26.67	43.59	
0.28	0.22	21.43	0.17	22.73	39.29	15.00	7.00	53.33	1.00	85.71	93.33	19.20	19.60	20.30	36.00	33.00	8.33	23.00	30.30	36.11	
Avg.		11.82			45.85			40.65			89.41						20.79			43.23	
Flow of water 0.340 Vs																					
0.29	0.26	10.34	0.14	46.15	51.72	12.00	8.00	33.33	2.00	75.00	83.33	19.00	19.30	19.70	44.00	32.00	27.27	19.00	40.63	56.82	
0.26	0.25	3.85	0.12	52.00	53.85	15.00	9.00	40.00	2.00	77.78	86.67	18.90	19.40	19.60	45.00	36.00	20.00	20.00	44.44	55.56	
0.30	0.28	6.67	0.13	53.57	56.67	18.00	11.00	38.89	0.00	100.00	100.00	18.30	19.70	20.10	45.00	30.00	33.33	16.00	46.67	64.44	
Avg.		6.95			54.08			37.41			90.00						26.87			58.94	
Flow of water 0.384 Vs																					
0.18	0.17	5.56	0.06	64.71	66.67	8.00	2.00	75.00	0.00	100.00	100.00	19.80	19.90	20.20	48.00	34.00	29.17	15.00	55.88	68.75	
0.22	0.20	9.09	0.09	55.00	59.09	13.00	10.00	23.08	1.00	90.00	92.31	19.20	19.80	20.10	43.00	39.00	9.30	14.00	64.10	67.44	
0.21	0.20	4.76	0.12	40.00	42.86	10.00	6.00	40.00	2.00	66.67	80.00	19.60	19.80	20.10	41.00	37.00	9.76	17.00	54.05	58.54	
Avg.		6.47			56.20			46.03			90.77						16.08			64.91	

CO2 (%)						VOC (PPM)						PM (mg.)						Temperature (°C)		
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3
Flow of water 0.246 Vs																				
2.00	1.80	10.00	1.01	38.89	45.00	0.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							217.00	172.00	39.00
1.60	1.60	0.00	0.90	43.75	43.75	0.50	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.70	2.80	40.43	0.60	78.57	87.23	198.00	156.00	38.00
1.80	1.50	16.70	0.80	46.67	55.56	0.00	0.00	-	0.00	-	-							176.00	132.00	38.00
Avg.		8.89			48.10			100.00			100.00			40.43			87.23	197.00	153.33	38.33
Flow of water 0.340 Vs																				
1.70	1.60	5.88	0.60	62.50	64.71	0.00	0.00	-	0.00	-	-							167.00	134.00	37.00
2.00	1.50	25.00	1.10	26.67	45.00	0.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	5.00	3.40	32.00	0.60	82.35	88.00	205.00	182.00	38.00
2.20	2.00	9.09	0.90	55.00	59.09	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							207.00	177.00	38.00
Avg.		13.32			56.27			100.00			100.00			32.00			88.00	193.00	164.33	37.67
Flow of water 0.384 Vs																				
0.90	0.90	0.00	0.40	55.56	55.56	0.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							121.00	106.00	37.00
1.40	1.10	21.43	0.30	72.73	78.57	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.10	2.70	34.15	0.40	85.19	90.24	145.00	123.00	38.00
1.40	1.30	7.14	0.70	46.15	50.00	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							155.00	132.00	38.00
Avg.		9.52			61.38			100.00			100.00	100.00		34.15			90.24	140.33	120.33	37.67

หมายเหตุ : #1 คือ สารมลพิษก่อนเข้าระบบบำบัด #2 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซับ #3 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซึม %Re1 คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซับ %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซึม %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษทั้งหมด

ตารางที่ ก.7 ปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่าน สำหรับกระบวนการบำบัดมลพิษโดยใช้แอกติเวเต้ดอะลูมินาปริมาณ 450 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

CO (%)						NOx (PPM)						O2 (%)			SO2 (PPM)						
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	
Flow of water 0.246 Vs																					
0.29	0.26	10.34	0.17	34.62	41.38	14.00	4.00	71.43	0.00	100.00	100.00	18.90	19.40	19.90	31.00	19.00	38.71	11.00	42.11	64.52	
0.31	0.29	6.45	0.13	55.17	58.06	13.00	11.00	15.38	2.00	81.82	84.62	19.10	19.50	20.60	26.00	20.00	23.08	10.00	50.00	61.54	
0.31	0.27	12.90	0.16	40.74	48.39	13.00	7.00	46.15	1.00	85.71	92.31	19.20	19.90	20.10	29.00	28.00	3.45	24.00	14.29	17.24	
Avg.		9.90			49.28			44.32			92.31						21.74			47.77	
Flow of water 0.340 Vs																					
0.29	0.26	10.34	0.11	57.69	62.07	17.00	9.00	47.06	2.00	77.78	88.24	19.10	19.30	20.70	47.00	33.00	29.79	21.00	36.36	55.32	
0.30	0.29	3.33	0.12	58.62	60.00	15.00	9.00	40.00	1.00	88.89	93.33	18.90	19.40	20.60	52.00	40.00	23.08	23.00	42.50	55.77	
0.29	0.29	0.00	0.17	41.38	41.38	19.00	11.00	42.11	1.00	90.91	94.74	18.70	19.20	20.10	34.00	30.00	11.76	16.00	46.67	52.94	
Avg.		4.56			54.48			43.05			92.10						21.54			54.68	
Flow of water 0.384 Vs																					
0.22	0.18	18.18	0.09	50.00	59.09	5.00	3.00	40.00	0.00	100.00	100.00	19.30	20.00	20.20	29.00	15.00	48.28	10.00	33.33	65.52	
0.22	0.18	18.18	0.10	44.44	54.55	8.00	4.00	50.00	1.00	75.00	87.50	19.20	19.60	20.40	54.00	39.00	27.78	14.00	64.10	74.07	
0.23	0.20	13.04	0.08	60.00	65.22	11.00	6.00	45.45	0.00	100.00	100.00	19.40	19.70	20.60	40.00	38.00	5.00	17.00	55.26	57.50	
Avg.		16.47			59.62			45.15			95.83						27.02			65.70	

CO2 (%)						VOC (PPM)						PM (mg.)						Temperature (°C)		
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3
Flow of water 0.246 Vs																				
2.00	1.80	10.00	1.10	38.89	45.00	0.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.70	2.80	40.43	0.60	78.57	87.23	211.00	187.00	39.00
1.60	1.60	0.00	0.90	43.75	43.75	0.50	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							208.00	166.00	38.00
1.80	1.50	16.70	0.80	46.67	55.56	0.00	0.00	-	0.00	-	-							166.00	130.00	39.00
Avg.		8.89			48.10			100.00			100.00			40.43		87.23	195.00	161.00	38.67	
Flow of water 0.340 Vs																				
1.80	1.60	11.11	0.60	62.50	66.67	0.00	0.00	-	0.00	-	-	4.30	2.90	32.56	0.40	86.21	90.70	167.00	166.00	37.00
2.10	1.50	28.57	1.00	33.33	52.38	0.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							205.00	176.00	39.00
2.00	2.00	0.00	0.90	55.00	55.00	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							207.00	177.00	38.00
Avg.		13.23			58.02			100.00			100.00			32.56		90.70	193.00	173.00	38.00	
Flow of water 0.384 Vs																				
1.50	0.90	40.00	0.40	55.56	73.33	0.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	3.90	2.50	35.90	0.30	88.00	92.31	121.00	120.00	37.00
1.00	1.10	-10.00	0.30	72.73	70.00	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							145.00	113.00	37.00
1.60	1.30	18.75	0.70	46.15	56.25	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							155.00	121.00	38.00
Avg.		16.25			66.53			100.00			100.00			35.90		92.31	140.33	118.33	37.33	

หมายเหตุ : #1 คือ สารมลพิษก่อนเข้าระบบบำบัด #2 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซับ #3 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซึม %Re1 คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซับ %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซึม %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษทั้งหมด

ตารางที่ ก.8 ปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ สำหรับกระบวนการบำบัดมลพิษโดยใช้โมเลกุลลาร์ซีฟปริมาณ 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

CO (%)						NOx (PPM)						O2 (%)			SO2 (PPM)						
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	
Flow of water 0.246 Vs																					
0.29	0.27	6.90	0.15	44.44	48.28	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.80	20.10	20.40	31.00	27.00	12.90	19.00	29.63	38.71	
0.28	0.27	3.57	0.17	37.04	39.29	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.60	20.00	20.30	26.00	22.00	15.38	17.00	22.73	34.62	
0.28	0.26	7.14	0.13	50.00	53.57	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.60	19.80	20.30	29.00	20.00	31.03	13.00	35.00	55.17	
Avg.		5.87			47.04			50.00			100.00						19.77			42.83	
Flow of water 0.340 Vs																					
0.28	0.24	14.29	0.14	41.67	50.00	0.00	0.00	-	0.00	-	-	19.20	19.30	20.10	47.00	34.00	27.66	18.00	47.06	61.70	
0.23	0.22	4.35	0.13	40.91	43.48	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	19.30	19.40	19.80	52.00	38.00	26.92	20.00	47.37	61.54	
0.31	0.28	9.68	0.11	60.71	64.52	1.00	1.00	0.00	0.00	100.00	100.00	18.90	19.30	19.90	34.00	28.00	17.65	17.00	39.29	50.00	
Avg.		9.44			52.66			50.00			100.00						24.08			57.75	
Flow of water 0.384 Vs																					
0.11	0.10	9.09	0.06	40.00	45.45	0.00	0.00	-	0.00	-	-	20.20	20.20	20.40	29.00	24.00	17.24	11.00	54.17	62.07	
0.15	0.15	0.00	0.03	80.00	80.00	1.00	1.00	0.00	0.00	100.00	100.00	19.90	19.90	20.20	54.00	33.00	38.89	17.00	48.48	68.52	
0.17	0.15	11.76	0.09	40.00	47.06	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.20	19.00	20.70	40.00	37.00	7.50	15.00	59.46	62.50	
Avg.		6.95			57.50			25.00			100.00						21.21			64.36	

CO2 (%)						VOC (PPM)						PM (mg.)						Temperature (°C)		
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3
Flow of water 0.246 Vs																				
2.10	2.00	4.80	1.20	40.00	42.86	1.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							165.00	138.00	38.00
1.70	1.80	-5.90	1.00	44.44	41.18	0.50	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.70	3.10	34.04	0.60	78.57	85.37	177.00	132.00	37.00
1.80	1.60	11.10	0.80	50.00	55.56	0.70	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							186.00	137.00	37.00
Avg.		3.33			46.53			100.00			100.00			34.04			85.37	176.00	135.67	37.33
Flow of water 0.340 Vs																				
1.90	1.70	10.53	0.60	64.71	68.42	3.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							173.00	154.00	37.00
2.00	2.00	0.00	1.10	45.00	45.00	2.60	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.40	2.70	38.64	0.70	75.00	83.72	197.00	173.00	38.00
1.80	1.30	27.78	0.90	30.77	50.00	4.10	0.70	83.00	0.00	100.00	100.00							192.00	181.00	38.00
Avg.		12.77			54.47			94.31			100.00			38.64			83.72	187.33	169.33	38.67
Flow of water 0.384 Vs																				
1.60	1.50	6.25	0.80	46.67	50.00	0.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							123.00	118.00	35.00
1.00	0.90	10.00	0.20	77.78	80.00	0.90	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.60	3.30	28.26	0.60	80.65	85.37	149.00	124.00	36.00
1.40	1.10	21.43	0.70	36.36	50.00	2.10	0.80	61.90	0.00	100.00	100.00							154.00	130.00	36.00
Avg.		12.56			60			87.30			100.00			28.26			85.37	142.00	124.00	35.33

หมายเหตุ : #1 คือ สารมลพิษก่อนเข้าระบบบำบัด #2 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซับ #3 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซึม %Re1 คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซับ %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซึม %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษทั้งหมด

ตารางที่ ก.9 ปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่าน สำหรับกระบวนการบำบัดมลพิษโดยใช้โมเลกุลลาร์ซีฟปริมาณ 300 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

CO (%)						NOx (PPM)						O2 (%)			SO2 (PPM)						
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	
Flow of water 0.246 l/s																					
0.20	0.19	5.00	0.08	57.89	60.00	11.00	6.00	45.45	1.00	83.33	90.91	19.30	19.80	20.40	35.00	30.00	14.29	21.00	30.00	40.00	
0.21	0.18	14.29	0.15	16.67	28.57	9.00	2.00	77.78	1.00	50.00	88.89	19.60	20.30	20.50	33.00	28.00	15.15	19.00	32.14	42.42	
0.21	0.18	14.29	0.06	66.67	71.43	5.00	2.00	60.00	0.00	100.00	100.00	19.30	20.10	20.40	30.00	24.00	20.00	18.00	25.00	40.00	
Avg.		11.19			53.33			61.08			93.27						16.48			40.81	
Flow of water 0.340 l/s																					
0.24	0.19	20.83	0.09	52.63	62.50	13.00	4.00	69.23	1.00	75.00	92.31	19.60	19.90	20.70	39.00	23.00	41.03	12.00	47.83	69.23	
0.30	0.21	30.00	0.11	47.62	63.33	15.00	3.00	80.00	0.00	100.00	100.00	19.90	19.80	20.60	40.00	36.00	10.00	23.00	36.11	42.50	
0.31	0.30	3.23	0.17	43.33	45.16	15.00	9.00	40.00	1.00	88.89	93.33	20.00	20.20	20.60	35.00	28.00	20.00	19.00	32.14	45.71	
Avg.		18.02			57.00			63.08			95.21						23.68			52.48	
Flow of water 0.384 l/s																					
0.21	0.19	9.52	0.11	42.11	47.62	10.00	9.00	10.00	1.00	88.89	90.00	19.90	20.10	20.50	30.00	27.00	10.00	11.00	59.26	63.33	
0.24	0.13	45.83	0.06	53.85	75.00	12.00	3.00	75.00	0.00	100.00	100.00	19.20	20.10	20.50	32.00	29.00	9.38	13.00	55.17	59.38	
0.22	0.20	9.09	0.08	60.00	63.64	11.00	5.00	54.55	0.00	100.00	100.00	19.50	20.00	20.60	38.00	32.00	15.79	18.00	43.75	52.63	
Avg.		21.48			62.09			46.52			96.67						11.72			58.45	

CO2 (%)						VOC (PPM)						PM (mg.)						Temperature (°C)		
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3
Flow of water 0.246 Vs																				
1.40	0.90	35.70	0.50	44.44	64.29	0.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							174.00	136.00	39.00
1.70	1.20	29.40	0.80	33.33	52.94	0.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.30	3.10	27.91	0.60	80.65	86.05	181.00	130.00	36.00
1.60	1.20	25.00	0.70	41.67	56.25	0.00	0.00	-	0.00	-	-							178.00	131.00	36.00
Avg.		3.33			46.53			100.00			100.00			27.91			86.05	177.67	132.22	37.00
Flow of water 0.340 Vs																				
2.10	1.90	9.52	0.60	68.42	71.43	0.80	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							189.00	152.00	37.00
2.20	2.10	4.55	0.90	57.14	59.09	1.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.20	2.90	30.95	0.50	79.31	85.71	193.00	169.00	37.00
2.40	1.30	45.83	0.50	61.54	79.17	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							199.00	184.00	38.00
Avg.		19.97			69.90			100.00			100			30.95			85.71	193.67	168.33	37.33
Flow of water 0.384 Vs																				
1.60	1.40	12.50	0.30	78.57	81.25	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							134.00	114.00	36.00
1.80	1.60	11.11	0.50	68.75	72.22	0.00	0.00	-	0.00	-	-	4.60	3.20	30.43	0.50	84.38	89.13	152.00	127.00	36.00
2.00	1.80	10.00	0.60	66.67	70.00	0.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							161.00	133.00	37.00
Avg.		11.20			74.49			100.00			100.00			30.43			85.37	149.00	124.67	36.33

หมายเหตุ : #1 คือ สารมลพิษก่อนเข้าระบบบำบัด #2 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซับ #3 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซึม %Re1 คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซับ %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซึม %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษทั้งหมด

ตารางที่ ก.10 ปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่าน สำหรับกระบวนการบำบัดมลพิษโดยใช้โมเลกุลาร์ซีฟปริมาณ 450 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

CO (%)						NOx (PPM)						O2 (%)			SO2 (PPM)						
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	
Flow of water 0.246 l/s																					
0.21	0.18	14.29	0.08	55.56	61.90	9.00	6.00	33.33	1.00	83.33	88.89	19.10	19.80	20.20	36.00	31.00	13.89	22.00	29.03	38.89	
0.21	0.17	19.05	0.11	35.29	47.62	8.00	2.00	75.00	0.00	100.00	100.00	19.50	19.50	19.70	31.00	22.00	29.03	15.00	31.82	51.61	
0.20	0.16	20.00	0.09	43.75	55.00	6.00	2.00	66.67	0.00	100.00	100.00	19.10	19.40	20.20	33.00	26.00	21.21	19.00	26.92	42.42	
Avg.		17.78			54.84			58.33			96.30						21.38			44.31	
Flow of water 0.340 l/s																					
0.24	0.21	12.50	0.10	52.38	58.33	19.00	10.00	47.37	1.00	90.00	94.74	18.70	19.00	20.70	56.00	41.00	26.79	22.00	46.34	60.71	
0.34	0.30	11.76	0.14	53.33	58.82	17.00	9.00	47.06	0.00	100.00	100.00	19.20	19.50	20.40	70.00	58.00	17.14	38.00	34.48	45.71	
0.38	0.33	13.16	0.13	60.61	65.79	18.00	9.00	50.00	0.00	100.00	100.00	18.40	19.20	19.80	64.00	44.00	31.25	26.00	40.91	59.38	
Avg.		12.47			60.98			48.14			98.25						25.06			55.27	
Flow of water 0.384 l/s																					
0.28	0.24	14.29	0.09	62.50	67.86	10.00	3.00	70.00	0.00	100.00	100.00	18.60	18.70	20.50	34.00	33.00	2.94	16.00	51.52	52.94	
0.21	0.17	19.05	0.08	52.94	61.90	13.00	4.00	69.23	0.00	100.00	100.00	18.50	19.10	20.10	49.00	46.00	6.12	21.00	54.35	57.14	
0.27	0.23	14.81	0.10	56.52	62.96	13.00	5.00	61.54	0.00	100.00	100.00	18.40	19.10	19.90	50.00	37.00	26.00	16.00	56.76	68.00	
Avg.		16.05			64.24			66.92			100.00						11.69			59.36	

CO2 (%)						VOC (PPM)						PM (mg.)						Temperature (°C)		
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3
Flow of water 0.246 Vs																				
1.60	1.30	18.80	0.80	38.46	50.00	0.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							182.00	168.00	40.00
1.70	1.10	35.30	0.70	36.36	58.82	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.40	3.00	31.82	0.50	83.33	88.64	185.00	166.00	39.00
1.60	1.20	25.00	0.70	41.67	56.25	0.00	0.00	-	0.00	-	-							173.00	158.00	39.00
Avg.		25.7			56.79			100.00			100.00			31.82			88.64	180.00	164.00	39.33
Flow of water 0.340 Vs																				
2.50	1.90	24.00	0.80	57.89	68.00	0.80	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							193.00	175.00	47.00
1.80	1.70	5.56	0.60	64.71	66.67	0.60	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	3.90	2.70	30.77	0.40	85.19	89.74	121.00	198.00	42.00
2.00	1.20	40.00	0.50	58.33	75.00	0.60	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							131.00	207.00	39.00
Avg.		23.20			69.89			100.00			100.00			30.77			89.74	148.33	193.33	42.67
Flow of water 0.384 Vs																				
2.00	1.50	25.00	0.50	66.67	75.00	0.00	0.00	-	0.00	-	-							153.00	143.00	39.00
1.80	1.40	22.22	0.40	71.43	77.78	0.00	0.00	-	0.00	-	-	4.60	3.10	35.42	0.40	87.10	91.67	162.00	151.00	38.00
2.00	1.80	10.00	0.60	66.67	70.00	0.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							181.00	164.00	39.00
Avg.		19.07			74.26			100.00			100.00			35.42			91.67	165.33	152.67	38.67

หมายเหตุ : #1 คือ สารมลพิษก่อนเข้าระบบบำบัด #2 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซับ #3 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซึม %Re1 คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซับ %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซึม %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษทั้งหมด

ตารางที่ ก.11 ปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่าน สำหรับกระบวนการบำบัดมลพิษโดยใช้แอกติเวเต็ดคาร์บอนปริมาณ 150 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

CO (%)						NOx (PPM)						O2 (%)			SO2 (PPM)						
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	
Flow of water 0.246 V/s																					
0.17	0.14	17.65	0.09	35.71	47.06	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	19.80	19.80	20.70	16.00	11.00	31.25	7.00	36.36	56.25	
0.13	0.09	30.77	0.06	33.33	53.85	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.00	19.80	19.80	23.00	20.00	13.04	12.00	40.00	47.83	
0.21	0.19	9.52	0.10	47.37	52.38	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.00	19.60	20.10	23.00	16.00	30.43	14.00	12.50	39.13	
Avg.		19.31			51.10			66.67			100.00						24.91			47.74	
Flow of water 0.340 V/s																					
0.17	0.08	52.94	0.04	50.00	76.47	3.00	2.00	33.33	0.00	100.00	100.00	19.50	19.70	20.80	38.00	26.00	31.58	13.00	50.00	65.79	
0.16	0.16	0.00	0.09	43.75	43.75	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.30	19.30	20.00	32.00	29.00	9.38	14.00	51.72	56.25	
0.19	0.17	10.53	0.09	47.06	52.63	5.00	1.00	80.00	0.00	100.00	100.00	19.50	19.40	20.10	36.00	27.00	25.00	17.00	37.04	52.78	
Avg.		21.16			57.62			54.44			100.00						21.98			58.27	
Flow of water 0.384 V/s																					
0.12	0.09	25.00	0.05	44.44	58.33	1.00	1.00	0.00	0.00	100.00	100.00	20.10	20.30	20.40	33.00	28.00	15.15	13.00	53.57	60.61	
0.15	0.12	20.00	0.04	66.67	73.33	1.00	0.00	100	0.00	100.00	100.00	20.10	19.90	20.10	37.00	26.00	29.73	9.00	65.38	75.68	
0.14	0.14	0.00	0.06	57.14	57.14	4.00	2.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.70	19.80	20.20	30.00	27.00	10.00	12.00	55.56	60.00	
Avg.		15.00			62.94			50.00			100.00						18.29			65.43	

CO2 (%)						VOC (PPM)						PM (mg.)						Temperature (°C)		
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3
Flow of water 0.246 Vs																				
1.10	0.90	18.20	0.70	22.22	36.36	0.80	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							178.00	136.00	35.00
1.70	1.60	5.90	0.80	50.00	52.94	1.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.30	2.80	34.88	0.60	83.33	86.05	188.00	148.00	35.00
1.70	1.60	5.90	0.90	43.75	47.06	0.60	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							167.00	139.00	35.00
Avg.		10.00			45.45			100.00			100.00			34.88			86.05	177.67	141.00	35.00
Flow of water 0.340 Vs																				
1.20	1.00	16.67	0.50	50.00	58.33	0.90	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							171.00	146.00	35.00
1.20	0.90	25.00	0.40	55.56	66.67	1.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.60	2.60	43.48	0.50	80.77	89.13	182.00	152.00	36.00
1.20	1.00	16.67	0.50	50.00	58.33	0.40	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							198.00	164.00	35.00
Avg.		19.40			61.11			100.00			100.00			43.48			89.13	183.67	154.00	35.67
Flow of water 0.384 Vs																				
0.90	0.60	33.33	0.40	33.33	55.56	0.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							121.00	98.00	33.00
0.80	0.60	25.00	0.20	66.67	75.00	2.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.50	3.20	28.89	0.50	84.38	88.89	130.00	110.00	34.00
1.00	0.90	10.00	0.20	77.78	80.00	1.60	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							147.00	124.00	32.00
Avg.		22.78			70.19			100.00			100.00			28.89			88.89	132.67	110.67	33

หมายเหตุ : #1 คือ สารมลพิษก่อนเข้าระบบบำบัด #2 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซับ #3 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซึม %Re1 คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซับ %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซึม %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษทั้งหมด

ตารางที่ ก.12 ปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการเผาให้ถ่าน สำหรับกระบวนการบำบัดมลพิษโดยใช้แอกติเวเต็ดคาร์บอนปริมาณ 300 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

CO (%)						NOx (PPM)						O2 (%)			SO2 (PPM)						
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	
Flow of water 0.246 l/s																					
0.32	0.30	6.25	0.15	50.00	53.13	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	18.80	19.10	20.70	46.00	30.00	34.78	25.00	16.67	45.65	
0.28	0.25	10.71	0.12	52.00	57.14	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.40	19.40	20.30	38.00	27.00	28.95	20.00	25.93	47.37	
0.28	0.24	14.29	0.14	41.67	50.00	1.00	1.00	0.00	0.00	100.00	100.00	19.20	19.20	19.90	23.00	15.00	34.78	10.00	33.33	56.52	
Avg.		10.42			53.42			33.33			100.00						32.84			49.85	
Flow of water 0.340 l/s																					
0.30	0.25	16.67	0.12	52.00	60.00	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	19.00	18.80	20.80	48.00	32.00	33.33	18.00	43.75	62.50	
0.32	0.30	6.25	0.18	40.00	43.75	1.00	1.00	0.00	0.00	100.00	100.00	18.90	19.20	19.90	46.00	30.00	34.78	14.00	53.33	69.57	
0.31	0.21	32.26	0.09	57.14	70.97	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	19.20	19.90	20.10	45.00	35.00	22.22	22.00	37.14	51.11	
Avg.		18.39			58.24			66.67			100.00						30.11			61.06	
Flow of water 0.384 l/s																					
0.30	0.28	6.67	0.15	46.43	50.00	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	18.90	19.50	20.60	48.00	38.00	20.83	15.00	60.53	68.75	
0.31	0.21	32.26	0.10	52.38	67.74	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	18.80	19.60	20.50	51.00	45.00	11.76	20.00	55.56	60.78	
0.32	0.23	28.13	0.08	65.22	75.00	1.00	1.00	0.00	0.00	100.00	100.00	18.90	19.80	20.30	52.00	41.00	21.15	16.00	60.98	69.23	
Avg.		22.35			64.25			66.67			100.00						17.92			66.26	

CO2 (%)						VOC (PPM)						PM (mg.)						Temperature (°C)		
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3
Flow of water 0.246 Vs																				
1.80	1.40	22.20	0.70	50.00	61.11	0.80	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							178.00	140.00	38.00
1.40	1.20	14.30	0.60	50.00	57.14	0.40	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	3.60	2.20	38.89	0.40	81.82	88.89	168.00	127.00	37.00
1.50	1.30	13.30	1.00	23.08	33.33	0.00	0.00	-	0.00	-	100.00							154.00	116.00	37.00
Avg.		16.60			50.53			100.00			100.00			38.89			88.89	166.67	127.67	37.33
Flow of water 0.340 Vs																				
1.60	1.70	-6.25	0.70	58.82	56.25	0.60	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							206.00	156.00	40.00
1.30	1.10	15.38	0.50	54.55	61.54	0.70	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.40	2.40	45.45	0.40	83.33	90.91	172.00	161.00	38.00
1.80	1.40	22.22	0.50	64.29	72.22	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							197.00	155.00	38.00
Avg.		10.50			63.34			100.00			100.00			45.45			90.91	191.67	157.33	38.67
Flow of water 0.384 Vs																				
1.80	1.10	38.89	0.50	54.55	72.22	0.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							135.00	119.00	35.00
1.70	1.20	29.41	0.40	66.67	76.47	0.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.50	3.30	26.67	0.40	87.88	91.11	141.00	133.00	35.00
1.90	1.50	21.05	0.70	53.33	63.16	0.40	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							147.00	124.00	32.00
Avg.		29.78			70.62			100.00			100.00			26.67			91.11	141.00	125.33	34.00

หมายเหตุ : #1 คือ สารมลพิษก่อนเข้าระบบบำบัด #2 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซับ #3 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซึม %Re1 คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซับ %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซึม %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษทั้งหมด

ตารางที่ ก.13 ปริมาณสารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ สำหรับกระบวนการบำบัดมลพิษโดยใช้แอกติเวเต็ดคาร์บอนปริมาณ 450 กรัมเป็นสารดูดซับและน้ำเป็นสารดูดซึม

CO (%)						NOx (PPM)						O2 (%)			SO2 (PPM)						
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	
Flow of water 0.246 L/s																					
0.15	0.12	20.00	0.06	50.00	60.00	9.00	2.00	77.78	0.00	100.00	100.00	18.90	19.90	20.20	41.00	20.0	51.22	15.00	25.00	63.41	
0.18	0.12	33.33	0.10	16.67	44.44	6.00	3.00	50.00	1.00	66.67	83.33	19.20	19.50	20.30	33.00	26.00	21.21	18.00	30.77	45.45	
0.18	0.17	5.56	0.07	58.82	61.11	7.00	2.00	71.43	1.00	50.00	85.71	19.60	19.70	20.20	34.00	15.00	55.88	9.00	40.00	73.53	
Avg.		19.63			55.19			66.40			89.68						42.77			60.80	
Flow of water 0.340 L/s																					
0.21	0.17	19.05	0.10	41.18	52.38	10.00	2.00	80.00	0.00	100.00	100.00	19.10	19.30	20.80	29.00	21.00	27.59	14.00	33.33	51.72	
0.20	0.17	15.00	0.07	58.82	65.00	7.00	5.00	28.57	1.00	80.00	85.71	18.80	19.20	20.60	30.00	26.00	13.33	10.00	61.54	66.67	
0.20	0.17	15.00	0.08	52.94	60.00	10.00	3.00	70.00	1.00	66.67	90.00	19.00	19.90	20.60	26.00	22.00	15.38	9.00	59.09	65.38	
Avg.		16.35			59.13			59.52			91.90						18.77			61.26	
Flow of water 0.384 L/s																					
0.16	0.13	18.75	0.09	30.77	43.75	2.00	1.00	50.00	0.00	100.00	100.00	19.40	19.90	20.60	28.00	16.00	42.86	6.00	62.50	78.57	
0.16	0.12	25.00	0.04	66.67	75.00	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	19.60	20.10	20.50	27.00	23.00	14.81	12.00	47.83	55.56	
0.20	0.15	25.00	0.04	73.33	80.00	4.00	3.00	25.00	0.00	100.00	100.00	18.90	20.20	20.50	31.00	24.00	22.58	9.00	62.50	70.97	
Avg.		22.92			66.25			58.33			100.00						26.75			68.36	

CO2 (%)						VOC (PPM)						PM (mg.)						Temperature (°C)		
#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3
Flow of water 0.246 V/s																				
1.40	1.00	28.60	0.70	30.00	50.00	0.00	0.00	-	0.00	-	-							178.00	135.00	38.00
1.30	1.10	15.40	0.70	36.36	46.15	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.80	3.00	37.50	0.50	81.82	89.58	155.00	126.00	37.00
1.10	1.00	9.10	0.50	50.00	54.55	0.00	0.00	-	0.00	-	-							139.00	109.00	38.00
Avg.		17.68			50.23			100.00			100.00			37.50			89.58	156.33	123.33	37.67
Flow of water 0.340 V/s																				
1.10	1.00	9.09	0.30	70.00	72.73	0.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							157.00	114.00	38.00
1.10	1.00	9.09	0.50	50.00	54.55	0.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.90	2.90	40.82	0.40	86.21	91.84	169.00	119.00	38.00
1.70	1.50	11.76	0.60	60.00	64.71	0.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							175.00	138.00	39.00
Avg.		9.98			63.99			100.00			100.00			40.82			91.84	167.00	123.67	38.33
Flow of water 0.384 V/s																				
0.70	0.50	28.57	0.20	60.00	71.43	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							108.00	79.00	36.00
0.80	0.60	25.00	0.30	50.00	62.50	0.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	4.30	2.90	32.56	0.30	89.66	93.02	112.00	82.00	37.00
1.10	0.60	45.45	0.20	66.67	81.82	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							128.00	95.00	38.00
Avg.		33.01			71.92			100.00			100.00			32.56			93.02	116.00	85.33	37.00

หมายเหตุ : #1 คือ สารมลพิษก่อนเข้าระบบบำบัด #2 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซับ #3 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซึม %Re1 คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซับ %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซึม %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษทั้งหมด

ตารางที่ ก.14 ปริมาณสารมลพิษจากการปรุงอาหารประเภททอด (ปลาทอด) ด้วยเตาแก๊ส

ชนิดของสารดูดซับ : แอคติเวเต็ด คาร์บอน 450 กรัม

ชนิดของสารดูดซึม : น้ำ

Time	CO (%)						NOx (PPM)						O2 (%)			SO2 (PPM)					
	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re
0	0.00	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	-	20.9	20.9	20.9	0.00	0.00	-	0.00	-	-
4	0.00	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	-	20.5	20.6	20.6	0.00	0.00	-	0.00	-	-
8	0.00	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	-	20.3	20.6	20.6	0.00	0.00	-	0.00	-	-
12	0.00	0.00	-	0.00	-	-	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	20.5	20.6	20.7	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
16	0.00	0.00	-	0.00	-	-	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	20.5	20.5	20.7	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
20	0.00	0.00	-	0.00	-	-	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	20.4	20.6	20.7	0.00	0.00	-	0.00	-	-
24	0.00	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	-	20.4	20.5	20.6	0.00	0.00	-	0.00	-	-
28	0.00	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	-	20.4	20.5	20.6	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
32	0.00	0.00	-	0.00	-	-	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	20.5	20.6	20.7	0.00	0.00	-	0.00	-	-
36	0.00	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	-	20.5	20.6	20.7	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
40	0.00	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	-	20.6	20.6	20.8	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00
44	0.00	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	-	20.6	20.6	20.8	0.00	0.00	-	0.00	-	-
Avg.			-		-	-			100.00			100.00						100.00			100.00

Time	CO2 (%)						VOC (PPM)						PM (mg.)						Temperature (°C)		
	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3
0	0.00	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	-							38.00	39.00	30.00
4	0.30	0.30	0.00	0.10	66.67	66.67	0.00	0.00	-	0.00	-	-							50.00	39.00	32.00
8	0.50	0.40	20.00	0.30	25.00	40.00	0.00	0.00	-	0.00	-	-							57.00	51.00	33.00
12	0.50	0.30	40.00	0.20	33.33	60.00	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							58.00	54.00	32.00
16	0.40	0.30	25.00	0.20	33.33	50.00	0.00	0.00	-	0.00	-	-							57.00	55.00	34.00
20	0.30	0.30	0.00	0.20	33.33	33.33	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							59.00	54.00	34.00
24	0.30	0.40	-33.33	0.20	50.00	33.33	0.00	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	-	61.00	60.00	35.00
28	0.40	0.40	0.00	0.10	75.00	75.00	0.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							61.00	60.00	34.00
32	0.40	0.30	25.00	0.20	33.33	50.00	0.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00							59.00	53.00	35.00
36	0.50	0.30	40.00	0.30	0.00	40.00	0.00	0.00	-	0.00	-	-							58.00	55.00	34.00
40	0.40	0.40	0.00	0.20	50.00	50.00	0.00	0.00	-	0.00	-	-							60.00	58.00	35.00
44	0.30	0.40	-33.33	0.20	50.00	33.33	0.00	0.00	-	0.00	-	-							60.00	57.00	35.00
Avg.			7.58			48.33			100.00			100.00							56.50	52.92	33.58

หมายเหตุ : #1 คือ สารมลพิษก่อนเข้าระบบบำบัด #2 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซับ #3 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซึม %Re1 คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซับ %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซึม %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษทั้งหมด

ตารางที่ ก.15 ปริมาณสารมลพิษจากการปรุงอาหารประเภทปิ้งย่าง (ปิ้งไก่ย่าง) ด้วยเตาถ่าน

ชนิดของสารดูดซับ : แอคติเวเต็ด คาร์บอน 450 กรัม

ชนิดของสารดูดซึม : น้ำ

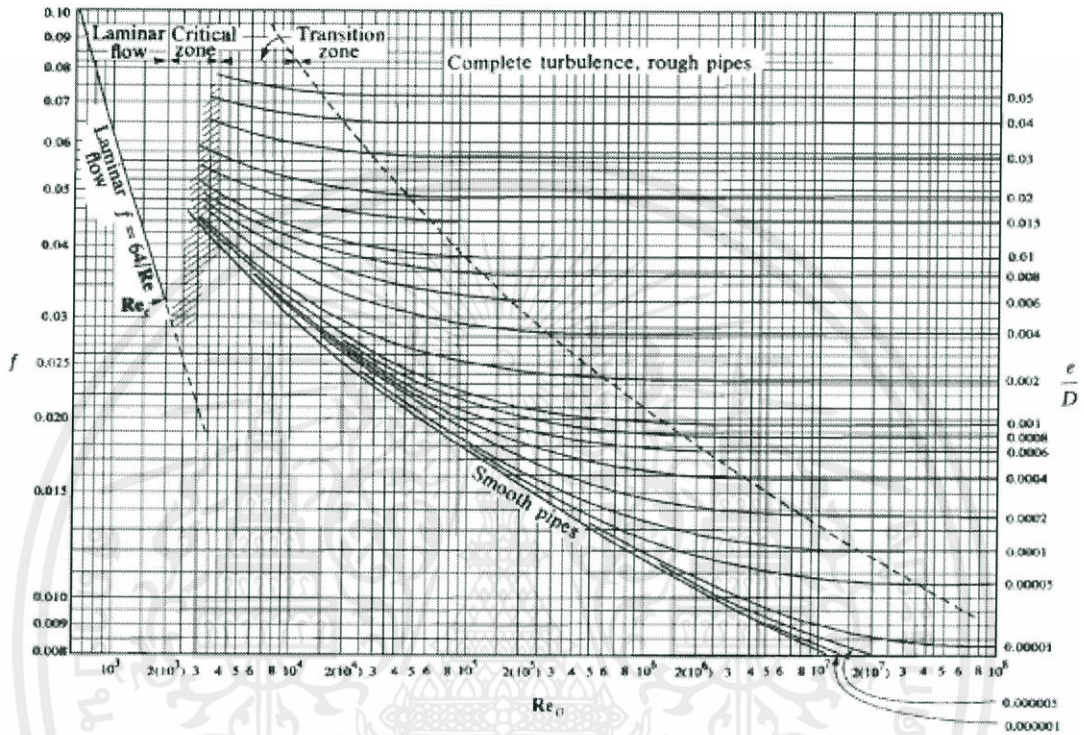
Time	CO (%)						NOx (PPM)						O2 (%)			SO2 (PPM)					
	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	#3	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re
0	0.00	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	-	20.90	20.90	20.90	0.00	0.00	-	0.00	-	-
4	0.40	0.33	17.50	0.15	54.55	62.50	12.00	7.00	41.67	2.00	71.43	83.33	18.40	19.10	20.60	70.00	62.00	11.43	25.00	59.68	64.29
8	0.31	0.26	16.13	0.14	46.15	54.84	24.00	5.00	79.17	2.00	60.00	91.67	19.10	20.00	20.40	65.00	49.00	24.62	14.00	71.43	78.46
12	0.22	0.19	13.64	0.10	47.37	54.55	15.00	8.00	46.67	1.00	87.50	93.33	19.50	19.90	20.30	26.00	11.00	57.69	2.00	81.82	92.31
16	0.20	0.14	30.00	0.09	35.71	55.00	16.00	7.00	56.25	1.00	85.71	93.75	19.50	19.90	20.10	25.00	19.00	24.00	4.00	78.95	84.00
20	0.21	0.17	19.05	0.06	64.71	71.43	14.00	6.00	57.14	1.00	83.33	92.86	19.80	19.90	20.60	20.00	15.00	25.00	6.00	60.00	70.00
24	0.13	0.12	7.69	0.03	75.00	76.92	11.00	3.00	72.73	2.00	33.33	81.82	20.00	20.30	20.70	25.00	13.00	48.00	5.00	61.54	80.00
28	0.10	0.07	30.00	0.02	71.43	80.00	7.00	3.00	57.14	0.00	100.00	100.00	20.20	20.10	20.60	15.00	11.00	26.67	6.00	45.45	60.00
32	0.07	0.06	14.29	0.02	66.67	71.43	7.00	2.00	71.43	0.00	100.00	100.00	20.10	20.50	20.70	18.00	16.00	11.11	1.00	93.75	94.44
เฉลี่ย			18.54			65.83			60.27			92.09						28.56			77.94

Time	CO2 (%)						VOC (PPM)						PM (mg.)						Temperature (°C)		
	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	%Re1	#3	%Re2	%Re	#1	#2	% Re1	#3	% Re2	% Re	#1	#2	#3
0	0.00	0.00	-	0.00	-	-	0.00	0.00	-	0.00	-	-							39.00	40.00	36.00
4	2.40	2.00	16.67	0.80	60.00	66.67	4.50	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00						136.00	118.00	42.00	
8	1.20	0.90	25.00	0.20	77.78	83.33	1.10	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00						162.00	145.00	47.00	
12	1.30	0.90	30.77	0.40	55.56	69.23	0.70	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00						133.00	125.00	39.00	
16	1.10	0.70	36.36	0.40	42.86	63.64	0.40	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00	5.70	3.00	47.37	0.30	90.00	94.74	117.00	104.00	38.00
20	1.20	1.00	16.67	0.30	70.00	75.00	0.30	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00						99.00	96.00	36.00	
24	0.90	0.80	11.11	0.20	75.00	77.78	1.00	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00						97.00	94.00	38.00	
28	0.70	0.60	14.29	0.20	66.67	71.43	0.80	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00						78.00	74.00	37.00	
32	0.60	0.60	0.00	0.20	66.67	66.67	0.20	0.00	100.00	0.00	100.00	100.00						76.00	69.00	37.00	
เฉลี่ย			18.86			71.72			100.00			100.00			47.37			94.74	104.11	96.11	38.88

หมายเหตุ : #1 คือ สารมลพิษก่อนเข้าระบบบำบัด #2 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซับ #3 คือ สารมลพิษหลังผ่านระบบดูดซึม %Re1 คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซับ %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษหลังผ่านกระบวนการดูดซึม %Re คือ เปอร์เซ็นต์การลดสารมลพิษทั้งหมด

ภาคผนวก ข.

รูปที่ ข.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ Moody Chart



ตารางที่ ข.1 ความเป็นทรงกลมของวัสดุแบบต่างๆ

Material	Sphericity	Material	Sphericity
Spheres, cubes, short cylinders ($L = D_p$)	1.0	Ottawa sand	0.95
Raschig rings ($L = D_p$)		Rounded sand	0.83
$L = D_o, D_i = 0.5D_o$	0.58 [†]	Coal dust	0.73
$L = D_o, D_i = 0.75D_o$	0.33 [†]	Flint sand	0.65
Beri saddles	0.3	Crushed glass	0.65
		Mica flakes	0.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ค่าความพรุนของการบรรจุแพคกิ้ง

D_p/D_t	ϵ for spheres	ϵ for cylinder
0	0.34	0.34
0.1	0.38	0.35
0.2	0.42	0.39
0.3	0.46	0.45
0.4	0.50	0.53
0.5	0.55	0.60

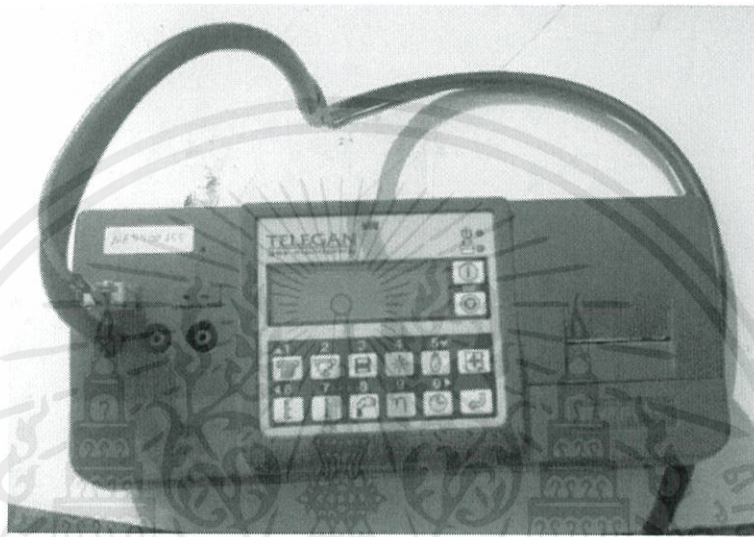
ตารางที่ ข.3 ค่าคุณสมบัติต่างๆ ของการบรรจุแพคกิ้งในหอดูดซึม

Type	material	Nominal size,in	Bulk density, lb/ft ³	Total area, ft ² /ft ³	Porosity	Packing factor	
						F _p	f _p
Raschig rings	Ceramic	1/2	55	112	0.64	580	1.52
		1	42	58	0.74	155	1.36
		1 1/2	43	37	0.73	95	1.00
		2	41	28	0.74	65	0.92
Pall rings	Metal	1	30	63	0.94	65	1.54
		1 1/2	24	39	0.95	40	1.36
		2	22	31	0.96	27	1.09
	Plastic	1	5.5	63	0.90	55	1.36
		1 1/2	4.8	39	0.91	40	1.18
Beri saddle	Ceramic	1/2	54	142	0.62	240	1.58
		1	45	76	0.68	110	1.36
		1 1/2	40	46	0.71	65	1.07
Intalox saddle	Ceramic	1/2	46	190	0.71	200	2.27
		1	42	78	0.73	92	1.54
		1 1/2	39	59	0.76	52	1.18
		2	38	36	0.76	40	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยและสงวนไว้

ภาคผนวก ค.

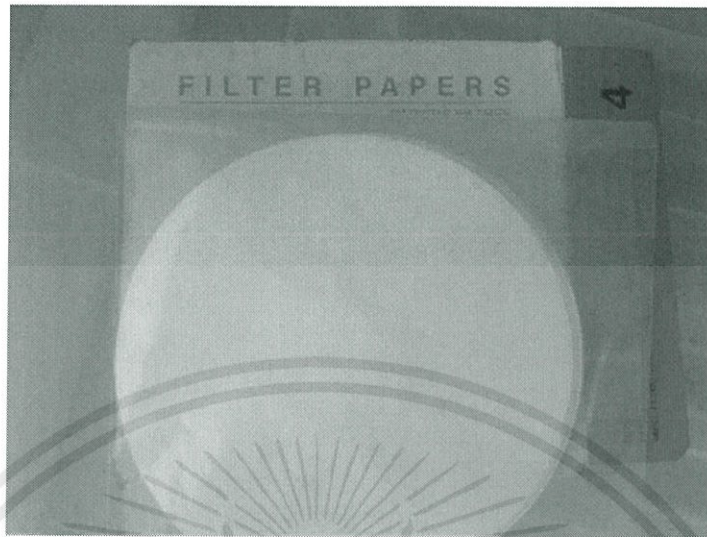
รูปวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ ค.1 เครื่องวัดองค์ประกอบควัน (Tempest 100)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอก **รูปที่ ค.2 เครื่องวัด VOC (MiniRAE Plus)** ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

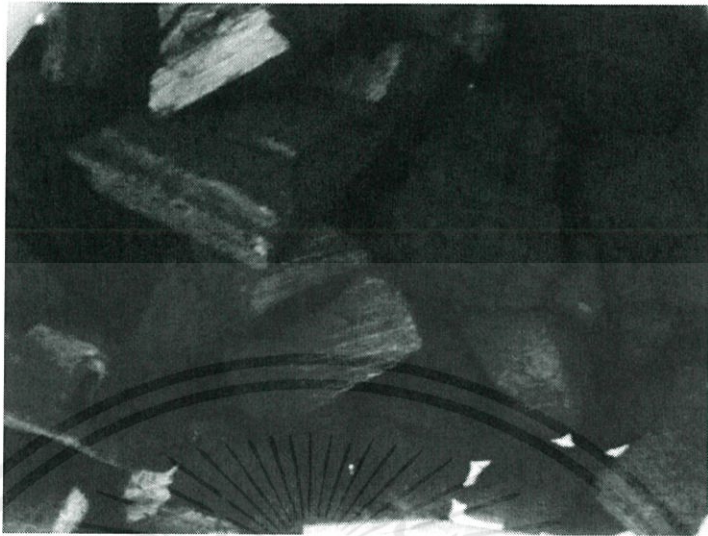


รูปที่ ค.3 กระดาษกรองฝุ่น (Whatman เบอร์ 4)

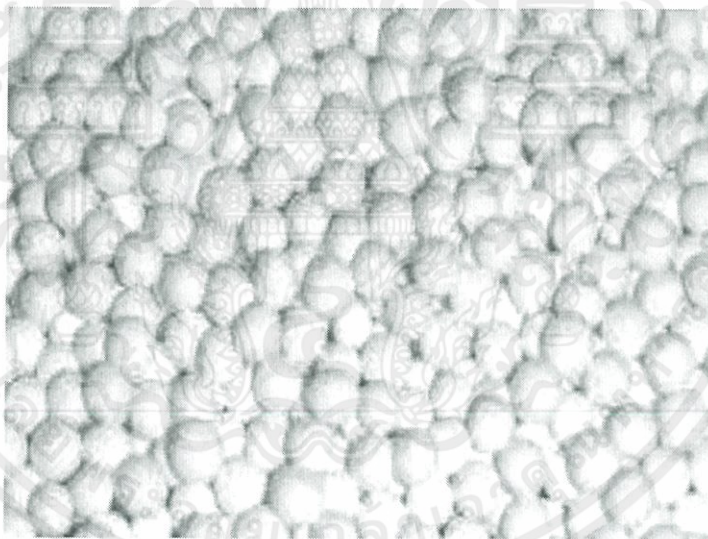


รูปที่ ค.4 มานอมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

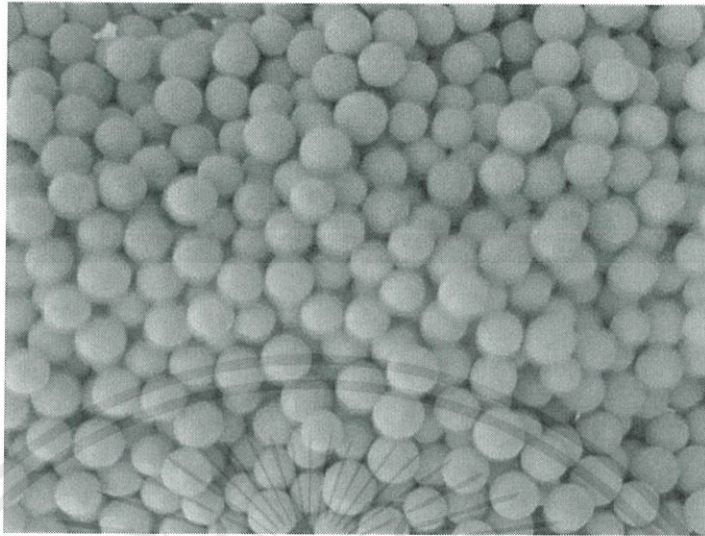


รูปที่ ค.5 ถ่าน



รูปที่ ค.6 แอคติเวเต้ดอะลูมินา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

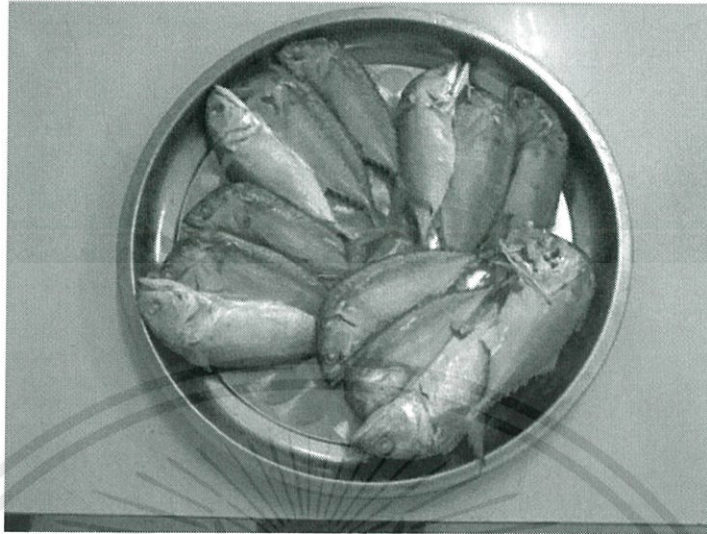


รูปที่ ค.7 โม่เลกุลลาร์ซีฟ

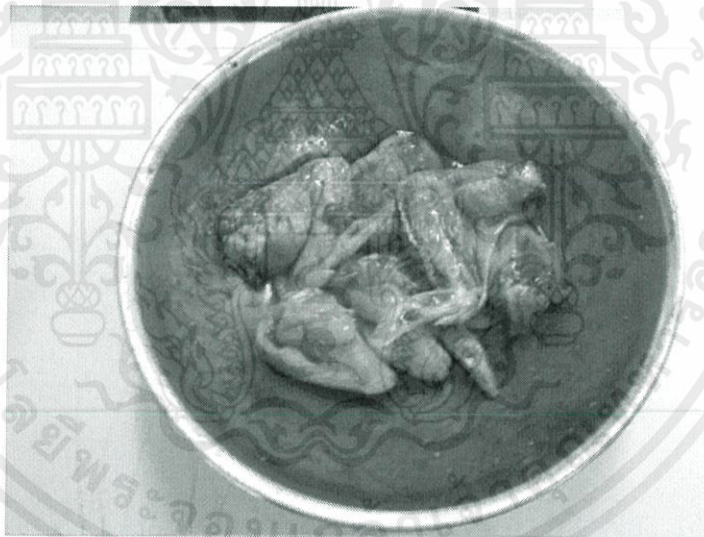


รูปที่ ค.8 แอคติเวเต็ดคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.9 ปลาทุ

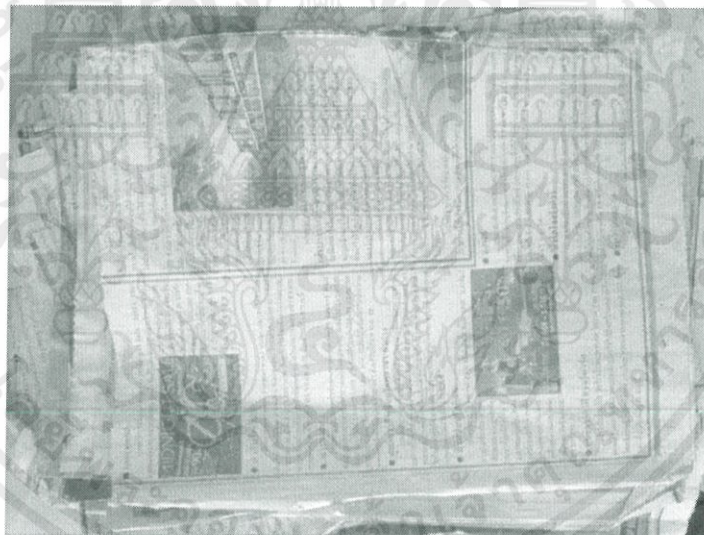


รูปที่ ค.10 ปีกไก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.11 น้ำมันพืช

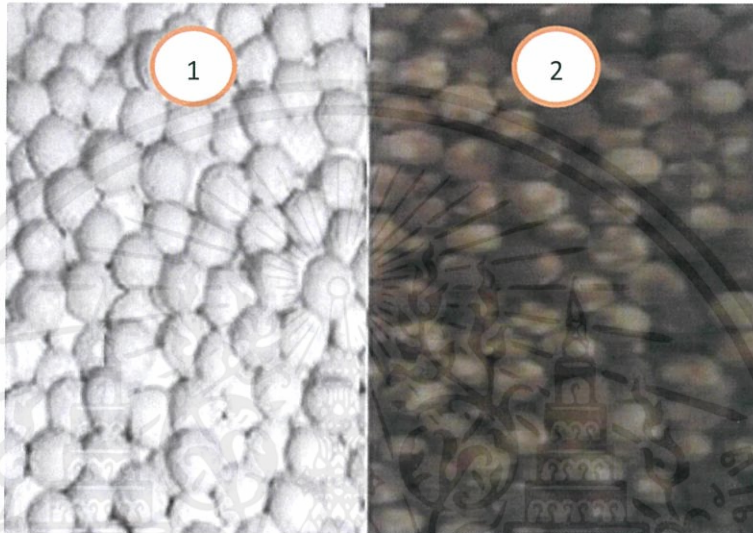


รูปที่ ค.12 หนังสือพิมพ์

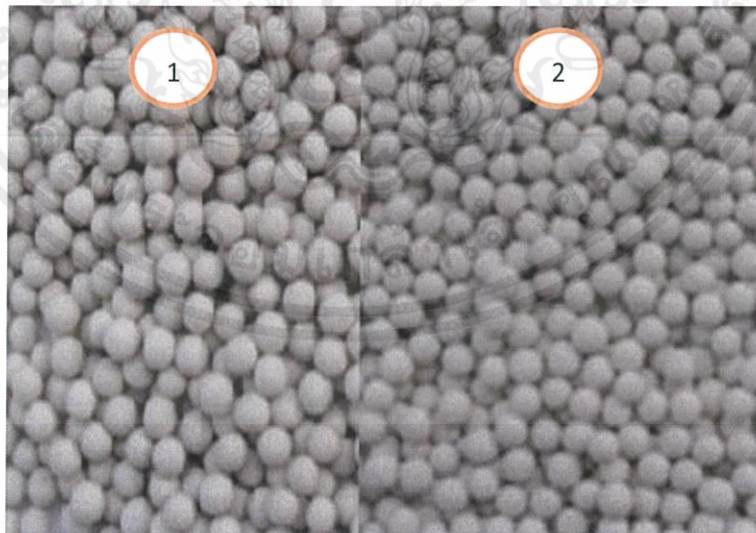
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

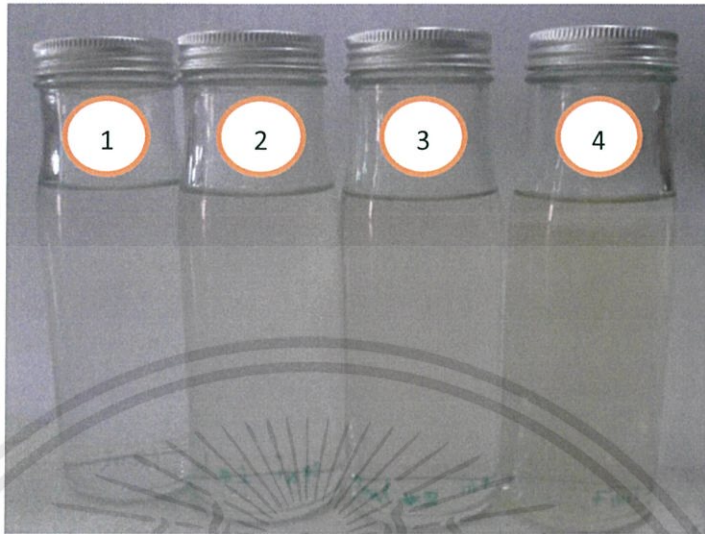
รูปแสดงผลการทดลอง



รูปที่ ง.1 แอคติเวเต็ดอะลูมินา (1) ก่อนบำบัด (2) หลังบำบัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้ รูปที่ ง.2 โมเลกุลลาร์ซีฟ (1) ก่อนบำบัด (2) หลังบำบัด ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

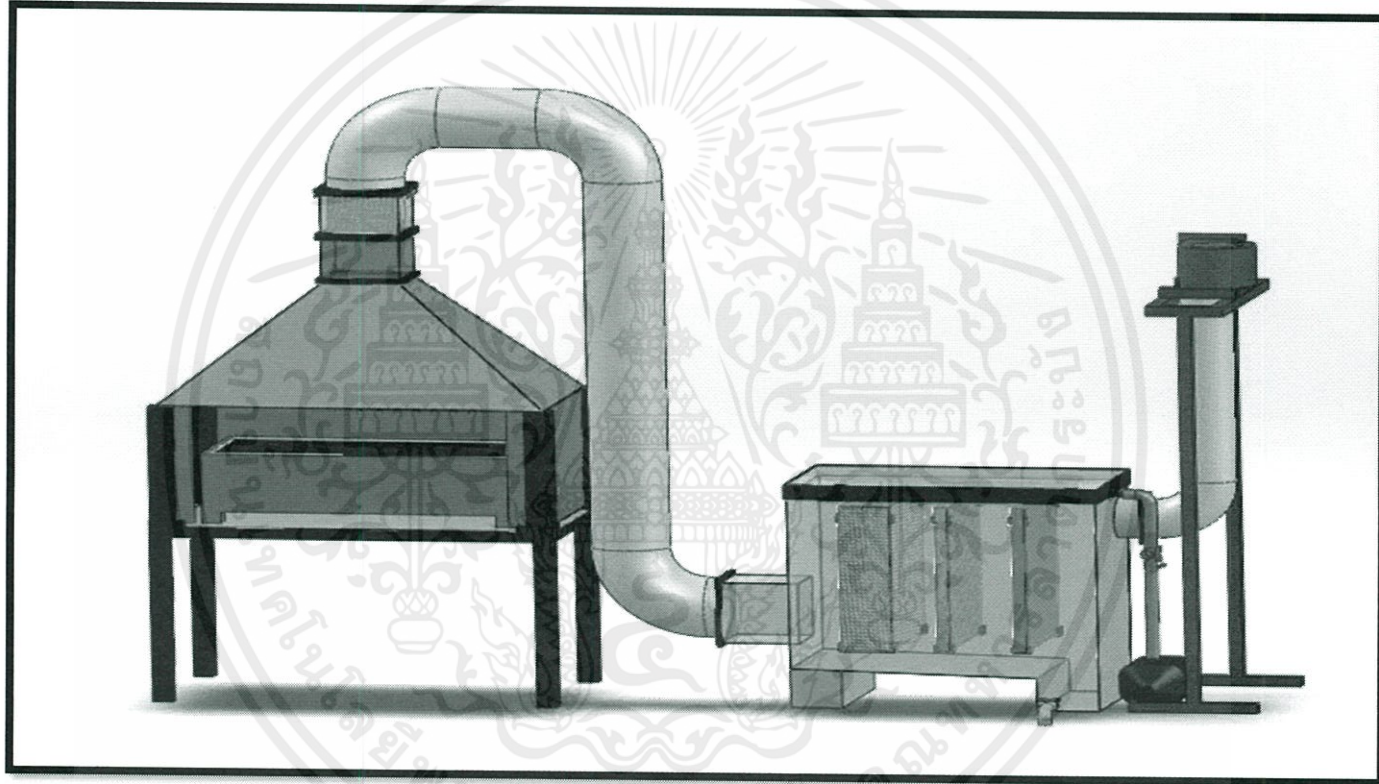


รูปที่ ง.4 น้ำ (1) ก่อนบำบัด (2) หลังบำบัดครึ่งชั่วโมง
(3) หลังบำบัดหนึ่งชั่วโมง (4) หลังบำบัดหนึ่งชั่วโมงสามสิบนาที

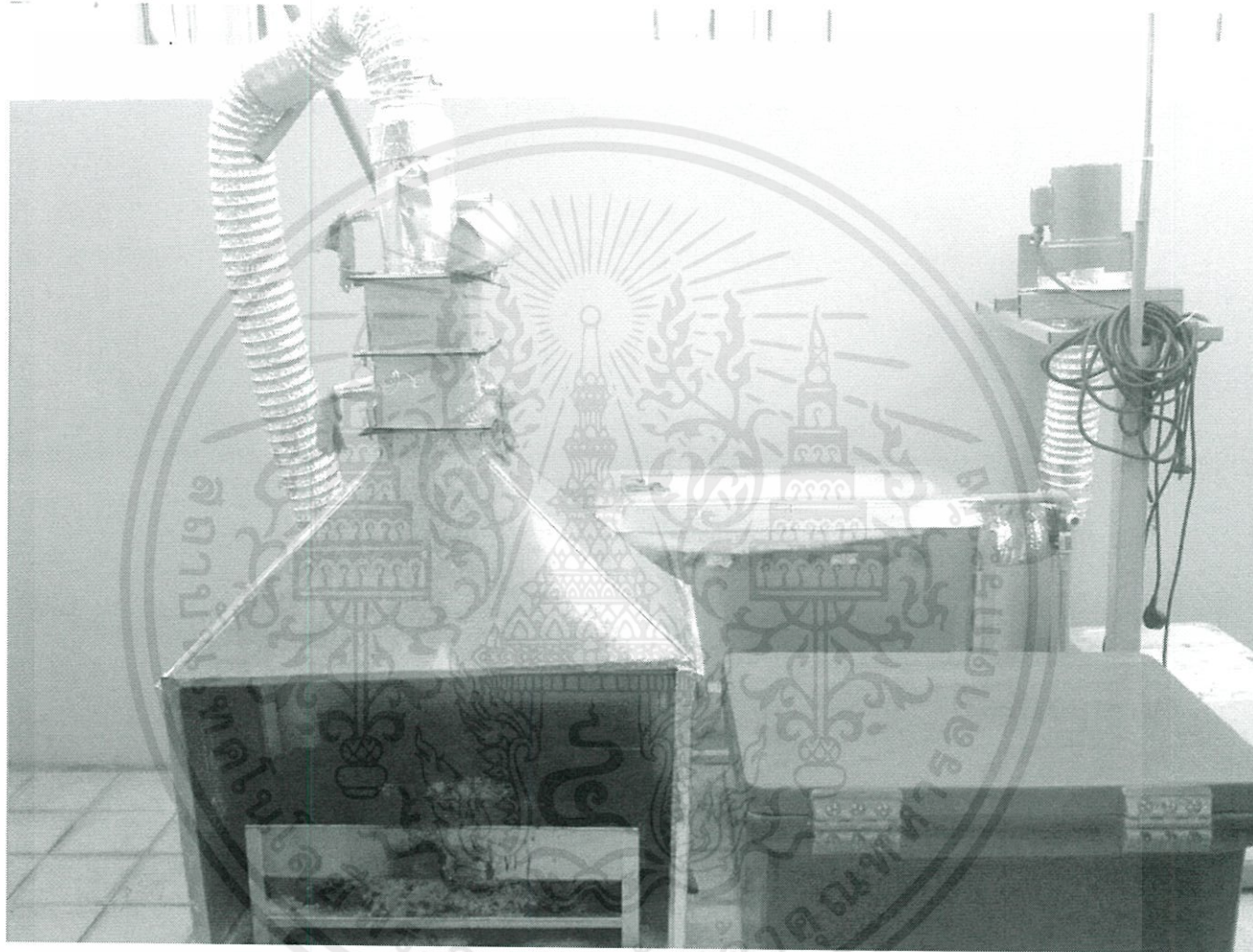
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

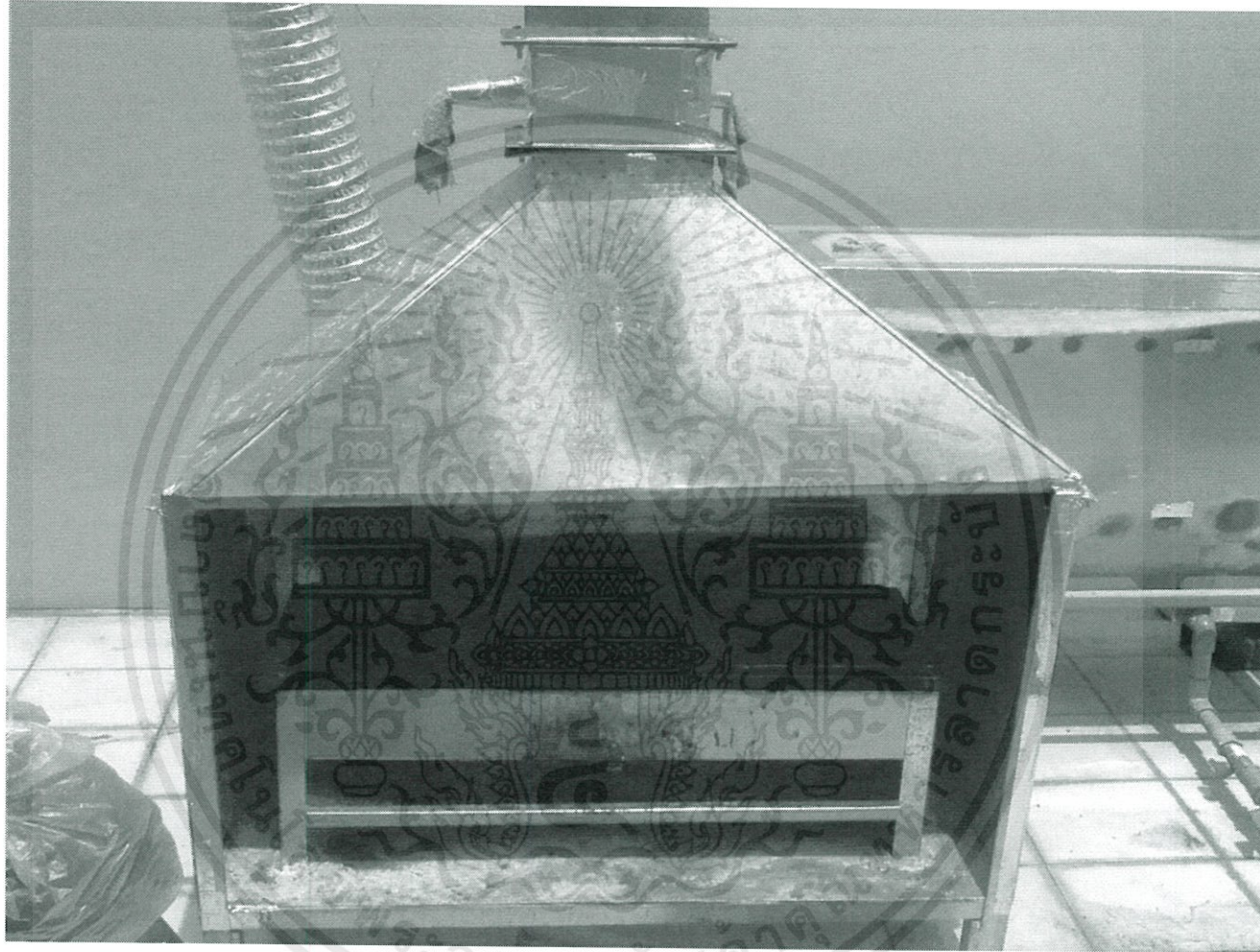
รูปแสดงแบบจำลองระบบบำบัดควัน



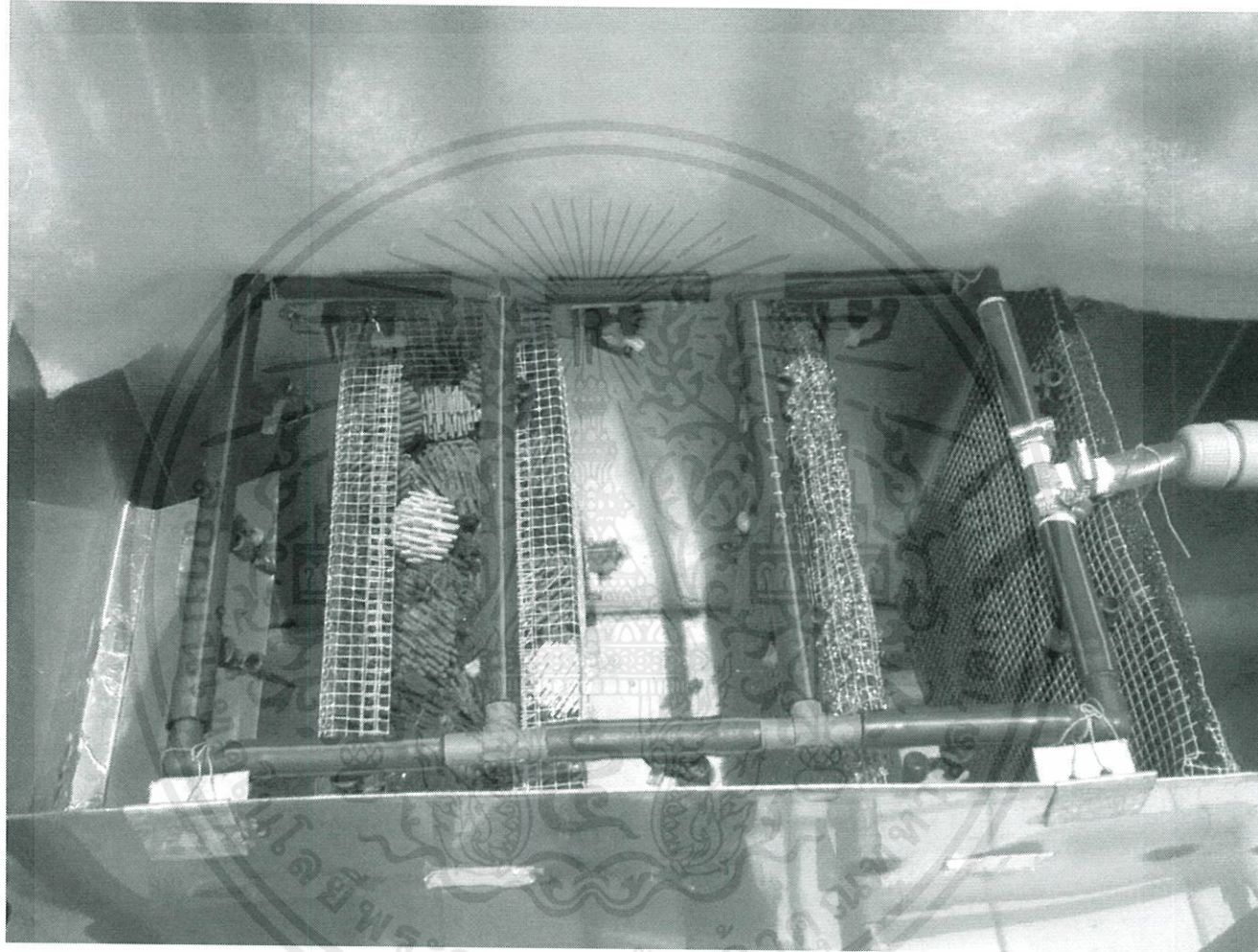
รูปที่ จ.1 แบบจำลองระบบบำบัดควัน



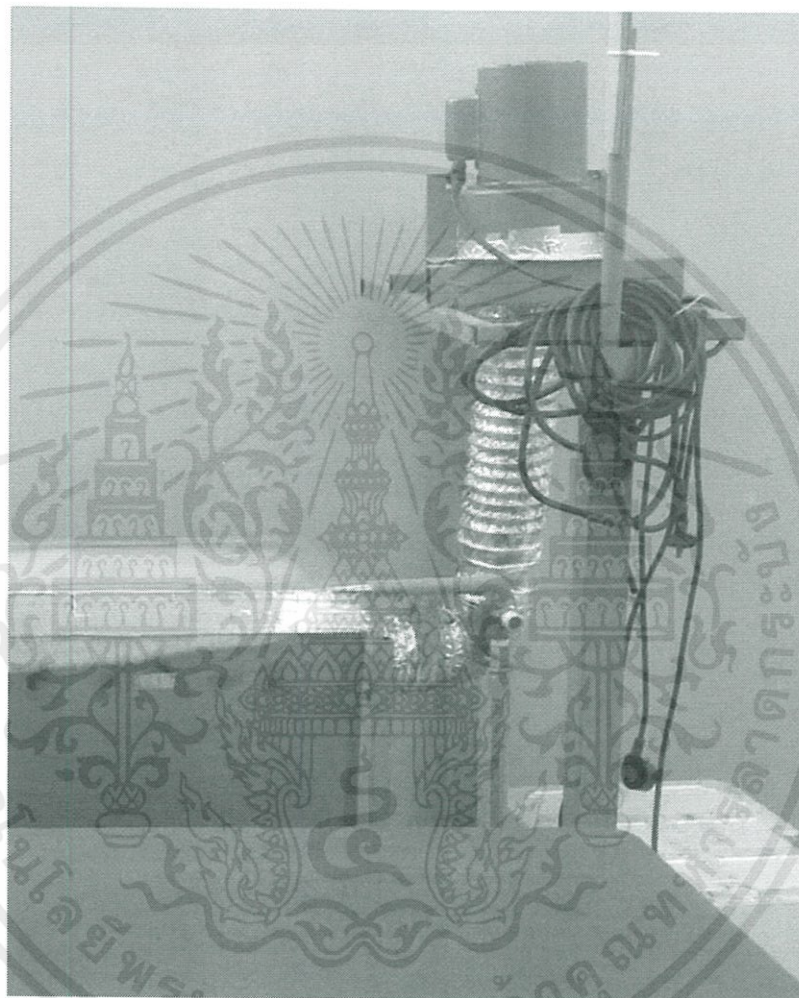
รูปที่ จ.2 เครื่องต้นแบบสำหรับทดสอบระบบบำบัดควัน



รูปที่ จ.3 โครงสร้างต้นแบบสำหรับทดสอบระบบบำบัดควัน



รูปที่ จ.4 ระบบดัดเข็มต้นแบบสำหรับทดสอบระบบบำบัดควัน



รูปที่ จ.5 โบลว์เออร์ต้นแบบสำหรับทดสอบระบบบำบัดควัน