



การปรับปรุงออกแบบและพัฒนาเตาเผาแบบหมุนสำหรับขยะติดเชื้อ

วิทยานิพนธ์
ของ
คมสัน ชันนาม

พหุ ประจันตัง โศโธ

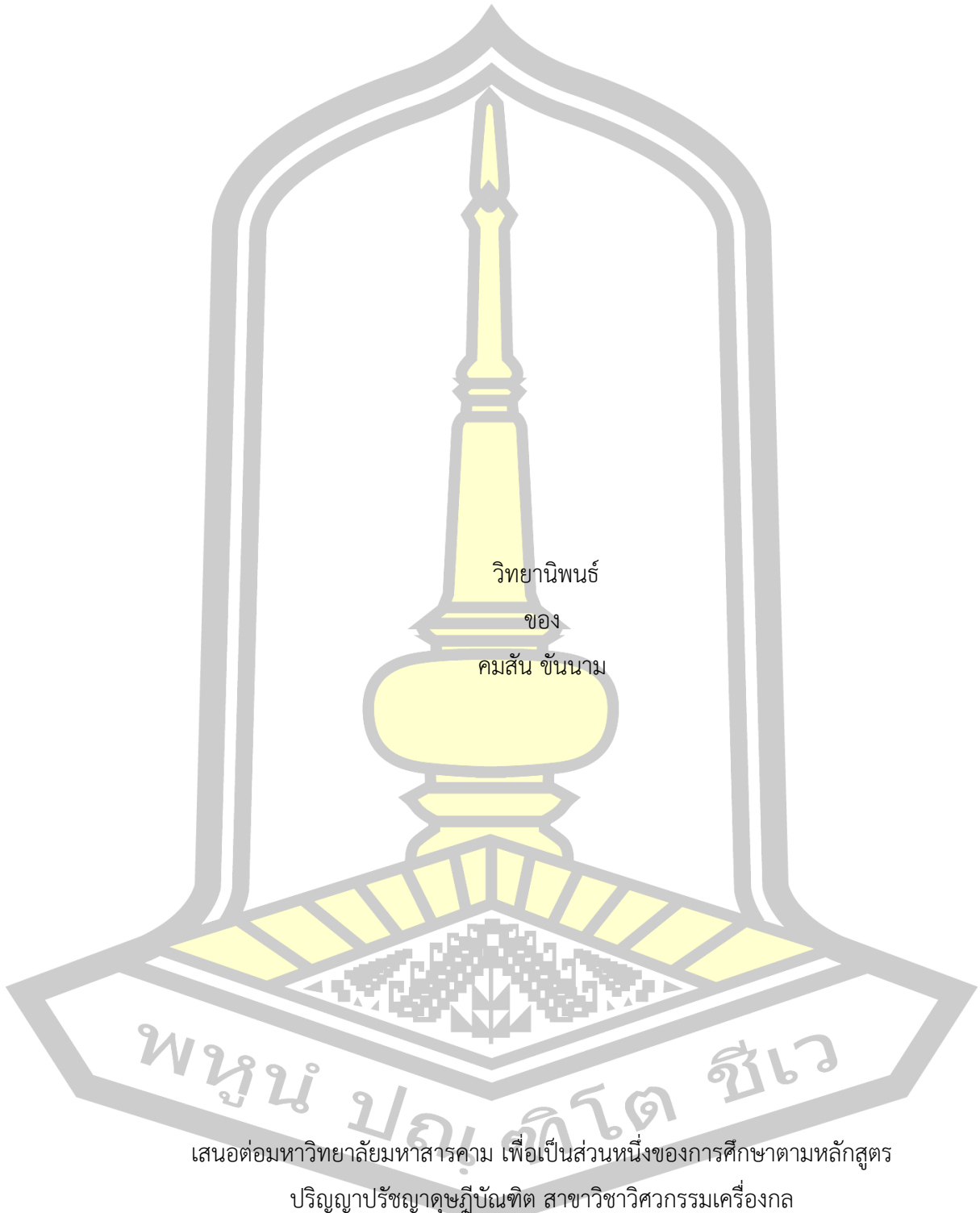
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มิถุนายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การปรับปรุงออกแบบและพัฒนาเตาเผาแบบหมุนสำหรับขยะติดเชื้อ



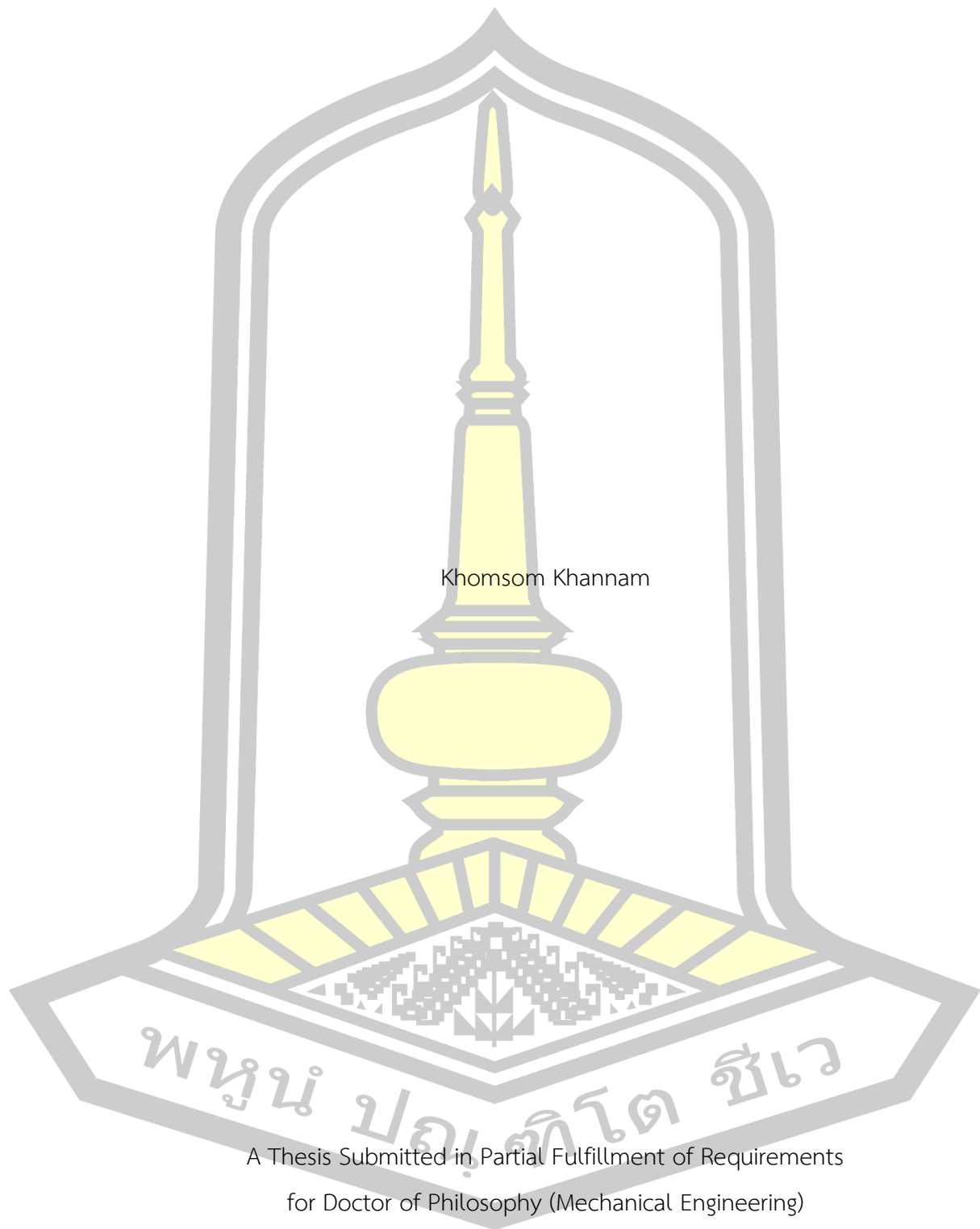
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มิถุนายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Improvement Design and Development of Rotary Kilns for Trash Infection



Khomsom Khannam

พหุบัณฑิตวิทยา

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)

June 2020

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายคมสัน ชันนาม แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. วสันต์ ศรีเมือง)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. บพิธ บุปผไชติ)

กรรมการ

(ศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)

กรรมการ

(ผศ. ดร. อธิวัฒน์ ชมภูคำ)

กรรมการ

(ผศ. ดร. ยศฐา ศรีเทพ)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(รศ. ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พูน บัณฑิต ชีวะ

ชื่อเรื่อง การปรับปรุงออกแบบและพัฒนาเตาเผาแบบหมุนสำหรับขยะติดเชื้อ
 ผู้วิจัย คมสัน ชันนาม
 อาจารย์ที่ปรึกษา บพิธ บุปผโงติ
 ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
 มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่พิมพ์ 2563

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงออกแบบและพัฒนาเตาเผาขยะแบบหมุนให้มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูงเพื่อกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่มีองค์ประกอบหลากหลายและทำการทดลองเพื่อประเมินสมรรถนะของการทำงานของเครื่องเตาเผาโดยได้คำนวณประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะที่ออกแบบ จากนั้นได้ทำการออกแบบห้องเผาไหม้ที่ 1 คือเตาเผาที่สร้างขึ้นเป็นรูปทรงกระบอกซึ่งเป็นท่อนอนยาว มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ความยาวของเตา 450 เซนติเมตร และเตาเผามีความลาดเอียง 5° เพื่อให้ขยะเกิดการเคลื่อนตัวขณะทำงานจะหมุนตลอดเวลาสามารถควบคุมระยะเวลาการเผาไหม้จึงจะสามารถทำปฏิกิริยาการเผาทำลายมูลฝอยติดเชื้อได้อย่างสมบูรณ์ในงานวิจัยนี้ใช้เชื้อเพลิงแก๊ส LPG อัตราการใช้ 40-50 L/hr. ซึ่งเตาเผาที่ออกแบบมีประสิทธิภาพการเผาได้ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การเผาไหม้น้อยกว่า 50 ตัน/วัน ตามมาตรฐานเป็นเตาขนาดเล็ก

จากงานวิจัยนี้พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเผาทำลายของเตาเผาขยะแบบหมุนคือ อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 800 องศาเซลเซียสและอัตราความเร็วรอบ 0.8 รอบต่อนาที ส่งผลทำให้มีประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะสูงสุด 92.02% โดยตัวแปรทั้งสองนี้ส่งผลต่อปริมาณมลพิษทางอากาศ เมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วง 700 เป็น 900 องศาเซลเซียส และอัตราความเร็วรอบเพิ่มขึ้นในช่วง 0.6 เป็น 1 รอบต่อนาที ส่งผลทำให้ปริมาณมลพิษทางอากาศของ CO, NO₂, SO₂ มีแนวโน้มการกระจายตัวเพิ่มขึ้นแต่ก็มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของ (US EPA.) ส่วนการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาทำลายก่อนและหลังการปรับปรุงออกแบบพัฒนาของเตาเผาแบบหมุน พบว่าหลังการปรับปรุงออกแบบพัฒนาส่งผลทำให้มีประสิทธิภาพของการเผาทำลายขยะที่สูงกว่าก่อนการปรับปรุงออกแบบพัฒนาประมาณ 15%

คำสำคัญ : เตาเผาแบบหมุน, ขยะมูลฝอยติดเชื้อ, การออกแบบพัฒนาเตาเผา, เตาเผาขยะ

TITLE	Improvement Design and Development of Rotary Kilns for Trash Infection		
AUTHOR	Khomsom Khannam		
ADVISORS	Associate Professor Bopit Bubphachot , Ph.D.		
DEGREE	Doctor of Philosophy	MAJOR	Mechanical Engineering
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2020

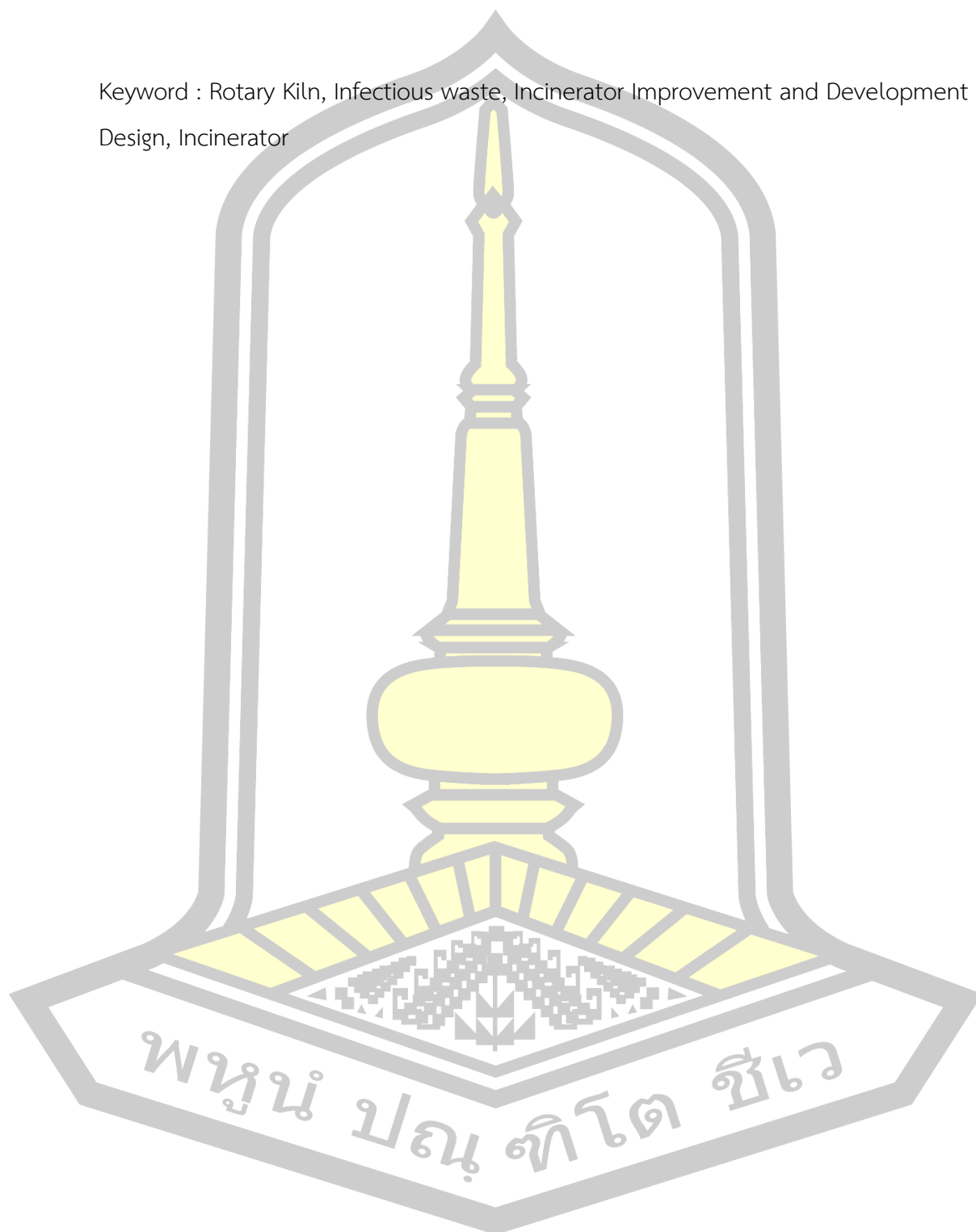
ABSTRACT

This study aimed for incinerator improvement and development design to achieve high efficiency of incineration for disposal of infectious waste which comprised various composites. Chamber#1 of the incinerator was designed in a horizontal cylinder shape with 40 centimeters diameter and 450 centimeters long. The chamber was positioned at a 5 degree slope down to allow waste movement all the time during the burning process. The combustion time was also controlled. Liquefied petroleum gas was used as combustion gas with a fuel utilization rate of 40-50 liter/hour. The designed incinerator is called a small stove with incineration efficiency at 100 Kilograms/hour and the combustion less than 50 tons/day.

The results showed that the burning efficiency of the rotary waste incinerator was affected by several parameters include the temperature in the combustion chamber#1 and the speed of its rotary kiln. The temperature of 800 °C and the speed of 0.8 rpm/min displayed the highest efficiency for burning waste at 92.02% while the amount of air pollution also affected. The amount of carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO₂) and sulfur dioxide (SO₂) was increased when the burning temperature falls in the range of 700-900 °C and the rotary kiln's speed of 0.6-1.0 rpm/min, however, these amounts still lower than the standard threshold of United States Environmental Protection Agency (US EPA). Taken together, we found that the efficiency of a waste incinerator after improvement was better than

the former model around 15%.

Keyword : Rotary Kiln, Infectious waste, Incinerator Improvement and Development
Design, Incinerator



กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดั่งนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.บพิตร บุบผาโชติ เป็นอย่างสูงที่ได้แนะนำและช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ และควบคุมดูแลในการทำวิทยานิพนธ์จนสัมฤทธิ์ผล ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อธิวัฒน์ ชมพูคำและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศฐา ศรีเทพ กรรมการ วิทยานิพนธ์กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นและประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วสันต์ ศรีเมือง ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย ผู้วิจัยขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณบริษัท Energy Experts Environment. Co. LTD. ที่สนับสนุนเงินทุน และวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณบิดา มารดาและครอบครัวที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจใน การทำงานวิจัยจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์

คมสัน ชันนาม



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญภาพประกอบ.....	ฒ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	5
1.5 แผนการดำเนินงาน	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ความรู้เกี่ยวกับการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ	6
2.1.1 ประเภทและลักษณะมูลฝอยจากสถานบริการสาธารณสุข.....	6
2.1.2 ความหมายของมูลฝอยติดเชื้อ	7
2.1.3 การจำแนกมูลฝอยติดเชื้อ (Identification of Infectious waste) และแนวทางในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ	8
2.1.4 แนวทางในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ	9
2.2 ปริมาณการเกิดมูลฝอยติดเชื้อในประเทศไทย	14

2.3 ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม	16
2.4 เทคนิควิธีการและต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ	19
2.5 แนวทางการจัดการมูลฝอยติดเชื้อของภาครัฐและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น	22
2.6 กฎหมายระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยติดเชื้อขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น	23
2.6.1 อำนาจหน้าที่ในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ	23
2.6.2 บทบาทหน้าที่เกี่ยวกับการจัดการมูลฝอยติดเชื้อขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น	25
2.7 เทคโนโลยีเตาเผา (Incineration)	27
2.7.1 หลักการพื้นฐานของเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย	28
2.7.2 ประเภทของเทคโนโลยีเตาเผาขยะ	28
2.7.3 การควบคุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	29
2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเผาไหม้	30
2.8.1 กระบวนการในการเผาไหม้	30
2.8.2 องค์ประกอบของการเผาทำลาย	31
2.8.3 ปัจจัยในการปฏิบัติงานที่สัมพันธ์กับการเผาไหม้	33
2.8.4 การเผาไหม้และการทำลายที่สมบูรณ์	38
2.8.5 ความสัมพันธ์เชิงเคมีทางความร้อน	41
2.8.6 สมดุลพลังงาน	42
2.9 เทคโนโลยีเตาเผาแบบหมุน (Rotary kiln incinerator)	43
2.9.1 ส่วนของเตาหมุน (Rotary kiln combustion chamber)	43
2.9.2 ส่วนของห้องเผาไหม้หลัง (Post-combustion chamber)	46
2.9.3 การออกแบบระบบการเผาไหม้	47
2.9.4 ระบบเตาเผาแบบ Rotary Kiln	48
2.10 เทคโนโลยีการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในปัจจุบัน	50

2.11 ปัจจัยสำหรับการเลือกใช้เทคโนโลยีการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ.....	62
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	63
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	76
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	76
3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง.....	79
3.3 การเตรียมมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาล	80
3.4 การศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีของมูลฝอยติดเชื้อ.....	83
3.4.1 การศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพ.....	83
3.4.2 การศึกษาสมบัติแบบประมาณ (Proximate analysis).....	84
3.4.3 การศึกษาสมบัติแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis).....	87
3.4.4 การศึกษาค่าความร้อนของการเผาไหม้ (Heating value determination)	87
3.4.5 การศึกษาองค์ประกอบของโลหะหนักและธาตุอื่น ๆ.....	89
3.5 การปรับปรุงออกแบบและพัฒนาเตาเผาขยะแบบหมุนให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูง	89
3.5.1. การออกแบบห้องเผาไหม้ที่ 1 (Rotary kiln combustion primary chamber).....	90
3.5.2 ห้องเผาไหม้ที่ 2 (Post-combustion chamber)	97
3.5.3 อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ในระบบเตาเผา Rotary Kilns มีดังนี้.....	99
3.6 ศึกษาการออกแบบและพัฒนาเตาเผาขยะแบบหมุนโดยมีเงื่อนไขและแผนการทดลองดังนี้ 106	
3.7 การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเตาเผา.....	108
3.7.1 การศึกษาประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาเผาขยะแบบ Rotary Kiln.....	109
3.7.2 การหาประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ	110
3.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA)	110
3.8.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลสามระดับ $3^{(k)}$ factorial.....	110
3.8.2. การหาสภาวะการปฏิบัติงานที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยการเผาทำลายโดยมีขั้นตอนดังนี้.....	111

3.8.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	113
3.9 การศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการปลดปล่อยก๊าซมลพิษโดยทำการตรวจวัดวิเคราะห์ อากาศก่อนปล่อยสู่ธรรมชาติ.....	114
3.9.1. การตรวจวัดอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผามูลฝอยติดเชื้อให้ขึ้นไปตามวิธีการ ในมาตรฐานของ (US EPA.)โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (ภาคผนวก ก).....	115
3.9.2 ขั้นตอนวิธีการตรวจวัดคุณภาพอากาศในปล่องระบาย.....	116
3.9.3 การเก็บรวบรวมตัวอย่างแก๊สการวิเคราะห์มลพิษทางอากาศ.....	122
3.9.4 สถานที่ทำการทดลอง.....	122
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	124
4.1 การศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีของมูลฝอยติดเชื้อ.....	124
4.1.1 คุณสมบัติของมูลฝอยติดเชื้อที่นำมาทดสอบ.....	124
4.1.2 ผลของการศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพ.....	125
4.1.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Analysis).....	126
4.1.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบแยกปริมาณธาตุ (Ultimate Analysis).....	127
4.1.5 ผลการศึกษาสมบัติของมูลฝอยติดเชื้อของธาตุโลหะหนักและธาตุอื่น ๆ.....	127
4.2 ผลของการศึกษาสภาวะการทำงานเตาเผาขยะแบบหมุน.....	128
4.2.1 ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเผาทำลายของเตาเผาขยะแบบหมุน มีดังต่อไปนี้.....	128
4.2.2 ผลที่ได้จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมโดยโปรแกรม SPSS.....	132
4.3 ผลของเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาทำลายก่อนและหลังการปรับปรุงออกแบบพัฒนา.....	139
4.3.1 ผลจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเผาทำลายขยะ.....	139
4.3.2 ผลการเปรียบเทียบก๊าซมลพิษทางอากาศก่อนและหลังปรับปรุงออกแบบพัฒนา.....	140
4.4 ผลการตรวจวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซมลพิษทางปลายปล่องของเตาเผาแบบหมุน.....	141
4.5 เปรียบเทียบต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของเตาเผาขยะแบบหมุน.....	144
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	149

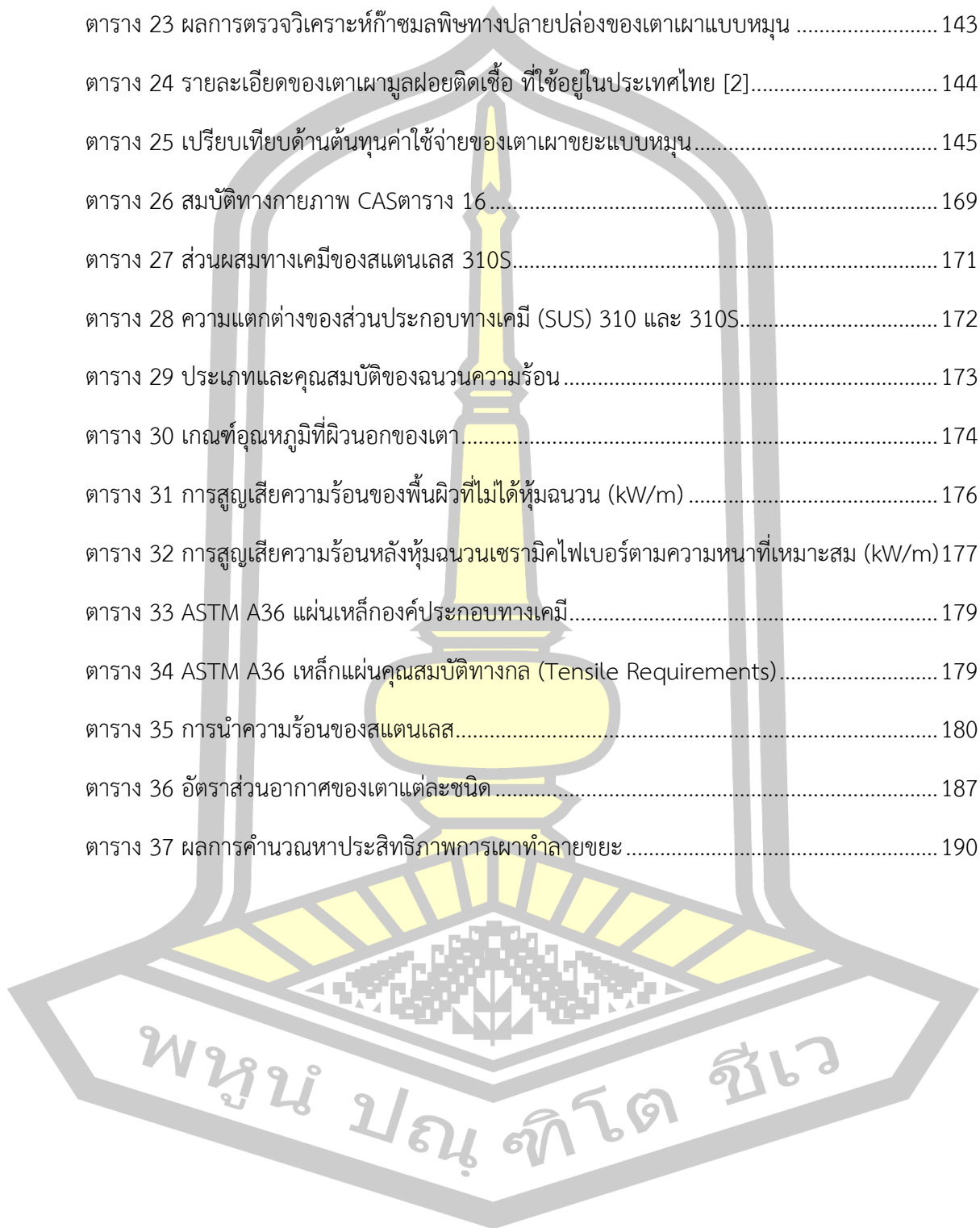
5.1	สรุปผลการทดลอง	149
5.2	ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข.....	150
5.3	ข้อเสนอแนะในการต่อยอดงานวิจัย	150
	บรรณานุกรม.....	152
	ภาคผนวก.....	158
	ภาคผนวก ก ข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อตาม ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในราชกิจจานุเบกษา 25 ธันวาคม 2546.....	159
	ภาคผนวก ข คุณสมบัติและรายละเอียดของวัสดุ.....	167
	ภาคผนวก ค รายการคำนวณในการออกแบบห้องเผาไหม้ที่ 1.....	182
	ภาคผนวก จ ผลการตรวจวิเคราะห์มลพิษปลายปล่องก่อนการออกแบบปรับปรุง.....	197
	ภาคผนวก ฉ Company profile บริษัทอีสเทิร์นไทยคอนซัลต์ติ้ง 1992 จำกัด ทำการวิเคราะห์ มลพิษทางอากาศและทางน้ำจากเตาเผาแบบ Rotary kilns.....	203
	ประวัติผู้เขียน.....	210



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 แผนการดำเนินงานวิจัย	5
ตาราง 2 สรุปข้อมูลรายละเอียดของเตาที่ใช้อยู่ในประเทศไทย [2].....	21
ตาราง 3 ข้อดีและข้อเสียของเตาเผาขยะแต่ละประเภท [16]	28
ตาราง 4 ลักษณะปฏิกิริยาการเผาทำลายที่สมบูรณ์.....	39
ตาราง 5 ข้อดีและข้อจำกัดของการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยสารเคมี [24]	53
ตาราง 6 ข้อดีและข้อจำกัดของการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยไอน้ำ [24]	55
ตาราง 7 ข้อดีและข้อเสียของการทำลายเชื้อด้วยคลื่นไมโครเวฟ [24].....	56
ตาราง 8 ข้อดีและข้อจำกัดของการบำบัดมูลฝอยด้วยพลาสมาเทคโนโลยี [24]	59
ตาราง 9 ข้อดีและจำกัดของเทคโนโลยี.....	61
ตาราง 10 องค์ประกอบและหลักการทำงานของเครื่อง	77
ตาราง 11 แผนการทดลองการเผาขยะติดเชื้อด้วยเตาเผาแบบหมุน	107
ตาราง 12 พารามิเตอร์ที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเตาเผา.....	109
ตาราง 13 แสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทดลอง	112
ตาราง 14 ผลตอบสนองที่ได้จากการทดลอง	113
ตาราง 15 การเปรียบเทียบข้อมูลตามมาตรฐาน (US.EPA)	114
ตาราง 16 องค์ประกอบมูลฝอยติดเชื้อ.....	125
ตาราง 17 องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Analysis) [50, 51].....	126
ตาราง 18 องค์ประกอบแบบแยกปริมาณธาตุ (Ultimate Analysis) [50-52]	127
ตาราง 19 ผลการศึกษาสมบัติองค์ประกอบของโลหะหนักและธาตุอื่น ๆ [50]	128
ตาราง 20 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับความเข้มข้นของก๊าซ CO.....	133
ตาราง 21 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับความเข้มข้นของก๊าซ NO ₂	135

ตาราง 22 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SO ₂	138
ตาราง 23 ผลการตรวจวิเคราะห์ก๊าซมลพิษทางปลายปล่องของเตาเผาแบบหมุน	143
ตาราง 24 รายละเอียดของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ที่ใช้ในประเทศไทย [2].....	144
ตาราง 25 เปรียบเทียบด้านต้นทุนค่าใช้จ่ายของเตาเผาขยะแบบหมุน.....	145
ตาราง 26 สมบัติทางกายภาพ CAS ตาราง 16.....	169
ตาราง 27 ส่วนผสมทางเคมีของสแตนเลส 310S.....	171
ตาราง 28 ความแตกต่างของส่วนประกอบทางเคมี (SUS) 310 และ 310S.....	172
ตาราง 29 ประเภทและคุณสมบัติของฉนวนความร้อน.....	173
ตาราง 30 เกณฑ์อุณหภูมิที่ผิวนอกของเตา.....	174
ตาราง 31 การสูญเสียความร้อนของพื้นผิวที่ไม่ได้หุ้มฉนวน (kW/m)	176
ตาราง 32 การสูญเสียความร้อนหลังหุ้มฉนวนเซรามิกไฟเบอร์ตามความหนาที่เหมาะสม (kW/m).....	177
ตาราง 33 ASTM A36 แผ่นเหล็กองค์ประกอบทางเคมี.....	179
ตาราง 34 ASTM A36 เหล็กแผ่นคุณสมบัติทางกล (Tensile Requirements).....	179
ตาราง 35 การนำความร้อนของสแตนเลส.....	180
ตาราง 36 อัตราส่วนอากาศของเตาแต่ละชนิด.....	187
ตาราง 37 ผลการคำนวณหาประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ	190



สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 ปริมาณมูลฝอยที่เกิดจากสถานบริการการสาธารณสุข [5].....	7
ภาพประกอบ 2 องค์ประกอบมูลฝอยติดเชื้อ [9].....	9
ภาพประกอบ 3 ห้องพักมูลฝอยติดเชื้อ [11]	12
ภาพประกอบ 4 การทำลายเชื้อโดยการเผา [11].....	13
ภาพประกอบ 5 ขั้นตอนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ [11]	14
ภาพประกอบ 6 ปัญหาที่มีมูลฝอยติดเชื้อตกค้างจำนวนมาก [11].....	15
ภาพประกอบ 7 ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อจำแนกตามประเภทแหล่งกำเนิด พ.ศ. 2556-2559	16
ภาพประกอบ 8 กระบวนการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยความร้อน [16]	27
ภาพประกอบ 9 องค์ประกอบที่เป็นตัวเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้ [17].....	31
ภาพประกอบ 10 ตำแหน่งที่อากาศเข้าทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ที่สามารถเผาไหม้ได้ [19].....	34
ภาพประกอบ 11 ผลผลิตภัณฑ์ของการเผาไหม้แบบอากาศพอดี (Stoichiometric) [19].....	34
ภาพประกอบ 12 สารผลผลิตภัณฑ์ของการเผาไหม้แบบอากาศส่วนเกิน (Excess air) [19].....	35
ภาพประกอบ 13 สารผลผลิตภัณฑ์ของการเผาไหม้แบบจำกัดอากาศ (Starved air) [19].....	35
ภาพประกอบ 14 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิการเผาไหม้กับอากาศส่วนเกิน [19].....	36
ภาพประกอบ 15 การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ [19].....	40
ภาพประกอบ 16 การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ [19].....	41
ภาพประกอบ 17 รูปแบบของเตาเผาของเสียแบบหมุนตามลักษณะการไหลของก๊าซ [21].....	43
ภาพประกอบ 18 ลักษณะการกระจายอุณหภูมิในเตาเผาแบบไหลตามกัน [21].....	44
ภาพประกอบ 19 ลักษณะการกระจายอุณหภูมิในเตาเผาแบบไหลสวนทาง [21]	45
ภาพประกอบ 20 ภาคตัดภายในเตา [21]	45
ภาพประกอบ 21 ลักษณะการจัดวางของห้องเผาไหม้หลังของเตาเผาของเสียแบบหมุน [21].....	47

ภาพประกอบ 22 ระบบเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) [23].....	49
ภาพประกอบ 23 มวลฝอยติดเชื้อที่ใส่ในถุงพลาสติกแดง [11]	52
ภาพประกอบ 24 การกำจัดขยะติดเชื้อด้วยไอน้ำ (Autoclaves) [11]	54
ภาพประกอบ 25 การทำลายเชื้อด้วยคลื่นไมโครเวฟ [11].....	56
ภาพประกอบ 26 การกำจัดขยะติดเชื้อโดยใช้ก๊าซ [11].....	57
ภาพประกอบ 27 การบำบัดมวลฝอยติดเชื้อด้วยพลาสมาเทคโนโลยี [11].....	58
ภาพประกอบ 28 เตาเผาห้องเดียวแบบตะแกรง (Static grate) [11].....	60
ภาพประกอบ 29 เตาเผาแบบหมุน (Rotary kilns) [11].....	60
ภาพประกอบ 30 เตาเผาแบบไพโรไลติก (Pyrolytic) [11].....	61
ภาพประกอบ 31 ส่วนประกอบหลักของเตาเผาขยะแบบหมุนที่พัฒนาขึ้น	76
ภาพประกอบ 32 Flow diagram ของเตาเผาขยะแบบหมุน.....	79
ภาพประกอบ 33 ขั้นตอนการทดลองวิจัย	79
ภาพประกอบ 34 ผู้ปฏิบัติงานต้องแต่งกายรัดกุม [11]	80
ภาพประกอบ 35 ภาชนะบรรจุมวลฝอยติดเชื้อประเภทวัสดุมีคม [11].....	81
ภาพประกอบ 36 ถุงขยะมวลฝอยติดเชื้อ [11]	82
ภาพประกอบ 37 ถุงขยะมวลฝอยติดเชื้อ [11]	82
ภาพประกอบ 38 เตาอบ	85
ภาพประกอบ 39 โถดูดความชื้น	85
ภาพประกอบ 40 เตาเผา	86
ภาพประกอบ 41 เครื่อง Bomb calorimeter	89
ภาพประกอบ 42 ส่วนด้านหน้าของห้องเผาใหม่.....	90
ภาพประกอบ 43 สแตนเลส SUS 310S.....	92
ภาพประกอบ 44 ใบสกรูแบบกลม SUS310	92
ภาพประกอบ 45 ปูนซีเมนต์ทนไฟ CASตาราง 16	93

ภาพประกอบ 46 Ceramic Fiber Board Blanket.....	93
ภาพประกอบ 47 Steel 0.6 mm. ASTM-A36	94
ภาพประกอบ 48 กระจกทนไฟหนา 10 mm.....	94
ภาพประกอบ 49 โครงสร้างการออกแบบภายในห้องเผาไหม้แบบหมุน (Rotary kiln).....	95
ภาพประกอบ 50 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเตาเผาขยะแบบหมุน	95
ภาพประกอบ 51 ข้อต่อภายในส่วนท้ายของเตาเผา	96
ภาพประกอบ 52 ส่วนหลังของห้องเผาไหม้ (ห้องดักเถ้า)	96
ภาพประกอบ 53 เถ้าจากห้องดักเถ้า (Ash) และเถ้าลอย, ผงฝุ่นจากไซโคลน (Fly ash, Dust).....	96
ภาพประกอบ 54 ปูนซีเมนต์ทนไฟ CASตาราง 16.....	97
ภาพประกอบ 55 Ceramic Fiber Board Blanket.....	98
ภาพประกอบ 56 Steel 0.6 mm. ASTM-A36	98
ภาพประกอบ 57 ห้องเผาไหม้เตาเผาที่ 2.....	99
ภาพประกอบ 58 โครงสร้างภายในของเตาเผาไหม้ที่ 2	99
ภาพประกอบ 59 ระบบการป้อนขยะ (Hopper).....	100
ภาพประกอบ 60 ระบบขับเคลื่อนเตาเผา	100
ภาพประกอบ 61 ไซโคลน (Cyclone).....	101
ภาพประกอบ 62 ไซโคลน (Cyclone).....	102
ภาพประกอบ 63 เทอร์โมคัปเปิลชนิด K	102
ภาพประกอบ 64 ระบบควบคุมเตาเผา	103
ภาพประกอบ 65 หัวเผา (Burner Gas).....	104
ภาพประกอบ 66 โบเวอร์ (Blower).....	104
ภาพประกอบ 67 ตู้คอนโทรลไฟฟ้าและมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า	105
ภาพประกอบ 68 มิเตอร์วัดปริมาตรแก๊สและเกจวัดแรงดันแก๊ส.....	105
ภาพประกอบ 69 แก๊ส (LPG) ขนาดถัง 48 kg.....	106

ภาพประกอบ 70	เงื่อนไขในการเผาทำลายขยะติดเชื้อด้วยเตาเผาแบบหมุน	107
ภาพประกอบ 71	ชุดตรวจวัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂) ในปล่องระบาย	116
ภาพประกอบ 72	ชุดตรวจวัดฝุ่นละอองในปล่องระบาย (TSP).....	117
ภาพประกอบ 73	ชุดตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในปล่องระบาย.....	118
ภาพประกอบ 74	ชุดตรวจวัดค่าความทึบแสงในปล่องระบาย	118
ภาพประกอบ 75	ชุดตรวจวัดแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂).....	119
ภาพประกอบ 76	ชุดตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ในปล่องระบาย (Flue Gas Analyzer).....	120
ภาพประกอบ 77	หน้าจอแสดงผลค่าของก๊าซที่ประมวลผลแล้ว.....	121
ภาพประกอบ 78	เครื่องวัดก๊าซ Testo 350 สำหรับวัดก๊าซ CO, NO ₂ , SO ₂	121
ภาพประกอบ 79	การตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ปลายปล่องระบายของเตาเผา	122
ภาพประกอบ 80	สถานที่ทำการทดลอง.....	123
ภาพประกอบ 81	ปริมาณองค์ประกอบของมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาล.....	125
ภาพประกอบ 82	ผลของประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะที่อุณหภูมิในห้องเผาที่แตกต่างกัน.....	129
ภาพประกอบ 83	ผลของประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะที่ความเร็วรอบแตกต่างกัน.....	130
ภาพประกอบ 84	ผลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราความเร็วรอบมีผลต่อประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ	131
ภาพประกอบ 85	กราฟแสดงอิทธิพลหลัก 2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของ CO	133
ภาพประกอบ 86	ผลของอุณหภูมิและอัตราความเร็วรอบต่อปริมาณความเข้มข้น CO.....	134
ภาพประกอบ 87	กราฟแสดงอิทธิพลหลัก 2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของ NO ₂	136
ภาพประกอบ 88	ผลของอุณหภูมิและอัตราความเร็วรอบต่อปริมาณความเข้มข้น NO ₂	137
ภาพประกอบ 89	กราฟแสดงอิทธิพลหลัก 2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SO ₂	138
ภาพประกอบ 90	ผลของอุณหภูมิและอัตราความเร็วรอบต่อปริมาณความเข้มข้น SO ₂	139
ภาพประกอบ 91	ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเผาทำลายก่อนและหลังการปรับปรุง. 140	

ภาพประกอบ 92 ผลจากการเปรียบเทียบก๊าซมลพิษทางอากาศก่อนและหลังการปรับปรุงออกแบบ	141
ภาพประกอบ 93 ปูนซีเมนต์ทนไฟ CASตาราง 16	168
ภาพประกอบ 94 แผ่นสแตนเลส 310S (SUS 310S)	170
ภาพประกอบ 95 Ceramic Fiber Board Blanket	172
ภาพประกอบ 96 การป้องกันการถ่ายเทความร้อน	175
ภาพประกอบ 97 การสูญเสียความร้อนของพื้นผิวที่ไม่ได้หุ้มฉนวน (kW/m)	176
ภาพประกอบ 98 การสูญเสียความร้อนหลังหุ้มฉนวนเซรามิกไฟเบอร์ตามความหนาที่เหมาะสม (kW/m)	177
ภาพประกอบ 99 ใบสกรูสแตนเลสแบบกลม	181
ภาพประกอบ 100 กราฟความต้านทาน	185
ภาพประกอบ 101 ผลของความสัมพันธ์ของอัตราความเร็วรอบต่อระยะเวลาที่ขยับอยู่ในเตา	188



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Al	ธาตุอะลูมิเนียม (Aluminum)
ASTM	American Society of Testing and Material
°C	องศาเซลเซียส (Degree Celsius)
C	ธาตุคาร์บอน (Carbon)
Ca	ธาตุแคลเซียม (Calcium)
Cd	ธาตุแคดเมียม (Cadmium)
Cr	ธาตุโครเมียม (Chromium)
Cl	ธาตุคลอรีน (Chlorine)
CO	แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide)
CO ₂	แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide)
%db	ร้อยละมาตรฐานแห้ง (% Dry basis)
g	กรัม (gram)
Fe	ธาตุเหล็ก (Ferrous)
kg	กิโลกรัม (Kilogram)
H	ธาตุไฮโดรเจน (Hydrogen)
H	ความสูง
H ₂	แก๊สไฮโดรเจน
HCl	กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)
Hg	ธาตุปรอท (Mercury)
HHV _{fuel}	High Heating Value of fuel (MJ/kJ)
hr	ชั่วโมง (hour)
kg	กิโลกรัม (Kilogram)
L	ความยาว
LHV _{fuel}	Low Heating Value of fuel (MJ/kJ)
Mg	ธาตุแมกนีเซียม (Magnesium)
m ³	ลูกบาศก์เมตร
mg	มิลลิกรัม (Milligram)
MDL	Method Detection Limit
MJ	เมกะจูล (Mega Joule)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

N/A	Not Analysis
N	ธาตุไนโตรเจน (Nitrogen)
Ni	ธาตุนิเกิล (Nickle)
ND	Not detected (ตรวจไม่พบ)
NO ₂	แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide)
NO _x	แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (Nitrogen oxide)
O ₂	แก๊สออกซิเจน (Oxygen gas)
Opacity	ความทึบแสง
O ₃	ก๊าซโอโซน (Ozone gas)
Oxidation	ออกซิเดชั่น
P	ธาตุฟอสฟอรัส (Phosphorus)
PB	ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)
Pb	ปริมาณสารตะกั่ว (Lead)
pH	Potential of Hydrogen ion
PPM	ส่วนในล้านส่วน (part per million)
%wt	ร้อยละโดยน้ำหนัก (% By weight)
%wb	ร้อยละมาตรฐานเปียก (% Wet basis)
ROI	การวัดผลตอบแทนจากการลงทุน (Return on Investment)
rpm	ความเร็วรอบต่อนาที (Revolutions Per Minute)
S	ธาตุซัลเฟอร์ (Sulphur)
Si	ธาตุซิลิคอน (Silicon)
SO ₂	แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulphur dioxide)
Smoke	ความหนาแน่นของควัน
Temp	อุณหภูมิ (Temperature)
Ti	ปริมาณสารไทเทเนียม
TSP	ปริมาณฝุ่นละออง (Total Suspended Particulate)
US.EPA	United States Environmental Protection Agency

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีประชากรเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปีแม้ว่าความเจริญก้าวหน้าทางการแพทย์จะมีมากขึ้นแต่ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลกลับมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของประชากร การรักษาผู้ป่วยของเจ้าหน้าที่และแพทย์ในโรงพยาบาลซึ่งต้องใช้วัสดุสำหรับการรักษาผู้ป่วยที่ติดเชื้อเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้มีขยะของเสียเกิดขึ้นจากโรงพยาบาลที่เรียกว่าขยะติดเชื้อจากโรงพยาบาล (Hospital waste) ซึ่งจัดเป็นขยะอันตราย (Hazardous waste) ประเภทหนึ่งเนื่องจากมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลมีการปนเปื้อนของเชื้อโรค ซึ่งก่อให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรคสู่สิ่งแวดล้อมได้หากไม่มีวิธีการจัดการที่เหมาะสม โดยปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในชุมชนใหญ่ขนาดเทศบาลนั้น ขยะมูลฝอยนับเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่ง เนื่องจากมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนและต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ โดยเฉพาะมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาลด้านสาธารณสุข ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทั้งจำนวนโรงพยาบาล คลินิก และสถานพยาบาลเอกชน ทั้งนี้ขยะมูลฝอยเหล่านี้ถ้าไม่มีการบริหารจัดการ ทั้งระบบการเก็บขนและการกำจัดที่ถูกต้องเหมาะสมอย่างจริงจัง ย่อมจะเป็นแหล่งแพร่กระจายเชื้อโรคต่าง ๆ ได้ ทั้งนี้ในสภาพปัจจุบันสำหรับโรงพยาบาลของรัฐแม้ว่ากระทรวงสาธารณสุขได้พยายามให้การสนับสนุนจัดหาเตาเผามูลฝอยติดเชื้อให้แก่โรงพยาบาลต่าง ๆ ทั่วประเทศแต่โรงพยาบาลของรัฐส่วนใหญ่ทั้งที่มีและไม่มีเตาเผามูลฝอยติดเชื้อก็ยังคงส่งมูลฝอยติดเชื้อให้เป็นภาระหน้าที่ของเทศบาลนำไปจัดการต่อ เช่นเดียวกับสถานพยาบาลเอกชนเนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องพื้นที่ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและการบำรุงรักษาที่ยู่งยาก เทคโนโลยีของเตาเผาขยะติดเชื้อสามารถกำจัดขยะติดเชื้อและเปลี่ยนรูปของเสียเป็นพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในเวลาอันรวดเร็วและลดมวลและปริมาตรของขยะติดเชื้อได้ถึง 70-90 % การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ จะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ สารไดออกซิน ฟิวแรน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของไนโตรเจน ฝุ่นละอองและพบว่ามีพิษที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหล่านี้เพิ่มขึ้นจากการเผาขยะ

ซึ่งประเทศไทยมีสถานพยาบาล ซึ่งได้แก่ โรงพยาบาล ศูนย์บริการสาธารณสุข สถานีอนามัย คลินิก ทั้งที่เป็นของรัฐและเอกชนจำนวนมากกว่า 37,000 แห่ง ซึ่งมีจำนวนเตียงประมาณ 140,000 เตียง มีปริมาณขยะมูลฝอย ประมาณ 23,725 ตันหรือวันละ 65 ตัน อัตราการเกิดขยะมูลฝอยเฉลี่ย 0.54 กิโลกรัมต่อเตียงต่อวัน ปริมาณขยะมูลฝอยดังกล่าวคาดว่าจะมีอัตราเพิ่มขึ้นปีละประมาณร้อยละ 5.5 ซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงกับประชากรเพิ่มขึ้น จึงทำให้หน่วยงานต่าง ๆ ที่

เกี่ยวข้องได้เสนอให้มีพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 โดยกำหนดให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีอำนาจหน้าที่ในการกำจัดสิ่งปฏิกูลและขยะที่เกิดในเขตท้องถิ่น ครอบคลุมถึงขยะติดเชื้อด้วย ประกอบกับกระทรวงสาธารณสุขได้ออกกฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดขยะติดเชื้อ พ.ศ. 2545 กำหนดห้ามถ่ายเททิ้งขยะติดเชื้อในที่สาธารณะ โดยให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควบคุมดูแลและบริหารจัดการให้สถานบริการสาธารณสุขจัดการขยะติดเชื้อที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมอย่างถูกต้อง สถานพยาบาลดังกล่าวมีการผลิตของเสียทั้งที่เป็นมูลฝอยทั่วไปและมูลฝอยติดเชื้อในแต่ละวันเป็นจำนวนมาก ซึ่งจัดเป็นของเสียอันตรายเนื่องจากมีทั้งมูลฝอยติดเชื้อที่สามารถแพร่เชื้อโรคได้รวมทั้งของเสียที่ปนเปื้อนด้วยสารกัมมันตรังสี ยาเสื่อมสภาพ สารเคมีอันตราย ของมีคม ซากสัตว์ทดลอง ฯลฯ โดยที่สถานพยาบาลส่วนใหญ่ยังไม่มีการจัดการเก็บรวบรวมและกำจัดให้ถูกต้อง มูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาลดังกล่าวบางส่วนถูกทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อมปะปนร่วมกับมูลฝอยชุมชนเพิ่มมากขึ้นทำให้เพิ่มความเสี่ยงในการแพร่กระจายเชื้อโรคซึ่งมีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนโดยเฉพาะสุขภาพอนามัยของเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานเก็บขนหรือผู้ทำงานในสถานที่กำจัดซึ่งได้เกิดการเจ็บป่วยด้วยโรคต่าง ๆ เช่น โรคตับอักเสบ โรคระบบทางเดินหายใจ โรคพยาธิหรือแม้แต่การติดเชื้อโรคเอชไอวี รวมทั้งการเกิดความเสี่ยงของการแพร่กระจายเชื้อโรคทำให้มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อมในเขตเมืองทั่วไป [1]

จากการพัฒนาเทคโนโลยีด้านเตาเผามูลฝอยติดเชื้อภายในประเทศพบว่ายังมีการสิ้นเปลืองพลังงานในการเผาไหม้ในปริมาณมากในแต่ละครั้งในการเผา รวมทั้งเกิดมลพิษด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ในรูปของควันดำและกลิ่นเหม็นซึ่งส่งผลให้เกิดการร้องเรียนจากประชาชนในบริเวณใกล้เคียง ดังนั้นจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการนำเทคโนโลยีเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่มีความสามารถในการกำจัดขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถบำบัดมลพิษได้อย่างถูกต้องตามหลักมาตรฐานสากลของ United States Environmental Protection Agency (US.EPA) อีกทั้งยังต้องมีการประเมินถึงต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ในการก่อสร้างเครื่องจักรเพื่อเปรียบเทียบเทคโนโลยีในแต่ละประเภทถึงค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นและสามารถนำมาปรับใช้ให้ถูกต้องกับสถานที่นั้น ๆ ได้อย่างถูกวิธี [2] การจัดการมูลฝอยติดเชื้อโดยวิธีการเผาด้วยเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kilns) เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถกำจัดได้ดี ซึ่งสามารถลดมวลน้ำหนักและปริมาตรของมูลฝอยติดเชื้อได้มากถึงร้อยละ 80-90 นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดพื้นที่ในการฝังกลบ เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kilns) เป็นการใช้ความร้อนอุณหภูมิสูงในการทำให้มูลฝอยติดเชื้อเกิดการแตกสลายด้วยความร้อน (Thermal cracking) [3] ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเป็นกระบวนการที่ต้องการความร้อนจากแหล่งให้ความร้อนภายนอกเพื่อช่วยให้ปฏิกิริยาดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง (Endothermic process) แล้วอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิโดเซอร์เพื่อเปลี่ยนรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ โดยกระบวนการดังกล่าวเป็นปฏิกิริยา

คายความร้อน (Exothermal process) ทำให้สามารถนำความร้อนที่ได้ไปใช้ในการผลิตพลังงานได้ [3]

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาอาจพิจารณาได้ว่าโรงพยาบาลส่วนใหญ่ในโลกล้วนแต่ประสบปัญหาในการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อเป็นปัญหาอย่างมาก ได้แก่ การขาดแคลนความรู้ งบประมาณและเทคโนโลยีในการกำจัด ในประเทศไทยเองก็เช่นกันมีหลายโรงพยาบาลในต่างจังหวัดประสบปัญหาเกี่ยวกับการกำจัดมูลฝอยติดเชื้ออย่างถูกวิธี ซึ่งสาเหตุนั้นก็มาจากการขาดการวางแผนหรือหลักการทบทวนในการตัดสินใจอย่างถูกวิธี ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีเตาเผามูลฝอยติดเชื้อจึงมีบทบาทสำคัญและเป็นที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นระบบที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมน้อยมาก โดยการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในระดับต้นแบบจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากที่จะสามารถนำไปต่อยอดใช้งานได้จริงจึงถือได้ว่าเป็นการสร้างนวัตกรรมใหม่ที่จะทำให้ได้ข้อมูลทั้งในเชิงเทคนิค วิศวกรรม ตลอดจนข้อมูลด้านการไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่จะนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดความเหมาะสมของการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้กับระบบการจัดการมูลฝอยติดเชื้อได้จริง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงออกแบบและพัฒนาเตาเผาขยะแบบหมุนให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการเผาไหม้ได้ถึง 80-90% ในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่มีองค์ประกอบหลากหลาย โดยการใช้น้เตาเผาขยะแบบหมุนที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อซึ่งไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยเตาเผาขยะแบบหมุนจึงเป็นวิธีที่ควรศึกษาแต่หากระบบการกำจัดขยะไม่มีการควบคุมกระบวนการเผาไหม้ให้มีประสิทธิภาพก็อาจเกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมตามมาได้ ซึ่งเตาเผาขยะนับเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญอย่างมากในการปลดปล่อยมลพิษหลายชนิดสู่สิ่งแวดล้อม อาทิเช่น กลิ่น ฝุ่น ละออง เขม่าควัน แก๊สพิษต่าง ๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ , ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ รวมทั้งสารไดออกซินและฟิวแรน ซึ่งเป็นผลผลิตทางเคมีที่เกิดขึ้นมาโดยมิได้ตั้งใจ (Unintentional Products) สามารถก่อมะเร็งในมนุษย์ซึ่งทำให้เกิดความผิดปกติของระบบประสาท ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบสืบพันธุ์และเป็นสารตกค้างยาวนานในสิ่งแวดล้อม โดยสะสมได้ดีในไขมันสิ่งมีชีวิตและสามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อมจึงจำเป็นต้องศึกษาผลกระทบนี้เพื่อหาวิธีการป้องกันอย่างรอบคอบโดยต้องมีการควบคุมมลพิษทางอากาศให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมจึงจะถือว่าการกำจัดขยะโดยวิธีเผาไหม้เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการจัดการปัญหาขยะและเป็นทางเลือกด้านพลังงานที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการปรับปรุงออกแบบและพัฒนาห้องเผาไหม้ที่ 1 ของเตาเผาขยะแบบหมุนให้ประสิทธิภาพในการเผาทำลายสูง

1.2.2 เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเผาทำลายและปริมาณมลพิษทางอากาศของ CO, NO₂, SO₂ ในเตาเผาขยะแบบหมุน

1.2.3 เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาทำลายก่อนและหลังปรับปรุงออกแบบพัฒนาของเตาเผาขยะแบบหมุน

1.2.4 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของเตาเผาขยะแบบหมุน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ปรับปรุงออกแบบพัฒนาสร้างเตาเผาขยะแบบหมุนสำหรับเผาขยะติดเชื้อ ขนาด 100 kg/hr. เวลาในการเผาไหม้ 1-2 ชั่วโมง

1.3.2 ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเผาทำลายและปริมาณมลพิษทางอากาศของ CO, NO₂, SO₂ คืออุณหภูมิในการเผาไหม้ 1 และอัตราความเร็วรอบของ Rotary kilns

1.3.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาทำลายก่อนและหลังปรับปรุงออกแบบพัฒนาของเตาเผาขยะแบบหมุน

1.3.4 อุณหภูมิที่ใช้ในการทำงานของเตาเผาขยะแบบหมุนห้องเผาที่หนึ่งใช้อุณหภูมิที่ 700°C, 800°C, 900°C ตามลำดับและในส่วนห้องเผาที่สองใช้อุณหภูมิที่ 1000-1200 °C

1.3.5 อัตราความเร็วรอบของเตาเผา Rotary kilns 06, 0.8, 1 rpm/min.

1.3.6 เชื้อเพลิงที่ใช้ทดลองในงานวิจัยคือเชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจีอัตราการใช้ 40-50 L/hr.

1.3.7 ศึกษาการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศที่ออกจากปล่องระบายของเตาเผาขยะโดยตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง (TSP), ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x และ NO₂), คาร์บอนมอนอกไซด์ CO, ไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl), สารตะกั่ว (Pb), สารแคดเมียม (Cd), สารปรอท (Hg) และวัดความหนาแน่นของควัน (smoke density) และก๊าซพิษอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่มีการทดสอบเหล่านี้จะนำไปเปรียบเทียบและประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษกับค่ามาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาอุตสาหกรรมของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมและค่ามาตรฐานตาม (US.EPA)

1.3.8 ศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของเตาเผาขยะแบบหมุนที่เกิดขึ้นจริงจากการเผาผลาญขยะติดเชื้อ

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ

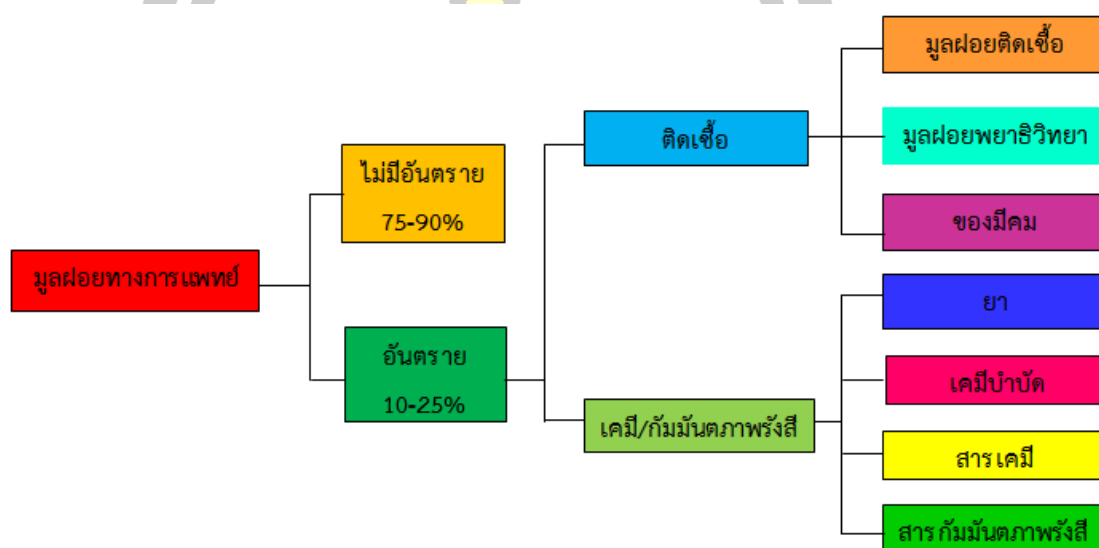
2.1.1 ประเภทและลักษณะมูลฝอยจากสถานบริการการสาธารณสุข

มูลฝอยจากสถานบริการการสาธารณสุขเป็นมูลฝอยที่แตกต่างจากครัวเรือนหรือชุมชน เนื่องจากมีกิจกรรมค่อนข้างหลากหลาย โดยเฉพาะสถานบริการการสาธารณสุขประเภทโรงพยาบาล ทั้งภาครัฐและเอกชนมีแหล่งกำเนิดมูลฝอยประเภทต่าง ๆ ทั้งที่เกิดจากตึกผู้ป่วย ตึกคนไข้นอก ห้องผ่าตัด ห้องทำคลอดตลอดจนอาคารบ้านพักของเจ้าหน้าที่ลักษณะมูลฝอยที่เกิดจากสถานบริการการสาธารณสุขจึงมีลักษณะที่แตกต่างจากมูลฝอยจากครัวเรือนหรือมูลฝอยจากแหล่งอื่นในชุมชน มูลฝอยในสถานบริการการสาธารณสุขมีทั้งมูลฝอยทั่วไป มูลฝอยรีไซเคิล มูลฝอยอันตราย มูลฝอยติดเชื้อ โดยเฉพาะมูลฝอยติดเชื้อต้องใช้ความระมัดระวังในการจัดการมากกว่ามูลฝอยชุมชนทั่วไป หากมีการจัดการไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลในขั้นตอนของการเก็บรวบรวม การเคลื่อนย้าย การขนและการกำจัดแล้ว จะทำให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานอาจเสี่ยงต่อการเกิดโรคจากเชื้อโรคที่ปะปนมาในมูลฝอยติดเชื้อ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้

คำจำกัดความขยะมูลฝอย

1. มูลฝอยรีไซเคิล (Recycle waste) หมายถึง มูลฝอยที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น กระดาษ โลหะ แก้ว พลาสติก เป็นต้น
2. มูลฝอยทั่วไป (General waste) หมายถึง มูลฝอยที่เก็บจากห้องพัก โรงอาหาร บริเวณสาธารณะและสำนักงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับการตรวจวินิจฉัย การดูแลรักษา การให้ภูมิคุ้มกันโรค การศึกษาวิจัย ได้แก่ เศษเนื้อ เศษผัก เศษผลไม้ น้ำเครื่องดื่มต่าง ๆ รวมถึงใบไม้ใบหญ้าเมื่อทิ้งไว้จะเน่าเสียย่อยสลายได้
3. มูลฝอยอันตราย (Solid hazardous waste) หมายถึง มูลฝอยที่มีพิษอันตรายกับมนุษย์และสภาพแวดล้อม ต้องการวิธีการทำลายเป็นพิเศษ ได้แก่ ถ่านไฟฉาย หลอดฟลูออเรสเซนต์ แบตเตอรี่ กระป๋องสเปรย์ ยา สารเคมีต่าง ๆ ขวดใส่ยาเคมีบำบัด ขวดยาด้านจุลชีพ น้ำยาและสารเคมีจากห้องปฏิบัติการและจากหอผู้ป่วยรวมถึงยาที่หมดอายุ สารรังสีที่ใช้กับผู้ป่วยเพื่อประกอบการวินิจฉัยและแร่ที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วย ตลอดจนสารรังสีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ
4. มูลฝอยติดเชื้อ (Infectious waste) หมายถึง มูลฝอยที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ในปริมาณหรือมีความเข้มข้นที่สามารถทำให้เกิดโรคได้ถ้ามีการสัมผัสหรือใกล้ชิดกับมูลฝอยนั้น [4] สถานบริการการสาธารณสุขเป็นหน่วยงานที่ก่อให้เกิดของเสียจากการรักษาพยาบาลและจากกระบวนการบริหาร

จัดการภายในหน่วยงาน องค์การอนามัยโลก [5] พบว่าของเสียที่เกิดจากสถานบริการการสาธารณสุข มี 2 ประเภท คือ มูลฝอยไม่อันตราย 75-90% ส่วนใหญ่เกิดจากอาคารสำนักงาน โรงครัว การทำความสะอาด อีก 10-25% เป็นมูลฝอยอันตราย ได้แก่ มูลฝอยติดเชื้อและสารเคมีหรือกัมมันตภาพรังสีดังแสดงในภาพประกอบ 1 มูลฝอยประเภทนี้หากจัดการไม่ถูกต้อง ไม่มีการควบคุมที่ดีย่อมก่อให้เกิดความเสี่ยง เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้ [6]



ภาพประกอบ 1 ปริมาณมูลฝอยที่เกิดจากสถานบริการการสาธารณสุข [5]

2.1.2 ความหมายของมูลฝอยติดเชื้อ

มูลฝอยติดเชื้อ (Infectious waste) หมายถึง มูลฝอยที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ในปริมาณหรือมีความเข้มข้นที่สามารถทำให้เกิดโรคได้ถ้ามีการสัมผัสหรือใกล้ชิดกับมูลฝอยนั้น [7] และหมายความรวมถึง มูลฝอยดังต่อไปนี้ที่เกิดขึ้นหรือใช้ในกระบวนการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์ การรักษาพยาบาล การให้ภูมิคุ้มกันโรค การทดลองเกี่ยวกับโรคและการตรวจชันสูตรศพหรือซากสัตว์ รวมทั้งในการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าว ได้แก่ [7]

- ซากหรือชิ้นส่วนของมนุษย์หรือสัตว์ที่เป็นผลมาจากการผ่าตัด การตรวจชันสูตรหรือซากสัตว์และการใช้สัตว์ทดลอง

- วัสดุของมีคม เช่น เข็ม ใบมีด กระบอกฉีดยา หลอดแก้ว ภาชนะที่ทำด้วยแก้ว สไลด์และแผ่นกระจกปิดสไลด์

- วัสดุซึ่งสัมผัสหรือสงสัยว่าจะสัมผัสกับเลือดส่วนประกอบของเลือดผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเลือด สารน้ำจากร่างกายของมนุษย์หรือสัตว์ วัคซีนที่ทำจากเชื้อโรคที่มีชีวิต เช่น สำลี ผ้าก๊อช ผ้าต่าง ๆ ท่อยาง เป็นต้น

- มูลฝอยทุกชนิดที่มาจากห้องรักษาผู้ป่วยติดเชื้อร้ายแรง [4]

2.1.3 การจำแนกมูลฝอยติดเชื้อ (Identification of Infectious waste) และแนวทางในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ

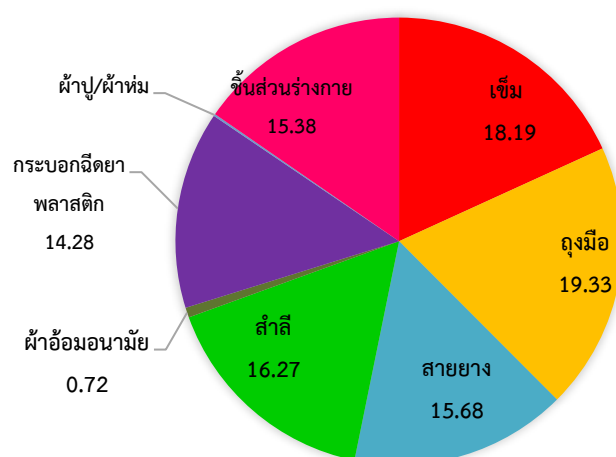
มูลฝอยติดเชื้อทั่วไป ได้แก่ ถุงมือ ผ้าก๊อช สำลีเปื้อนเลือด สารคัดหลั่ง กระจกฉีก ขนพลาสติก ชุดให้สารน้ำ ชุดให้เลือด ถุงเลือดปัสสาวะ สายยางต่าง ๆ ที่ใช้กับผู้ป่วย เสื้อคลุม ผ้าปิดปากปิดจมูก ทั้งในถุงแดงปริมาณ $\frac{3}{4}$ ของความจุ้มจำกัดโดยการเผา มูลฝอยติดเชื้อชนิดมีคมและติดเชื้อ ได้แก่ เข็มฉีดยา ใบมีด ส่วนปลายแหลมของชุดให้สารน้ำหรือชุดให้เลือด หลอดแก้ว กระจกฉีดยา ชนิดแก้ว สไลด์ เครื่องมือที่แหลมคมต่าง ๆ ที่ใช้กับผู้ป่วยแล้วทั้งในภาชนะที่แข็งป้องกันการแทงทะลุ ปริมาณ $\frac{3}{4}$ ของอุปกรณ์ที่บรรจุปิดปากอุปกรณ์ป้องกันการแทงทะลุจำกัดโดยการเผา มูลฝอยติดเชื้อชนิดของเหลวหรือสารคัดหลั่ง ได้แก่ เลือด ส่วนประกอบของเลือด หนอง น้ำคร่ำ น้ำปัสสาวะ อุจจาระ น้ำไขสันหลัง เสมหะกำจัดโดยเทลงระบบบำบัดน้ำเสีย มูลฝอยติดเชื้ออันตรายที่เป็นวัคซีนที่ทำจากเชื้อโรคที่มีชีวิตและภาชนะที่บรรจุ ได้แก่ วัคซีน วัณโรค โปริโอ หัด หัดเยอรมัน คางทูม อีสุกอีใส ไขกระดูกอ่อนชนิดรับประทาน ทั้งในถุงแดงกำจัดโดยการเผา มูลฝอยติดเชื้อที่เป็นอวัยวะหรือชิ้นส่วนอวัยวะ ได้แก่ ชิ้นเนื้อ อวัยวะที่ได้จากการทำหัตถการต่าง ๆ การตรวจทางห้องปฏิบัติการ การตรวจศพซากสัตว์ทดลองทั้งในถุงแดงกำจัดโดยการเผา มูลฝอยติดเชื้อจำแนกออกเป็น 4 ชนิด คือ

ชนิดที่ 1 ซากหรือชิ้นส่วนของมนุษย์หรือสัตว์ที่เป็นผลมาจากการผ่าตัดการตรวจชิ้นเนื้อหรือซากสัตว์และการใช้สัตว์ทดลอง

ชนิดที่ 2 วัสดุของมีคม เช่น เข็ม ใบมีด กระจกฉีดยา หลอดแก้ว ภาชนะที่ทำด้วยแก้ว สไลด์ และแผ่นกระจกปิดสไลด์ [8]

ชนิดที่ 3 วัสดุซึ่งสัมผัสหรือสงสัยว่าจะสัมผัสกับเลือด ส่วนประกอบของเลือดผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเลือด สารน้ำจากร่างกายของมนุษย์หรือสัตว์ หรือวัคซีนที่ทำจากเชื้อโรคที่มีชีวิต เช่น สำลี ผ้าก๊อช ผ้าต่าง ๆ และท่อยาง

ชนิดที่ 4 มูลฝอยทุกชนิดที่มาจากห้องรักษาผู้ป่วยติดเชื้อร้ายแรง จากการศึกษาเกี่ยวกับการคัดแยกองค์ประกอบมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดจากโรงพยาบาลทั้งภาครัฐและเอกชนรวมทั้งคลินิกในจังหวัดพิษณุโลก พบว่ามูลฝอยติดเชื้อที่เกิดจากสถานบริการการสาธารณสุขจำแนกได้ 8 ประเภท ที่พบมากที่สุด คือ ถุงมือ 19.33% รองลงมาคือ เข็ม 18.19% สำลี 16.27% ส่วนที่เหลือคือ สายยาง ชิ้นส่วนร่างกาย กระจกฉีดยาพลาสติก ผ้าอ้อม/ผ้าอนามัย และผ้าปู/ผ้าห่ม ตามลำดับ [9] แสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 องค์ประกอบมูลฝอยติดเชื้อ [9]

2.1.4 แนวทางในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ

การจัดการมูลฝอยติดเชื้ออย่างถูกหลักสุขาภิบาลและเป็นไปตามกฎกระทรวงว่าด้วยการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ.2545 มีขั้นตอนดังนี้

1. การคัดแยก มูลฝอยติดเชื้อต้องมีการคัดแยก ณ แหล่งกำเนิด ห้ามมิให้เก็บรวบรวมและนำมาคัดแยกภายหลังเพราะอาจทำให้เชื้อโรคแพร่กระจายได้ โดยต้องมีการแยกภาชนะรองรับอย่างชัดเจน

2. การเก็บมูลฝอยติดเชื้อ ต้องเก็บตรงแหล่งกำเนิดมูลฝอยติดเชื้อลงในภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ ดังนี้

2.1. มูลฝอยติดเชื้อประเภทวัสดุของมีคมต้องทิ้งลงกล่องหรือถังที่ทำจากวัสดุแข็งแรง ทนทานต่อการแทงทะลุและการกัดกร่อนของสารเคมีและสามารถป้องกันการรั่วไหลของของเหลวภายในได้ โดยบรรจุมูลฝอยติดเชื้อไม่เกิน 3 ใน 4 ส่วนของความจุภาชนะแล้วปิดฝาให้แน่นก่อนทิ้ง

2.2. มูลฝอยติดเชื้ออื่น ซึ่งมีไช้ประเภทวัสดุของมีคม ต้องทิ้งลงถุงสีแดงทึบแสง ทนทานต่อสารเคมีและการรับน้ำหนัก ไม่ฉีกขาดง่าย ก้นน้ำได้ไม่รั่วซึม และบรรจุมูลฝอยได้ไม่เกิน 2 ใน 3 ส่วนของความจุของภาชนะ โดยมีข้อความสีตัวว่า "มูลฝอย ติดเชื้อ" ใต้รูปหวังกะโหลกไขว้ คู่กับตราหรือสัญลักษณ์ที่ใช้ระหว่างประเทศ ตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด และต้องมีข้อความว่า "ห้ามนำกลับมาใช้อีก" และ "ห้ามเปิด" โดยเด็ดขาดแล้วมัดปากถุงให้แน่นก่อนทิ้ง

3. การเคลื่อนย้ายและรวบรวม

หลังจากจัดเก็บมูลฝอยใส่ภาชนะรองรับแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การเคลื่อนย้ายไปพัก เก็บกักในที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อเพื่อรอการขนย้ายไปกำจัดต่อไปซึ่งต้องดำเนินการให้ถูกสุขลักษณะ ดังนี้

ก. ผู้ปฏิบัติงาน

1. ผู้ปฏิบัติงานต้องผ่านการฝึกอบรมการป้องกันและระงับการแพร่เชื้อโรคอันตราย อันเกิดจากมูลฝอยติดเชื้อ
2. ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ได้แก่ ถุงมือยางหนา ผ้ากันเปื้อน ผ้าปิดปากและรองเท้าพื้นบางหุ้มแข็งตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน

ข. วิธีการเคลื่อนย้าย

1. ต้องกระทำทุกวันตามตารางเวลาที่กำหนด
2. ต้องเคลื่อนย้ายโดยใช้รถเข็นสำหรับเคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ
3. ต้องมีเส้นทางเคลื่อนย้ายที่แน่นอนและในระหว่างการเคลื่อนย้ายไปที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อ ห้ามแฉะหรือหยุดพัก ณ ที่ใด
4. ต้องกระทำโดยระมัดระวัง ห้ามโยนหรือลากภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ
5. กรณีที่มีมูลฝอยติดเชื้อตกหล่นหรือภาชนะบรรจุระหว่างทางห้ามหยิบด้วยมือเปล่า ต้องใช้คีม หรือหยิบด้วยถุงมือยางหนาหากเป็นของเหลวให้ซับด้วยกระดาษแล้วเก็บมูลฝอยติดเชื้อหรือกระดาษนั้นในภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อใบใหม่และทำความสะอาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อที่บริเวณพื้นนั้นก่อนเช็ดถูตามปกติ

ค. ลักษณะของรถเข็นสำหรับเคลื่อนย้ายมูลฝอยติดเชื้อ

1. ทำด้วยวัสดุที่ทำความสะอาดได้ง่ายไม่มีแฉะมออันจะเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคและสามารถทำความสะอาดด้วยน้ำได้
2. มีพื้นและผนังทึบเมื่อจัดวางภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อแล้วต้องปิดฝาให้แน่นเพื่อป้องกันสัตว์และแมลงเข้าไป
3. มีข้อความสีแดงที่มีขนาดสามารถมองเห็นชัดเจนอย่างน้อยสองด้านว่า "รถเข็นมูลฝอยติดเชื้อ ห้ามนำไปใช้ในกิจการอื่น" ต้องมีอุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับใช้เก็บมูลฝอยติดเชื้อที่ตกหล่นระหว่างการเคลื่อนย้าย และอุปกรณ์หรือเครื่องมือ สำหรับใช้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อบริเวณที่มูลฝอยติดเชื้อตกหล่น ตลอดเวลาที่ทำการเคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ
4. ลักษณะของที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อ
 - 4.1. มีลักษณะไม่แพร่เชื้อและอยู่ในที่ที่สะดวกต่อการขนมูลฝอยติดเชื้อไปกำจัด

4.2. มีขนาดกว้างเพียงพอที่จะเก็บกักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อได้อย่างน้อยสองวัน

4.3. พื้นและผนังต้องเรียบ ทำความสะอาดได้ง่าย

4.4. มีรางหรือท่อระบายน้ำทิ้ง เชื่อมต่อกับระบบบำบัดน้ำเสีย

4.5. มีลักษณะโปร่ง ไม่อับชื้น

4.6. มีการป้องกันสัตว์แมลงเข้าไปมีประตูกว้างพอสมควรตามขนาดของห้องหรืออาคารเพื่อสะดวกต่อการปฏิบัติงานและปิดด้วยกุญแจหรือปิดด้วยวิธีอื่นที่บุคคลทั่วไปไม่สามารถที่จะเข้าไปได้ [10]

4.7. มีข้อความเป็นคำเตือน ที่มีขนาดสามารถเห็นได้ชัดเจนว่า "ที่พัก รวบรวมมูลฝอยติดเชื้อ" ไว้ที่หน้าห้องหรือหน้าอาคาร

4.8. มีลานสำหรับล้างรถเข็นอยู่ใกล้ที่พักรวม มูลฝอยติดเชื้อ และลานนั้นต้องมีรางหรือท่อรวบรวมน้ำเสีย จากการล้างรถเข็นเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ในกรณีที่เก็บกักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อไว้เกิน 7 วัน สถานบริการสาธารณสุขดังต่อไปนี้จะไม่จัดให้มีที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อตามลักษณะข้างต้นก็ได้แต่ต้องจัดให้มีบริเวณที่พักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อไว้เป็นการเฉพาะเช่น สถานพยาบาลที่ไม่รับผู้ป่วยค้างคืน สถานพยาบาลสัตว์ที่ไม่รับสัตว์ป่วยค้างคืนหรือรับแต่จำนวนและชนิดไม่เกินที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด สถานที่ที่อาจมีมูลฝอยติดเชื้อตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา เนื่องจากสถานพยาบาลดังกล่าวมีอัตราการผลิตมูลฝอยติดเชื้อในปริมาณไม่มากนักจึงไม่ต้องจัดให้มีที่พักรวมมูลฝอยติดเชื้อที่เป็นห้องหรืออาคารที่ชัดเจน แต่ต้องจัดให้มีบริเวณสำหรับเป็นที่พักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อไว้เป็นการเฉพาะ แยกต่างหากจากมูลฝอยและประเภทอื่น และต้องมีป้ายข้อความว่า "เป็นที่พักภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ" ที่ชัดเจน เพื่อเตือนผู้ที่ผ่านไปมาดังแสดงในภาพประกอบ 3

พหุ ประ โท ชี เว



ภาพประกอบ 3 ห้องพักมูลฝอยติดเชื้อ [11]

5. การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยวิธีการต่าง ๆ มีมาตรฐานดังนี้

เป็นการจัดการเพื่อทำลายเชื้อที่มีอยู่ในมูลฝอย ซึ่งการพิจารณาเลือกวิธีการกำจัดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเทคโนโลยี ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย สิ่งแวดล้อม และสอดคล้องกับข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ ความถูกต้องตามหลักวิชาการ ก่อนที่จะนำไปทำลายด้วยวิธีการเช่นเดียวกับมูลฝอยทั่วไปวิธีการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อมี 2 ขั้นตอน คือ

ก.การทำลายเชื้อ เป็นการทำลายเชื้อให้หมดไป ก่อนจะส่งไปกำจัดต่อไป สามารถดำเนินการได้โดย

1. การเผาโดยใช้เตาเผา การทำลายเชื้อด้วยการเผา เป็นวิธีที่สามารถทำลายเชื้อโรคได้มากที่สุด ผลจากการเผา จะทำให้มีเถ้าตกค้างซึ่งจะนำไปกำจัดโดยใช้วิธีการเดียวกับมูลฝอยชุมชน การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยการเผาในเตาเผา ให้ใช้เตาเผามูลฝอยติดเชื้อและห้องเผาควันและการเผา มูลฝอยติดเชื้อให้เถ้าที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 760 องศาเซลเซียสและในการเผาควันด้วยอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพประกอบ 4 และต้องมีการควบคุมมาตรฐานอากาศเสียที่ปล่อยออกจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา



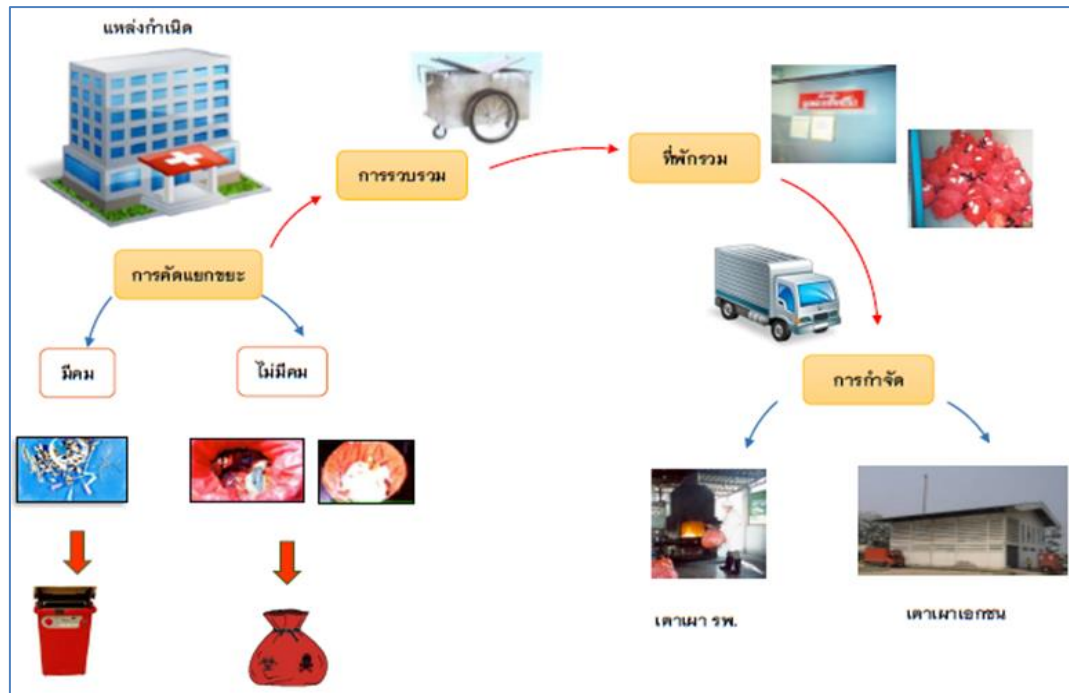
ภาพประกอบ 4 การทำลายเชื้อโดยการเผา [11]

2. การอบด้วยไอน้ำหรือการนึ่ง สามารถทำลายเชื้อโรคได้อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งจะทำให้มีปริมาณของมูลฝอยคงเหลือเท่าเดิมหรือมากขึ้น เนื่องจากความชื้นจากไอน้ำที่ใช้ในการอบ การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยวิธีการทำลายเชื้อด้วยไอน้ำหรือวิธีอื่น จะต้องดำเนินการให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานทางชีวภาพ โดยมีประสิทธิภาพที่สามารถทำลายเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส และปรสิตในมูลฝอยติดเชื้อได้หมด

ข.การกำจัด

กรณีกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยวิธีการอื่นที่ไม่ใช่การเผาต้องดำเนินการให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานทางชีวภาพ โดยมีประสิทธิภาพที่สามารถทำลายเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส และปรสิตในมูลฝอยติดเชื้อได้หมด ซึ่งวิธีการตรวจสอบเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าวให้ใช้วิธีการตรวจวิเคราะห์เชื้อบะซิลลัส สะเทียโรเธอร์โมฟิลลัส (*Bacillus stearothermophilus*) หรือบะซิลลัส ซับทิลิส (*Bacillus subtilis*) แล้วแต่กรณีตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด

พหุบัน ปณ ทั โตะ ชีเว



ภาพประกอบ 5 ขั้นตอนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ [11]

จากภาพประกอบ 5 แสดงขั้นตอนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อจะเห็นได้ว่าทุกขั้นตอนมีความสำคัญตั้งแต่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน การคัดแยก การเก็บรวบรวม การเคลื่อนย้ายและการกำจัด เพราะมูลฝอยติดเชื้อเป็นมูลฝอยที่มีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ หากมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นมีการจัดการที่ไม่ถูกต้องหรือไม่มีประสิทธิภาพหรือถ้าเจ้าหน้าที่ขาดความรู้ความเข้าใจและไม่มีความตระหนักในปัญหาที่เกิดขึ้นจากมูลฝอยติดเชื้อแล้วย่อมส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์มากขึ้น

2.2 ปริมาณการเกิดมูลฝอยติดเชื้อในประเทศไทย

จากภาพปรากฏการณ์ ดังแสดงในภาพประกอบ 6 พบมูลฝอยติดเชื้อปะปนมาในมูลฝอยชุมชนหรือจากปัญหาที่มีมูลฝอยติดเชื้อตกค้างจำนวนมาก ส่งผลให้ประชาชนมีความไม่มั่นใจระบบการจัดการมูลฝอยติดเชื้อที่เป็นอยู่ว่าจะมีความปลอดภัยหรือจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนหรือไม่ เพียงใด มีหน่วยงานใดหรือการจัดการมีขั้นตอนวิธีการอย่างไร ใครบ้างที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ประกอบกับผลการติดตามสถานการณ์ปัญหา ด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย พบว่ามูลฝอยติดเชื้อยังคงเป็นปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมีความเชื่อมโยงตั้งแต่แหล่งต้นกำเนิดมูลฝอยติดเชื้อ ระบบการ

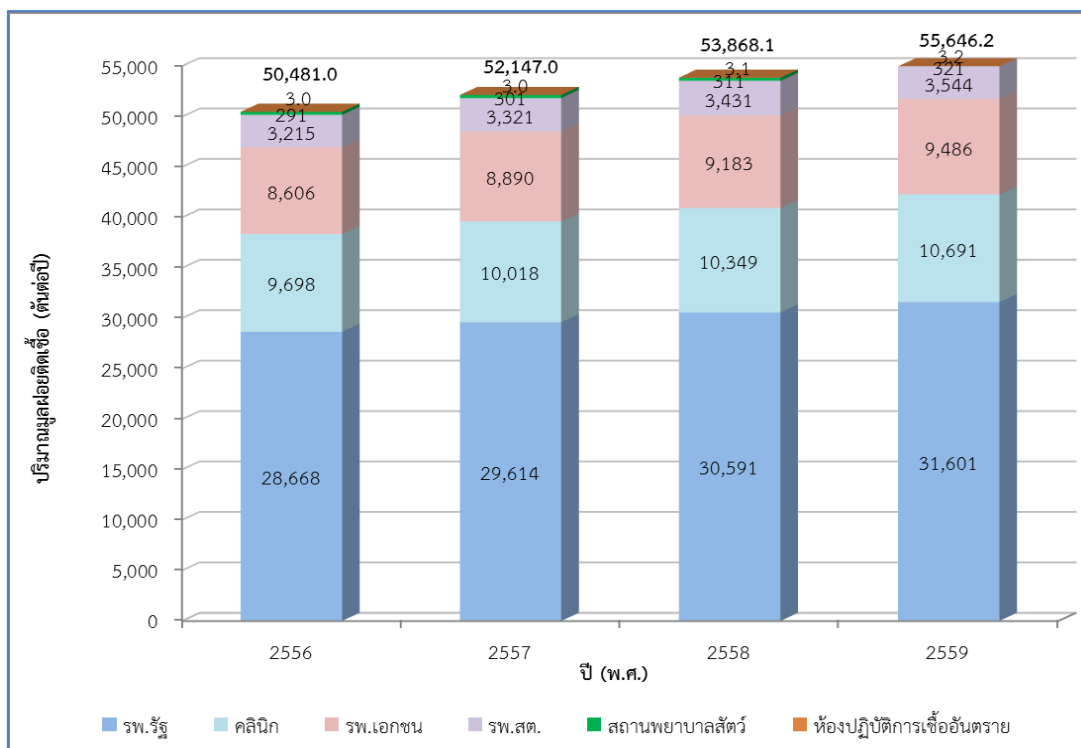
จัดรวบรวม การจัดเก็บ การขนส่งจนถึงการนำไปกำจัด ซึ่งพบว่า ในด้านการกำจัดมีทั้งรูปแบบการกำจัด ณ โรงพยาบาลที่เป็นต้นกำเนิดหรือนำไปกำจัดรวม โดยมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมขนส่งไปกำจัด ดังนั้นกระทรวงสาธารณสุขร่วมกับกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงได้ร่วมกันวางแผนโดยกำหนดเป็นวาระระดับประเทศ และจัดทำแผนยุทธศาสตร์พัฒนาอนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 2 พ.ศ.2555 –2559 โดยกำหนดให้การจัดการมูลฝอยติดเชื้อเป็นนโยบายเร่งด่วนในการจัดการ



ภาพประกอบ 6 ปัญหามูลฝอยติดเชื้อตกค้างจำนวนมาก [11]

ของเสียอันตราย ได้แก่ ของเสียอันตรายจากชุมชน ของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรมและมูลฝอยติดเชื้อ โดยใน พ.ศ. 2559 การประมาณการของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นทั่วประเทศมีจำนวน 3.462 ล้านตัน เพิ่มขึ้น 0.017 ล้านตัน หรือร้อยละ 0.49 จาก พ.ศ. 2558 (3.445 ล้านตัน) ของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรม ประมาณ 2.8 ล้านตัน หรือร้อยละ 80 ของของเสียอันตรายทั้งหมดและเป็นของเสียอันตรายจากชุมชน (รวมซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์) ประมาณ 0.606 ล้านตัน หรือร้อยละ 18 ของของเสียอันตรายทั้งหมด และมูลฝอยติดเชื้อ ประมาณ 0.056 ล้านตัน หรือร้อยละ 2 ของของเสียอันตราย

ในการคาดการณ์ปริมาณการเกิดมูลฝอยติดเชื้อ ใน พ.ศ. 2559 พบว่ามีจำนวน 55,646 ตัน เพิ่มขึ้นจาก พ.ศ. 2558 จำนวน 1,668 ตัน คิดเป็นร้อยละ 3.3 โดยเป็นมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นจากโรงพยาบาลรัฐ 31,601 ตัน หรือร้อยละ 56.79 โรงพยาบาลเอกชน 9,486 ตัน หรือร้อยละ 17.05 คลินิก 10,691 ตัน หรือร้อยละ 19.21 โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล หรือสถานีนอมนามัย (รพ.สต.) 3,544 ตัน หรือร้อยละ 6.37 สถานพยาบาลสัตว์ 321 ตัน หรือร้อยละ 0.58 และห้องปฏิบัติการเชื้ออันตราย 3.2 ตัน หรือร้อยละ 0.01 ดังแสดงในภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อจำแนกตามประเภทแหล่งกำเนิด พ.ศ. 2556-2559

2.3 ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม

สุขภาพอนามัย หมายถึง ภาวะที่มีความสมบูรณ์ทั้งทางร่างกาย ทางจิตใจ ทางสังคม และทางจิตวิญญาณ สิ่งแวดล้อม หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่รอบตัวเราทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม เช่น ป่าไม้ ดิน สัตว์ แม่น้ำ อากาศ ถนน อาคาร บ้านเรือน ประเพณี วัฒนธรรม ซึ่งมีอิทธิพลต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์ จากข้อมูลจะพบว่าสุขภาพและสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์กัน เพราะการที่บุคคลจะมีสุขภาพที่ดีได้นั้น นอกจากต้องมีพฤติกรรมสุขภาพที่ดี มีวิธีป้องกันโรคที่ถูกต้องเหมาะสมแล้ว การอาศัยอยู่ในสถานที่ที่มีสิ่งแวดล้อมที่ดียังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อภาวะสุขภาพ แต่ปัจจุบันมนุษย์ได้สร้างปัญหาสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นมากมาย ทั้งปัญหาทรัพยากรธรรมชาติที่ร่อยหรอลง ปัญหาความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม และปัญหามลพิษของสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ทั่วโลก เช่น ปัญหามลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ มลพิษทางเสียง หรือมลพิษจากขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล

ปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ เป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนเรา ทำให้บุคคลเกิดการเจ็บป่วยและเกิดโรคที่บั่นทอนสุขภาพอนามัย เป็นต้นว่า การเกิดโรคปอด

หรือเกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ เนื่องจากได้รับฝุ่นละอองหรือสารพิษในอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เกิดโรคเครียดจากเสียงเครื่องจักรในแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม หรือได้รับอันตรายจากความ เป็นพิษของขยะมูลฝอย โดยสรุปแล้วสิ่งแวดล้อมถือว่ามีอิทธิพลต่อสุขภาพของมนุษย์เป็นอย่างมาก เพราะหากมนุษย์เราอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีสิ่งแวดล้อมไม่ดี มีความสกปรก หรือมีการสะสมของ สารพิษที่เป็นอันตรายอยู่มากบริเวณดังกล่าวย่อมส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่ไม่ดี หรือเกิดความ เจ็บป่วยตามมานั่นเอง

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและแนวทางป้องกันแก้ไข

ปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม เป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและการเกิดโรคของประชาชน ประกอบไปด้วยปัญหาที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. ปัญหามลพิษทางอากาศ

อากาศ เป็นสิ่งจำเป็นต่อการมีชีวิตอยู่ของมนุษย์ เพราะถ้ามนุษย์ขาดอากาศ ในการหายใจเพียงแค่ 1 นาที ก็อาจทำให้เสียชีวิตได้ เมื่อเปรียบเทียบกับ การขาดน้ำหรือการขาด อาหารแล้วร่างกายยังสามารถคงอยู่ได้เป็นวันหรือสัปดาห์ นอกจากอากาศจะเป็นสิ่งที่ทำให้ทุกคน ดำรงชีวิตอยู่ได้แล้ว อากาศที่ใช้หายใจยังต้องมีคุณภาพดีด้วย โดยไม่มีเขม่า ควัน หรือแก๊สพิษที่เป็น อันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้นถ้าบุคคลที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีอากาศดีย่อมทำให้มีสุขภาพที่ดีตามไปด้วย อีกทั้งช่วยลดปัญหาการเกิดโรคในระบบทางเดินหายใจและโรคปอด มลพิษทางอากาศ คือภาวะของ อากาศที่มีสิ่งเจือปนอยู่ในระดับสูงกว่าปกติ จนก่อให้เกิดโทษหรืออันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ พืช และ ทรัพย์สิน สิ่งเจือปนดังกล่าว เช่น ฝุ่นละออง ไอควัน แก๊สพิษ หรือกลิ่นกัมมันตภาพรังสี

2. แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ แหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศส่วนใหญ่มัก มาจากการกระทำของมนุษย์ มีดังนี้

2.1 เกิดจากยวดยานพาหนะ ยวดยานพาหนะที่ใช้ในการเดินทางสัญจรของ มนุษย์ เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดมลพิษทางอากาศ เพราะการใช้ยวดยานพาหนะแต่ละครั้งจะต้อง มีการสันดาปเชื้อเพลิง ซึ่งการสันดาปเชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์นั้นก่อให้เกิดสารมลพิษที่ ระบายสู่บรรยากาศ เช่น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก เขม่า ควัน แก๊สซัลเฟอร์ได ออกไซด์ ตลอดจนสารตะกั่ว โดยเฉพาะในบริเวณที่มีการจราจรคับคั่งหรือมีการจราจรติดขัดตามเมือง ใหญ่ มักประสบกับปัญหามลพิษทางอากาศที่รุนแรง

2.2 เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรมเป็นแหล่งกำเนิดของ มลพิษทางอากาศที่สำคัญ เพราะกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภทมักมีการเผา ไหม้เชื้อเพลิง ทั้งเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งทำให้เกิดสารมลพิษทางอากาศ มากมาย เช่น โรงงานอุตสาหกรรมกระดาษ โรงงานผลิตปุ๋ย โรงงานผลิตสารเคมี มักก่อสารมลพิษ ประเภทไฮโดรเจนซัลไฟด์ ออกไซด์ของซัลเฟอร์ สารระเหยอินทรีย์ กลิ่นและอนุภาคต่าง ๆ

2.3 เกิดจากการเกษตรกรรม การเกษตรกรรมทั้งการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดมลพิษทางอากาศได้เช่นกัน ซึ่งส่วนใหญ่มักจะมีปัจจัยมาจากการใช้สารเคมี สารปราบศัตรูพืช การใช้ปุ๋ยเคมี และการเผาซึ่งข้าว หรือการกำจัดมูลสัตว์ที่ไม่ถูกวิธี สิ่งต่างๆเหล่านี้จะเป็นตัวก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของบุคคล

2.4 เกิดจากขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล ขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลที่ไม่ได้ทำลายด้วยวิธีที่ถูกต้อง จะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคและมีสารอันตรายที่ปะปนในอากาศ อีกทั้งการเผาทำลายขยะมูลฝอยบางประเภทอาจก่อให้เกิดแก๊สพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

2.5 เกิดจากที่อยู่อาศัยหรืออาคารบ้านเรือน แหล่งที่อยู่อาศัยเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศได้ โดยเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อประกอบอาหาร ส่งผลทำให้เกิดซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ หรือแก๊สต่าง ๆ ฝังกระจายในอากาศ

3. สารมลพิษทางอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

สารมลพิษทางอากาศหรือสิ่งที่เจือปนอยู่ในอากาศทำให้อากาศสกปรกหรือเป็นพิษที่ส่งผลทำลายสุขภาพ มีดังนี้

3.1 แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (carbon monoxide: CO) เป็นแก๊สที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ติดไฟได้ ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ เช่น การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ และเป็นแก๊สที่มีอันตรายต่อสุขภาพเป็นอย่างมากเพราะเมื่อสูดดมแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าไปยังปอด แก๊สดังกล่าวจะไปรวมตัวกับเฮโมโกลบิน (hemoglobin) ของเม็ดเลือดแดงแทนออกซิเจน ส่งผลทำให้ออกซิเจนในร่างกายขาดออกซิเจน เกิดอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน และถ้าได้รับปริมาณมากอาจทำให้เสียชีวิตได้

3.2 แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide: SO₂) เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แต่มีกลิ่นฉุน เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม ถ่านไม้ เมื่อสูดดมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าสู่ร่างกาย จะเกิดการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจ เกิดโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง ปอดหรือโรคหอบ

3.3 ออกไซด์ของไนโตรเจน เช่น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เป็นแก๊สที่มีกลิ่นฉุน เมื่อสูดดมทำให้เกิดอาการหลอดลมอักเสบและปอดอักเสบหรืออาจทำให้เกิดเนื้องอกในปอดได้ แก๊สไนตริกออกไซด์ (NO) มีกลิ่นฉุนมาก ทำลายเยื่อจมูกและหลอดลม ขัดขวางการได้รับออกซิเจนของเม็ดเลือดแดง

3.4 ฝุ่นและละอองที่มีขนาดเล็ก ฝุ่นและละอองที่มีอยู่ในอากาศรอบ ๆ ตัว มีทั้งที่มีสภาพเป็นของแข็งและของเหลว มีขนาดที่แตกต่างกันไปตั้งแต่ขนาดเล็กมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น และขนาดใหญ่ที่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งฝุ่นละอองที่ล่องลอยอยู่ในอากาศนั้นเกิดจากการก่อสร้าง ฝุ่นดินทราย คาร์บอนจากท่อไอเสียรถยนต์หรือเกิดจากการจราจร หรือโรงงานอุตสาหกรรมและเมื่อสูดเอา

ฝุ่นละอองเข้าสู่ปอดแล้ว ส่งผลทำลายสุขภาพเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก ซึ่งสามารถผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างและถุงลมปอด ส่งผลทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจ โรคปอด เกิดการระคายเคืองและทำลายเยื่อหุ้มปอดหรืออาจเกิดพังผืดและเป็นแผลในปอด ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของปอดลดลง

3.5 คิว้นดำและคิว้นขาว คิว้นดำ คืออนุภาคคาร์บอน มีลักษณะเป็นผงเขม่าเล็กๆ ที่เหลือจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล เมื่อสูดดมเข้าสู่ร่างกายจะไปสะสมในถุงลมปอด เป็นสารทำให้เกิดโรคมะเร็ง ส่วนคิว้นขาวเกิดจากเครื่องยนต์ที่ไม่ได้รับการบำรุงรักษา เมื่อหายใจเอาคิว้นขาวเข้าสู่ปอดจะส่งผลทำให้หลอดลมอักเสบ นอกจากนี้ ยังส่งผลต่ออวัยวะอื่นของคนทำให้เกิดอาการแสบและระคายเคืองอีกด้วย

3.6 ตะกั่วเป็นสารมลพิษที่ส่งผลทำลายระบบประสาท ถ้าสูดดมเอาตะกั่วเข้าสู่ร่างกายจะส่งผลเสียต่อสุขภาพ โดยตะกั่วที่พบอยู่ในบรรยากาศนั้นเกิดจากสารตะกั่วที่ใช้ผสมอยู่ในน้ำมันเบนซิลของเครื่องยนต์

มลพิษทางอากาศมีอันตรายต่อสุขภาพและระบบต่าง ๆ ของร่างกายสรุปได้ดังนี้

- ระบบทางเดินหายใจ อากาศที่เป็นพิษเข้าสู่ร่างกายจะผ่านระบบทางเดินหายใจ อาจส่งผลให้จาม คอ หลอดลม และปอดเกิดการอักเสบ อาจทำให้เป็นโรคมะเร็งที่ปอดและเสียชีวิตได้
- ระบบไหลเวียนโลหิต พิษจากสารตะกั่วจะส่งผลให้เกิดโรคโลหิตจาง แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะรวมตัวกับเฮโมโกลบินส่งผลให้ร่างกายขาดออกซิเจน เกิดอาการวิงเวียนศีรษะ เป็นลมหมดสติ ถ้าสะสมในร่างกายเป็นเวลานานจะทำให้เสียชีวิตได้
- ระบบประสาท พิษจากสารตะกั่วในอากาศเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะทำลายระบบประสาท อาจทำให้เป็นอัมพาต ปัญญาอ่อนและเสียชีวิตได้
- ระบบอวัยวะสืบพันธุ์ สารกัมมันตรังสีจะส่งผลให้เด็กที่อยู่ในครรภ์มารดาคลอดออกมามีร่างกายผิดปกติ พิษจากสารตะกั่วส่งผลให้เซลล์สืบพันธุ์ผิดปกติหรือเป็นหมันได้
- ผิวหนัง อาจเกิดการระคายเคือง อักเสบ เป็นผดผื่นคันหรือเป็นลมพิษ ทั้งนี้เนื่องมาจากแพ้สารพิษ ฝุ่นละออง เกสรดอกไม้ ขนสัตว์ หรือสารแปลกปลอมอื่น ๆ ที่ปะปนอยู่ในอากาศ

2.4 เทคนิควิธีการและต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ในการจัดการมลพิษยัดเชื้อ

ในประเทศไทยมีเทคนิควิธีการจัดการมลพิษยัดเชื้อโดยการเผาที่มีส่วนน้อยที่ทำลายเชื้อด้วยน้ำส่วนการใช้เทคนิคทำลายเชื้อด้วยความร้อนและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ายังไม่มีในประเทศไทย การเลือกเทคนิคการกำจัดขยะมูลฝอยพิจารณาจาก 3 ด้าน คือ

1. ด้านเทคนิค คือ พิจารณาความยากง่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา รวมไปถึงคุณภาพในการทำลายเชื้อ ขนาดพื้นที่ และเป็นเทคนิคที่มีใช้หรือพัฒนาได้ในประเทศไทย

2. ด้านเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ค่าลงทุนในการติดตั้งระบบดำเนินการบำรุงรักษาซ่อมแซม การประมาณการลงทุนระบบเตาเผาแบ่งได้ 2 ส่วน คือ ประมาณราคาก่อสร้างระบบเตาเผาและค่าใช้จ่ายในการเดินระบบและบำรุงเตาเผา การประมาณราคาก่อสร้างและค่าใช้จ่ายแตกต่างกันไปตามขนาดของเตาเผาที่มีประสิทธิภาพในการเผา (กิโลกรัม/ชั่วโมง) และจำนวนมูลฝอยติดเชื้อที่นำเข้าสู่ระบบและชั่วโมงการทำงาน ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์โดยประเมินมูลค่าต้นทุนเครื่องจักรและอุปกรณ์เตาเผา ขยะแบบหมุนมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการมีส่วนร่วมของเอกชนในการลงทุนและบริหารดำเนินการระบบกำจัดขยะมูลฝอยจึงให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ทางการเงิน แต่เนื่องจากเป็นโครงการที่ต้องการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตซึ่งเป็นผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจของโครงการ (Economic Benefit) นอกเหนือจากผลประโยชน์ด้านการเงินที่แสดงรายละเอียดในการวิเคราะห์ด้านการเงินในส่วนของต้นทุนทางเศรษฐกิจ (Economic Cost) แบ่งได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

ต้นทุนทางเศรษฐกิจ (Economic Cost) ที่สำคัญคือต้นทุนการเสียโอกาสในการใช้ประโยชน์ ของที่ดินที่ใช้สำหรับก่อสร้างโครงการผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์เป็นการนำเสนออัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Project Internal Rate of Return) และมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (Net Present Value of Project)

2.2 ผลของการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน

พบว่าการลงทุนในโครงการก่อสร้างระบบกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ช่วยให้ระบบกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ทั้งระบบมีประสิทธิภาพและมีความเป็นไปได้ในการลงทุนไม่ว่าจะโดยรัฐหรือเอกชน กรณีของการลงทุนโดยเอกชนปัจจัยที่ช่วยในการตัดสินใจของเอกชนคืออัตราผลตอบแทนที่เกิดขึ้นเฉพาะในสัดส่วนของเงินลงทุนของเอกชน (IRR on Equity) ประมาณ 15% ซึ่งโครงการก่อสร้างระบบกำจัดมูลฝอยติดเชื้อจะให้ผลตอบแทนตามอัตราค่าบริการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ เตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้ในประเทศไทยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตาราง 2 สรุปข้อมูลรายละเอียดของเตาที่ใช้ในประเทศไทย [2]

เตาเผา	โรงพยาบาลบางปะกง	โรงพยาบาลราชวิถี	กรุงเทพมหานคร	เทศบาลหาดใหญ่
ความสามารถในการเผา	50 กก./ชม.	300 กก./ชม. (2ชุด)	1000 กก./ชม. (2ชุด)	500 กก./ชม.
ประเทศผู้ผลิต	ไทย	สวิสเซอร์แลนด์	ออสเตรีย	สหรัฐอเมริกา
เทคโนโลยีในการเผา	Excess - air	controlled - air	Excess - air	controlled - air
ระบบควบคุมมลพิษ	ไม่มี	มี	มี	มี
ระบบป้องกันมลฟอยอัตโนมัติ	ไม่มี	มี	มี	มี
งบประมาณก่อสร้าง (โดยประมาณ)	0.45 ล้านบาท	38 ล้านบาท	70 ล้านบาท	20 ล้านบาท
บุคลากรที่ใช้	1 คน	4 คน	10 คน	4 คน
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	3 บาท/กก.	7 บาท/กก.	7 บาท/กก.	8.8 บาท/กก.

จะเห็นได้ว่าเตาเผาที่ผลิตจากต่างประเทศมีราคาค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูงมากดังนั้น เพื่อให้ผู้ใช้ในประเทศได้มีเทคโนโลยีเตาเผาติดตั้งที่ราคาถูกลงลดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงานเตาเผาผลฟอยติดตั้งที่ได้พัฒนาขึ้นนี้โดยได้ออกแบบเตาเผาผลฟอยติดตั้งให้มีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นเตาเผาผลฟอยติดตั้งแบบควบคุมอากาศที่มีความสามารถในการกำจัดมลฟอยติดตั้ง
- ราคาในการก่อสร้างถูก
- ใช้ผู้ปฏิบัติงานน้อย ไม่ยุ่งยาก
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่ต่ำ
- มีการติดตั้งระบบการป้องกันมลฟอยติดตั้งแบบอัตโนมัติ
- มีการติดตั้งระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ

3. ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน ได้แก่ มลพิษทางอากาศ ปริมาณการสูญเสียที่ออกจากระบบและระบบความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน เป็นต้น

2.5 แนวทางการจัดการมูลฝอยติดเชื้อของภาครัฐและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

แนวทางการจัดการขยะมูลฝอยอย่างครบวงจร เน้นรูปแบบของการวางแผนจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะต้องส่งเข้าไปทำลายด้วยระบบต่างๆ ให้น้อยที่สุด สามารถนำขยะมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ทั้งในส่วนของการใช้ซ้ำและแปรรูปเพื่อใช้ใหม่ (Reuse & Recycle) รวมถึงการกำจัดที่ได้ผลพลอยได้ เช่น ปุ๋ยหมัก หรือพลังงาน โดยสรุปวิธีการดำเนินการตามแนวทางมีดังนี้ คือ

1. การลดปริมาณการผลิตมูลฝอย รณรงค์ให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการลดการผลิตมูลฝอยในแต่ละวัน ได้แก่

1.1 ลดการทิ้งบรรจุภัณฑ์โดยการใช้สินค้าชนิดเติมใหม่ เช่น ผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน น้ำยาทำความสะอาดและถ่านไฟฉายชนิดชาร์ตใหม่ เป็นต้น

1.2 เลือกใช้สินค้าที่มีคุณภาพมีหีบบรรจุภัณฑ์น้อย อายุการใช้งานยาวนานและตัวสินค้าไม่เป็นมลพิษ

1.3 ลดการใช้วัสดุกำจัดยาก เช่น โฟมบรรจุอาหารและถุงพลาสติก

2. จัดระบบการรีไซเคิลหรือการรวบรวมเพื่อนำไปสู่การแปรรูปเพื่อใช้ใหม่

2.1 รณรงค์ให้ประชาชนแยกของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น กระดาษพลาสติก และโลหะ นำไปใช้ซ้ำหรือนำไปขาย/รีไซเคิล ขยะเศษอาหารนำมาหมักทำปุ๋ย ในรูปปุ๋ยน้ำหรือปุ๋ยหมักเพื่อใช้ในชุมชน

2.2 จัดระบบที่เอื้อต่อการทำขยะรีไซเคิล

1. จัดภาชนะ (ถุง/ถัง) แยกประเภทขยะมูลฝอยที่ชัดเจนและเป็นมาตรฐาน

2. จัดระบบบริการเก็บ โดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจัดเก็บเอง โดยการจัดเก็บแบ่งเวลาการเก็บ เช่น หากแยกเป็นถุง 4 ถุง ขยะย่อยสลายได้ ขยะรีไซเคิล ขยะอันตรายและขยะทั่วไป ให้จัดเก็บขยะย่อยสลายและขยะทั่วไปทุกวัน ส่วนขยะรีไซเคิลและขยะอันตรายอาจจัดเก็บสัปดาห์ละครั้งหรือตามความเหมาะสม จัดกลุ่มประชาชนที่ [12] มีอาชีพรับซื้อของเก่าให้ช่วยเก็บขยะรีไซเคิลในรูปของการรับซื้อ โดยการแบ่งพื้นที่ในการจัดเก็บและกำหนดเวลาที่เหมาะสมประสานงานกับร้านค้าที่รับซื้อของเก่าที่มีอยู่ในพื้นที่หรือพื้นที่ใกล้เคียงในการรับซื้อขยะรีไซเคิล จัดระบบตามแหล่งการเกิดขยะขนาดใหญ่ เช่น ตลาด โรงเรียน สถานที่ราชการ ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น [13]

2.3 จัดกลุ่มอาสาสมัครหรือชมรมหรือนักเรียนให้มีกิจกรรม/โครงการนำขยะมูลฝอยกลับมาใช้ใหม่ เช่น โครงการขยะรีไซเคิลแลกล้างของ เช่น ต้นไม้ ไข่ โครงการทำปุ๋ยน้ำ ปุ๋ยอีมัชยะหอม ปุ๋ยหมัก โครงการตลาดนัดขยะรีไซเคิล โครงการธนาคารวัสดุเหลือใช้ โครงการร้านค้าสินค้ารีไซเคิล

2.4 จัดตั้งศูนย์รีไซเคิล หากพื้นที่ที่ปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นในแต่ละวันเป็นปริมาณมาก ๆ อาจจะมีการจัดตั้งศูนย์คัดแยกขยะมูลฝอย [14] ซึ่งสามารถรองรับจากชุมชนใกล้เคียงหรือรับซื้อจากประชาชนโดยตรงซึ่งอาจจะให้เอกชนลงทุนหรืออาจให้สัมปทานเอกชนก็ได้

3. การขนส่ง

3.1 ระยะทางไม่ไกลให้รถขนส่งขยะมูลฝอยไปยังสถานที่กำจัดโดยตรง

3.2 ระยะทางไกลและมีปริมาณขยะมูลฝอยมากอาจจะต้องสร้างสถานีขนถ่าย เพื่อถ่ายเทจากรถเก็บขนขยะมูลฝอยลงสู่รถบรรทุกขนาดใหญ่

3.4 ระบบกำจัด เนื่องจากขยะมูลฝอยใช้ประโยชน์ใหม่ได้ จึงควรกำจัดทำลายให้น้อยที่สุด [12] ควรเลือกระบบกำจัดแบบผสมผสานเนื่องจากปัญหาขาดแคลนพื้นที่ จึงควรพิจารณาปรับปรุงพื้นที่กำจัดมูลฝอยที่มีอยู่เดิมและพัฒนาให้เป็นศูนย์กำจัดขยะมูลฝอย

4. จัดระบบคัดแยกขยะมูลฝอย

ระบบกำจัดผสมผสานหลาย ๆ ระบบในพื้นที่เดียวกัน ได้แก่ หมักทำปุ๋ย ฝังกลบ และวิธีอื่น ๆ เป็นต้น

2.6 กฎหมายระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมูลฝอยติดเชื้อขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

2.6.1 อำนาจหน้าที่ในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ

1. พระราชบัญญัติองค์การบริหารส่วนจังหวัด พ.ศ.2540

อำนาจหน้าที่ขององค์การบริหารส่วนจังหวัด (อบจ.) ตามมาตรา 45 (7) คือ การคุ้มครอง ดูแล และบำรุงรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมาตรา 46 ให้อบจ. สามารถจัดทำกิจการใด ๆ อันเป็นอำนาจหน้าที่ของราชการส่วนท้องถิ่นอื่นของ อบจ. อื่นที่อยู่นอกเขตจังหวัดได้ เมื่อได้รับความยินยอมจากราชการส่วนท้องถิ่นอื่น หรือ อบจ.อื่นที่เกี่ยวข้อง ตามหลักเกณฑ์วิธีการและเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ.2541) คือ (1) เมื่อเป็นการที่จำเป็นต้องกระทำและเกี่ยวเนื่องกับกิจการที่ดำเนินการตามอำนาจหน้าที่ของ อบจ. และได้รับความยินยอมจากราชการส่วนท้องถิ่นหรือสภา อบจ. ที่เกี่ยวข้อง โดยมีกฎกระทรวง (พ.ศ.2541) กำหนดกิจการกำจัดขยะมูลฝอย และสิ่งปฏิกูลกับการบำรุงรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็น

รายการหนึ่งในกิจการที่ราชการส่วนท้องถิ่นอื่นสมควรให้องค์การบริหารส่วนจังหวัดร่วมดำเนินการ หรือให้ อบจ. จัดทำ

2. พระราชบัญญัติสภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ.2537

อำนาจหน้าที่ของสภาตำบลตามมาตรา 23 และอำนาจหน้าที่ขององค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) ตามมาตรา 67 รวมถึงการกำจัดมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลในเขตของตน ส่วนมาตรา 71 วรรคแรกบัญญัติว่า “องค์การบริหารส่วนตำบล อาจออกข้อบังคับตำบลเพื่อใช้ ในตำบลได้เท่าที่ไม่ขัดต่อกฎหมาย หรืออำนาจหน้าที่ ของ อบต. ในการนี้จะกำหนดค่าธรรมเนียมที่จะเรียกเก็บ และ กำหนดโทษปรับสำหรับผู้ฝ่าฝืนด้วยก็ได้แต่มิให้กำหนดโทษปรับเกินห้าร้อยบาท” และมาตรา 73 เปิดช่องให้ อบต. สามารถทำกิจกรรมนอกเขตของตนหรือร่วมกับสภาตำบล อบต. อบจ.หรือหน่วยบริหารราชการส่วนท้องถิ่น เพื่อกระทำการกิจการร่วมกันได้ เมื่อได้รับความยินยอมจากหน่วยที่เกี่ยวข้องนั้น และกิจการนั้นเป็นเรื่องที่จำเป็นต้องทำหรือเป็นการเกี่ยวเนื่องกับกิจการที่อยู่ในอำนาจหน้าที่ของตน

3. พระราชบัญญัติการกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2542

ตามมาตรา 13 ของกฎหมายฉบับนี้ให้อำนาจคณะกรรมการกระจายอำนาจสามารถ แต่งตั้งอนุกรรมการต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อดำเนินการในกิจการเฉพาะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้ โดยเฉพาะการจัดการเกี่ยวกับสิ่งปฏิกูลมูลฝอย ซึ่งหมายรวมถึงการจัดการเกี่ยวกับมูลฝอยติดเชื้อด้วย

4. พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.2535

พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.2535 มาตรา 18 วรรคแรก กำหนดว่าการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยในเขตราชการส่วนท้องถิ่นใด ให้เป็นอำนาจหน้าที่ของราชการส่วนท้องถิ่น นั้น ซึ่งคำว่าราชการส่วนท้องถิ่นตามนิยามในมาตรา 4 หมายถึง เทศบาล อบจ. กทม. เมืองพัทยา และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่นตามกฎหมาย ซึ่งย่อมรวมถึง อบต. ด้วย ในกรณีที่มีเหตุอันสมควร ราชการส่วนท้องถิ่นสามารถมอบให้บุคคลใดดำเนินการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยแทนภายใต้การควบคุมดูแลของราชการส่วนท้องถิ่น หรือสามารถอนุญาตให้บุคคลใดเป็นผู้ดำเนินการรับเก็บ ขน หรือ กำจัดสิ่งปฏิกูลมูลฝอยโดยทำเป็นธุรกิจหรือโดยได้รับประโยชน์ตอบแทนด้วยการคิดค่าบริการได้ และมาตรา 20 ให้อำนาจราชการส่วนท้องถิ่นเกี่ยวกับการจัดการสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยให้ถูก สุขลักษณะ และกำหนดอัตราค่าธรรมเนียมการให้บริการในการเก็บและขนสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอย ภายใต้เทศานที่จำกัดไว้ ตามกฎกระทรวงว่าด้วยอัตราค่าธรรมเนียมการให้บริการเก็บขนและกำจัดสิ่ง ปฏิกูลหรือมูลฝอย และอัตราค่าธรรมเนียมอื่น ๆ พ.ศ.2545 ข้อ 2 ซึ่งได้รวมมูลฝอยติดเชื้อเอาไว้ด้วย และในกรณีของมูลฝอยติดเชื้อมีกฎกระทรวงว่าด้วยกำหนดเทศานตามบัญชีอัตราค่าธรรมเนียมทำย กฎกระทรวงนี้ไว้ในเรื่องของสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอยธรรมดาการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ.2545 ออกมา ใช้บังคับในระดับเทศบาลเมืองทุกแห่งให้ต้องปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยภายใต้ข้อกำหนด

อย่างละเอียดทั้งในเรื่องของการเก็บ การขน และการกำจัด โดยในข้อ 29 ของกฎกระทรวงฉบับนี้ให้ราชการส่วนท้องถิ่นสามารถกำหนดอัตราค่าบริการขั้นสูงในการรับเก็บ ขน และกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่ผู้ได้รับอนุญาตตามมาตรา 19 จะเรียกเก็บจากผู้ใช้บริการ โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการประกอบกิจการและความเหมาะสมกับฐานะทาง เศรษฐกิจของประชาชนในท้องถิ่นนั้น แต่ยังคงต้องอยู่ภายใต้เพดานที่กฎกระทรวงว่าด้วยค่าธรรมเนียม ที่กำหนดไว้ด้วยตนเอง

5. พระราชบัญญัติว่าด้วยการให้เอกชนเข้าร่วมงานหรือดำเนินการในกิจการของรัฐ พ.ศ.

2535

กฎหมายนี้เป็นกลไกให้ส่วนราชการหรือราชการส่วนท้องถิ่นสามารถเปิดช่องให้เอกชนเข้ามาร่วมหรือดำเนินการในส่วนที่เป็นกิจการของรัฐซึ่งเป็นโครงการมีวงเงินตั้งแต่หนึ่งพันล้านบาท

2.6.2 บทบาทหน้าที่เกี่ยวกับการจัดการมูลฝอยติดเชื้อขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ.2542 กำหนดให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มีอำนาจหน้าที่ในการกำจัดสิ่งปฏิกูลและมูลฝอยในเขตท้องถิ่นโดยที่มูลฝอย มีความหมายครอบคลุมถึงมูลฝอยติดเชื้อ ประกอบกับกระทรวงสาธารณสุขได้ออกกฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ.2545 โดยให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มีหน้าที่ต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวง สรุปลำดับดังนี้

1. ตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.2535 ราชการส่วนท้องถิ่นซึ่งหมายถึงองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในฐานะเจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจหน้าที่โดยตรงในการดำเนินการเก็บ ขน และกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในเขตท้องถิ่นตน ดังนั้น กรณีที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จัดบริการเก็บ ขนหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อให้สถานบริการการสุขหรือห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายในเขตท้องถิ่นแห่งตน จะต้องดำเนินการเก็บ ขน และกำจัดตามหลักเกณฑ์มาตรฐานตามที่กำหนดในกฎกระทรวงฯ

2. ออกข้อกำหนดของท้องถิ่น กำหนดวิธีการถ่ายเท ทิ้งมูลฝอยติดเชื้อในที่หรือทางสาธารณะ หรือจัดให้มีสถานที่ถ่าย เท หรือ ทิ้งมูลฝอยติดเชื้อในที่หรือทางสาธารณะเพื่อประโยชน์สำหรับประชาชนโดยทั่วไปที่อาจก่อให้เกิดมูลฝอยติดเชื้อในบ้านเรือนที่จะนำมาทิ้งได้

3. ต้องควบคุมและกำกับดูแลกิจการสถานบริการการสาธารณสุข และห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายในเขตราชการส่วนท้องถิ่นตน ให้ปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และวิธีการเกี่ยวกับการเก็บ ขนหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง

4. ตรวจสอบระบบกำจัดมูลฝอยติดเชื้อของสถานบริการสาธารณสุข หรือห้องปฏิบัติการเชื้ออันตรายที่มีระบบกำจัดของตนเอง ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาด้านสุขลักษณะต่อชุมชนข้างเคียง

5. ราชการส่วนท้องถิ่นซึ่งหมายถึงองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ต้องแต่งตั้งเจ้าหน้าที่อย่างน้อย 1 คนซึ่งมีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิทยาศาสตร์ (ด้านสาธารณสุข / สุขาภิบาล / ชีววิทยา/วิทยาศาสตร์การแพทย์) หรือวิศวกรรมศาสตร์ (ด้าน สุขาภิบาล /วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม/วิศวกรรมเครื่องกล) เป็นผู้รับผิดชอบดูแลระบบการเก็บขน และกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในเขตราชการส่วนท้องถิ่นนั้น ส่วนกรณีที่ราชการส่วนท้องถิ่นร่วมมือกันหลายท้องถิ่น อาจแต่งตั้งเจ้าหน้าที่ของท้องถิ่นใดท้องถิ่นหนึ่งให้เป็นผู้รับผิดชอบดูแลร่วมกันได้ หรืออาจแต่งตั้งบุคคลภายนอกที่มีคุณสมบัติเช่นนั้นได้

6. กรณีที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มอบให้ผู้อื่นดำเนินการแทนหรืออนุญาตให้เอกชนทำเป็นธุรกิจให้ราชการส่วนท้องถิ่นกำหนดระยะเวลาและเส้นทางการเก็บขน ตลอดจนเงื่อนไขหรือข้อปฏิบัติใด ๆ เพื่อให้เป็นไปตามกฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อไว้ด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อเท็จจริงและความจำเป็นตามสภาพของกระบวนการจัดการมูลฝอยติดเชื้อของท้องถิ่นนั้น ๆ เช่น

- การกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บขนหรือการกำจัด
- การกำหนดให้มีใบกำกับมูลฝอยติดเชื้อตลอดเส้นทางจนถึงขั้นตอนการกำจัด
- การกำหนดให้ผู้ได้รับอนุญาตรับทำการเก็บขนหรือกำจัดต้องทำสัญญากับห้องปฏิบัติการ

เชื้ออันตรายหรือสถานบริการสาธารณสุขเพื่อให้เป็นหลักประกันว่ามีการจัดการมูลฝอยติดเชื้อในสถานที่ดังกล่าวอย่างต่อเนื่องจริงจัง

กฎหมายที่ใช้ควบคุมการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ ให้เป็นไปตาม พ.ร.บ. การสาธารณสุขหมวด 3 เรื่อง การจัดการสิ่งปฏิกูลและมูลฝอย มาตรา 18 19 และ 20 ต่อมาจึงพัฒนาให้มีกฎกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ.2545 โดยให้คำนิยามมูลฝอยติดเชื้อ ว่าหมายถึง “มูลฝอยที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ในปริมาณหรือมีความเข้มข้นซึ่งถ้ามีการสัมผัสหรือใกล้ชิดกับมูลฝอยนั้นแล้วสามารถทำให้เกิดโรคได้” กรณีมูลฝอยดังต่อไปนี้ ที่เกิดขึ้นหรือใช้ในกระบวนการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์และการรักษาพยาบาล การให้ภูมิคุ้มกันโรคและการทดลองเกี่ยวกับโรค และการตรวจสอบชั้นสูตรศพหรือซากสัตว์รวมทั้งในการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าว ให้ถือว่าเป็นมูลฝอยติดเชื้อ

1) ซากหรือชิ้นส่วนของมนุษย์หรือสัตว์ที่เป็นผลมาจากการผ่าตัด การตรวจสอบชั้นสูตรศพหรือซากสัตว์และการใช้สัตว์ทดลอง

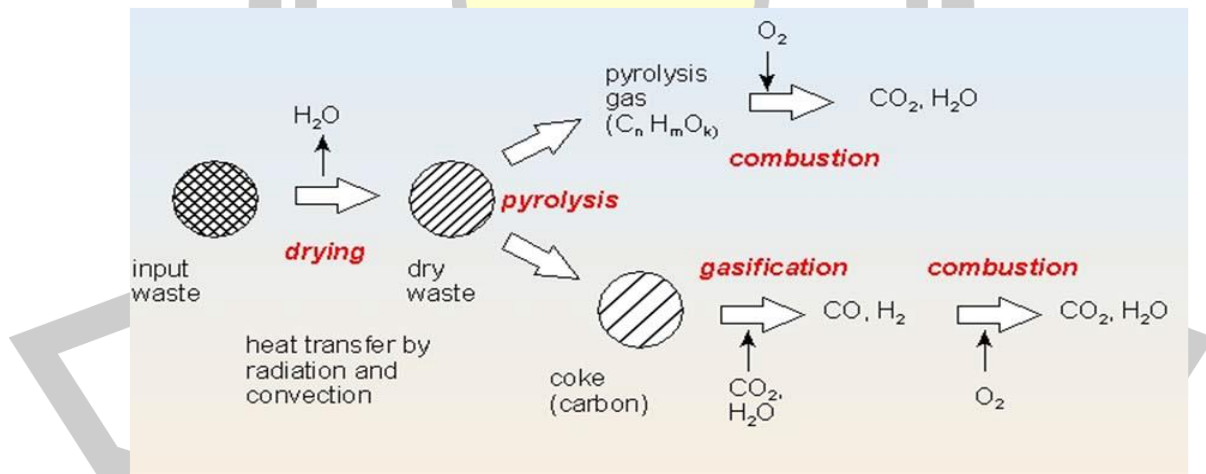
2) วัสดุของมีคม เช่น เข็ม ใบมีด กระบอกฉีดยา หลอดแก้ว ภาชนะที่ทำด้วยแก้ว สไลด์ และกระจกปิดสไลด์ [15]

3) วัสดุซึ่งสัมผัสหรือสงสัยว่าจะสัมผัสกับเลือด ส่วนประกอบของเลือดผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเลือด สารน้ำจากร่างกายของมนุษย์หรือสัตว์หรือวัคซีนที่ทำจากเชื้อโรคที่มีชีวิต เช่น สำลี ผ้า ก๊อช ผ้าต่าง ๆ และท่อต่าง

4) มูลฝอยทุกชนิดที่มาจากห้องรักษาผู้ป่วยติดเชื้อร้ายแรง

2.7 เทคโนโลยีเตาเผา (Incineration)

เป็นการใช้ความร้อนอุณหภูมิสูงในการทำให้ขยะมูลฝอยเกิดการแตกสลายด้วยความร้อน (Thermal cracking) [3] ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเป็นกระบวนการที่ต้องการความร้อนจากแหล่งให้ความร้อนภายนอกเพื่อช่วยให้ปฏิกิริยาดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง (Endothermic process) แล้วอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเดเซอร์เพื่อเปลี่ยนรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ โดยกระบวนการดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermal process) [3] ทำให้สามารถนำความร้อนที่ได้ไปใช้ในการผลิตพลังงาน หรืออาจนำผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการแตกสลายด้วยความร้อนไปผ่านกระบวนการเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงสังเคราะห์เพื่อนำไปผลิตพลังงาน หรืออาจนำไปเผาไหม้กับออกซิเดเซอร์เพื่อให้ได้ความร้อนก่อนนำไปผลิตพลังงาน การกำจัดขยะมูลฝอยด้วยกรรมวิธีทางความร้อนอาจแสดงได้ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 กระบวนการกำจัดขยะมูลฝอยด้วยความร้อน [16]

2.7.1 หลักการพื้นฐานของเทคโนโลยีเตาเผาขยะมูลฝอย

เนื่องจากองค์ประกอบของขยะมูลฝอยประกอบด้วยองค์ประกอบที่มีพลังงานเคมีอยู่ในปริมาณมาก การแปรรูปพลังงานที่มีอยู่ในขยะมูลฝอยจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการกำจัดขยะมูลฝอย และยังสามารถนำพลังงานที่อยู่ในขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกทางหนึ่ง การเผาขยะมูลฝอยด้วยความร้อนอุณหภูมิสูงจะกระทำในเตาเผาที่ได้มีการออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อให้เข้ากับลักษณะสมบัติของขยะ คือมีอัตราความชื้นสูง และมีค่าความร้อนที่แปรผันได้ [3] การเผาไหม้จะต้องมีการควบคุมที่ดีเพื่อจะป้องกันไม่ให้เกิดมลพิษและการรบกวนต่อสิ่งแวดล้อม เช่น แก๊สพิษ เขม่า กลิ่น เป็นต้น แก๊สซึ่งเกิดจากการเผาไหม้จะได้รับการกำจัดเขม่าและอนุภาคตามที่กฎหมายควบคุม ก่อนที่จะส่งออกสู่บรรยากาศ เถ้าซึ่งเหลือจากการเผาไหม้ ซึ่งมีปริมาตรประมาณ 10 % และน้ำหนักประมาณ 25- 30% ของขยะที่ส่งเข้าเตาเผา [3] จะนำไปฝังกลบหรือใช้เป็นวัสดุปูพื้นสำหรับการสร้างถนน ส่วนเถ้าที่มีส่วนประกอบของโลหะอาจถูกนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้ในบางพื้นที่ที่มีปริมาณขยะอยู่มากสามารถที่จะนำพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาขยะมาใช้ในการผลิตไอน้ำ หรือทำน้ำร้อน หรือผลิตกระแสไฟฟ้าได้ [3]

2.7.2 ประเภทของเทคโนโลยีเตาเผาขยะ

เตาเผาขยะมูลฝอยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ เตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่ได้ (Moving grate incinerator) [3] เตาเผาแบบหมุน (Rotary kiln incinerator) และเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized-bed incinerator) เทคโนโลยีนี้ปกติจะเป็นการเผาไหม้ในเตาเผาแบบตะกรับที่เคลื่อนที่ได้ (Moving grate) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันแพร่หลายและได้รับการทดสอบแล้ว มีสมรรถนะทางเทคนิคที่ยอมรับได้และสามารถรองรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและค่าความร้อนที่หลากหลาย ระบบที่ได้รับความนิยมรองลงมาคือระบบเตาเผาแบบหมุน (Rotary kiln) ข้อดีและข้อเสียของเตาเผาขยะแต่ละประเภทแสดงดังในตาราง 3

ตาราง 3 ข้อดีและข้อเสียของเตาเผาขยะแต่ละประเภท [16]

ประเภทเตาเผาขยะ	ข้อดีเปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
เตาเผาแบบตะกรับเคลื่อนที่ได้	1. ไม่ต้องมีการคัดแยกหรือบดตัดขยะมูลฝอยก่อน 2. เป็นเทคโนโลยีที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายและได้รับการทดสอบแล้วสำหรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยและมีสมรรถนะตรงตามวัตถุประสงค์	1. เงินลงทุนและบำรุงรักษาค่อนข้างสูง

ประเภทเตาเผาขยะ	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
	<p>3. สามารถจัดการกับขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและค่าความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้เป็นอย่างดี</p> <p>4. สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึง 85%</p> <p>5. เตาเผาแต่ละเตาสามารถก่อสร้างให้มีความสามารถในการเผาทำลายได้ถึง 1,200 ตันต่อวัน (50 ตันต่อชั่วโมง)</p>	
เตาเผาแบบหมุน	<p>1. ไม่ต้องการการคัดแยกหรือบดตัดขยะมูลฝอยก่อน</p> <p>2. สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึง 80%</p> <p>3. สามารถจัดการกับขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและค่าความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้เป็นอย่างดี</p>	<p>1. เป็นเทคโนโลยีที่มีใช้ในการเผาทำลายขยะมูลฝอยค่อนข้างน้อย</p> <p>2. เงินลงทุนและบำรุงรักษาค่อนข้างสูง</p> <p>3. ความสามารถในการเผาทำลายสูงสุดต่อหนึ่งเตาประมาณ 480 ตันต่อวัน (20 ตันต่อชั่วโมง)</p>
เตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด	<p>1. เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำเนื่องจากการออกแบบที่ค่อนข้างง่าย</p> <p>2. สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึง 90%</p> <p>3. สามารถใช้ในการเผาทำลายเชื้อเพลิงที่หลากหลายประเภทและสามารถรองรับได้ทั้งกากของแข็งและเหลว โดยเผาทำลายร่วมกันหรือแยกจากกัน</p>	<p>1. ณ ปัจจุบันยังจัดว่าเป็นเทคโนโลยีที่ยังต้องการการทดสอบอยู่สำหรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยชุมชน</p> <p>2. ค่อนข้างมีข้อจำกัดด้านขนาดและองค์ประกอบของขยะ โดยทั่วไปต้องมีการกระบวนการในการจัดการขยะก่อนส่งเข้าเตาเผา</p>

2.7.3 การควบคุมผลกระทบสิ่งแวดล้อม

มลพิษที่เกิดขึ้นจากเตาเผาขยะมูลฝอยโดยหลักแล้วเกิดขึ้นจากกระบวนการเผาไหม้ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้จะปลดปล่อยออกออกมาในรูปมลพิษทางอากาศ มลพิษทางกากของแข็งและมลพิษทางน้ำ การควบคุมต้องให้มีปริมาณไม่เกินค่ามาตรฐานที่แต่ละท้องถิ่นกำหนด

1. มลพิษอากาศ

มลพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากเตาเผาขยะมูลฝอยมีทั้งที่เป็นอนุภาคมลสาร (ฝุ่น) และแก๊ส เช่น HCl, HF และ SO₂ มลพิษที่มีความเป็นพิษเช่นปรอท ไดออกซินและ NO_x เหล่านี้สามารถนำ [3] ออกมาจากแก๊สไอเสียได้ทั้งหมดด้วยเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางเคมีที่มีความก้าวหน้า และมีต้นทุนสูงการเลือกใช้ระบบควบคุมมลพิษอากาศโดยหลักแล้วขึ้นอยู่กับมาตรฐานการปลดปล่อยมลพิษของแต่ละประเทศ [3] และขึ้นอยู่กับระดับการควบคุมที่ต้องการ

2 มลพิษกากของแข็ง

กากของแข็งที่เหลือจากการเผาไหม้ในเตาเผาขยะมูลฝอยจะแยกเป็นสองส่วนคือเถ้าหนัก (Bottom ash) ซึ่งพบที่บริเวณก้นเตาเผา เกิดจากจากองค์ประกอบของขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ และเถ้าเบา (Fly ash) ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบของขยะมูลฝอยส่วนที่ระเหยขึ้นไปจากขยะมูลฝอยอย่างรวดเร็วและลอยออกไปจากห้องเผาไหม้กับแก๊สไอเสียและถูกจับด้วยอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศ เช่นไซโคลน เครื่องกรองด้วยเส้นใยถัก เครื่องดักด้วยไฟฟ้าสถิต เป็นต้น [3]

3. มลพิษน้ำ

น้ำเสียจากระบบควบคุมมลพิษอากาศและน้ำเสียที่ใช้ในการทำให้เถ้าเย็นตัวลง น้ำเสียนี้ส่วนหนึ่งจะไหลวนเพื่อกลับไปใช้ในกระบวนการของเตาเผา มีเพียงบางส่วนที่ถ่ายทิ้งเพื่อนำไปกำจัดซึ่งอาจไหลไปบำบัดรวมกับน้ำเสียจากกันหลุมเก็บขยะมูลฝอย [3]

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเผาไหม้

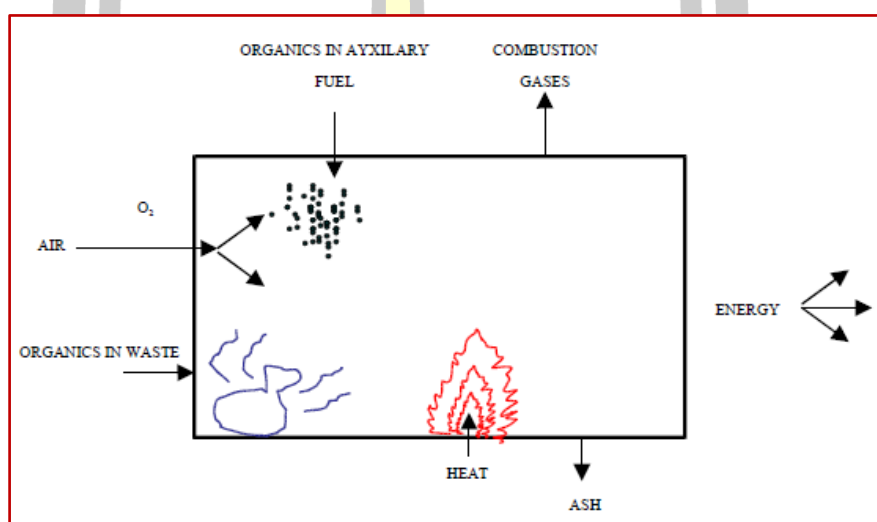
2.8.1 กระบวนการในการเผาไหม้

การเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างรวดเร็วที่ทำให้เกิดความร้อนโดยทำให้เกิดแสงสว่างและความร้อนรวมทั้งเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างช้า ๆ ที่อาจจะมีความร้อนเกิดขึ้นเล็กน้อยและไม่มีแสง การเผาของเสียที่มีอินทรีย์สาร เมื่อของเสียถูกป้อนเข้าไปในเตาเผาองค์ประกอบที่เป็นอินทรีย์สารในของเสียจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนอย่างรวดเร็วและรุนแรงซึ่งจะให้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้และอยู่ในรูปของพลังงานความร้อนดังแสดงในสมการที่ 2.1



สำหรับการเผาทำลายของเสียคือ เป็นกระบวนการทางวิศวกรรมที่ควบคุมสภาวะการเผาไหม้เพื่อเผาทำลายกำจัดของเสียด้วยกระบวนการทางความร้อน ในความหมายเชิงทฤษฎีการเผาทำลายจะมีหลักการเหมือนกับการเผาไหม้ โดยความต้องการของการเผาไหม้จะเน้นไปที่ผลิตภัณฑ์

ของกระบวนการและพลังงานที่ได้จากระบบ ส่วนการเผาทำลายจะเน้นไปที่การเปลี่ยนรูปของสารตั้งต้นในกระบวนการเผาไหม้ให้อยู่ในรูปของสารที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการที่จะเป็นตัวเริ่มต้นให้เกิดปฏิกิริยาได้มีดังนี้คือ อินทรีย์สารของเสีย ออกซิเจน และความร้อน โดยแสดงในภาพประกอบ 9 ซึ่งทำให้พบว่าองค์ประกอบที่จำเป็นต่อระบบของการเผาทำลายของเสียที่ถูกป้อนเข้าไปจะผสมกับออกซิเจนในอากาศและความร้อน เกิดการเผาไหม้ได้เป็นพลังงาน ถ้ำ และ ก๊าซเผาไหม้



ภาพประกอบ 9 องค์ประกอบที่เป็นตัวเริ่มต้นของการเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้ [17]

2.8.2 องค์ประกอบของการเผาทำลาย

โดยหลักการแล้วองค์ประกอบของระบบการเผาไหม้ประกอบไปด้วย เชื้อเพลิง ตัวออกซิไดซ์ ความร้อน และตัวเจือจาง แต่ในระบบการเผาทำลายนั้นจะมีอินทรีย์สารเพิ่มขึ้นมาดังต่อไปนี้

1. เชื้อเพลิง คือเป็นส่วนผสมของสารไฮโดรคาร์บอนซึ่งประกอบด้วยพันธะที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพลังงานสูง เช่น พันธะคาร์บอน-คาร์บอน (C-C) และพันธะคาร์บอน-ไฮโดรเจน (C-H) สารไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้ โดยปกติแล้วเป็นแหล่งของพลังงานศักย์เคมี

2. ตัวออกซิไดซ์ คือชนิดของสารเคมีซึ่งทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของเสียระหว่างการเผาทำลาย มีหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานพันธะศักย์เคมีที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงให้กลายเป็นพลังงานความร้อน หรือเปลี่ยนสารอินทรีย์ในของเสียให้อยู่ในรูปของเปลวเพลิง (Fire flame) และองค์ประกอบพื้นฐานมีดังนี้คือ CO_2 , H_2O และ HCl ซึ่งตัวออกซิไดซ์ที่ปรากฏส่วนใหญ่ ได้แก่ โมเลกุล

ของออกซิเจนที่อยู่ในอากาศโดยปกติแล้วอากาศส่วนนี้ประกอบด้วยออกซิเจน 21% ของปริมาตรทั้งหมดและไนโตรเจน 79% ดังนั้นจึงมีเพียง 21% ของปริมาตรอากาศในการเผาไหม้ที่ถูกป้อนเข้าระบบการเผาทำลายที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับอินทรีย์สารในของเสียและเชื้อเพลิง ปฏิกิริยาการเผาไหม้ระหว่างอินทรีย์สารและออกซิเจนจะทำให้เกิดการลุกไหม้ขึ้น ก็ต่อเมื่ออินทรีย์สารมีอุณหภูมิสูงขึ้นเพียงพอถึงจุดติดไฟหรือเริ่มการเผาไหม้เท่านั้น สารแต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิต่างกันของแต่ละสาร แต่ในช่วงอุณหภูมิ 530 °C-980 °C มักจะพิจารณาได้ว่าเป็นช่วงที่เกิด “สภาวะการเผาไหม้ที่ดี” โดยพลังงานซึ่งอยู่ในรูปของความร้อนถูกต้องการเพื่อที่จะเพิ่มอุณหภูมิของห้องเผาไหม้และของเสียรวมทั้งออกซิเจนให้สูงเพียงพอที่จะเกิดการเผาไหม้ได้ ซึ่งในช่วงเริ่มต้นพลังงานนี้จะได้จากหัวเผาของเสียจะมีปริมาณเพียงพอที่จะรักษาอุณหภูมินั้นไว้

3. ความร้อน คือความร้อนที่จะใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงถึงอุณหภูมิการเผาไหม้และรักษาอุณหภูมินั้นไว้ตลอดการเผาไหม้

4. ตัวเจือจาง คือสสารที่ไม่มีส่วนร่วมทางเคมีในการทำปฏิกิริยาการเผาไหม้เหมือนกับสารเชื้อเพลิงหรือตัวออกซิไดซ์ โดยเป็นแต่เพียงการมีอยู่ในทางกายภาพและมักจะมีอิทธิพลต่อกระบวนการเผาไหม้ในลักษณะที่ความจุความร้อนของตัวเจือจางซึ่งไม่มีส่วนสนับสนุนต่อการปลดปล่อยพลังงานความร้อนรวม แต่จะมีลักษณะเป็นอ่างความร้อน (Heat sink) ในระบบและมีผลในการจำกัดอุณหภูมิที่จะสูงขึ้นของการเผาไหม้ ดังนั้นจึงสามารถให้ความหมายของตัวเจือจางในหลักการได้ว่าเป็นสสารที่มีผลกระทบในทางกายภาพแก่กระบวนการเผาไหม้ ในระบบการเผาทำลายนั้นอาจมีตัวเจือจางอยู่หลายตัว โดยหลักๆ มีดังต่อไปนี้

ก. ไนโตรเจน ในอากาศจะมีประมาณ 79% ของปริมาตรซึ่งเป็นตัวเจือจางที่มีอยู่มากที่สุด

ข. ออกซิเจนส่วนเกิน โดยปกติแล้วเตาเผามีความต้องการปริมาณออกซิเจนส่วนเกินประมาณ 150-200% จากทางทฤษฎีปริมาณออกซิเจนส่วนเกินนี้คือ (ส่วนที่เกินจากความต้องการทางทฤษฎี) โดยมีลักษณะเป็นตัวเจือจางที่มีผลต่อกระบวนการเผาไหม้ในทางกายภาพไม่ใช่ทางเคมี

ค. ไอน้ำในอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้หรือไอน้ำที่อยู่ในของเสีย หรือไอน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการ

ง. องค์กรประกอบของแก๊สอินทรีย์ ซึ่งมาจากโลหะหนักที่เจือปนอยู่ในของเสียหรือเชื้อเพลิงโดยทั่วไปแล้วโลหะหนักที่เจือปนอยู่ไม่มีผลใดๆ ต่อปฏิกิริยาการเผาไหม้และสุดท้ายจะยังคงอยู่ในขี้เถ้าจากการเผาหรือปล่อยออกมาในรูปของมลพิษฝุ่นกับก๊าซจากการเผาไหม้ การลดมลพิษฝุ่นในก๊าซจากการเผาไหม้ทำได้โดยการควบคุมความเร็วของอากาศในห้องเผาไหม้

5. อินทรีย์สาร ได้แก่ สารประเภทที่สามารถเผาทำลายได้ ทั้งนี้อินทรีย์สารที่ใช้ในการเผาไหม้ที่มีมาอยู่ 2 แหล่ง คือ ของเสียและเชื้อเพลิง โดยสัดส่วนและชนิดของอินทรีย์สารที่มีอยู่ในของ

เสียประเภทต่าง ๆ นั้นย่อมแตกต่างกันไป ซึ่งมีผลให้ค่าความร้อนและความสามารถในการรักษา อุณหภูมิการเผาไม่เท่ากัน โดยอินทรีย์สารในของเสียจะถูกใช้ในการรักษาอุณหภูมิของการเผาไหม้ ภายในเตาเผา ในส่วนของเชื้อเพลิงซึ่งเป็นอีกแหล่งหนึ่งของอินทรีย์สารส่วนใหญ่จะใช้เพื่อการเริ่มการ เผาไหม้หรืออุ่นให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่มีการใช้เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิของการเผาไหม้ด้วยในกรณีที่ ของเสียมีค่าความร้อนไม่สูงเพียงพอ

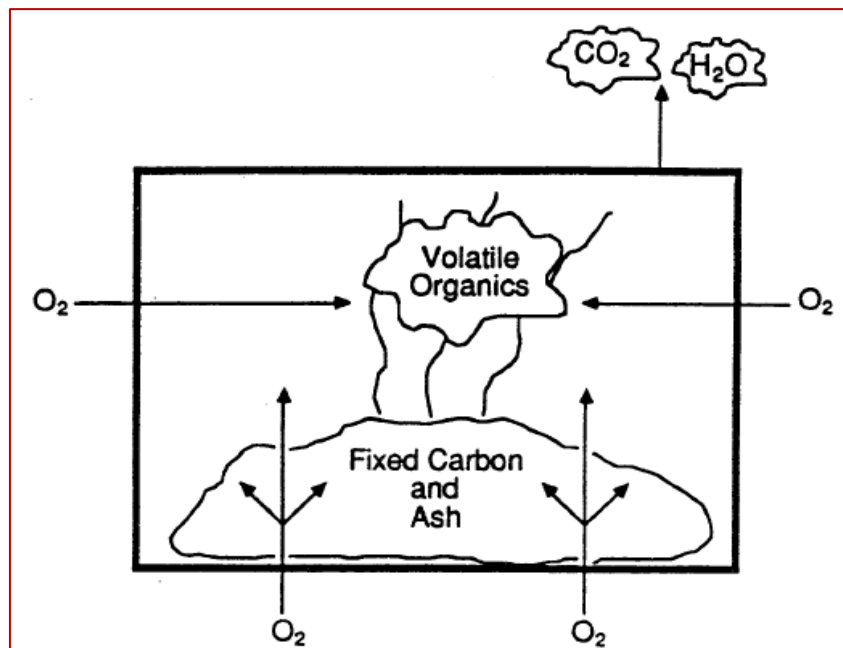
2.8.3 ปัจจัยในการปฏิบัติงานที่สัมพันธ์กับการเผาไหม้

ปัจจัยในการปฏิบัติงานที่มีผลกระทบต่ออย่างมากต่อการเผาไหม้มีอยู่ด้วยกัน 3 อย่างคือ อากาศในการเผาไหม้ อุณหภูมิการเผาไหม้และลักษณะของเสีย ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน ทั้งหมดจากการควบคุมการเผาไหม้ทำได้โดยการควบคุมปัจจัยดังกล่าวโดยมีรายละเอียดดังนี้

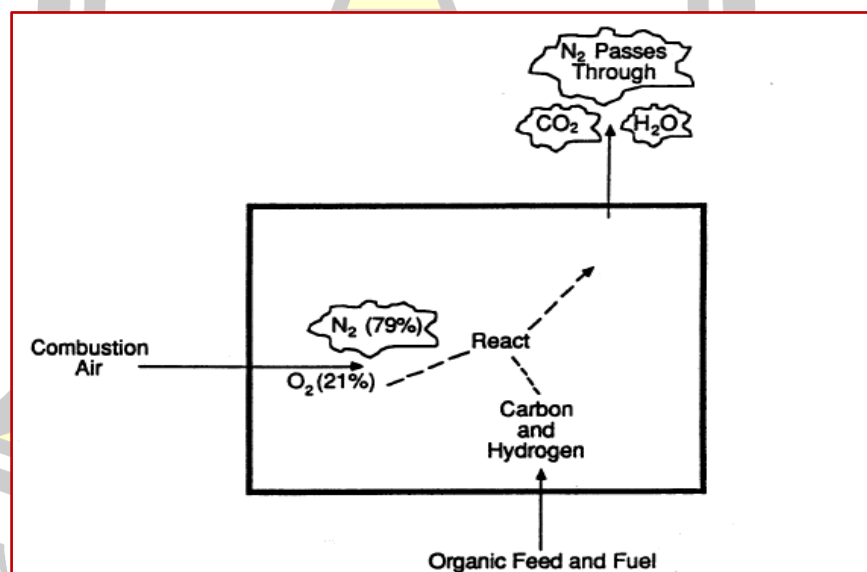
1. อากาศในการเผาไหม้

อากาศในการเผาไหม้ คือเป็นอากาศในบรรยากาศที่มีออกซิเจนซึ่งจำเป็นในการเผา ไหม้ของเชื้อเพลิงหรือของเสียแต่ต้องมีอากาศในการเผาไหม้ที่เหมาะสมโดยต้องมีอากาศมากพอ เพื่อให้เพียงพอต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์แต่ไม่มากจนเกินไปจนทำให้เกิดการลดลงของอุณหภูมิการเผา ไหม้โดยไม่จำเป็น ตำแหน่งที่อากาศเข้าทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ที่สามารถเผาไหม้ได้ซึ่งแสดงดัง (ภาพประกอบ 10) ในปฏิกิริยาการเผาไหม้ระหว่างอินทรีย์สารและออกซิเจนปริมาณของออกซิเจน ตามสภาวะอุดมคติหรือโดยสมบูรณ์สำหรับการเผาไหม้อินทรีย์สารให้กลายเป็นก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) โดยไม่มีออกซิเจนเหลืออยู่เรียกว่าระดับออกซิเจนตาม ทฤษฎีหรือแบบอากาศพอดี (Stoichiometric) หรือเรียกว่าเป็นกระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ [18] และปริมาณอากาศในการเผาไหม้เรียกว่าเป็นระดับอากาศที่พอดีซึ่งแสดงดัง (ภาพประกอบ 11) ปริมาณอากาศที่มากกว่าระดับพอดีนี้เรียกว่าเป็นระดับปริมาณอากาศส่วนเกินหรือ Excess Air ซึ่ง แสดงดัง (ภาพประกอบ 12) และปริมาณอากาศที่น้อยกว่าระดับพอดีจะเรียกว่าเป็นระดับปริมาณ อากาศจำกัดหรือ Deficient Air หรือ Substoichiometric Starved Air ซึ่งแสดงดัง (ภาพประกอบ 13) ซึ่งการคำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการตามทฤษฎีหรืออากาศพอดีอย่างถูกต้องแม่นยำนั้น กระทำได้ยาก เนื่องจากขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของของเสียและเชื้อเพลิง

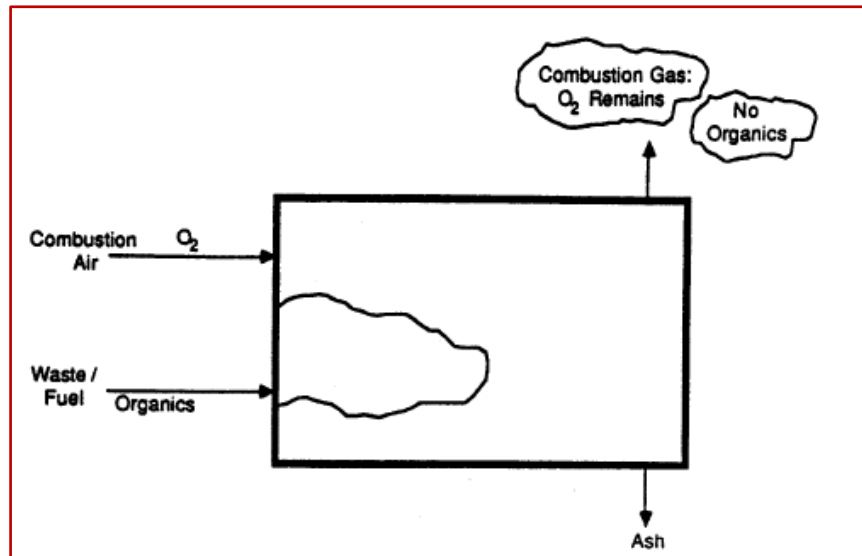
พูน ปรณ ทิโต ชิว



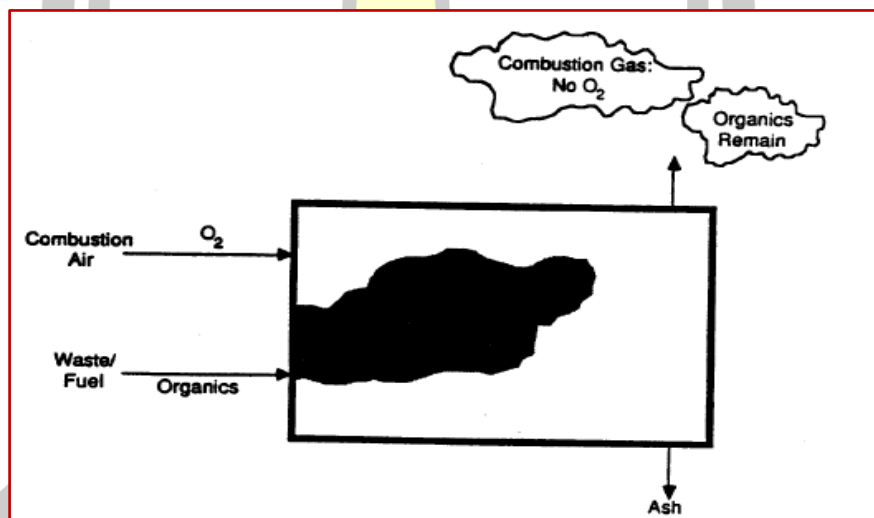
ภาพประกอบ 10 ตำแหน่งที่อากาศเข้าทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ที่สามารถเผาไหม้ได้ [19]



ภาพประกอบ 11 ผลิตรภัณฑ์ของการเผาไหม้แบบอากาศพอดี (Stoichiometric) [19]



ภาพประกอบ 12 สารผลิตภัณฑ์ของการเผาไหม้แบบอากาศส่วนเกิน (Excess air) [19]

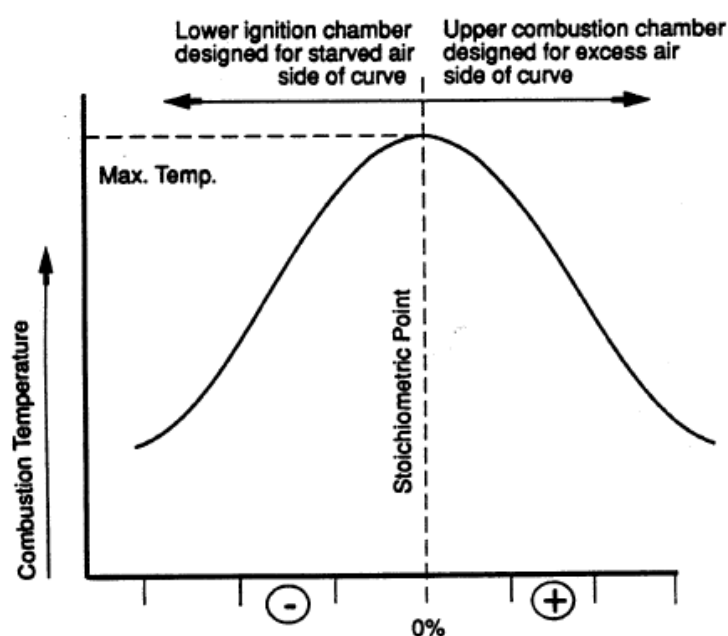


ภาพประกอบ 13 สารผลิตภัณฑ์ของการเผาไหม้แบบจำกัดอากาศ (Starved air) [19]

อุณหภูมิการเผาไหม้สูงที่สุดมักจะเกิดขึ้นที่สภาวะพอดีในขณะที่ปริมาณอากาศเพิ่มมากขึ้นกว่าจุดที่พอดี อุณหภูมิในเตาเผาจะลดลงเนื่องจากพลังงานส่วนหนึ่งถูกใช้ในการให้ความร้อนแก่อากาศนั้น และถ้าปริมาณอากาศในการเผาไหม้มีมากเกินไปอุณหภูมิจะลดลงต่ำกว่า “อุณหภูมิสำหรับการเผาไหม้ที่ดี” และจะเกิดผลิตภัณฑ์มลพิษจากการเผาไหม้อันเนื่องมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ โดยในขณะที่ปริมาณอากาศส่วนเกินลดลงนี้ อุณหภูมิการเผาไหม้จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงสุดที่จุดพอดี และที่สภาวะต่ำกว่าจุดพอดีจะทำให้อุณหภูมิในเตาเผาจะลดลง เนื่องจากไม่สามารถเกิดการ

เผาไหม้ที่สมบูรณ์ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเผาไหม้และอากาศส่วนเกินสามารถแสดงได้ดังในภาพประกอบ 14 โดยที่สภาวะต่ำกว่าพอดี้จะมีอินทรีย์สารที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาและเป็นส่วนที่เผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดมลภาวะ

ถ้าเตาเผาทำงานที่สภาวะอากาศส่วนเกินจะมีออกซิเจนบางส่วนที่ไม่ทำปฏิกิริยาซึ่งการเพิ่มอากาศส่วนเกินก็เป็นผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในการเผาไหม้เพิ่มขึ้น ดังนั้นความเข้มข้นของออกซิเจนในแก๊สจากการเผาไหม้สามารถใช้แสดงถึงระดับอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้และใช้ตรวจสอบกระบวนการการเผาไหม้ได้



ภาพประกอบ 14 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิการเผาไหม้กับอากาศส่วนเกิน [19]

2. อุณหภูมิการเผาไหม้

ข้อกำหนดหรือกฎหลักที่สำคัญของการเผาไหม้ของเสียโดยเฉพาะของเสียอันตรายก็คือ อุณหภูมิโดยต้องสามารถรักษาระดับของอุณหภูมิกองที่เพื่อการทำลายเชื้อโรค สารมลพิษที่เกิดขึ้นและคงไว้ซึ่งปฏิกิริยาการเผาไหม้ อย่างไรก็ตามการมีอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้เกิดปัญหาขึ้นได้เนื่องจากจะทำให้เกิดการหลอมของซีเมนต์และสร้างความเสียหายแก่วัสดุทนไฟ ดังนั้นควรมีการควบคุมระดับของอุณหภูมิไม่ให้สูงหรือไม่ให้ต่ำจนเกินไป

3. คุณลักษณะของของเสีย

ลักษณะเบื้องต้นของของเสียที่จะพิจารณาซึ่งมีผลต่อปฏิกิริยาการเผาไหม้ คือ ค่าความร้อน ปริมาณสารองค์ประกอบในของเสียและปริมาณความชื้นซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ค่าความร้อน

ค่าความร้อนของของเสียคือ ปริมาณที่แสดงถึงขนาดของพลังงานที่ปลดปล่อยเมื่อของเสียถูกเผาซึ่งวัดได้เป็นหน่วย กิโลจูลต่อกิโลกรัม (kJ/kg) หรือบีทียู (BTU, British Thermal Units) โดยทั่วไปต้องใช้ค่าความร้อนประมาณ 12,000 กิโลจูลต่อกิโลกรัมหรือมากกว่าในการรักษาปฏิกิริยาการเผาไหม้ (ค่านี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง) ของเสียที่มีค่าความร้อนต่ำกว่านี้ก็สามารถทำการเผาได้โดยจำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงช่วยในการรักษาอุณหภูมิการเผาไหม้ และค่าความร้อนของของเสียใช้สำหรับการคำนวณปริมาณความร้อนที่ต้องให้ทั้งหมดแก่เตาเผา (Total heat input) ดังสมการที่ 2.2

$$\text{Heat Input (kJ/hr)} = \text{Feed Rate (kg/hr)} \times \text{Heating Value (kJ/kg)} \quad (2.2)$$

ค่าความร้อนระดับสูง (High heating value) คือ ค่าความร้อนที่ได้จากการการเผาไหม้ของของเสีย ภายใต้สภาวะที่ไอน้ำในก๊าซจากการเผาไหม้อยู่ในสถานะของเหลว โดยมีเชื้อเพลิงที่มีไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบจะต้องมีน้ำเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งจากการเผาไหม้และที่ความดันบรรยากาศ ความดันย่อยของไอน้ำในแก๊สจากการเผาไหม้จะส่งผลให้เกิดการควบแน่นของหยดน้ำ เมื่ออุณหภูมิลดต่ำประมาณ 48°C - 60°C ซึ่งจะมีการปลดปล่อยความร้อนของการกลายเป็นไอ (Heat of Vaporization) ออกมาและค่าความร้อนมีค่าสูงสูงนี้ยังจะหมายถึงความถึงค่าความร้อนรวม (Gross Heating Value) ด้วย ส่วนค่าความร้อนระดับต่ำ (Low heating value) มีลักษณะคล้ายกับค่าความร้อนระดับสูงโดยเป็นค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของเสียเช่นกัน แตกต่างที่เกิดขึ้นภายใต้สภาวะที่ไอน้ำในก๊าซจากการเผาไหม้ไม่ได้ควบแน่นไปอยู่ในสถานะของเหลว ในบางครั้งเรียกเป็นค่าความร้อนสุทธิ (Net Heating Value)

3.2 ปริมาณสารองค์ประกอบในของเสีย

องค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยดังนี้คือ คาร์บอน (C), ออกซิเจน (O), ไฮโดรเจน (H), คลอรีน (Cl), ซัลเฟอร์ (S) เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้เมื่อทำปฏิกิริยาการเผาไหม้จะก่อให้เกิดสารผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง เช่น คลอรีนที่อยู่ในพลาสติกหรือสารเคมีในของเสียจะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนในระหว่างการเผาไหม้และรวมตัวเป็นกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ซึ่งจำเป็นต้องมีระบบดักจับเพื่อกำจัดออกจากแก๊สที่จะปล่อยออกสู่บรรยากาศ เนื่องจากเป็นสาเหตุของการเกิดมลพิษและการกัดกร่อนของชิ้นส่วนเตาเผา

3.3 ปริมาณความชื้น

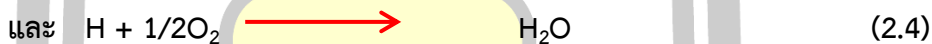
ปริมาณความชื้นจะระเหยออกจากของเสียในขณะที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้สูงขึ้น ซึ่งความชื้นนี้จะอยู่ในรูปของไอน้ำและไหลไปพร้อมกับกระแสของแก๊สผ่านเตาเผาออกไปโดยไม่เปลี่ยนรูป การระเหยความชื้นนี้มีการใช้พลังงานและทำให้อุณหภูมิของห้องเผาไหม้ลดลง

2.8.4 การเผาไหม้และการทำลายที่สมบูรณ์

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้เป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้และขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายตัวซึ่งบางตัวตรวจวัดได้ยากในการเผาทำลายที่สมบูรณ์ สารตั้งต้นทุกชนิดของการเผาไหม้จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือสารเสถียรอื่น ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การเผาไหม้ที่สมบูรณ์

การเผาไหม้ที่สมบูรณ์คือ เป็นกระบวนการเผาไหม้ที่มีธาตุคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจนทั้งหมดถูกทำปฏิกิริยาและเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยสภาวะพอดีหรืออากาศในการเผาไหม้ 100% เท่านั้น การเปลี่ยนรูปของคาร์บอนและไฮโดรเจนสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.3 และ 2.4



สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่างการเผาไหม้นั้น สามารถหาได้โดยการเปลี่ยนพลังงานเคมีที่มีอยู่ในสารตั้งต้นทั้งหมดให้เป็นพลังงานความร้อนซึ่งธาตุคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจนทั้งหมดในระบบของการเผาไหม้จะต้องถูกออกซิไดส์อย่างสมบูรณ์และเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

2. การเผาทำลายที่สมบูรณ์

มีลักษณะเดียวกันกับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ “การเผาทำลายที่สมบูรณ์” คือ กระบวนการซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ ของของเสียได้ถูกสมมติฐานให้เกิดปฏิกิริยาที่เป็นไปตามตาราง 4 โดยมีจุดมุ่งหมายของการเผาทำลายของเสีย เพื่อให้เปลี่ยนสภาพไปอยู่ในรูปผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ที่มีพิษน้อยที่สุดวัสดุที่เป็นอินทรีย์สารทุกชนิดทั้งในของเสียและเชื้อเพลิงมีองค์ประกอบพื้นฐานหลักมาจากคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ซึ่งในทางอุดมคติเมื่อสารเหล่านี้ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำโดยเป็นดังสมการที่ 2.5

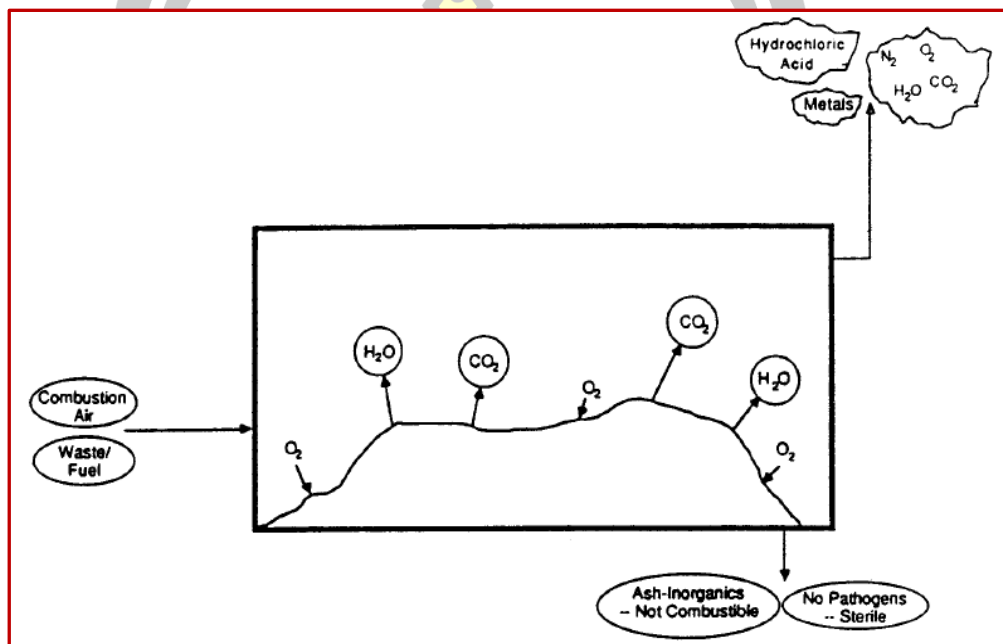


ปฏิกิริยาทางอุทกคดีนี้แสดงให้เห็นถึงการเผาทำลายที่สมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติจริงจะไม่ใช่ไปตามอุทกคดี โดยเกิดเป็นปฏิกิริยาที่ไม่สมบูรณ์ อันมีตัวแปรที่สำคัญคือ การผสมกันที่ไม่เหมาะสมซึ่งอาจมีอากาศในการเผาไหม้มากหรือน้อยเกินไปรวมทั้งมีอุณหภูมิต่ำหรืออื่น ๆ และภายใต้สภาวะดังกล่าวนี้จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ข้างเคียงจากการเผาไหม้ (Product of Combustion By-product, PCBs) ซึ่งจะถูกพบในเถ้าหรือถูกปล่อยออกทางปล่องควัน สำหรับก๊าซ PCBs ที่ปล่อยออกทางปล่องนี้เป็นที่รู้จักในอีกชื่อหนึ่งว่า ผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ (Product of incomplete combustion, PICs) และ PICs ตัวที่มีความสำคัญและเป็นที่ยอมรับที่สุดคือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ทั้งนี้ โดยทั่วไปจะมีความเข้มข้นสูงขึ้นแปรตามสภาวะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ PICs อีกชนิดหนึ่งที่พบมากเมื่อเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ คือ เขม่า (Soot) ซึ่งได้แก่ อนุภาคของคาร์บอนที่มีความละเอียดสูงมากและเป็นสาเหตุของควันดำที่ปลายปล่อง สำหรับสาร PICs ประเภทอื่น ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย คือ เบนซิน ไดออกซินและฟูแรนซ์ รวมทั้งสารอินทรีย์อันตรายต่าง ๆ

ตาราง 4 ลักษณะปฏิกิริยาการเผาทำลายที่สมบูรณ์

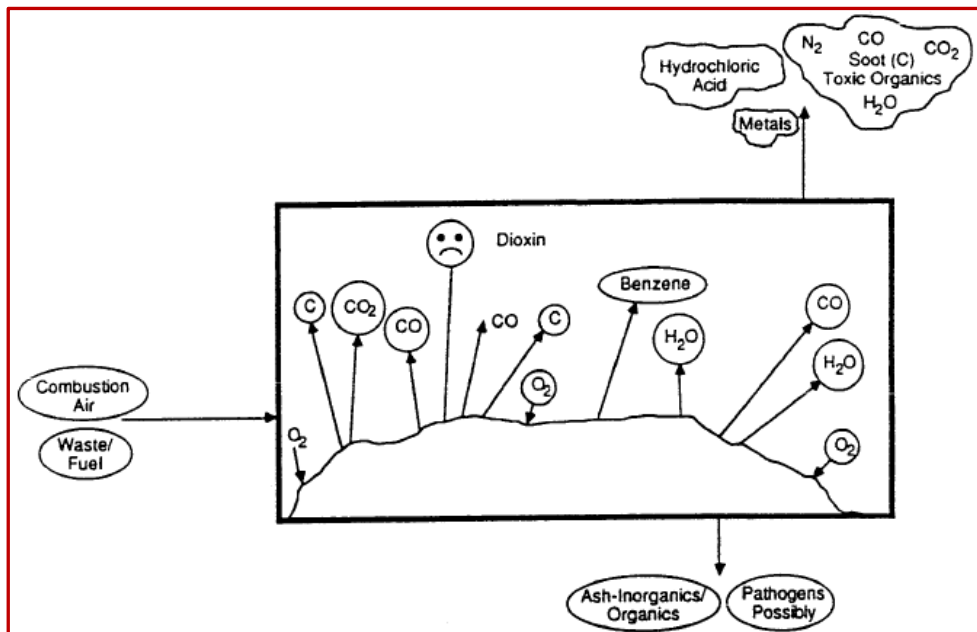
องค์ประกอบของของเสีย	เปลี่ยนไปเป็น	ผลิตภัณฑ์
คาร์บอน (C)	→	น้ำ (H ₂ O)
คลอรีน (Cl)	→	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)
ไฮโดรเจน (H)	→	กรดไฮโดรคลอริก (HCl) หรือคลอรีน (Cl ₂)
ไนโตรเจน (N)	→	ไนโตรเจน (N)
ฟลูออไรด์ (F)	→	ไฮโดรฟลูออริก (HF) หรือฟลูออไรด์ (F ₂)
ซัลเฟอร์ (S)	→	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)
โซเดียม (Na)	→	โซเดียมคาร์บอเนต (Na ₂ CO ₃)
โปแตสเซียม (K)	→	โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)
โลหะอัลคาไลน์	→	คาร์บอเนต (CO ₃)
โลหะที่ไม่ใช่อัลคาไลน์	→	ออกไซด์ (Oxides)
ทองแดง (Cu)	→	คอปเปอร์ออกไซด์ (CuO)
เหล็ก (Fe)	→	ไอออนทูออกไซด์ (Fe ₂ O)

ผลิตภัณฑ์หลักจากการเผาทำลายของเสียติดเชื้อทั้งในรูปแบบการเผาไหม้ที่สมบูรณ์แสดงดังภาพประกอบ 15 และการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งแสดงในภาพประกอบ 16 เช่นจากการเผาไหม้ของแข็งที่เหลืออยู่ (ขี้เถ้า) และพลังงานสำหรับจุดมุ่งหมายในการออกแบบและปฏิบัติงานเตาเผาก็คือการให้ก๊าซจากการเผาไหม้มี PICs ให้น้อยที่สุด เพื่อให้เถ้าที่เหลืออยู่ปราศจากเศษหรือซากที่แสดงว่าเป็นของเสียและให้พลังงานที่ได้ถูกนำกลับมาใช้



ภาพประกอบ 15 การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ [19]

พูน ปณ ทิโต ชีเว



ภาพประกอบ 16 การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ [19]

2.8.5 ความสัมพันธ์เชิงเคมีทางความร้อน

ปฏิกิริยาการเผาไหม้ เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนพลังงานที่ปล่อยออกมา มีผลสืบเนื่องมาจาก การจัดรูปพันธะเคมีใหม่ พลังงานนี้สามารถนำมาใช้ผลิตกำลังงาน ทำความร้อน อบแห้ง เป็นต้น การคำนวณค่าเคมีความร้อนจึงเกี่ยวข้องโดยตรงกับผลของความร้อนจากการเผาไหม้ค่าที่คำนวณได้นี้จะเป็นปริมาณพลังงานที่ปล่อยออกมาจากการเผาเชื้อเพลิงชนิดหนึ่ง ในการคำนวณประสิทธิภาพของเตาเผาและค่าเคมีความร้อน เราจำเป็นต้องทราบค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (heating value) ความร้อนที่เข้ามาที่บ่ออากาศและออกไปกับกระแสก๊าซเสีย และปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปจากระบบ (heat loss)

ความร้อนจากการเผาไหม้ (heat of combustion) คือพลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมาสืบเนื่องมาจากปฏิกิริยาการรวมตัวของสารติดไฟกับออกซิเจน แล้วได้ผลิตภัณฑ์ของการเผาไหม้ ได้แก่ CO_2 , H_2O , (และ SO_2) โดยที่สารทำปฏิกิริยาเริ่มต้นและผลิตภัณฑ์เผาไหม้มีอุณหภูมิและความดันเดียวกัน (โดยปกติที่ $25^\circ C$ และ $1\ atm$)

ค่าความร้อนสูง (higher heating value, HHV หรือ gross heating value) คือปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกมา ซึ่งวัดได้จากการเผาเชื้อเพลิงในเครื่องมือแคลอรีมิเตอร์ วิธีนี้จะให้ค่าความร้อนหลังจากที่ผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ถูกทำให้เย็นลงที่ $25^\circ C$ ที่อุณหภูมินี้ไอน้ำในเครื่อง

แคลอรีมีเตอร์ทั้งหมดจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและคายความร้อนแฝงออกมา ส่งผลให้ได้ค่าความร้อนสูงกว่า โดยทั่วไปมีหน่วยเป็น kJ/kg, Btu / lb หรือ kJ/m³

ค่าความร้อนต่ำ (lower heating value, LHV หรือ net heating value) คล้ายกับค่าความร้อนสูง ยกเว้นไอน้ำที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่ได้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำแต่ยังคงเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิ 25°C ส่วนใหญ่ได้จากการคำนวณ โดยลบค่าความร้อนแฝงของไอน้ำออกจากค่าความร้อนสูง มีหน่วยเช่นเดียวกับค่าความร้อนสูงมีหน่วยเป็น kJ/kg, Btu / lb หรือ kJ/m³

เอนทัลปี (enthalpy) หรือปริมาณความร้อน (heat content) คือปริมาณความร้อนทั้งหมดมีหน่วยเป็น kJ/kg หรือ Btu/lb ที่สถานะสูงกว่าสถานะอ้างอิงมาตรฐาน

ความร้อนสัมผัส (sensible heat) คือปริมาณความร้อนที่ถูกพาเข้ามาหรือถูกพาออกไปอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

ความร้อนแฝง (latent heat) ผลของความร้อนอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนสถานะ เช่น จากของเหลวเป็นไอระเหย จากของแข็งเป็นของเหลว (การหลอมเหลว) โดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง โดยทั่วไปมีหน่วยเป็น kJ/kg , Btu/lb

ความร้อนใช้ประโยชน์ (available heat) คือปริมาณความร้อนที่เหลืออยู่เพื่อการใช้ประโยชน์ ซึ่งได้แก่ ผลต่างระหว่างความร้อนเข้าสู่เตาเผากับความสูญเสียทั้งหมด

2.8.6 สมดุลพลังงาน

พลังงานที่ออกจากระบบและพลังงานที่สะสมอยู่ภายในระบบจะเท่ากับพลังงานที่เข้าสู่ระบบ สำหรับระบบที่มีสถานะคงที่ (steady state) การสะสมพลังงานภายในระบบเป็นศูนย์ดังสมการที่ 2.6

$$\text{ความร้อนเข้า} = \text{ความร้อนออก} \quad (2.6)$$

$$\text{โดย, ความร้อนเข้า} = \text{ความร้อนสัมผัส} + \text{ค่าความร้อนสูง}$$

$$\text{ความร้อนออก} = \text{ความร้อนสัมผัส} + \text{ความร้อนแฝง} + \text{ความร้อนใช้ประโยชน์}$$

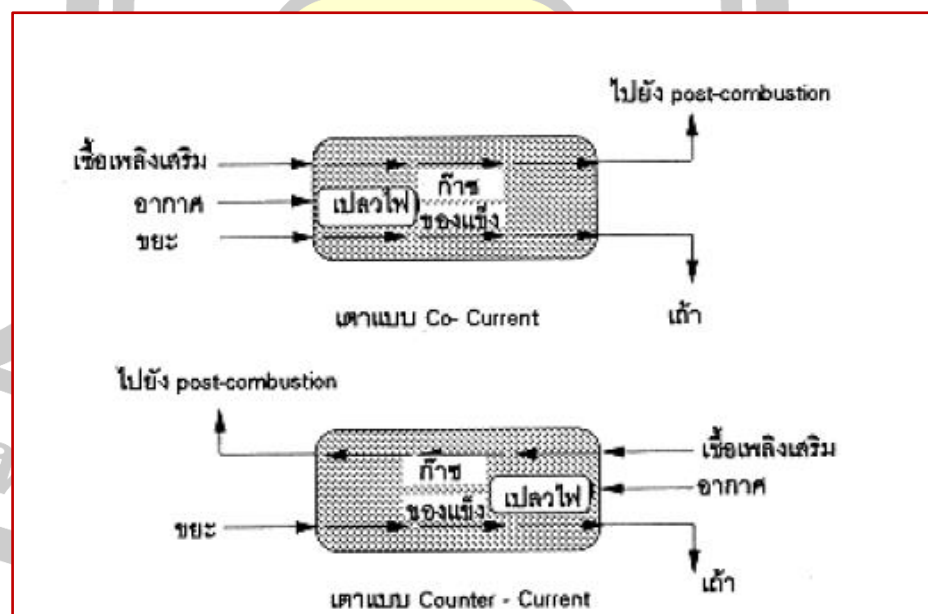
จากสมการที่ 2.9 แสดงการทำสมดุลพลังงานเทอมต่าง ๆ แสดงปริมาณความร้อนแต่ละชนิด ค่าความร้อนสัมผัสของเชื้อเพลิงและความร้อนที่เข้ามาที่อากาศที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอ้างอิง 25 °C จะต้องนำมาบวกเข้ากับค่าความร้อนสูงที่ทางเข้า ปริมาณความร้อนนี้จะนำมาบวกหรือลบขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเข้าของกระแสก๊าซเหล่านี้ พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสีย (flue gas) ประกอบด้วยความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้นเท่าใดจะเกิดการสูญเสียความร้อนมากขึ้นเท่านั้นและความร้อนที่เหลือใช้งานก็จะน้อยลง

2.9 ทฤษฎีเตาเผาแบบหมุน (Rotary kiln incinerator)

การกำจัดของเสียในเตาเผาเป็นวิธีการแปรรูปของเสียให้อยู่ในสภาพที่ไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ โดยกระบวนการทางความร้อน ซึ่งเหมาะสมกับการกำจัดของเสียในปริมาณสูงอย่างรวดเร็ว [20] ระบบเตาเผาแบบหมุนเป็นการเผาไหม้มวลของของเสียโดยใช้ห้องเผาไหม้ทรงกระบอกซึ่งสามารถหมุนได้รอบแกนของเสียจะเคลื่อนตัวไปตามผนังของเตาเผาทรงกระบอกตามการหมุนของเตาเผาซึ่งทำมุมเอียงกับแนวระดับระบบเตาเผาของเสียแบบหมุน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของเตาหมุน (Rotary kiln combustion chamber) และ ส่วนของห้องเผาไหม้หลัง (Post-combustion chamber)

2.9.1 ส่วนของเตาหมุน (Rotary kiln combustion chamber)

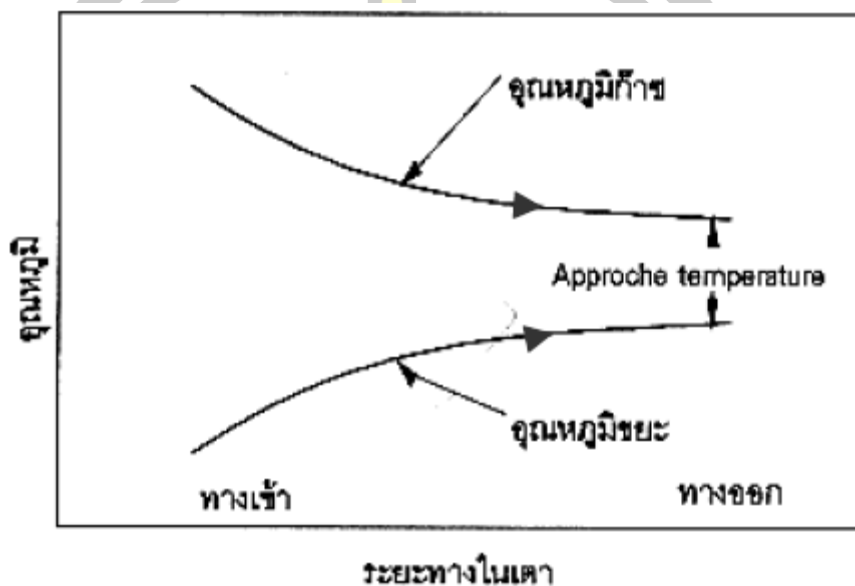
ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ภายในหล่อด้วยปูนซีเมนต์ทนความร้อนพร้อมฉนวน ผิวภายนอกทำด้วยเหล็กกล้า ตัวเตาหมุนได้รอบแกนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ความเร็วหมุนสามารถปรับได้เตาจะเอียงทำมุมกับแนวระดับเล็กน้อย ที่ส่วนท้ายของเตาจะมีห้องพักซีไธ์ ซึ่งจะทำการลำเลียงซีไธ์ออกหลังการเผาไหม้ แบ่งตามลักษณะทิศทางการป้อนของเสียและทิศทางการวิ่งของก๊าซได้ 2 ลักษณะดังแสดงในภาพประกอบ 17 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



ภาพประกอบ 17 รูปแบบของเตาเผาของเสียแบบหมุนตามลักษณะการไหลของก๊าซ [21]

1. แบบไหลตามกัน (Co - Current)

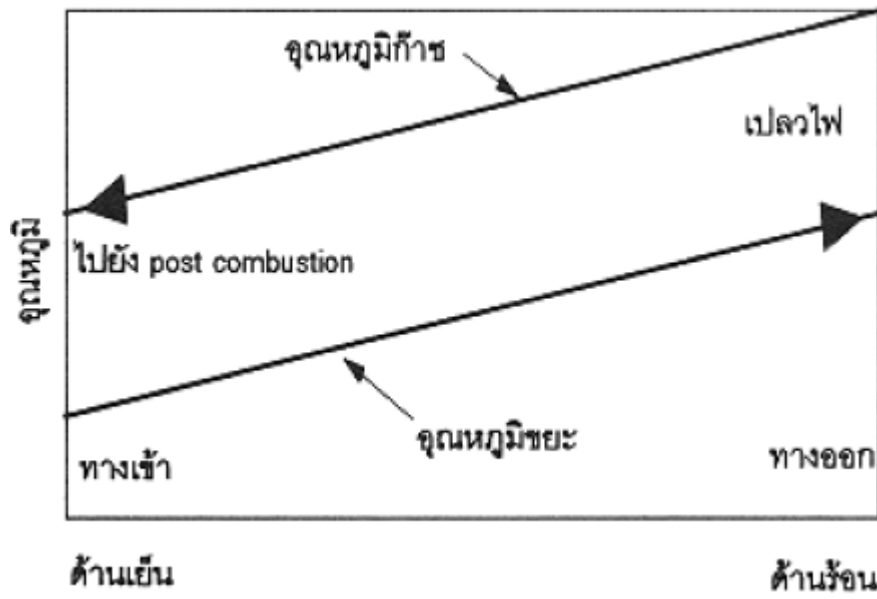
ในแบบนี้ของเสียจะถูกป้อนเข้าไปในเตาทางด้านเดียวกับที่ตั้งของหัวเผาเมื่อเป็นเช่นนี้ ระบบทั้งหมดจะสามารถควบคุมอุณหภูมิการเผาไหม้ในแต่ละโซนให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้สะดวกขึ้น ลักษณะการกระจายอุณหภูมิของเตาชนิดนี้แสดงในภาพประกอบ 18



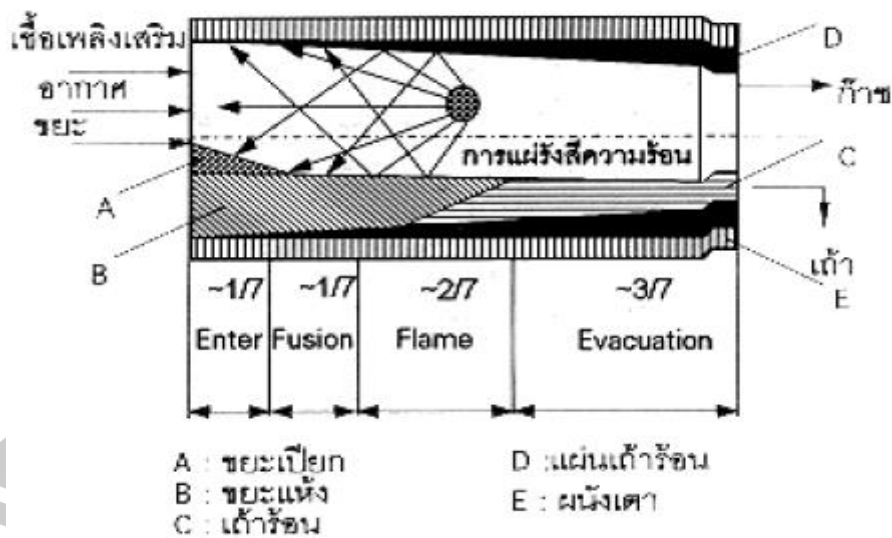
ภาพประกอบ 18 ลักษณะการกระจายอุณหภูมิในเตาเผาแบบไหลตามกัน [21]

2. แบบไหลสวนทาง (Counter - Current)

จะมีด้านเย็น ซึ่งหมายถึงด้านที่เป็นทางเข้าของของเสียที่จะเผาไหม้และเป็นทางออกของก๊าซจากการเผาไหม้ ในขณะที่ด้านร้อน คือ ด้านที่อยู่ตรงกันข้าม และเป็นที่ตั้งของหัวเผาพร้อมกับเป็นทางออกของเถ้าของเสียที่สิ้นสุดการเผาไหม้แล้ว เตาชนิดนี้จะเป็นเตาที่ให้อัตราการถ่ายเทเชิงความร้อน และเชิงมวลสูงที่สุด ลักษณะการกระจายตัวจากการเผาไหม้และของของเสียได้แสดงไว้ในภาพประกอบ 19 อย่างไรก็ตาม เตาเผาแบบนี้ไม่สามารถควบคุมพารามิเตอร์ทำงาน เช่น เวลาในการเผาไหม้ ของของเสียได้สะดวกนัก ดังนั้นเตาเผาแบบหมุนในลักษณะนี้จะใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์มากกว่าที่จะใช้ในการเผาของเสียชุมชนโดยพิจารณาภาคตัดภายในเตาจะสามารถแบ่งส่วนต่าง ๆ ภายในเตา ออกเป็น 4 โซน ดังแสดงในภาพประกอบ 20 และมีรายละเอียดดังนี้



ภาพประกอบ 19 ลักษณะการกระจายอุณหภูมิในเตาเผาแบบไหลสวนทาง [21]



ภาพประกอบ 20 ภาคตัดภายในเตา [21]

- บริเวณทางเข้า (Enter Zone) ขยะเปียกจะถูกป้อนเข้าไปในเตาโดยผ่านประตูเตา ความร้อนจากการแผ่รังสีโดยผนังเตาและของเสียส่วนที่เผาไหม้แล้วที่อยู่ด้านในจะระเหยน้ำที่อยู่ในของเสีย อุณหภูมิในโซนนี้จะต่ำกว่า 400 °C ของเสียจะแห้งและเริ่มระเหิดเป็นก๊าซ โดยปกติในโซนนี้ จะไม่มีเปลวไฟหรือซีแก๊สที่ผนัง

- **บริเวณหลอมเหลวและระเหย (Fusion and Evaporation Zone)** อุณหภูมิในโซนนี้จะอยู่ที่ประมาณ 900 °C และจะสังเกตเห็นสารระเหิดเกิดขึ้นอย่างรุนแรง

-**บริเวณ เปลวไฟ (Flame Zone)** บริเวณนี้อุณหภูมิของของเสียจะสูงถึง 1200 °C เกิดการเผาไหม้ และเปลวไฟรวมทั้งชี้เถ้าจากของเสียที่เผาไหม้สมบูรณ์แล้ว

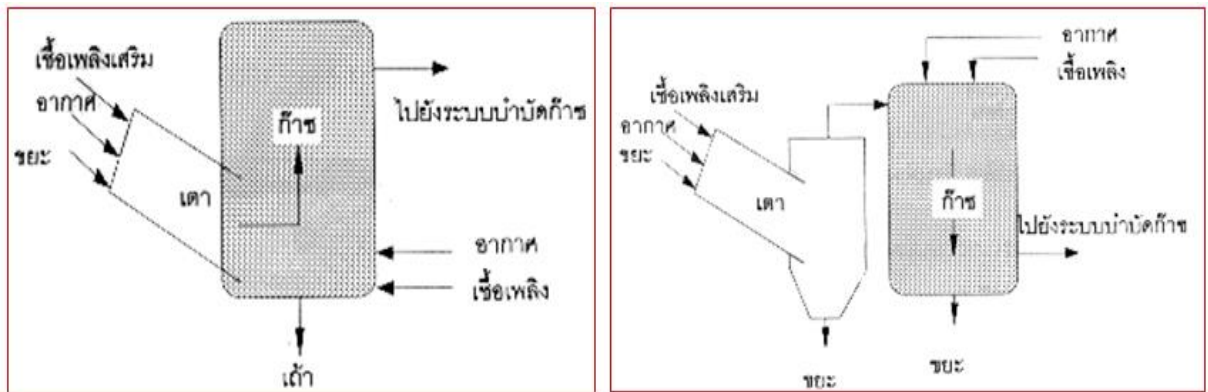
-**บริเวณระเหย (Evacuation Zone)** แผ่นชี้เถ้าจะจับผนังเตาในส่วนนี้โดยรอบ ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้จะไหลออกไปสู่ห้องเผาไหม้หลัง ในขณะที่ชี้เถ้าจะถูกลำเลียงออกบริเวณด้านท้ายเตา เตาเผาของเสียแบบหมุนจะได้รับการออกแบบให้ทำมุมเอียงกับแนวระดับเล็กน้อย ประมาณ 3 องศา ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ของเสียเคลื่อนตัวจากปากทางเข้าไปสู่ทางออก ดังนั้นจึงสามารถควบคุมเวลาในการเผาไหม้ ของของเสียในเตาเผาได้ทั้งจากมุมเอียงและความเร็วของการหมุนของเตา ซึ่งปกติจะอยู่ในช่วง 0.25 - 2.5 รอบต่อนาที ทั้งนี้แล้วแต่สภาพการเผาไหม้ในเตา

2.9.2 ส่วนของห้องเผาไหม้หลัง (Post-combustion chamber)

มีหน้าที่ในการทำลายอนุภาคมวลสารและก๊าซจากการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้แรก (เตาหมุน) ทั้งนี้ โดยมีหัวเผาทำหน้าที่ช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้นและควบคุมอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ให้อยู่ที่ประมาณ 1200 °C และมีเวลาในการเผาไหม้ ของก๊าซระหว่าง 2 - 4 วินาที ซึ่งหากห้องเผาไหม้หลังของเตาเผาของเสียได้รับการออกแบบมาให้บรรลุเงื่อนไข ก็สามารถทำให้แน่ใจได้ว่าทั้งสารพิษและก๊าซพิษจะถูกทำลายหรือเปลี่ยนรูปไปก่อนที่จะปล่อยออกสู่บรรยากาศ รูปแบบของห้องเผาไหม้หลังยังแบ่งได้อีกตามลักษณะการจัดวางห้องเผาไหม้ และลักษณะการเข้าออกของก๊าซรวมทั้งหัวเผา ดังแสดงในภาพประกอบ 21

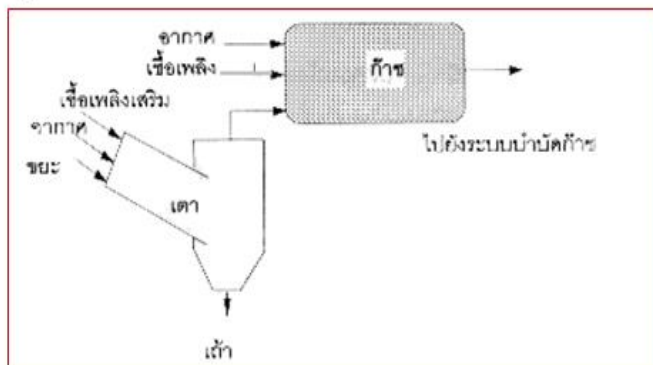
1. วางห้องเผาไหม้ลักษณะตั้ง (Upper vertical) ลักษณะของการไหลก๊าซเป็นแบบไหลขึ้นแล้วออกไประบบบำบัดทางด้านบน
2. วางห้องเผาไหม้ลักษณะตั้ง (Lower vertical) ลักษณะของการไหลก๊าซเป็นแบบไหลลงแล้วออกไประบบบำบัดทางด้านล่าง
3. วางห้องเผาไหม้ลักษณะนอน (Horizontal) ลักษณะของการไหลก๊าซเป็นแบบแนวนอนออกไปทางด้านหลัง

พูน ปณ ทิโต ชีเว



(a) Upper vertical post-combustion

(b) Lower vertical post-combustion



(c) Horizontal post-combustion

ภาพประกอบ 21 ลักษณะการจัดวางของห้องเผาไหม้หลังของเตาเผาของเสียแบบหมุน [21]

2.9.3 การออกแบบระบบการเผาไหม้

ระบบการเผาไหม้โดยทั่วไปจะถูกออกแบบให้ใช้กับเชื้อเพลิงซึ่งเมื่อเผาแล้วจะให้พลังงานที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานในขั้นตอนสุดท้ายระบบดังกล่าวมีมากมายและแตกต่างกันไป เช่น โรงไฟฟ้ากำลังขับเคลื่อนไอน้ำ อุตสาหกรรมที่ใช้หม้อน้ำผลิตกำลังร่วม (ไอน้ำเป็นพลังงานหลัก และไฟฟ้าเป็นพลังงานรอง) หม้อน้ำในอุตสาหกรรมกระดาษ นอกจากนี้การเผาไหม้ยังนำมาใช้เพื่อลดมลพิษทางอากาศได้ เช่น การเผาไหม้โดยตรง การเผาไหม้ด้วยคตะลิส การเผาขยะเพื่อขจัดปัญหาแหล่งทิ้งขยะซึ่งเป็นปัญหาหลักและจะได้พลังงานมาใช้เป็นผลพลอยได้ การออกแบบระบบเผาไหม้จะครอบคลุมถึง การเลือกชนิดเชื้อเพลิงและเตาเผา ชนิดของเชื้อเพลิงมีอิทธิพลต่อการออกแบบระบบเตาเผาเพราะต้องออกแบบให้สอดคล้องกัน เช่น เตาเผาถ่านหินไม่สามารถเปลี่ยนไปใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงได้ทันทีโดยที่ไม่ได้รับการปรับปรุงระบบเพราะลักษณะของหัวเตาเผาต่างกันเป็นต้น กระบวนการออกแบบเตาเผาค่อนข้างซับซ้อน เกี่ยวข้องกับหลายสาขาวิชา เช่น การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ทฤษฎีการควบคุมอัตโนมัติ (Automatic control theory) และเศรษฐศาสตร์การออกแบบเป็นการคำนวณขนาดของเตาเผาและส่วนประกอบของเตาเผาและส่วนประกอบของเตาเผา

รวมทั้งการกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ขึ้นมา เพื่อหลีกเลี่ยงความซับซ้อนของกระบวนการเตรียมแผนการดำเนินงานของระบบที่ต้องการออกแบบซึ่งอาจประกอบด้วย [22]

- การคำนวณปริมาณและภาระงานของพลังงานที่ต้องการใช้
- การเลือกชนิดของเชื้อเพลิง แหล่งที่มาและสถานที่เก็บเชื้อเพลิง
- การคำนวณปริมาณอากาศที่ใช้กับเชื้อเพลิงชนิดนั้น ๆ เพื่อให้การเผาไหม้เป็นไปอย่าง

เหมาะสม

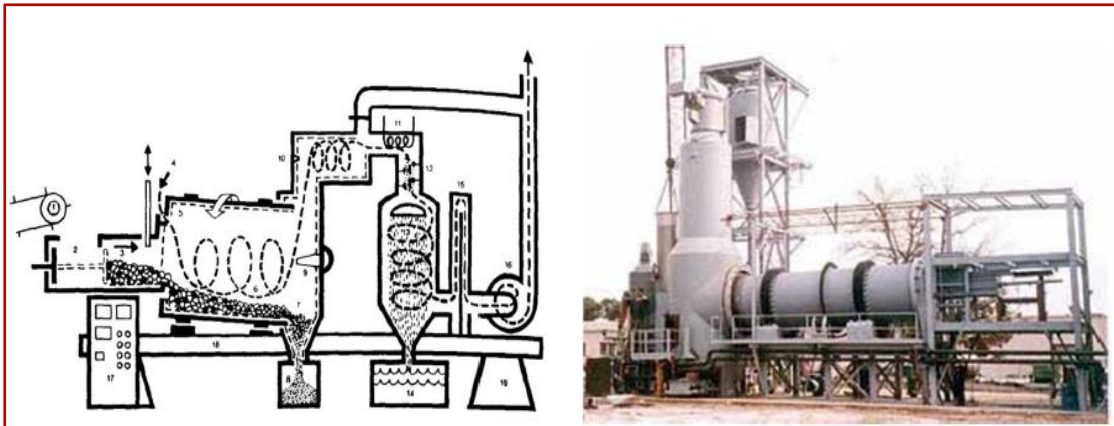
- อัตราการไหลของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้
- การคำนวณปริมาตรของเตาเผาและพื้นที่ถ่ายเทความร้อน
- การวางแนวของท่ออากาศและท่อนำก๊าซเสียออก การคำนวณขนาดพัดลมและขนาด

ปล่องควัน

- การเลือกชนิดและออกแบบเครื่องมือป้องกันหรือลดมลพิษทางอากาศ

2.9.4 ระบบเตาเผาแบบ Rotary Kiln

ระบบเตาเผาแบบหมุน เป็นการเผาไหม้มวลของขยะโดยใช้ห้องเผาไหม้ทรงกระบอกซึ่งสามารถหมุนได้รอบแกน โดยขยะจะเคลื่อนตัวไปตามผนังของเตาเผาทรงกระบอกตามการหมุนของเตาเผา ซึ่งทำมุมเอียงกับแนวระดับเตาเผาแบบหมุนส่วนใหญ่จะเป็นแบบผนังอิฐทนไฟ ซึ่งเตาเผาแบบ Rotary Kiln เป็นเตาเผาที่นิยมในการกำจัดของเสียสามารถใช้กำจัดของเสียได้หลายแบบ เช่น ของแข็ง ของเหลว แก๊ส sludge เป็นต้น เตาเผาแบบ Rotary Kiln ได้ใช้ในการเผาของเสียจากอุตสาหกรรม ขยะชุมชน และไม่มานานี่ได้มีการใช้ประโยชน์ในการทำความสะอาดสถานที่ที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในดิน Rotary Kiln มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ภายในบุด้วยวัสดุทนไฟ และวางในลักษณะลาดเอียงเล็กน้อยกับกับแนวระดับ Rotary Kiln สามารถใช้เผาได้ทั้งของเสียที่เป็นของแข็งและของเหลวที่มีค่าความร้อนระหว่าง 2.33-34.89 MJ/kg ขยะที่เป็นของแข็งจะถูกป้อนเข้าที่ทางเข้าของทรงกระบอก ถ้าเป็นของเหลวจะถูกฉีดเข้าด้วยหัวฉีด อุณหภูมิโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 800 °C - 1,650 °C ในการเผาอาจจะใส่ปูนขาวหรือต่างอื่น ๆ ลงไป เพื่อทำการปรับสภาพไอเสีย และซี้ไถ้ให้เป็นกลาง อัตราส่วนอากาศส่วนเกินที่ใช้จะมีปริมาณที่มากกว่าแบบที่ใช้กับเตาเผาแบบตะกรับ และอาจจะมากกว่าที่ใช้กับเตาเผาแบบฟลูอิดไดซ์เบด สิ่งก็ตามมาก็คือเตาเผาแบบหมุนจะมีประสิทธิภาพพลังงานที่ต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ก็ยังคงมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 เนื่องจากว่าเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (Retention Time) ของก๊าซไอเสียค่อนข้างสั้นเกินไปสำหรับการทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ในเตาเผาแบบหมุน ดังนั้นเตาทรงกระบอกจึงมักมีส่วนต่อที่ทำเป็นห้องเผาไหม้หลัง (After-Burning Chamber) และมักรวมอยู่ในส่วนของหม้อน้ำด้วย ตัวอย่างระบบเตาเผาแบบหมุนที่ติดตั้งใช้งานจริงดังแสดงในภาพประกอบ 22 [20]



ภาพประกอบ 22 ระบบเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) [23]

2.9.4.1 หลักการในการออกแบบเตาเผาแบบ Rotary Kiln

โดยทั่วไปเตาเผา Rotary Kiln จะวางอยู่ในแนวนอนโดยมีลักษณะลาดเอียงเล็กน้อย อยู่ในช่วง 2-9 cm. มีค่าอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (L/D) ประมาณ 2-10 ความเร็วรอบในการหมุนของเตาเผาจะอยู่ในช่วง 0.5-2.54 cm./s. ค่า L/D และความเร็วรอบจะขึ้นอยู่กับชนิดของของเสียที่จะนำมาเผา โดยทั่วไปค่า L/D ที่มีค่ามากกับความเร็วรอบต่ำ จะใช้สำหรับของเสียที่ต้องการเวลาในการเผาไหม้มาก ส่วนปริมาณของเตาจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการเผาไหม้ของขยะและอุณหภูมิภายในเตาเผา สำหรับขยะหรือของเสียที่เผาไหม้จากขนาดเตาที่ใช้จะมีขนาดใหญ่ เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการเผาไหม้

วิธีการประมาณค่า Retention time ของเตาเผาสามารถประมาณได้จากสมการที่ 2.7 ดังต่อไปนี้

$$\theta = \frac{0.19L}{NDS} \quad (2.7)$$

เมื่อ θ = retention time, min

L = ความยาวของเตาเผา, ft

N = ความเร็วรอบของเตาเผา, rpm

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของเตาเผา, ft

S = ความลาดชันของเตาเผา, ft/ft

2.9.4.2 ข้อดีและข้อเสียของเตาเผาแบบ Rotary Kiln

เตาเผา Rotary Kiln สามารถใช้ประโยชน์ในการเผาของเสียได้หลายชนิดอย่างไรก็ตามย่อมมีข้อจำกัดในการใช้งาน ซึ่งข้อดีและข้อเสียของเตาเผาแบบ Rotary Kiln มีดังนี้

ข้อดี

1. ไม่ต้องการการคัดแยกหรือบดตัดมูลฝอยก่อน
2. สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงร้อยละ 80
3. สามารถจัดการกับมูลฝอยที่มีองค์ประกอบความร้อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้เป็นอย่างดี
4. ของเสียที่นำมาเผาใช้ได้หลายรูปแบบ (ของแข็ง, ของเหลว, sludge เป็นต้น) ในเวลาเดียวกัน
5. สามารถควบคุมระยะเวลาในการเผาไหม้ภายในเตาได้ง่าย
6. มีความปั่นป่วนภายในเตาเผาทำให้เกิดการสัมผัสกันของของเสียและอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ
7. สามารถจัดหาวิธีการป้อนได้หลายรูปแบบ (ram feeder, screw gravity feed, การฉีดโดยตรงสำหรับของเสียที่เป็นของเหลวเป็นต้น)
8. มีหลากหลายเทคนิคในการกำจัดของเสียภายในเตาเผา

ข้อเสีย

1. เป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้ในการเผาทำลายค่อนข้างน้อย
2. เงินลงทุนและบำรุงรักษาค่อนข้างสูง
3. มีอนุภาคออกมาเกี่ยวกับแก๊สหลังการเผาไหม้มากเพราะความปั่นป่วนภายในเตา
4. ไม่สามารถควบคุมสภาวะภายในเตาได้
5. ต้องการปริมาณอากาศส่วนเกินในปริมาณที่สูงโดยปกติจะประมาณ 100 ถึง 150 เปอร์เซ็นต์
6. มีปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปกับแก๊ส
7. การใช้งานในการเผาของเสียที่มีกากโลหะจะทำให้เตาเผาเสียหายได้

2.10 เทคโนโลยีการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในปัจจุบัน

ปัจจุบันสาธารณชนเริ่มมีความกังวลเกี่ยวกับการกำจัดและการบำบัดขยะติดเชื้อจากสถานพยาบาลที่เพิ่มปริมาณมากขึ้น รวมทั้งแต่ละสถานพยาบาลมีวิธีการจัดการในการบำบัดและกำจัดขยะติดเชื้อที่เกิดขึ้นอย่างไร ถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ โดยในที่นี้จะขอกกล่าวถึงวิธีการและ

เทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดและกำจัดขยะติดเชื้อที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศซึ่งจะได้กล่าวถึงหลักการ วิธีการของการทำลายเชื้อและการกำจัดขยะติดเชื้อเพื่อเป็นการเสริมความรู้เบื้องต้นทางด้านเทคนิค อันจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารของสถานพยาบาลต่าง ๆ ในการคัดเลือกวิธีการและเทคโนโลยีเพื่อกำจัดขยะติดเชื้อต่อไป จากการศึกษาดังกล่าวสามารถนำมาพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยีหรือกระบวนการกำจัดที่เหมาะสมกับประเภทของมูลฝอยติดเชื้อรวมถึงการกำหนดนโยบาย วิธีการและมาตรการการจัดการมูลฝอยติดเชื้อแบบองค์รวมให้ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลและเป็นมาตรฐานเดียวกันในระดับประเทศ จากข้อมูลการอนามัยโลกการจัดการมูลฝอยติดเชื้อต้องมีกระบวนการหรือวิธีการทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากผู้ป่วยติดเชื้อที่ถูกต้องและเหมาะสมตามประเภทของมูลฝอยติดเชื้อ เพื่อป้องกันอันตรายและลดความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้สัมผัสรวมทั้งการปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อมปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีในการบำบัดและกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่หลากหลายมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. การทำลายเชื้อโรคด้วยสารเคมี (Chemical disinfection)

เป็นกระบวนการทำลายหรือลดปริมาณเชื้อโรคให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดโรคหรือไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้สัมผัสด้วยการใช้สารเคมีโดยต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม ต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการทำลายเชื้อโรคคำนึงถึงอันตราย ความเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นกับผู้สัมผัสอีกด้วย สารเคมีที่นำมาใช้ฆ่าเชื้อโรค เช่น สารละลายคลอรีนไดออกไซด์ น้ำยาฟอกขาว (โซเดียมไฮโปคลอไรท์) กรดเปอร์อะซิติก สารละลายปูนขาว ก๊าซโอโซน หรือสารเคมีกลุ่มอนินทรีย์แข็ง เช่น ปูนขาว (แคลเซียมออกไซด์) เป็นต้น

1.1 หลักการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยสารเคมี

เป็นการใช้สารเคมีในรูปของสารละลาย ทำลายเชื้อที่ติดมากับมูลฝอยติดเชื้อ โดยการสัมผัสกับมูลฝอยติดเชื้อ ภายในระยะเวลาสัมผัสที่เหมาะสมและความเข้มข้นของสารเคมีต้องมีฤทธิ์มากพอที่จะทำลายเชื้อโรคได้การทำลายเชื้อด้วยสารเคมีเพื่อให้พื้นที่ผิวสัมผัสของเหลวซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อได้อย่างทั่วถึง วิธีการคือโดยการนำเอามูลฝอยมาผสมกับสารเคมีฆ่าเชื้อ ขนาดความพรุนและการซึมผ่านของมูลฝอยจึงเป็นปัจจัยสำคัญสารเคมีที่ฆ่าเชื้อที่ใช้แล้วก็จะถูกปล่อยออกตามระบบท่อของเสีย ส่วนมูลฝอยที่ฆ่าเชื้อแล้วก็จะถูกนำไปกำจัดโดยการฝังกลบ

1.2 ชนิดและประเภทมูลฝอยติดเชื้อที่เหมาะสมในการบำบัดด้วยสารเคมี

การฆ่าเชื้อด้วยสารเคมีเป็นวิธีการบำบัดที่เหมาะสมกับมูลฝอยที่เป็นของเหลวมากที่สุด เช่น เลือด ปัสสาวะ อูจจาระ หรือน้ำเสียจากโรงพยาบาล อย่างไรก็ตามสามารถใช้ได้กับมูลฝอยติดเชื้อที่เป็นของแข็ง วัสดุมีคม รวมทั้งมูลฝอยจากการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในสถานพยาบาลได้เช่นกัน

1.3 มูลฝอยติดเชื้อที่ไม่เหมาะสมในการบำบัดด้วยสารเคมี

มูลฝอยที่ไม่เหมาะสมในการบำบัดด้วยสารเคมีได้แก่ ชิ้นส่วนของร่างกายมูลฝอยปนเปื้อนรังสีสารอันตรายและ cytogenic waste

1.4 สารเคมีที่นิยมใช้ในการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อ

สารเคมีที่นิยมใช้ในการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อมากที่สุด คือ สารประกอบคลอรีน ส่วนใหญ่จะใช้น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite) ความเข้มข้น 0.1-0.5% เทราดบนมูลฝอยติดเชื้อที่ใส่ในถุงพลาสติกแดงจากนั้นปิดปากถุงแล้วนำส่งไปกำจัดโดยการฝังกลบหรือส่งเข้าเผาในเตาเผาตั้งแต่แสดงในภาพประกอบ 23 โดยกลไกการทำลายเชื้อของสารประกอบคลอรีนเกิดเนื่องจากที่สารประกอบคลอรีนเป็นสารออกซิไดซ์ (Oxidizing agent) โดยเฉพาะไฮโปคลอไรต์อ็อกไซด์ (OCL-) เป็นหมู่ที่แสดงความเป็นสารละลายต่างอย่างรุนแรง (strongly alkaline solution) เมื่อผ่านเข้าไปในเซลล์จะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารละลายและเอนไซม์ต่าง ๆ ภายในเซลล์ โดยสารประกอบไนโตรเจนจะถูกออกซิเดชันโดยสารประกอบคลอรีนและถูกเปลี่ยนเป็นคลอรามิน (N-chloro compound) จนผลสุดท้ายทำให้ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์แตกออก ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถดำรงอยู่ได้ ดังนั้นสารประกอบคลอรีน จึงสามารถทำลายเชื้อได้ทุกชนิดที่อยู่ในเลือดอุจจาระและเนื้อเยื่อ ซึ่งได้แสดงข้อดีและข้อจำกัดของการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยสารเคมีดังตาราง 5



ภาพประกอบ 23 มูลฝอยติดเชื้อที่ใส่ในถุงพลาสติกแดง [11]

ตาราง 5 ข้อดีและข้อจำกัดของการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยสารเคมี [24]

ข้อดี	ข้อจำกัด
1. มูลฝอยมีปริมาตรลดลงเนื่องจากการบดอัด 60-90% แต่มวลไม่ลด 2. ไม่สิ้นเปลืองพลังงานเนื่องจากไม่ต้องใช้เชื้อเพลิง 3. เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง การดำเนินงานไม่ซับซ้อน 4. มลพิษทางอากาศมีน้อยเมื่อเทียบกับการเผา	1. สารเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อต้องมีระบบกำจัดรองรับก่อนทิ้งลงระบบบำบัดน้ำเสีย ขึ้นอยู่กับชนิดและกระบวนการของสารเคมี 2. สารเคมีบางชนิดมีอันตรายต้องใช้อย่างระมัดระวัง และรู้ถึงวิธีการใช้อย่างปลอดภัย 3. ไม่สามารถใช้ได้กับมูลฝอยบางชนิด สารเคมีและยา

2. การทำลายเชื้อโรคด้วยไอน้ำ (Auto cleaving)

ในการทำลายเชื้อด้วยไอน้ำนั้น ภาชนะที่บรรจุมูลฝอยติดเชื้อจะถูกบรรจุเข้าไปภายในห้องบำบัดของตัวเครื่อง ซึ่งมีโครงสร้างเป็นโลหะทนความร้อนและความดัน เนื่องจากการทำลายเชื้อด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นในขั้นตอนแรกของการทำลายเชื้อจะต้องแทนที่อากาศด้วยไอน้ำก่อน ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องบำบัดเพิ่มขึ้น ผลคืออุณหภูมิของมูลฝอยเพิ่มขึ้นจนอยู่ในสภาวะที่เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อโรค เมื่อไอน้ำซึมผ่านเข้าสู่มูลฝอยจะมีการถ่ายเทความร้อน อากาศจะถูกกำจัดจากห้องบำบัดอย่างสมบูรณ์ ต้องไม่มีอากาศเหลืออยู่ภายในห้องบำบัด คืออยู่ในสภาวะ ไอน้ำอิ่มตัวได้ ความดันที่เหมาะสม ดังนั้นประสิทธิภาพการบำบัดจะขึ้นอยู่กับระดับของไอน้ำผ่านเข้าสู่มูลฝอยเป็นสำคัญ เนื่องจากความแปรผันของอุณหภูมิในห้องบำบัดใช้ระยะเวลาเวลานานเพื่อให้อุณหภูมิสูงสุด ดังนั้นการบำบัดมูลฝอยจึงสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ สภาวะทั่วไปของการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อขั้นต่ำ คือ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดันอย่างน้อย 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้เวลาอย่างน้อย 60 นาที จะมีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดและสปอร์ของแบคทีเรียได้ หากเพิ่มอุณหภูมิเป็น 134 องศาเซลเซียส ความดันจะสัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยเพิ่มขึ้นเป็น 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้เวลาอย่างน้อย 30 นาที จะทำให้มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดและสปอร์ของแบคทีเรียได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำมี 3 ประการ คือ อุณหภูมิ ความดัน และเวลาในการฆ่าเชื้อ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับการแทรกผ่านของไอน้ำเข้าสู่มูลฝอย ขนาดและองค์ประกอบมูลฝอย การกำจัดอากาศออกจากห้องบำบัด ภาชนะบรรจุมูลฝอย การใช้ถุงพลาสติกที่มีความต้านทานความร้อนในการบรรจุมูลฝอยอาจจะขัดขวางการแทนที่ของอากาศในส่วนล่างและอาจขัดขวางอัตราการหมุนเวียนของไอน้ำในห้องบำบัด ดังนั้นการใช้ถุงพลาสติกพิเศษที่ไอน้ำสามารถแทรกผ่านได้หรือการเพิ่มอุณหภูมิ ความดัน และอุณหภูมิ ให้สูงขึ้น เพื่อให้ถุงมูลฝอยแตกในขณะทำลายเชื้อด้วยไอน้ำ หรือการบดย่อยมูลฝอยในห้องนั่งมูลฝอย รวมถึงการแยกวัสดุที่ไม่เหมาะสมออก

เป็นวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการทำลายเชื้อที่ระบบนี้ใช้เทคนิคการผสมของเหลวและขยະคลุกเคล้า เป็นเนื้อเดียวกัน และให้ความร้อนกระจายทั่วถึง อุณหภูมิที่ใช้และระยะเวลาเก็บกักขึ้นอยู่กับชนิดของ เชื้อโรคที่คาดว่าจะพบในขยະติดเชื้อที่ต้องการกำจัด เป็นการทำลายเชื้อโดยใช้ไอน้ำร้อนภายในถัง แรงดัน ณ อุณหภูมิสูงเพียงพอสำหรับทำลายเชื้อโรคในขยະได้ ซึ่งได้แสดงข้อดีและข้อจำกัดของการ บำบัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยไอน้ำดังตาราง 6

ซึ่งจะได้ผลดีขึ้นอยู่กับระยะเวลาและอุณหภูมิ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องให้ทุกส่วนสัมผัสกับ อุณหภูมิที่ต้องการตามระยะเวลาที่กำหนด กระบวนการทำลายเชื้อเริ่มต้นด้วยการแทรกตัวของไอน้ำ เข้าไปในขยະ ทำให้เกิดการนำความร้อนที่ช่วยให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น การทำลายเชื้อที่มี ประสิทธิภาพจะเกิดขึ้นได้ตามอัตราการแทรกตัวของไอน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่ง การทำให้ไอน้ำ แทรกตัวเข้าได้ทั่วถึงทุกส่วนจะต้องไล่อากาศออกจากถังแรงดันให้หมดไม่เช่นนั้นอากาศในถัง แรงดันจะทำให้ประสิทธิภาพการทำลายเชื้อลดลง เนื่องจากทำให้อุณหภูมิจนของไอน้ำลดลง ทำให้ แรงดันเปลี่ยนแปลงไป ทำให้อุณหภูมิต่ำลงของแต่ละส่วนของระบบแตกต่างกัน ทำให้ใช้เวลานานในการเพิ่ม อุณหภูมิและทำให้ไอน้ำแทรกตัวเข้าในขยະไม่ทั่วถึงดังแสดงในภาพประกอบ 24



ภาพประกอบ 24 การกำจัดขยະติดเชื้อด้วยไอน้ำ (Autoclaves) [11]

พหุ ประ โท ชี เว

ตาราง 6 ข้อดีและข้อจำกัดของการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยไอน้ำ [24]

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ol style="list-style-type: none"> 1. ปริมาตรของมูลฝอยลดลงพลาสติกบางชนิดไม่เปลี่ยนแปลงสภาพ 2. ดัชนีทางชีววิทยา เพื่อการตรวจสอบคุณภาพการฆ่าเชื้อ ทดสอบได้ง่าย 3. ดำเนินการง่าย เป็นเทคโนโลยีที่รู้และสะดวกที่ใช้ในสถานพยาบาล 4. สามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนในมูลฝอยสถานพยาบาลและเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดมูลฝอยห้องปฏิบัติการ 5. ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ไม่เหมาะกับมูลฝอยบางชนิด เช่น ไม่สามารถบำบัดมูลฝอยอันตราย เกสซ์ซันท์และ cytotoxic 2. ต้องการหม้อต้มน้ำที่ปล่อยสามารถควบคุมการระบายอากาศได้ 3. ต้องมีการแยกและเพิ่มเติมในส่วนบรรจุภัณฑ์มีใช้ในการฆ่าเชื้อ 4. ก่อให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ 5. ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อแปรตามสภาพการดำเนินการ

3. การทำลายเชื้อด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave Disinfection)

จะทำให้จุลินทรีย์ขนาดเล็กถูกทำลายด้วยพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ 2450 MHz และความยาวคลื่น 12.24 เซนติเมตร คลื่นไมโครเวฟจะทำให้น้ำในมูลฝอยติดเชื้อระเหยไปอย่างรวดเร็วและเชื้อโรคถูกทำลายด้วยการนำความร้อน (heat conduction) ระบบนี้ใช้เทคนิคของความร้อนแห้ง (Dry Heat) โดยขยะจะได้รับความร้อนจากเตาเผาไฟฟ้า เทคนิคนี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่าระบบที่ใช้ไอน้ำ ดังนั้นจึงต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าและใช้เวลานานกว่า โดยทั่วไปใช้อุณหภูมิ 160 - 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 - 4 ชั่วโมง

การทำลายเชื้อด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่เริ่มพัฒนาขึ้นมาใช้กับขยะติดเชื้อ ระบบนี้ใช้ความร้อนเป็นตัวทำลายเชื้อ ความร้อนดังกล่าวนี้เกิดขึ้นโดยการฉีดยอดองน้ำให้สัมผัสขยะอย่างทั่วถึง แล้วใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้เกิดความร้อนแก่ละอองน้ำเหล่านั้น โดยองค์ประกอบสำคัญที่ต้องควบคุมเพื่อให้การทำลายเชื้อด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ผลดี ได้แก่ การตัดย่อยขยะ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการให้ความร้อน การตัดย่อยขยะมีส่วนสำคัญมาก ซึ่งต้องตัดขยะให้ย่อยที่สุด และคลุกเคล้าให้ทั่วถึง เพื่อให้ละอองน้ำสัมผัสขยะได้ทุกจุด ไม่เช่นนั้นจะเกิดจุดบอดซึ่งขยะบริเวณที่ไม่มีความชื้น จะไม่ได้รับความร้อนเพียงพอ (Cold Spot) โดยทั่วไประบบนี้ควรควบคุมให้ทำงานที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 20 นาที ดังแสดงในภาพประกอบ 25 และได้แสดงข้อดีและข้อเสียของการทำลายเชื้อด้วยคลื่นไมโครเวฟดังตาราง 7



ภาพประกอบ 25 การทำลายเชื้อด้วยคลื่นไมโครเวฟ [11]

ตาราง 7 ข้อดีและข้อเสียของการทำลายเชื้อด้วยคลื่นไมโครเวฟ [24]

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ol style="list-style-type: none"> ประสิทธิภาพการเกิดความร้อนสูงเนื่องจากไม่มีการสูญเสียความร้อนให้กับอากาศ อุปกรณ์และห้องฉายคลื่น การควบคุมฝอยก่อนหรือหลังการทำลายเชื้อทำให้ปริมาณมูลฝอยลดลงได้มาก อาจถึง 80 % แต่น้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง อาจเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากน้ำที่เพิ่มขึ้น ระบบที่ใช้เป็นระบบปิดมีการปนเปื้อนน้อย มีมลพิษที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยเมื่อเทียบกับเตาเผา 	<ol style="list-style-type: none"> ค่าลงทุนและค่าดำเนินการสูง มีการปล่อยสารระเหยได้ (Volatile material) เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่ออุณหภูมิในการทำลายเชื้อของมูลฝอย จึงต้องมีการเตรียมมูลฝอยให้มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการฉายคลื่น เป็นเทคนิคที่ต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ความชำนาญเรื่องคลื่นในการให้ความร้อนในการควบคุมการดำเนินการ เป็นเทคนิคใหม่ในการทำลายเชื้อในมูลฝอย จึงยังขาดข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นเกี่ยวกับการทำลายเชื้อในมูลฝอย อาจเกิดการทำลายเชื้อไม่สมบูรณ์ หากอุณหภูมิไม่สูงพอ จึงต้องมีการตรวจสอบเชื้ออย่างสม่ำเสมอ ประกอบกับการตรวจสอบ ระยะเวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำลายเชื้ออย่างใกล้ชิด

4. กระบวนการบำบัดและกำจัดโดยใช้รังสี (Irradiative processes)

การทำลายเชื้อด้วยรังสีเป็นเทคโนโลยีใหม่ ที่พัฒนาขึ้นมาใช้ในระยะเวลาหลัง โดยอาศัยประสบการณ์จากการใช้รังสีให้กับเครื่องมือแพทย์ อุปกรณ์ทางการแพทย์ อาหารและสินค้าอุปโภคต่าง ๆ จึงมีการพัฒนาระบบนี้มาใช้กับขยะติดเชื้อ ซึ่งข้อดีของระบบนี้เมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่น ๆ ที่ใช้ทำลายเชื้อ ได้แก่ ใช้ไฟฟ้าน้อย ไม่ต้องใช้น้ำ ไม่มีความร้อนตกค้างในขยะและประสิทธิภาพดี แต่วิธีการแบบนี้ก็มีข้อเสียคือ ค่าใช้จ่ายสูงในการติดตั้งระบบต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้สูงต้องใช้พื้นที่มากและมีปัญหาในการกำจัดต้นกำเนิดรังสี

5. การกำจัดโดยทำลายเชื้อด้วยก๊าซ (Gas/Vapor Sterilization)

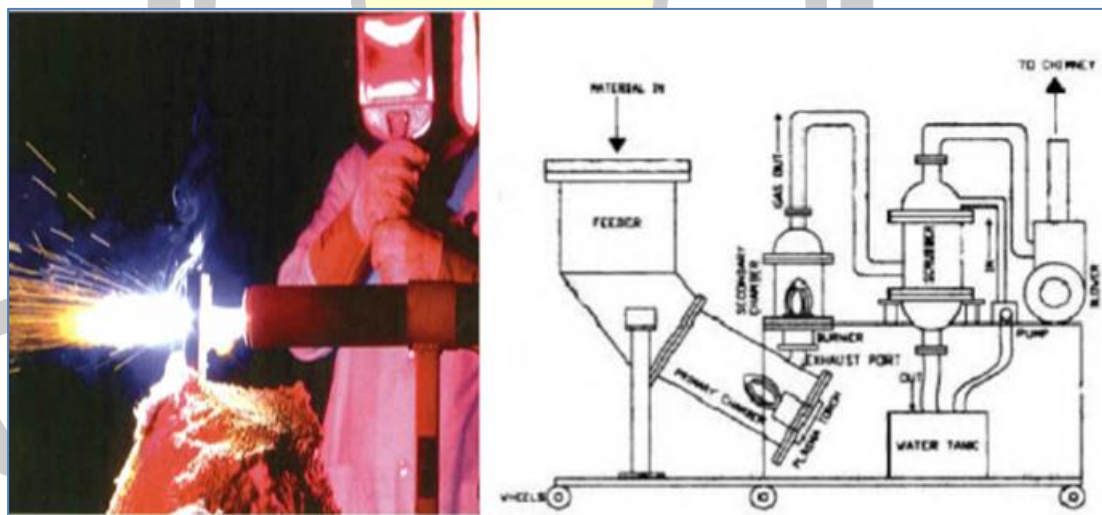
การทำลายเชื้อด้วยก๊าซเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่อาจนำมาใช้ทำลายเชื้อในขยะติดเชื้อเฉพาะอย่าง วิธีนี้ตัวทำลายเชื้อเป็นก๊าซหรือไอสารเคมี สารเคมีที่นิยมใช้ คือ เอทิลีนออกไซด์ (ethylene oxide) และฟอर्मัลดีไฮด์(formaldehyde) ซึ่งอาจเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ได้ การนำมาใช้จึงต้องมีมาตรการความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด ดังนั้น หากจะพิจารณานำวิธีนี้มาใช้จะต้องเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียให้แน่ชัด ในระยะหลังเอทิลีนออกไซด์ มักได้รับการแนะนำว่าไม่ควรใช้กับขยะติดเชื้อ ส่วนฟอर्मัลดีไฮด์ควรใช้กับบุคลากรที่ได้รับการฝึกฝนในการทำงานมาเป็นอย่างดี การทำลายเชื้อด้วยก๊าซเหล่านี้ มักจะมีก๊าซส่วนที่เหลือจากกระบวนการทำลายเชื้อสะสมอยู่ในขยะ ซึ่งจะระเหยออกมาในภายหลังได้ดังแสดงในภาพประกอบ 26



ภาพประกอบ 26 การกำจัดขยะติดเชื้อโดยใช้ก๊าซ [11]

6. การบำบัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยพลาสมาเทคโนโลยี (Plasma Technology of Medical Waste)

หลักการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยพลาสมาเทคโนโลยี คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นจากความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า ช่วงอุณหภูมิ 3,800-12,000 องศาเซลเซียส การบำบัดมูลฝอยด้วยพลาสมาเทคโนโลยี เป็นกระบวนการบำบัดโดยใช้ความร้อนของไฟฟ้าจากพลาสมาอาร์คทอร์ช (Plasma Arc torch) เพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์ในรูปของแข็ง หรือของเหลวให้เป็นก๊าซ โดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า คอนโทรลไพโรไลซิส หรือคอนโทรลแก๊สซิฟิเคชันความร้อนที่เกิดขึ้นคงที่ในระหว่างกระบวนการให้สารอินทรีย์สลายตัวได้หมด โลหะระเหยและก๊าซที่เป็นกรดถูกควบคุมให้อยู่ในระดับต่ำในการบำบัดที่มีสารอินทรีย์สูง กระบวนการไพโรไลซิสทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ในปริมาณสูงจนสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงานได้ ในขณะที่คอนโทรลไพโรไลซิสสลายสารอินทรีย์ความร้อนที่เกิดขึ้นสามารถหลอมสารอนินทรีย์ เช่น แก้ว ดิน โลหะ และเถ้า ให้กลายเป็นตะกรันแก้ว ซึ่งสามารถกักเก็บโลหะไว้ได้โดยกระบวนการทำให้เป็นแก้ว ในกรณีที่มีโลหะมาก เช่น เหล็ก กระบวนการทำให้เป็นแก้วจะแยกออกเป็น 2 ชั้น คือชั้นแก้วและชั้นโลหะ กระบวนการนี้จึงถูกนำมาใช้ในการนำโลหะกลับคืนมาใช้ใหม่ได้ (Metal recovery) ดังแสดงในภาพประกอบ 27 ซึ่งในการการบำบัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยพลาสมาเทคโนโลยี มีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกันออกไปดังแสดงในตาราง 8



ภาพประกอบ 27 การบำบัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยพลาสมาเทคโนโลยี [11]

ตาราง 8 ข้อดีและข้อจำกัดของการบำบัดมูลฝอยด้วยพลาสมาเทคโนโลยี [24]

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ol style="list-style-type: none"> 1. เป็นระบบที่ใช้ไฟฟ้าทำลายมูลฝอย ไม่มีกระบวนการเผาไหม้ จึงเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม emission ต่ำ 2. ไม่ต้องมีการคัดแยกมูลฝอย สามารถจัดการมูลฝอยอันตรายทางชีวภาพมูลฝอยติดเชื้อประเภทต่าง ๆ รวมทั้ง ไม้ โลหะ กากตะกอนของเสียจากการปศุสัตว์ (Livestock sewer sludge) 3. ผลพลอยได้จากกระบวนการนี้ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมของแข็งที่เหลือจากกระบวนการเป็นกากตะกอน และเถ้า ซึ่งของเหล่านี้ไม่เป็นอันตราย non-leaching ตรวจสอบได้ด้วย Toxic Characteristic Leaching Procedure (TCLP) 4. ความร้อนที่ได้สามารถหมุนเวียนกลับไปใช้ได้ สามารถเปลี่ยนความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นไอน้ำซึ่งนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้ 5. สามารถนำโลหะกลับมาใช้ได้ 6. สามารถใช้ในระบบ on site และ off site ได้ 7. มีหลายขนาด ทั้งเล็กและใหญ่ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ราคาแพง ใช้ไฟฟ้าสูง 2. ยังไม่เป็นที่แพร่หลายในประเทศไทย 3. อุปกรณ์ประกอบมีหลายส่วน 4. เป็นเทคโนโลยีขั้นสูงต้องการผู้ดูแลที่มีความรู้ความชำนาญ 5. ต้องมีการกำจัดหรือใช้ประโยชน์จากตะกอนเถ้า

7. การกำจัดโดยใช้เตาเผา (Incinerator)

การเผาในเตาเผาเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสารที่เผาไหม้ได้ให้เป็นสารที่เผาไหม้ไม่ได้ หรือถ้าผลพลอยได้จากการเผาไหม้ได้ก๊าซซึ่งจะระบายออกจากปล่องสู่บรรยากาศทั่วไป ส่วนกากเถ้าที่เหลือกำจัดโดยการฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล การใช้เตาเผามีข้อดีซึ่งสามารถลดปริมาณขยะได้มาก ไม่ต่ำกว่า 90-95% ของปริมาณขยะก่อนเผา และขยะติดเชื้อจะต้องเผาที่อุณหภูมิสูงและมีระยะเวลาในการเผาเหมาะสมเพียงพอในการทำลายชิ้นเนื้ออวัยวะและขยะติดเชื้อ โดยมีความร้อนหรืออุณหภูมิในการเผาไหม้อยู่ระหว่าง 600 -1000 องศาเซลเซียส จึงจะทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์ซึ่งรูปแบบของเตาเผามีหลากหลาย การเผาในเตาเผาขยะเป็นที่นิยมใช้มากที่สุด ในกระบวนการเผาต้องใช้ออกซิเจนภายใต้อุณหภูมิสูง นอกจากจะฆ่าเชื้อโรคได้แล้ว กระบวนการเผาจะช่วยลดมวลและปริมาณมูลฝอยติดเชื้อ การเผาที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ สารมีพิษบางชนิด ควีน อนุภาคฝุ่นละอองและสารพิษตกค้างในรูปแบบของเถ้า ดังนั้น ควรเลือกเตาเผาที่เผาได้อย่างสมบูรณ์ทั้งกากและควีน และควร

บำบัดน้ำและน้ำที่เกิดจากกระบวนการเผา เพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเตาเผาที่ใช้มี 3 ประเภท ได้แก่ เตาเผาห้องเดียวแบบตะแกรง (Static grate) เตาเผาแบบหมุน (Rotary kilns) และเตาเผาแบบไพโรไลติก (Pyrolytic) [5] ดังแสดงในภาพประกอบ 28,29,30 และมีข้อดี ข้อจำกัดของเทคโนโลยีดังตาราง 9



ภาพประกอบ 28 เตาเผาห้องเดียวแบบตะแกรง (Static grate) [11]



ภาพประกอบ 29 เตาเผาแบบหมุน (Rotary kilns) [11]



ภาพประกอบ 30 เตาเผาแบบไพโรไลติก (Pyrolytic) [11]

ตาราง 9 ข้อดีและจำกัดของเทคโนโลยี

เทคโนโลยี	ข้อดี	ข้อจำกัด
1. การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยการเผา (Incineration) 1.1 เตาเผาห้องเดี่ยวแบบตะแกรง (static grate)	<ul style="list-style-type: none"> - มีประสิทธิภาพทำลายเชื้อโรคสูง - ลดมวลและปริมาณของมูลฝอยติดเชื้อได้ดี - สารพิษคงเหลือจากการเผานำไปกำจัดได้ด้วยการฝังกลบ - ต้นทุนและค่าดำเนินการค่อนข้างต่ำ 	<ul style="list-style-type: none"> - ก่อให้เกิดมลพิษในอากาศ - ต้องกำจัดตระกรันและเขม่าที่เกิดขึ้นในห้องเผา
1.2 เตาเผาแบบหมุน (rotary kilns)	<ul style="list-style-type: none"> - เหมาะสำหรับมูลฝอยติดเชื้อที่เป็นสารเคมีและแบบพยาธิวิทยา - ไม่ต้องการการคัดแยกหรือบดตัดขยะมูลฝอยก่อน - สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้สูงถึง 80% 	<ul style="list-style-type: none"> - ค่าลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง

เทคโนโลยี	ข้อดี	ข้อจำกัด
1.3 เตาเผาแบบไพโรไลติก (pyrolytic)	- มีประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคสูงมาก - เหมาะกับมูลฝอยติดเชื้อที่เป็นสารเคมีและแบบพยาธิวิทยา	- กำจัดมูลฝอยประเภท cytotoxic ได้แต่ไม่สมบูรณ์ - ต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการค่อนข้างสูง

2.11 ปัจจัยสำหรับการเลือกใช้เทคโนโลยีการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ

การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อให้มีประสิทธิภาพต้องเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ปัจจัยที่จำเป็นในการเลือกใช้เทคโนโลยี ประกอบด้วย

1. ประเภท ปริมาณ และลักษณะของมูลฝอยติดเชื้อ ต้องสำรวจปริมาณ และองค์ประกอบของมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิด ทั้งสถานบริการการสาธารณสุขและการรักษาผู้ป่วยติดเชื้อในชุมชน จากนั้นให้วิเคราะห์หาแนวทาง และเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพตามบริบทของพื้นที่

2. ลักษณะ และความพร้อมของพื้นที่ การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม ต้องพิจารณาถึงลักษณะและความพร้อมของพื้นที่ รวมถึงปัจจัยสนับสนุนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- 1) สภาพและขนาดพื้นที่สำหรับติดตั้งหรือรองรับเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้ในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ
- 2) สถานที่ตั้งและลักษณะพื้นที่โดยรอบของโรงบำบัดหรือกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ
- 3) วิธีการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในขั้นตอนสุดท้าย
- 4) งบประมาณ ต้องครอบคลุมค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อเครื่องมือ อุปกรณ์ ค่าติดตั้ง ค่าบำรุงรักษา ค่าทดลองเดินระบบ ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ตลอดอายุการใช้งาน เช่น ค่าขนส่งและค่ากำจัดมูลฝอยที่บำบัดแล้ว ค่าใช้จ่ายในการรื้อถอน เป็นต้น

3. ประเภทของเทคโนโลยีที่เหมาะสม การเลือกใช้ต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 1) ความเหมาะสมกับประเภทของมูลฝอยติดเชื้อ
- 2) ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อสูงสุดต่อวันที่ระบบสามารถรองรับได้
- 3) ประสิทธิภาพในการบำบัดหรือกำจัด
- 4) ความสามารถในการลดมวลหรือปริมาณของมูลฝอยติดเชื้อ
- 5) ทักษะที่จำเป็นสำหรับการควบคุมระบบ

4. ปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่

- 1) ผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม
- 2) สุขภาพและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน
- 3) การยอมรับจากประชาชน

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณพร บุญมีและคณะ (2538) [25] ได้ศึกษาการเผาของเสียติดเชื้อจากโรงพยาบาลในเตาเผาของเสียเสียแบบหมุน เพื่อศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคนิวเคลียส การเผาไหม้และก๊าซที่เกิดขึ้น พบว่าของเสียติดเชื้อสามารถเผาไหม้ได้ดีในเตาเผาของเสียแบบหมุน ซึ่งในการเผาจริงเมื่อใช้อุณหภูมิอุ่นเตาที่ 850 °C จะทำให้ได้อุณหภูมิสูงสุดในการเผาไหม้อยู่ที่ 1100 °C ซึ่งนับว่ามีอุณหภูมิสูงพอที่จะเผาทำลายและฆ่าเชื้อโรคได้ รวมทั้งความเข้มข้นของก๊าซจากการเผาไหม้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ แต่บางครั้งมีค่าความเข้มข้นของก๊าซสูงกว่ามาตรฐานเนื่องมาจากปริมาณของของเสียที่ใหญ่เกินไปและขวางทางเดินของอากาศซึ่งส่งผลให้ออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการเผาไหม้ และยังเกิดจากการเปิดฝาเตาเพื่อป้อนของเสียทำให้ก๊าซจากการเผาไหม้ไหลออกจากปล่องระบายเร็วเกินไปก่อนที่จะเผาไหม้หมด

ชัยวัฒน์ (2539) [26] ทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาและตรวจวัดปริมาณสารมลพิษทางอากาศจากของระบาย ควันเตาเผาของเสียติดเชื้อ แบบของกองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย จากเตาเผาของสถานพยาบาล 9 แห่งทั่วประเทศ สารมลพิษที่ตรวจวัดได้แก่ ฝุ่น (PM) คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) และไวนิลคลอไรด์โมโนเมอร์ (VCM) ผลการตรวจวัดพบว่าสารมลพิษทางอากาศที่มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพอากาศจากปล่องระบายควันของ กรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ส่วนฝุ่นพบว่า 2 ใน 9 ของเตาเผาที่ศึกษามีค่าเกินมาตรฐาน ไฮโดรเจนคลอไรด์พบว่า 3 ใน 9 เตาเผาที่มีค่าเกินมาตรฐาน ส่วนไวนิล คลอไรด์ โมโนเมอร์และไฮโดรเจนฟลูออไรด์ พบน้อยมาก การทดสอบประสิทธิภาพเตาเผา พบว่า 7 ใน 9 เตาเผาของเสีย ติดเชื้อ แบบของกองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย สามารถเผาทำลายของเสียได้ตามอัตราที่กำหนด ควรลดอัตราการป้อนอากาศของหัวเผาทั้งสอง เพื่อเพิ่มเวลาที่ใช้เผาไหม้ในห้อง เเผาควัน ตามแบบที่กำหนดซึ่งจะช่วยลดปัญหาการเกิดสารมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การเพิ่มประสิทธิภาพเตาเผาโดยการลดเวลาป้อนของเสียมีแนวโน้มจะทำให้เกิดสารมลพิษทางอากาศเพิ่มขึ้น ได้แก่ ฝุ่น ($r^2 = 0.8141$) คาร์บอนมอนนอกไซด์ ($r^2 = 0.7381$) รวมทั้ง ไวนิลคลอไรด์โมโนเมอร์ ที่แปรผันตามปริมาณฝุ่น ($r^2 = 0.7632$) การ

ป้อนของเสียเข้าเตาเผาไม่น้อยกว่า 40 กิโลกรัมต่อครั้ง จะทำให้เผาของเสียได้ ตามประสิทธิภาพที่กำหนด ($r^2 = 0.7391$)

กฤษฎ (2542) [27] ศึกษาการออกแบบเตาเผาของเสียชุมชนแบบ Rotary Kin ขนาดเล็ก การทดลองเพื่อคำนวณประสิทธิภาพของเตาเผาในรูปของประสิทธิภาพการเผาไหม้ และประสิทธิภาพการทำลายของเสีย ได้ทำการปรับเปลี่ยนตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการเผาไหม้ 3 ตัวแปร ได้แก่ อัตราการป้อนอากาศที่ 150, 200 และ 250% ของอากาศส่วนเกิน อัตราการป้อนของเสียที่ 15, 20 และ 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วรอบเตาเผา 0.6, 0.8 และ 1 รอบต่อนาที จากผลการทดลองทั้งหมดพบว่าสภาวะการทดลองที่เหมาะสม คือ อัตราการป้อนอากาศ 250% ของอากาศส่วนเกิน อัตราการป้อนของเสีย 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และความเร็วรอบเตาเผา 0.6 รอบต่อนาที อุณหภูมิภายในเตาเผาที่สภาวะคงที่ให้ค่า สูงสุดประมาณ 790 °C มีปริมาณก๊าซ CO, SO_x และ NO_x ประมาณ 3200 ppm, 20 ppm และ 60 ppm ตามลำดับ ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงสุด 96.07% และ ประสิทธิภาพการทำลายสูงสุด 94.3%

วรรณไชย สงวนคุณากร (2542) [28] ได้ศึกษาเกี่ยวกับเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควัน โดยทำการศึกษาออกแบบ และก่อสร้างเตาเผาขยะของโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควันที่มีระบบการเผาไหม้เป็นแบบ ให้ปริมาณอากาศต่ำกว่าจุดสมมูล พร้อมด้วยเครื่องดักอากาศระบบเปียกที่ได้มีการติดตั้งเข้ากับเตาเผาต้นแบบ จากการทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นพบว่ามีกลิ่นและควันเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ทั้งนี้เนื่องจากระบบการให้ความร้อนทั้งหมดที่ได้ประยุกต์ใช้ในเตาเผาต้นแบบนั้น ไม่สามารถให้ความร้อนได้สูงถึงระดับอุณหภูมิที่ต้องการและระบบการไหลเวียนของแก๊สภายในเตาเผายังมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีพอแต่เมื่อได้ปรับปรุงระบบการไหลเวียนของอากาศใหม่และใช้หัวเผา น้ำมันสำหรับเตาเผาโดยตรงพบว่าสามารถทำลายขยะได้อย่างหมดสิ้น โดยปราศจากกลิ่นและควันจากการเผาไหม้ ซึ่งในการทดสอบกับขยะที่มีความชื้นสูงประมาณ 30% โดยน้ำหนักนั้นสามารถให้อัตราการเผาไหม้ขยะได้สูงสุด 15 กิโลกรัมต่อชั่วโมงและสามารถลดปริมาณขี้เถ้าได้มากกว่า 90% โดยน้ำหนัก โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันอยู่ในช่วง 18-22.29 ลิตรต่อชั่วโมง

สุกิจ ลิติกรณ์ (2542) [29] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ป้อนมูลฝอยสำหรับเตาเผา โดยอุปกรณ์ป้อนมูลฝอยที่ทำการศึกษาคือเป็นแบบโรตารีโดยสามารถเปลี่ยนใบป้อนในงานวิจัยนี้จะศึกษาใบป้อน 4 แบบ ได้แก่ ใบเต็มดัดตรง ใบเต็มดัดโค้ง ใบซี่ดัดตรง และใบซี่ดัดโค้ง ผลการศึกษาพบว่า กำลังไฟที่ใช้สำหรับตัวอุปกรณ์ป้อนชนิดนี้มีค่าเท่ากับ 500-593 วัตต์ ในการเผาไหม้แต่ละครั้ง (2 ชั่วโมง) เสียค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าประมาณ 3-3.6 บาท จากการเผาไหม้โดยใช้อุปกรณ์ป้อนและใบป้อนทั้ง 4 ชนิด ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดที่ได้จากการเผาไหม้ เมื่อใช้ใบป้อนชนิดใบเต็มดัดตรง ใบเต็มดัดโค้ง ใบซี่ดัดตรง และใบซี่ดัดโค้ง มีค่าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 11.45, 12.71,

12.76 และ 13.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผา เมื่อทำการป้อนด้วยอุปกรณ์ป้อนมีค่าเพิ่มขึ้นจากการป้อนด้วยแรงงานคนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 18.0-41.2 เปอร์เซ็นต์

เลอศักดิ์ โคสูงเนิน (2544) [30] การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เตาเผาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เมตร สูง 2.6 เมตร และมีท่อระบายไอเสียเชื่อมกับหอพ่นน้ำ (Spray Tower) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เมตร สูง 6.4 เมตรเพื่อศึกษาตัวแปรสำคัญในการควบคุมมลสารทางอากาศและน้ำจากเตาเผาขยะชุมชนขนาดเล็ก การวิจัยได้เติม “ขยะแห้ง” และ “ขยะเปียก” เข้าสู่เตาเผาด้วยอัตราส่วนผสมขยะ 1:0, 4:1, 3:1, 2:1, และ 1:1 ผลการศึกษาพบว่ามลสารทางอากาศมีค่า $CO = 803-1736$ ppm $CO_2 = 12000-18000$ ppm $NO_x = 15-20$ ppm ไม่พบ SO_2 และอัตราการไหลของอากาศเสียเท่ากับ $4.13-6.53$ m³/min มลสารทางน้ำมีค่า pH = 3.0-5.9 แอซิติตี้เท่ากับ 210.1-294.8 mg/L as CaCO₃ คลอไรด์เท่ากับ 76.3-162.0 mg/L ซัลเฟตเท่ากับ 0.01-0.03 mg/L ไนเตรตเท่ากับ 0.2-1.6 mg/L ความขุ่นเท่ากับ 29.3-40.3 NTU, TS = 874-1660 mg/L และ TSS = 63-192 mg/L สารส้มที่ใช้ในการก่ตะกอนเท่ากับ 100-200 mg/L และปริมาณปูนขาวที่เติมเพื่อปรับ pH เท่ากับ 155-218 mg/L ต่อขยะ 200 kg ทั้งนี้ขนาดของอนุภาคมลสารส่วนใหญ่เท่ากับ 20 μ m อยู่ในน้ำทิ้งของถังตกตะกอนคุณภาพอากาศที่ระบายออกอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแต่ค่า CO ค่อนข้างสูง พบว่าค่าของมลพิษมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของขยะแห้ง คุณภาพของน้ำเสียมีความเป็นกรดสูงเนื่องจากปริมาณของคลอไรด์ มลสารทางน้ำจำพวกของแข็งสามารถกำจัดได้ด้วยบ่ตกตะกอนซึ่งมีประสิทธิภาพเท่ากับ 60% ส่วนของแข็งแขวนลอยที่เหลือสามารถถูกกำจัดโดยการเติมสารก่ตะกอนคือสารส้ม

อัศวิน สิบนุกาณ์ (2544) [31] ได้ทำการพัฒนาเตาเผาขนาดเล็กสำหรับใช้กำจัดขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในองค์การบริหารส่วนตำบล เตาเผาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 m สูง 2.6 m และมีท่อระบายไอเสียเชื่อมกับหอพ่นน้ำ (Spray Tower) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 m สูง 6.4 m ซึ่งใช้สำหรับบำบัดมลสาร ก่อนระบายออกสู่บรรยากาศหลังทำการจำแนกองค์ประกอบของขยะมูลฝอยแล้วได้เติม “ขยะแห้ง” และ “ขยะเปียก” ซึ่งขยะแห้งจะมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 40 และขยะเปียกมีความชื้นสูงกว่าร้อยละ 40 ได้ทำการผสมกันก่อนเข้าสู่เตาเผาด้วยอัตราส่วน 1:0, 4:1, 3:1, 2:1 และ 1:1 เพื่อประเมินหาอัตราการเผาไหม้ที่เหมาะสมสำหรับคงไว้ ซึ่งความสามารถในการเผาไหม้ด้วยตัวเอง (Self-Burning Capacity) พบว่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้มีค่าต่ำสุดและสูงสุดอยู่ที่ 150 และ 1,100 องศาเซลเซียสตามลำดับและพบว่าในการเผาโดยไม่ใช้เหล็กก้างปลาในห้องเผาไหม้ อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 450 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 80 องศาเซลเซียส อัตราการเผาผลาญมาที่ 40.5 kg/h จากการติดตั้งเหล็กก้างปลา (Bar Rake) ในห้องเผาไหม้เพื่อช่วยเพิ่มความพรุนในกองขยะที่เข้าเผา อัตราการเผาสามารถเพิ่มสูงขึ้นที่ค่าเฉลี่ย 114 kg/h หรือ 2.74 ton/d

มงคล จิ่งสถาปัตยกรรม และคณะ (2546) [32] ของเสียที่เกิดจากกิจกรรมของห้องปฏิบัติการจัดว่าเป็นของเสียอันตรายซึ่งต้องการการจัดการโดยเฉพาะ การเผาทำลายของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการด้วยอุณหภูมิสูงถือว่าเป็นวิธีหนึ่งในการทำลายโครงสร้างของของเสียด้วยความร้อน ระบบเตาเผาของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการประกอบด้วยเตาเผาแบบหมุน เครื่องป้อนของเสียอัตโนมัติ ห้องถ่ายซึ้เถ้า หอลดอุณหภูมิ หอ Packed-Bed Wet Scrubber หอ Activated Carbon Adsorption จากการศึกษาพบว่าการปฏิบัติงานระบบเตาเผาอย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับข้อกำหนดพารามิเตอร์การปฏิบัติงานที่เหมาะสม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะหารูปแบบการเผาทำลายของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน เพิ่มความปลอดภัยและลดการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม การศึกษาพบว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อสถานะการปฏิบัติงานที่เหมาะสมสำหรับระบบเตาเผาของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการนี้ได้แก่องค์ประกอบ สัดส่วนการผสมกันของของเสียอันตราย และช่วงเวลาป้อนของเสียเข้าห้องเผาไหม้ ผลการวิจัยพบว่าความร้อนที่สะสมอยู่ในเตาเผาอันเนื่องมาจากการปฏิบัติงานก่อนหน้านั้นจะทำให้ช่วงเวลาอุ่นเตาล้างของเสียสารเคมีติดไฟสามารถใช้ให้ความร้อนในช่วงอุ่นเตาได้ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงเสริมได้เมื่อเตาเผาเข้าสู่สภาวะการปฏิบัติงานที่คงที่แล้ว การรักษาอุณหภูมิปฏิบัติงานให้คงที่สามารถทำได้โดยการป้อนของเสียสารเคมีติดไฟเมื่อต้องการเพิ่มอุณหภูมิห้องเผาไหม้ และป้อนของเสียสารเคมีไม่ติดไฟเมื่อต้องการลดอุณหภูมิห้องเผาไหม้ ช่วงเวลาป้อนของเสียเข้าเตาเผาระหว่างการรอให้เตาเผาแบบหมุนมีอุณหภูมิลดลงจนเข้าสู่สภาวะคงที่หรือเมื่อเห็นว่าอุณหภูมิในห้องเผาเริ่มลดลงไม่ได้ให้ผลแตกต่างกันมากนัก แต่การป้อนของเสียเมื่ออุณหภูมิเริ่มมีสภาวะคงที่อาจทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานได้มากกว่า ของเสียติดเชื้อสามารถใช้แทนของเสียสารเคมีติดไฟในการเผาให้ความร้อนกับระบบเตาเผาได้แต่ต้องดูแลสถานะการเผาไหม้เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ผลที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการกำหนดรูปแบบการเผาทำลายของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการเพื่อการประหยัดพลังงาน เพิ่มความปลอดภัยและลดภาวะมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

สมรัฐ เกิดสุวรรณ (2546) [33] เตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่มีความสามารถในการเผาทำลายมูลฝอยติดเชื้อชั่วโมงละ 50 กิโลกรัม ได้พบว่าเป็นตัวแทนเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้กับโรงพยาบาลชุมชนทั่วประเทศ งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบเตาเผามูลฝอยติดเชื้อดังกล่าวให้มีความสามารถในการเผาทำลายมูลฝอยติดเชื้อจากสถาน พยาบาล เทคโนโลยีที่ใช้ในการออกแบบเตาเผาเป็นแบบควบคุมอากาศ โดยแบ่งห้องเผาไหม้ออกเป็นสองห้อง ห้องเผาไหม้แรกเป็นห้องรองรับมูลฝอยและควบคุมให้เกิดการเผาไหม้โดยจ่ายอากาศเพื่อการเผาไหม้ในปริมาณที่น้อยกว่าที่ต้องการตามทฤษฎี ก๊าซและสารระเหยที่เกิดขึ้นจะไหลเข้าไปทำการเผาไหม้ซ้ำในห้องเผาไหม้ที่สองซึ่งควบคุมการจ่ายอากาศเพื่อการเผาไหม้ในปริมาณที่มากกว่าที่ต้องการตามทฤษฎีเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ก่อนที่จะปล่อยออก

ทางปล่อยระบาย การควบคุมการจ่ายอากาศอาศัยการวัดอุณหภูมิในห้องเผาแรกและห้องเผาที่สอง ผ่านระบบควบคุมเพื่อปรับปริมาณการจ่ายอากาศสำหรับเผาไหม้ให้ได้ตามอุณหภูมิที่กำหนด อุณหภูมิห้องเผาไหม้แรกออกแบบให้ทำงานที่ 760 องศาเซลเซียส อันเป็นอุณหภูมิที่ทำให้มูลฝอยติด เชื้อเกิดการแตกตัวทางความร้อน และอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองออกแบบให้ทำงานที่ 1,000 องศาเซลเซียส โดยมีเวลาที่ก๊าซไหลอยู่ในห้องเผาไหม้ที่สองประมาณ 2 วินาที ซึ่งเพียงพอสำหรับการเผา ทำลายมูลฝอยประเภทนี้ ในการออกแบบได้คำนึงถึงองค์ประกอบของมูลฝอยที่เป็นตัวแทนของมูล ฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นจริง ได้มีการคำนวณสมดุลมวล สมดุลความร้อนการกำหนดขนาดของหัวเผาที่ใช้ กับห้องเผาไหม้แรกและห้องเผาไหม้ที่สอง การกำหนดขนาดและการเลือกวัสดุสำหรับทำวัสดุทนไฟ ฉนวน ได้เลือกใช้วัสดุที่สามารถผลิตได้ในประเทศเป็นหลักนอกจากนี้ได้ออกแบบเพื่อการใช้งานกับ เครื่องป้อนมูลฝอยอัตโนมัติและระบบควบคุมมลพิษอากาศ ผลที่ได้จากการออกแบบสามารถนำไปใช้ สร้างต้นแบบเตาเผามูลฝอยติดเชื้อเพื่อการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานต่อไป

วิโรจน์ มีสุนทร (2548) [34] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาเตาเผาขยะจากเชื้อเพลิง โดย ทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาขยะที่ออกแบบและสร้างขึ้น ซึ่งกำหนดแนวทางการทดลองไว้คือ กำหนดการป้อนขยะเข้าเตาแบบกึ่งต่อเนื่อง แล้วบันทึกค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเผาไหม้ เช่น ปริมาณขยะที่ป้อน ระยะเวลาของการป้อน ความชื้นของขยะ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง อุณหภูมิภายใน ห้องเผาไหม้ รวมทั้งปริมาณแก๊สต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ เช่น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และแก๊สอื่น ๆ จากผลการทดลองพบว่า ได้ กำหนดน้ำหนักของขยะที่ป้อนเข้าเตาทุกๆ 2 นาที เท่ากับ 10 กิโลกรัม และความชื้นขยะโดยเฉลี่ย ประมาณร้อยละ 60 สามารถเผาไหม้ได้ 2,272 กิโลกรัมต่อวัน สิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล 51.7 ลิตรต่อวัน หรือ 1 ตันขยะต่อ 22.8 ลิตร, อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเผาควัน 835 °C , อุณหภูมิเฉลี่ยห้องเผาขยะ 604 °C, อุณหภูมิเฉลี่ยปล่องควัน 615 °C , ผลการตรวจวัดแก๊สเฉลี่ย CO เท่ากับ 424.4 ppm, SO₂ เท่ากับ 1.2 ppm และ NO_x เท่ากับ 40 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้ง อากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยผลปรากฏว่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

วัชรภรณ์ ผลพูล และคณะ (2549) [35] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการ กำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่เหมาะสมสำหรับโรงพยาบาลตัวอย่างเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ จัดการมูลฝอยติดเชื้อ โดยศึกษา 2 ทางเลือก คือ (1) การติดตั้งเตาเผามูลฝอยติดเชื้อต้นแบบและ (2) การจ้างเหมาบริษัทเอกชนเก็บขนและกำจัด ภายใต้การตัดสินใจบนเกณฑ์การวัดค่าเชิงปริมาณ (ค่าใช้จ่ายต่ำสุด) และเกณฑ์ที่เป็นนามธรรม(ผลประโยชน์ทางสังคมสิ่งแวดล้อม) ทำการประเมินด้วย การวัดผลเชิงปริมาณด้วยโปรแกรมเชิงเส้นตรง (LP Optimization) ร่วมกับทฤษฎีการวิเคราะห์เชิง ลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process : AHP) ซึ่งเป็นการวัดทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพทำให้สามารถคำนวณผลตอบแทนร่วมที่สร้างความพึงพอใจสูงสุด และให้ผลค่าใช้จ่ายต่ำสุด พบว่าระบบ

กำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่สมควรเลือกได้แก่การติดตั้งเตาเผามูลฝอยติดเชื้อต้นแบบ เพื่อดำเนินการกำจัดเองซึ่งกำหนดสภาวะการปฏิบัติงานที่เหมาะสมโดยควบคุมปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเผาทำลายคือที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่ 1 เท่ากับ 620-650 °C ป้อนขยะที่ 5.5-6 กก.ทุก 6 นาที มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 36,994.50 บาทต่อเดือน ซึ่งต่ำกว่าทางเลือกที่ 2 ที่มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 39,211.00 บาทต่อเดือน การวิจัยนี้จึงมีประโยชน์ในการช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกระบบสำหรับกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลซึ่งอยู่ในพื้นที่ห่างไกล เพื่อให้ได้ประสิทธิผลในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่เหมาะสม

ธนา นาถโรภพ (2551) [36] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินสมรรถนะเตาเผาขยะเพื่อการจัดการขยะระดับชุมชน โดยเลือกเทคโนโลยีเตาเผาขยะแบบไม่ใช้พลังงานที่มีต้นทุนในการก่อสร้างและดำเนินการต่ำในการดำเนินงานสามารถเผากำจัดขยะแห้งได้ถึง 184 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิแก๊สไอเสียเฉลี่ย 691 °C ประสิทธิภาพการเผาไหม้เฉลี่ย 99.95% ผลิตร่างความร้อนในรูปของแก๊สไอเสียได้ 519 kW แต่สมรรถนะจะลดน้อยลงลงเมื่อมีส่วนผสมของขยะเปียกเพิ่มขึ้น ปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) สูงสุด 134 ppm ไม่พบปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และความทึบแสงไม่เกิน 20% ซึ่งต่ำกว่าค่าที่กระทรวง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนดไว้ ภายหลังการปรับปรุงการจัดการขยะ โดยการคัดแยกขยะสามารถเพิ่มอัตราการเผากำจัดขยะได้มากขึ้น เฉลี่ยอยู่ที่ 249 กิโลกรัมต่อชั่วโมงเพิ่มอุณหภูมิแก๊สไอเสียเฉลี่ยเป็น 829 °C และสามารถผลิตกำลังความร้อนได้ 597 kW นอกจากนี้ได้ศึกษาการคัดแยกขยะเพื่อรีไซเคิลพบว่า สามารถลดปริมาณขยะลงได้ 6.5 ตันต่อเดือน คิดเป็นปริมาณขยะที่ลดได้ 3.25% และมีมูลค่าการค้าขายขยะรีไซเคิลตั้งแต่ 25,913 ถึง 47,323 บาทต่อเดือน คิดเป็นรายได้จากการคัดแยกขยะ 162.74 บาทต่อคนต่อเดือน โดยเฉลี่ยจากผู้เข้าร่วมโครงการ

Evangelos Gidarakos et al. (2009) ได้ศึกษาการกำจัดขยะจากเก้าอี้หนังจากกองเผาขยะพิษและของเสียที่ติดเชื้อ หลายประเทศทำให้เกิดความเสียหายขนาดใหญ่ เนื่องจากเกิดการปนเปื้อนในดิน เช่นเดียวกับพื้นผิวและน้ำบาดาลทำให้ทั้งสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนมีความเสี่ยง ในการศึกษาการผลิตขยะเก้าอี้หนังที่เตาเผาขยะทางการแพทย์ของโรงพยาบาล ในประเทศกรีซ เพื่อตรวจหาโลหะหนักและประเมินความเป็นพิษนี้นำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับการปนเปื้อนที่เป็นไปได้ของดิน เช่นเดียวกับพื้นผิวและน้ำใต้ดินอันเป็นผลมาจากการกำจัดในหลุมฝังกลบ การศึกษาได้ดำเนินการที่โรงพยาบาลทั่วไปที่มีความจุ 500 เตียง มีประมาณ 880 กิโลกรัมของขยะติดเชื้อที่มาจากโรงพยาบาลทั่วไปกับแผนกการแพทย์ทั้งหมด จากงานวิจัยอื่น ๆ มีการอ้างอิงถึงงานวิจัยหลากหลายถึงลักษณะของเก้าอี้หนัง ทั้งที่เป็นอันตรายและไม่อันตราย ด้วยเหตุนี้การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นไปที่ลักษณะของเก้าอี้หนัง เก็บตัวอย่างจากห้องเผาไหม้เป็นระยะเวลา 1 ปีและมีการทดสอบเป็นจำนวนมาก ดำเนินการรวมทั้งการวิเคราะห์ การกระจายขนาดของอนุภาคสัณฐานวิทยา แร่และเคมี องค์ประกอบการตรึงโลหะหนักและ PCDD / F

Yong-Chul Jang et al. (2012) ได้ศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชน ในอดีตขยะติดเชื้อทางการแพทย์มักผสมอยู่กับขยะมูลฝอยของเทศบาลและถูกทิ้งในหลุมฝังกลบขยะในถิ่นที่อยู่อาศัยหรือสถานที่บำบัดที่ไม่เหมาะสม มีเตาเผาขยะที่ไม่เพียงพอ ในประเทศเกาหลีช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีหน่วยงานด้านกฎระเบียบทางด้านสิ่งแวดล้อมได้นำเตาเผาขยะมาจัดการขยะจากสถานพยาบาลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น บทความนี้นำเสนอภาพรวมของการจัดการขยะทางการแพทย์ในปัจจุบันของประเทศเกาหลี ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต การแบ่งแยก การขนส่งและการกำจัดของเสียทางการแพทย์ ซึ่งได้สังเกตเห็นให้การเผาขยะทางการแพทย์เป็นวิธีการกำจัดขยะที่ต้องการมากที่สุดและจะเป็นทางเลือกในการรักษาโรคควบคู่กันไป ในปี พ.ศ.2548 ในประเทศเกาหลีต้องเผชิญมลพิษทางอากาศจากพายุฝุ่นได้ออกขึ้นและพายุฝุ่น สิ่งปนเปื้อนขนาดเล็กที่ปนเปื้อนในอากาศ ดังนั้นประเทศเกาหลีจึงต้องมีอุปกรณ์เตาเผาขยะติดเชื้อที่เพียงพอเพื่อที่จะสามารถรองรับขยะติดเชื้อที่เกิดจากสถานบริการสุขภาพในเกาหลี สิ่งสำคัญคือต้องชี้ให้เห็นว่าเตาเผาขยะมีศักยภาพในการปล่อยมลพิษทางอากาศที่เป็นพิษน้อยกว่าเตาเผาขยะดังกล่าว มีการดำเนินการอย่างถูกต้องและจัดการอย่างต่อเนื่องเนื่องจากขยะทางการแพทย์มักมีวัสดุพลาสติกหลากหลายชนิด เช่น โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) การลดและการรีไซเคิลของเสีย การควบคุมการปลดปล่อยก๊าซพิษจากเตาเผาขยะติดเชื้อถือเป็นความท้าทายที่สำคัญในอนาคต

Young Wook Yoon et al. (2015) พบว่าขยะติดเชื้อทางการแพทย์เพิ่มขึ้นทั่วโลก เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรที่มุ่งเน้นการดูแลสุขภาพ ในกฎหมายประเทศเกาหลีได้ขยะทางการแพทย์ได้รับการกำหนดให้มีการควบคุมรวมถึงสารปนเปื้อนที่ติดเชื้อ เช่น เนื้อเยื่อของมนุษย์และสัตว์ ศพสัตว์จากสถานบริการทางการแพทย์สัตว์ แพทย์คลินิก (พระราชบัญญัติการจัดการของเสีย, 2016) ขยะทางการแพทย์อาจทำให้เกิดปัญหาร้ายแรงต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมเนื่องจากอาจเป็นอันตราย ดังนั้นการกำจัดของเสียทางการแพทย์จึงมีการเฝ้าระวังมากขึ้น (Lee and Huffman, 1996; Jang et al., 2005) การกำจัดขยะติดเชื้อโดยการเผามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการกำจัดมากกว่าการใช้สารเคมีในกระบวนการฆ่าเชื้อ การเผากำจัดขยะมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีข้อดีที่มากกว่าวิธีอื่น เช่น ปริมาณของเสียที่เหลือมีต่ำกว่า มีการคืนพลังงานความร้อน / ไฟฟ้า การเผาเป็นวิธีที่ใช้กันมากที่สุดในการกำจัดขยะทางการแพทย์โดยคิดเป็นประมาณร้อยละ 81 ของขยะทั้งหมดที่จำหน่ายในสาธารณรัฐเกาหลี(กระทรวงอุตสาหกรรม, Environment, 2011) ในทางกลับกัน การเผาอาจก่อให้เกิดมลพิษเช่น polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) ไดออกซิน polychlorinated dibenzo (PCDDs) และ polychlorinated dibenzofurans (PCDFs)n (Satnam and Vinit, 2007) สารมลพิษอินทรีย์ (POPs) สารมลพิษเหล่านี้จัดอยู่ในประเภทถาวร ถูกควบคุมโดยทั่วโลกเนื่องจากมีความเป็นพิษสูงและความคงตัวอยู่ในสิ่งแวดล้อม ท่ามกลาง POPs,

PCDDs / PCDFs เป็นสารมลพิษที่รู้จักกันดี มีกรรมควบคุมมลพิษ (PCDD) 75 แห่งและ 135 PCDF congeners ของไดออกซินและคลอรีน ซึ่งสารเหล่านี้มีความเป็นพิษสูง ในองค์การอนามัยโลก 2005 ได้เปรียบเทียบความเป็นพิษ factor (WHO-TEF) (van den Berg และคณะ, 2006) PCDDs / PCDFs มีสารก่อมะเร็งและก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบภูมิคุ้มกันในมนุษย์ที่ระดับความเข้มข้นมาก (Thornton et al., 1996; Schechter et al., 2006) อย่างไรก็ตามการกำจัด PCDDs / PCDFs ที่สมบูรณ์ยังคงเป็นไปได้ด้วยเทคโนโลยี APCD ในปัจจุบันดังที่ได้กล่าวมาแล้วแม้ว่าความเข้มข้นของ PCDDs / PCDF อาจทำให้เกิดปัญหาให้กับมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นการควบคุม PCDD / PCDF จากเตาเผาขยะมีความสำคัญต่อสุขภาพมนุษย์ซึ่งในสภาพแวดล้อมที่สะอาด ในการศึกษาที่เราได้เก็บรวบรวมตัวอย่างก๊าซจากกองขยะจำนวน 45 ชิ้นจากเตาเผาขยะมูลฝอยเพื่อวัด PCDDs / PCDFs

Elliott Steen Windfeld, Marianne Su-Ling Brooks (2015) งานวิจัยนี้เป็น การศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยรวมทั้งแหล่งที่อยู่อาศัยที่ใช้ร่วมกัน และกฎหมายที่ใช้บังคับ วิธีการจัดการและกำจัดขยะมูลฝอยในประเทศที่พัฒนาแล้ว หลายแห่งมีกฎหมายด้านกากของเสียทางการแพทย์ อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปมีคำแนะนำเล็กน้อยว่าวัตถุใดที่ถูกจัดให้เป็นขยะติดเชื้อ แต่ขาดความชัดเจนทำให้การจัดเรียงขยะทางการแพทย์ไม่มีประสิทธิภาพ จึงมีการเพิ่มปริมาณของเสียที่ได้รับการรักษา สำหรับเชื้อโรคโดยปกติจะทำได้โดยการเผา การวิจัยนี้เน้นการจำแนกประเภทของขยะติดเชื้อและขยะมูลฝอยมีค่าใช้จ่ายในการกำจัดที่สูงขึ้น การเพิ่มผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่ไม่พึงประสงค์ สรุปให้เห็นว่าการศึกษาระยะติดเชื้อทางการแพทย์และมาตรฐานขยะมูลฝอยเป็นหนทางสำคัญในการบริหารจัดการขยะมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพที่สถานพยาบาลและการวิจัยจำเป็นต้องมีแนวโน้มในการผลิตขยะทางการแพทย์ที่เพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มของ GDP ทั่วโลก

Shao-sheng Dai et al. (2016) ได้ศึกษาวิธีการช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวัดตำแหน่ง ด้วยการนำเสนอจุดอุณหภูมิที่มีคุณลักษณะบางอย่าง เพื่อแบ่งเตาเผาแบบหมุนเป็นหลายส่วน จากนั้นให้หาช่วงเวลาเท่ากันโดยจะถูกนำไปใช้กับแต่ละส่วนที่มีการเทียบตำแหน่ง จะใกล้เคียงกันมากขึ้นตามความเป็นจริง พบว่าจุดอุณหภูมิของคุณลักษณะสามารถเลือกได้จากจุดอุณหภูมิของเตาเผาหรือจุดที่มีอุณหภูมิสูงสุดและอื่น ๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ การพิจารณาผลที่ดีที่สุดจะได้รับเมื่อมีการนำจุดวัดอุณหภูมิ 4 จุดเพื่อแบ่งเตาเผาแบบหมุนเป็นห้าส่วน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการช่วงเวลาเท่ากัน ทำให้มีความถูกต้องเพิ่มขึ้น เตาเผาแบบหมุนทำจากอิฐทนไฟซึ่งอาจจะชำรุดเสียหายอย่างหนักในด้านการควบคุมอุณหภูมิ สารเคมีและการสึกหรอทางกล ฯลฯ ความหนาของชั้นวางเตาเผาแบบหมุนสามารถตรวจจับได้โดยการตรวจสอบอุณหภูมิพื้นผิวของเปลือกเตาเผาแบบหมุน เมื่อจุดใด ๆ บนเตาเผาแบบหมุนปรากฏว่ามีอุณหภูมิสูงผิดปกติ อาจมีอันตรายที่ซ่อนอยู่ที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุจากเตาเผา ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่สามารถ

ตรวจจับตำแหน่งความผิดพลาดของเตาเผาแบบหมุนได้อย่างถูกต้อง เพื่อหาตำแหน่งความผิดพลาด ระบบการวัดอุณหภูมิด้วยการสแกนแบบอินฟราเรดของเตาอบแบบโรตารีใช้โหมตการสแกนมุมเท่ากัน ซึ่งมีการสแกนมุมระหว่างจุดสแกนที่อยู่ใกล้เคียงกัน แต่วิธีการหาตำแหน่งเท่ากับช่วงที่สมมติว่าระยะทางระหว่างจุดสแกนที่อยู่ติดกันจะเท่ากัน ในขณะที่ระยะห่างระหว่างจุดสแกนที่อยู่ติดกันไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงมีข้อผิดพลาดในการระบุตำแหน่ง วิธีการหาตำแหน่งที่เท่ากัน ซึ่งอาจเป็นได้ที่จะไม่ตรงตามความต้องการเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้อง ได้มีการเทียบตำแหน่งที่แม่นยำซึ่งสามารถปรับปรุงความถูกต้องโดยการวัดอุณหภูมิ

Qian Yin et al. (2017) ได้ศึกษาการสูญเสียความร้อนจากเตาเผาแบบหมุน เป็นผลให้ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดในอุตสาหกรรมโลหะลดการสูญเสียความร้อนแบบขนาน และระบบกู้คืนความร้อนแบบขนานกับการแลกเปลี่ยนการกู้คืนความร้อน การทดลองวัดเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของแต่ละเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีการวิเคราะห์ระบบการเรียกคืนความร้อนเพื่ออนุมานความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างพารามิเตอร์ การออกแบบและความต้องการของระบบ นั่นคืออุณหภูมิและการถ่ายเทความร้อน อัตราแลกเปลี่ยน การแลกเปลี่ยนความร้อน พื้นที่การถ่ายเทความร้อนรวม การสิ้นเปลืองพลังงานทั้งหมดและการสร้างเอนโทรปีจากการถ่ายเทความร้อนและการไหลของของเหลวถูกกำหนดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแบบหลายหน่วย ด้วยความช่วยเหลือของอัลกอริทึมทางเจเนติก ในแมทเลบ ทำให้ได้รับพารามิเตอร์การปฏิบัติงานและโครงสร้างที่ดีที่สุดสุดท้ายผลลัพธ์ของประสิทธิภาพแบบหลายหน่วยถูกเปรียบเทียบด้วยค่าเดิม ผลการเพิ่มประสิทธิภาพแสดงให้เห็นว่าวิธีการประสิทธิภาพแบบหลายหน่วยมีความเหมาะสมสำหรับการออกแบบพารามิเตอร์ การดำเนินงานของการกู้คืนความร้อน พื้นที่การถ่ายเทความร้อนทั้งหมดและปริมาณการใช้พลังงานรวม ลดลงอย่างน้อย 12.1% และ 13.7% ตามลำดับ นอกจากนี้เนื่องจากการสร้างเอนโทรปี การถ่ายโอนความร้อนและการไหลของของเหลวลดลงในกรณีประสิทธิภาพแบบหลายหน่วย พื้นที่การถ่ายเทความร้อนและพลังงานที่สอดคล้องกัน การใช้ระบบการกู้คืนความร้อนลดลงตามลำดับ

Falah Alobaid et al. (2017) เป็นครั้งแรกในแบบจำลองแบบพลวัตของเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชน คือสร้าง แบบเตาเผาขนาด 60 เมกกะวัตต์ ที่พัฒนาขึ้นนี้ได้อธิบายถึงกระบวนการทำงานของก๊าซไอเสียที่มีการทำงานทั้งแนวตั้งและแนวนอน รวมถึงตะแกรงขอบเขตการเผาไหม้หลักและรอง การใช้พลังงานไอน้ำด้วยเครื่องที่ประหยัดพลังงานเครื่องทำความร้อน เครื่องระเหยหมุนเวียน โครงสร้างการควบคุมทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงานของโรงงานมีการใช้งาน เช่น ถังน้ำ หม้อไอน้ำ ระบบบายพาสกักหน้ไอน้ำ คอนเดนเซอร์ ระบบจ่ายอากาศที่ผ่านการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เงื่อนไขขอบเขตของรูปแบบเตาเผามีทางเข้าอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำเย็นลงในคอนเดนเซอร์ รวมทั้งส่วนประกอบของขยะมูลฝอยจากชุมชน โมเดลได้รับการยืนยันเกี่ยวกับข้อมูลการออกแบบ

แสดงถึงค่าความเบี่ยงเบนของค่าไอน้ำ / ไอน้ำและก๊าซไอเสียทั้งหมดของเตาเผาขยะ ในช่วงขั้นตอนการปิดเครื่องและเริ่มต้นทำงานจะถูกประเมินโดยใช้โมเดลที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว

Ingrid J. Paredes et al. (2018) [37] เตาเผาแบบหมุนเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในอุตสาหกรรมเคมีและโลหะ มีการใช้งานในวงกว้างในกระบวนการผลิตของแข็ง เตาเผากลายเป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่นิยมสำหรับการเผา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีอุตสาหกรรม ตัวเร่งปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่องมีตั้งแต่ผงที่มีขนาดระดับมิลลิเมตรไปจนถึงระดับไมครอน อยู่ในลักษณะที่เป็นการไหลของเม็ดและผง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงความเข้าใจพื้นฐานของการไหลของผงในเตาเผาแบบหมุนเพื่อช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการเผาอย่างต่อเนื่อง สำหรับการเผาที่สมบูรณ์จะขึ้นอยู่กับเวลา ลักษณะที่อยู่อาศัยของอนุภาค ในงานวิจัยนี้ระยะเวลาการอยู่เฉยๆ และสัมประสิทธิ์ การกระจายตัวของแกนในการเกิดปฏิกิริยา การแตกตัวเร่งปฏิกิริยาของของเหลวถูกกำหนดไว้ในเตาเผา โดยการวัดการกระจายเวลาที่อยู่อาศัย การศึกษานี้ใช้การทดสอบพัลส์ที่พัฒนาขึ้นโดย แดงค์เวอร์ด ผลการทดสอบพบว่าเหมาะสมกับรูปแบบการกระจายตัวของเทย์เลอร์ และเปรียบเทียบกับซัลลิแวนคาดการณ์เวลาเฉยๆที่อยู่อาศัย ผลการวิจัยพบว่า อัตราการป้อน ความลาดเอียงของเตาเผาและอัตราการหมุนตัวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวตามแนวแกนเพิ่มขึ้นด้วยความเร็วของการหมุนและมุมเอียง อย่างไรก็ตามสัมประสิทธิ์การกระจายตัวตามแนวแกนลดลง เนื่องจากอัตราป้อนเพิ่มขึ้น

Wei-Ning Wu et al. (2018) กระบวนการถ่ายเทความร้อนและมวลสารในเตาเผาแบบหมุนได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากความลึกของวัสดุ วิธีการนำเสนอการวัดโดยอัตโนมัติ ความลึกของวัสดุในเตาเผาแบบนำร่องที่ได้รับความร้อนโดยตรง โดยอิงตามเขตข้อมูลอุณหภูมิในส่วนของเตาเผา โดยการวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของวัสดุ ระยะเวลาแบบของโปรไฟล์อุณหภูมิวัสดุ และอุณหภูมิก๊าซมีการระบุในเชิงคุณภาพ สถิติตัวแปรจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณชั้นที่ใช้งานของแผ่นรองวัสดุ โดยที่สามารถหามุมกลางที่ครอบคลุมโดยเทอร์โมคัปเปิล ผ่านทางวัสดุจะได้รับความลึกของวัสดุโดยจะประมาณโดยใช้ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิต ประสิทธิภาพของวิธีการวัดความลึกของวัสดุจะถูกทดสอบโดยใช้เตาหลอมแบบหมุนที่ได้รับความร้อนโดยตรง ผลงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างสะดวกในการศึกษาทดลองกระบวนการผลิตเตาเผาแบบหมุน (rotary kiln process) เตาเผาแบบหมุนมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย วัสดุหลักของเตาเผาแบบหมุน คือ กระบอกทรงยาว หมุนรอบ ๆ แกนอย่างช้า ๆ เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ป้อนเข้าไปในถังและผ่านไปตามความยาว กระบอกจากการหมุนและความเอียง ในระหว่างทางวัสดุจะถูกให้ความร้อนโดยตรงหรือทางอ้อม เพื่อให้ได้สารเคมีที่จำเป็น และปฏิกิริยาทางกายภาพจนออกมาจากกระบอกสูบเป็นผลิตภัณฑ์ กระบวนการเตาเผามีความซับซ้อน เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกัน เช่น การขนส่งวัสดุ การถ่ายเทความร้อน และการถ่ายโอนมวลนำไปสู่ความซับซ้อน แบบจำลองกระบวนการ

ประกอบด้วยชุดของสมการเชิงอนุพันธ์ วัสดุ ความลึกตามความยาวของเตาเผามีผลต่อการถ่ายเทความร้อนและมวลสารอย่างมาก กระบวนการเป็นหนึ่งในพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับโมเดลย่อยเหล่านี้ ในการคำนวณแบบจำลองความลึกของวัสดุจะได้รับตามพารามิเตอร์ที่รู้จักกันดีสำหรับเตาเผาแบบหมุนภายใต้การทำงานเป็นแบทช์ สำหรับเตาเผาที่ดำเนินการอย่างต่อเนื่องควรคาดการณ์ความลึกของวัสดุ โมเดลประกอบด้วยสมการเชิงอนุพันธ์ที่มีเพียงวิธีเชิงตัวเลข และพารามิเตอร์รูปแบบ ควรให้เป็นค่าคงที่ที่รู้จัก อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงคุณสมบัติของวัสดุอาจมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากทางกายภาพและทางเคมีปฏิกิริยาภายในเตาเผาแบบหมุน เนื่องจากปัญหาทางเทคนิคที่เกิดจากการทำงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของเตาเผา เช่น ถังหมุนอย่างต่อเนื่องและอุณหภูมิในการทำงานสูง (ไม่เกิน 1500 °C) เมื่อเร็ว ๆ นี้ได้มีการพัฒนาเทคนิคใหม่เพื่อวัดเขตข้อมูล 3D แบบอุณหภูมิอัตโนมัติในเตาเผาแบบหมุน (rotary kilns) หรือถังหมุน (Rotary Drums) ชุดของเทอร์โมคัปเปิลถูกแทรกลงในเตาเผาที่มีความลึกของรัศมีที่แตกต่างกันและหมุนพร้อมกับผนังเตาเผาในทิศทางรอบทิศ ทำให้สามารถบันทึกอุณหภูมิได้อย่างต่อเนื่องและมีแรงจูงใจในการพัฒนาวิธีการใหม่ ๆ

Shaosheng zet al. (2018) ทำการศึกษาข้อผิดพลาดในการวัดขนาดของหัวเตาเผาในกระบวนการวัดอุณหภูมิของถังเตาเผาแบบหมุน ในการวิจัยนี้ได้นำเสนออัลกอริทึมการชดเชยอุณหภูมิที่มีความแม่นยำสูงสำหรับเตาเผาที่ขึ้นอยู่กับรูปแบบเลขยกกำลังผกผัน อัลกอริทึมจะถูกใช้งานดังต่อไปนี้ ในการศึกษาได้เลือกชุดของจุดบนพื้นผิวของเตาเผาแบบหมุนเป็นจุดตรวจสอบและคำนวณความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่แท้จริงของจุดตรวจสอบและวัดอุณหภูมิโดยเครื่องวัดอุณหภูมิสแกนอินฟราเรด จากนั้นจะมีการวางแผนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของอุณหภูมิและการวัดระยะทาง รูปแบบไม่เชิงเส้นของฟังก์ชันเลขชี้กำลังผกผันถูกสร้างขึ้นตามแนวโน้มของเส้นโค้ง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมสามารถลดข้อผิดพลาดของการวัดอุณหภูมิเมื่อเทียบกับวิธีการแบบดั้งเดิมวิธีการที่นำเสนอลดความผิดพลาดของการวัดอุณหภูมิจาก 1.26% เป็น 0.14%

Zjup Wdse et al (2019) [38] ปริมาณขยะอันตรายในโลกกำลังเพิ่มขึ้นทุกปี เพื่อมีประสิทธิภาพในการกำจัดที่สูงขึ้นและลดมลภาวะ ต้องมีการศึกษาเทคโนโลยีการเผาขยะอันตรายต่อไป การศึกษางานวิจัยครั้งนี้ส่วนใหญ่จะทำการทบทวนความก้าวหน้าของงานวิจัยในเตาเผา, ตะกรัน และการปลดปล่อยสารมลพิษในเตาเผาแบบหมุนในประเทศจีนและต่างประเทศในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา และทำการวิเคราะห์ให้ครอบคลุมเกี่ยวกับการประเมินผลการวิจัย โดยทำการพิจารณาจากตัวแปรมากที่เกี่ยวข้องในการเผาไหม้ ซึ่งในกระบวนการทางกฎหมายของการควบคุมเผาไหม้ไม่สามารถตรวจสอบได้ในเวลาที่มีข้อจำกัดจากการทดลอง ส่วนมากนักวิจัยมักใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองเพื่อทำนายและตรวจสอบกระบวนการเผาไหม้ในการทดลองและเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับอ้างอิงในการสร้าง

ในระดับเชิงพาณิชย์ได้จากการวิเคราะห์ความคืบหน้าของงานวิจัยในเตาเผาแบบหมุน โดยสังเกตได้จากงานวิจัยพื้นฐานในเตาเผาแบบหมุนมีความสามารถในการเผาไหม้ได้ดี

Fawei Lin (2020) [39] เทคโนโลยีการบำบัดมลพิษก๊าซไอเสียแบบดั้งเดิมนั้นถูกติดตั้งด้วยฟังก์ชันการใช้งานแบบส่วนตัว ในระบบอุตสาหกรรมมักจะทำรวมกันอย่างง่าย ๆ และเพิ่มภาระการปฏิบัติงานของอุปกรณ์ที่ต้องเผชิญกับความกังวลด้านสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวดและมาตรฐานการปล่อยไอเสียที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวทางเทคนิคเหล่านี้ไม่สามารถใช้ได้กับหม้อไอน้ำและเตาเผาอุตสาหกรรมเนื่องจากเงื่อนไขเฉพาะเช่นอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมส่วนประกอบที่ซับซ้อนในก๊าซไอเสียและการทำงานที่ยืดหยุ่น การกำจัดสารมลพิษหลายชนิดพร้อมกันภายในหนึ่งหรือสองอุปกรณ์เป็นทิศทางในอนาคตที่สามารถประหยัดพื้นที่และค่าใช้จ่าย ที่น่าสนใจคือการละลายของ NO_x และปรอทจะเพิ่มขึ้นตามสถานะมานแว่นและสารมลพิษอินทรีย์สามารถสลายตัวเป็นโมเลกุลขนาดเล็กที่ปลอดภัยโดยการออกซิเดชัน โอโซนเป็นสารออกซิไดซ์ของก๊าซที่แรงซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันล่วงหน้าที่อุณหภูมิต่ำตามด้วยการดูดซับเพื่อกำจัดผลิตภัณฑ์ออกซิไดซ์อย่างสมบูรณ์ เอกสารนี้มุ่งเน้นไปที่ความก้าวหน้าของการวิจัยที่เกี่ยวข้องในการเป็นเนื้อเดียวกันและต่างกันออกซิเดชันเร่งปฏิกิริยาของ NO_x มลพิษอินทรีย์และสารปรอทเช่นเดียวกับ NO_x การดูดซับโดยโอโซนเกี่ยวกับการกำจัดแนวทางแบบเต็มกลไกการเกิดปฏิกิริยา, จลนพลศาสตร์, พารามิเตอร์การทำงาน, ประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงและส่วนที่เหลือของโอโซนล้วนถูกสรุปไว้อย่างละเอียด เอกสารนี้ยังทบทวนวิธีการต่าง ๆ อย่างเป็นระบบในการเร่งปฏิกิริยาตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อปรับปรุงกิจกรรมตัวเร่งปฏิกิริยาหวัะทิตและความสำเร็จรวมถึงอุณหภูมิที่ลดลงเช่นโลหะที่ใช้งานปริมาณการไหลโลหะการสนับสนุนสารตั้งต้นและการดัดแปลงอื่น ๆ ในที่สุดเส้นทางเทคนิคโดยรวมของการกำจัดหลายมลพิษพร้อมกันโดยโอโซนถูกวิเคราะห์ กล่าวโดยสรุปเทคโนโลยีโอโซนออกซิเดชันที่มีศักยภาพในการปล่อยมลพิษต่ำไอเสียรวมถึงอุณหภูมิต่ำที่สำคัญไม่มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบในการทำงานและอุปกรณ์ดั้งเดิมอีกทั้งประหยัดพื้นที่และไม่มียุติกรรมการกู้คืนแหล่ง N/S และมีศักยภาพในการปล่อยมลพิษต่ำ

สรุปจากแนวคิด ทฤษฎีและการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่ผ่านมาจากการพิจารณาได้พบว่าโรงพยาบาลส่วนใหญ่ในโลกล้วนแต่ประสบปัญหาในการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อเป็นปัญหาอย่างมาก ซึ่งสาเหตุนั้นก็มาจากการขาดการวางแผนหรือหลักการทบทวนในการตัดสินใจอย่างถูกวิธี ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีเตาเผามูลฝอยติดเชื้อจึงมีบทบาทสำคัญและเป็นที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นระบบที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมน้อยมาก ซึ่งการจัดการมูลฝอยติดเชื้อโดยวิธีการเผาด้วยเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kilns) จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถกำจัดได้ดี ซึ่งสามารถลดมวลน้ำหนักและปริมาตรของมูลฝอยติดเชื้อได้มากถึงร้อยละ 80-90 นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดพื้นที่ในการฝังกลบ โดยเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kilns) เป็นการใช้ความร้อนอุณหภูมิสูงในการทำให้มูลฝอยติดเชื้อเกิดการแตกสลายด้วยความร้อน

(Thermal cracking) ซึ่ง หลักการออกแบบเตาเผาขยะโดยส่วนใหญ่จะใช้หลักการออกแบบในแนวทางของการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ เช่น อัตราการป้อนของอากาศส่วนเกิน อัตราการป้อนขยะ ความเร็วรอบของการเผา ปริมาณแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ที่วัดอยู่ในรูปของแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน เป็นต้นและแนวทางประสิทธิภาพการทำลายขยะด้วยการเผาของเตาเผาขยะนอกจากนี้ยังคำนึงถึงชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาขยะรวมทั้งคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเผาขยะโดยใช้เตาเผาด้วย ส่วนประสิทธิภาพการทำงานที่ดีของเตาเผาขยะนั้นยังเชื่อมโยงถึงการจัดการขยะในเบื้องต้นด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงออกแบบและพัฒนาเตาเผาขยะแบบหมุนให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการเผาไหม้ได้ถึง 80-90% ในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่มีองค์ประกอบหลากหลาย โดยสามารถสร้างนวัตกรรมใหม่และองค์ความรู้เกี่ยวกับการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลซึ่งเป็นการจัดการมูลฝอยติดเชื้ออย่างถูกต้องตามหลักมาตรฐานสากลของ United States Environmental Protection Agency (US.EPA) โดยเตาเผาขยะแบบหมุนมีระบบและประสิทธิภาพในการทำงานสูงไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถลดต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ได้



บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เตาเผาขยะแบบหมุนที่ใช้ในการทดลองของงานวิจัยนี้ถูกปรับปรุงและพัฒนาจากเตาเผาต้นแบบของญี่ปุ่น ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงออกแบบและพัฒนาเตาเผาขยะแบบหมุนให้มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูงเพื่อการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อมีองค์ประกอบหลากหลาย โดยเตาเผาขยะแบบหมุนมีระบบและประสิทธิภาพในการทำงานสูงไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางอากาศและน้ำ ซึ่งเตาเผาขยะแบบหมุนที่ปรับปรุงออกแบบและพัฒนาขึ้นนี้มีองค์ประกอบและหลักการทำงานของเครื่องดังแสดงในภาพประกอบ 31 และ Flow diagram ของเตาเผาขยะแบบหมุนดังแสดงในภาพประกอบ 32



ภาพประกอบ 31 ส่วนประกอบหลักของเตาเผาขยะแบบหมุนที่พัฒนาขึ้น

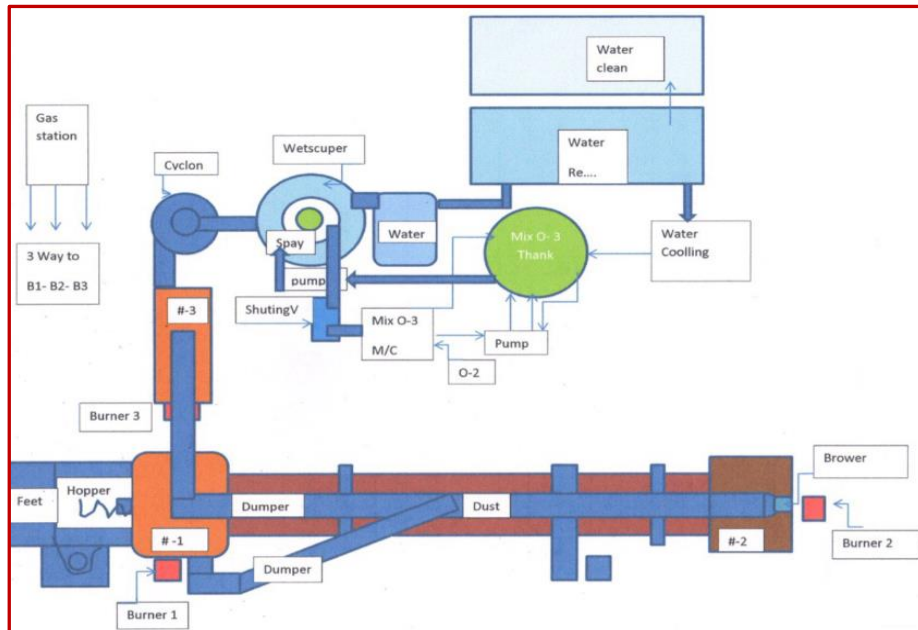
ส่วนประกอบของเครื่องเตาเผาขยะแบบหมุนและหน้าที่การทำงานหลัก ๆ ในแต่ละขั้นตอน มีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 องค์ประกอบและหลักการทำงานของเครื่อง

ส่วนประกอบของระบบเตาเผา	การทำงานของระบบ
1. Hopper	เป็นตัวสำหรับป้อนขยะเข้ามายังห้องเผาไหม้ที่หนึ่งด้วยระบบสกรู
2. ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง	ขยะเข้ามาแล้วก็จะไหลมายังห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ซึ่งมีอุณหภูมิในการเผาไหม้อยู่ในช่วง 700-900 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเกิดการเผาไหม้ในระบบขึ้น
3. ห้องเผาไหม้ที่สอง	ห้องเผาไหม้จะเป็นห้องเผาไหม้แก๊สเสีรอบที่สองเพื่อเพิ่มการทำลายแก๊สมลพิษ เช่น ไดออกซิน และพีวแรน โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 1000-1200 องศาเซลเซียส เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดแก๊สมลพิษ หลังจากนั้นแก๊สเสียที่เหลือก็จะไหลไปยังไซโคลนเพื่อดักจับฝุ่น
4. ไซโคลน	ไซโคลนมีหน้าที่ดักฝุ่นที่มีขนาดเล็กให้ตกลงสู่ด้านล่างของไซโคลนและแก๊สเสียจะไหลขึ้นด้านบนของไซโคลนที่เป็นท่อไปและจะถูกเพิ่มแรงดันของอากาศด้วยพัดลมแรงดันสูง ขนาด 0.5 แรงม้า จะช่วยเพิ่มแรงดันให้กับแก๊สหลังเผาไหม้ที่ออกจากไซโคลนไปยังสกรับปิง
5. สกรับปิง	แก๊สหลังจากการเผาไหม้ก็จะมีละอองฝุ่นที่ผ่านจากไซโคลนมาและแก๊สมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้จะไหลเข้าด้านข้างของถังเหนือน้ำและไหลผ่านขึ้นไปยังแผงรังผึ้ง (Cooling Pad) สวนทางกับละอองน้ำที่มีอุณหภูมิ 15-20 องศาเซลเซียส ที่ถูกฉีดสเปรย์จากด้านบนผ่านไปยังใบบังคับทิศทางไปยังถ่านกัมมันต์เพื่อดูดซับแก๊สที่มีพิษและกลิ่นไว้ เช่น เมทิลซัลไฟด์
6. ห้อง Stack	เป็นห้องที่ใช้สำหรับบำบัดแก๊สมลพิษทางอากาศด้วยระบบของไอโซนห้องบำบัดนี้สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ โดยเฉพาะแบคทีเรีย ทำลายกลิ่น สารเคมี และแก๊สพิษก่อนจะถูกปล่อยออกไปยังปล่องระบายแก๊สหลังการเผาไหม้
7. ปล่องระบายแก๊สหลังการบำบัด	ปล่องระบายแก๊สหลังการเผาไหม้จะมีจุดตรวจวัดอยู่สูงขึ้นไป 10 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง เพื่อทำการวัดปริมาณและคุณภาพของแก๊สหลังการกำจัดออกไปยังสิ่งแวดล้อม เนื่องจากระบบที่มีความร้อนจากการเผาไหม้เพื่อเป็นการลดมลพิษและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจำเป็นจะต้องใช้น้ำเย็นเพื่อบำบัดแก๊สมลพิษ

ส่วนประกอบของระบบเตาเผา	การทำงานของระบบ
8.ระบบบำบัดน้ำด้วยโอโซน	มีคุณสมบัติเป็นสารที่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมี ทั้งกับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยไม่ก่อให้เกิดสารตกค้างที่เป็นพิษ มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้มีประสิทธิภาพในการสลายกลิ่นของสารระเหยต่าง ๆ ได้ดีด้วยการทำปฏิกิริยาเคมีและเปลี่ยนโครงสร้าง ใช้ในการทำลายและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรค แบคทีเรีย ไวรัส สปอร์ เชื้อรา โดยโอโซนจะเข้าไปทำลายผนังเซลล์ ทำให้เชื้อโรคไม่สามารถเจริญเติบโตได้
9.ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศด้วยโอโซน	เป็นตัวกระตุ้นเรียกอีกอย่างว่า ออกซิเจนที่มีพลัง (Active Oxygen) สามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน กับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้เกือบทุกชนิดทั้งในน้ำและอากาศ ทั้งยังสามารถฆ่าเชื้อโรคได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรีย โดยการเข้าไปจับกับโมเลกุล และย่อยสลายสารปนเปื้อนด้วยวิธีการเปลี่ยนโครงสร้างของสารนั้น และยังสามารถทำลายกลิ่น สารเคมี และก๊าซพิษได้ดี
10.บ่อพักน้ำอุ่น	บ่อพักน้ำอุ่นที่รับความร้อนและมลพิษจากแก๊สเสียหลังเผาไหม้ ส่วนเศษฝุ่นตะกอนจะตกลงสู่ด้านล่างของบ่อพักและระบายออกทิ้งส่วนน้ำที่สะอาดจะถูกดึงเข้าไปยังเครื่องทำน้ำเย็น
11.เครื่องทำน้ำเย็น	เครื่องทำน้ำเย็นเพื่อป้อนไปยังถังพักน้ำเย็นก่อนฉีดเข้าไปยังสกรับบิงรับ เมื่อรับโหลดความร้อนแล้วหมุนเวียนเข้ามาเพื่อเพิ่มความเย็นให้กับน้ำอีกครั้ง
12.ถังเก็บน้ำที่บำบัดด้วยโอโซน	ถังเก็บน้ำที่บำบัดด้วยโอโซนสำหรับฉีดไปยังหัวฉีดในสกรับบิง โดยโอโซนละลายน้ำที่ความเข้มข้น 0.01 ppm สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ถึง 99% ภายใน 1 นาที
13.เครื่องผลิตออกซิเจน	เครื่องผลิตออกซิเจนทำหน้าที่ในการเอาอากาศปกติมาสกัดเอาแก๊สอื่น ๆ ออกเหลือเฉพาะออกซิเจนบริสุทธิ์เท่านั้นจะได้ออกซิเจนบริสุทธิ์ประมาณ 93-96 %

พูน ปรณ ทิโต ชีเว

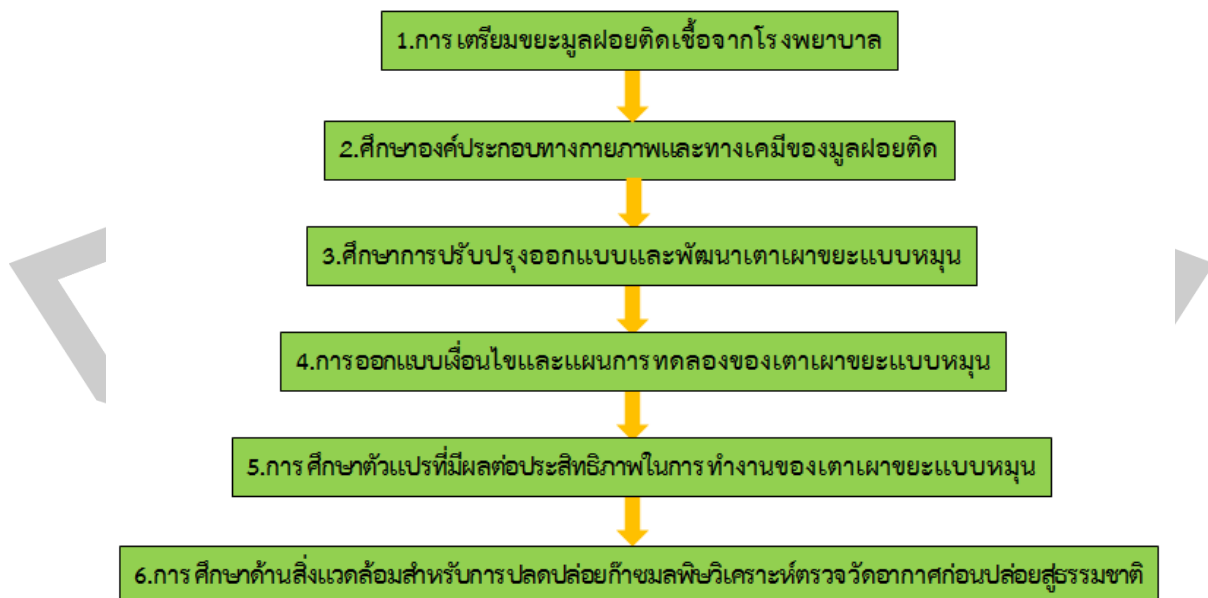


ภาพประกอบ 32 Flow diagram ของเตาเผาขยะแบบหมุน

3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลอง

โดยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการทดลองวิจัยของมูลฝอยติดเชื้อดังแสดงในภาพประกอบ

33



ภาพประกอบ 33 ขั้นตอนการทดลองวิจัย

3.3 การเตรียมมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาล

โรงพยาบาลเป็นสถานบริการสาธารณสุขประเภทหนึ่งที่มีการผลิตของเสียในแต่ละวันเป็นจำนวนมากมีทั้งมูลฝอยทั่วไป มูลฝอยติดเชื้อ ของเสียอันตราย ที่ปนเปื้อนด้วยสารกัมมันตรังสี ยาเสื่อมสภาพ สารเคมีอันตราย และของมีคม ซึ่งหากพิจารณาถึงความเสี่ยง และโอกาสของการได้รับสัมผัสแล้ว มูลฝอยติดเชื้อถือเป็นมูลฝอยที่มีความเสี่ยงสูง เนื่องจากเป็นมูลฝอยที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ในปริมาณ หรือมีความเข้มข้นมาก ถ้ามีการสัมผัสหรือใกล้ชิดกับมูลฝอยแล้วสามารถทำให้เกิดโรคได้ อีกทั้งด้วยลักษณะงานบริการของโรงพยาบาล ทำให้บุคลากรส่วนใหญ่ต้องสัมผัส หรือใกล้ชิดกับมูลฝอยติดเชื้อ ดังนั้นการจัดการมูลฝอยติดเชื้ออย่างถูกหลักสุขาภิบาลจึงมีความสำคัญที่ต้องดำเนินการ เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับสุขภาพอนามัยของบุคลากรในโรงพยาบาล ประชาชน ผู้มาใช้บริการ หรืออาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงและผลกระทบต่อสภาพสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

1.เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน เกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายและการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลประกอบด้วยถุงมือยางหนาผ้ากันเปื้อน ผ้าปิดปาก ปิดจมูกและรองเท้าพื้นยางหุ้มแข้งในขณะปฏิบัติงานรวมทั้งต้องผ่านการอบรมหลักสูตรการป้องกันและระงับการแพร่เชื้อหรืออันตรายที่อาจเกิดจากมูลฝอยติดเชื้อที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด ผู้ปฏิบัติงานต้องแต่งกายรัดกุมป้องกันอันตรายขณะปฏิบัติงานดังแสดงในภาพประกอบ 34



ภาพประกอบ 34 ผู้ปฏิบัติงานต้องแต่งกายรัดกุม [11]

2. การคัดแยกมูลฝอยติดเชื้อ ต้องมีการคัดแยก ณ แหล่งกำเนิดห้ามมิให้เก็บรวบรวมและนำมาคัดแยกภายหลังเพราะอาจทำให้เชื้อโรคแพร่กระจายได้ โดยต้องมีการแยกภาชนะรองรับอย่างชัดเจนดังนี้

2.1 ภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อประเภทวัสดุมีคม เช่น เข็ม ใบบิด เศษแก้ว จะต้องทำด้วยวัสดุที่แข็งแรง ทนทานต่อการแทงทะลุ การกักร่อนของสารเคมีและการรั่วไหลของเหลวมีฝาปิดมิดชิดและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกโดยผู้ขนย้ายไม่มีการสัมผัสกับมูลฝอยติดเชื้อที่ภาชนะต้องมีข้อความ “มูลฝอยติดเชื้อ” ดังแสดงในภาพประกอบ 35



ภาพประกอบ 35 ภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อประเภทวัสดุมีคม [11]

2.2 ภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อประเภทไม่มีคม มีลักษณะเป็นถุงแดงทึบแสงทากจากพลาสติกหรือวัสดุอื่นที่มีความเหนียวไม่ฉีกง่ายทนทานต่อสารเคมี การรับน้ำหนัก กันน้ำได้ไม่รั่วซึมและไม่ดูดซึม มีข้อความสีดำที่มีขนาดสามารถอ่านได้ชัดเจนว่า “มูลฝอยติดเชื้อ” อยู่ภายใต้รูปกะโหลกไขว้ คู่กับตราสัญลักษณ์ที่ใช้ระหว่างประเทศและต้องมีข้อความว่า “ห้ามนำกลับมาใช้อีก” และ “ห้ามเปิด” ในกรณีที่โรงพยาบาลมีดำเนินการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อเอง ต้องระบุชื่อโรงพยาบาลไว้ที่ถุงขนาดถุงต้องมีความจุเพียงพอสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อไม่เกิน 1 วัน เป็นถุงที่ผลิตจาก Polypropylene มีคุณสมบัติแข็งแรงทนทานต่อการรั่วซึมและการเจาะทะลุอุณหภูมิใช้งานปกติที่ 134 องศาเซลเซียส สามารถทนอุณหภูมิได้สูงสุดถึง 140 องศาเซลเซียส มีความหนา 2 มิลลิเมตร พร้อมกับสายรัดปิดปากถุง ที่มีความยืดหยุ่น ทนต่ออุณหภูมิ autoclaving และขยายเพื่อให้เกิดการระบายของไอน้ำ ผ่านมาตรฐานการทดสอบความทนทาน ของ Dart Impact Resistance Test of 165g, ASTM D1709-85 พิมพ์ด้านหลังของถุงเป็นสัญลักษณ์ดังแสดงในภาพประกอบ 36



ภาพประกอบ 36 ถุงขยะมูลฝอยติดเชื้อ [11]

ภาชนะที่ใช้สำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อประเภทมีคมและไม่มีคมต้องมีการใช้งานเพียงครั้งเดียวและทำลายพร้อมกับการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อการทำลายด้วยสารเคมีเบื้องต้นส่วนใหญ่จะใช้น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1-0.5 % เเทรดาบนมูลฝอยติดเชื้อที่ใส่ในถุงพลาสติกสีแดง จากนั้นปิดปากถุงแล้วนำไปกำจัดต่อไป

3.การเก็บรวบรวม มูลฝอยติดเชื้อที่คัดแยกแล้วจะต้องมีการเก็บรวบรวมด้วยวิธีการดังต่อไปนี้คือมูลฝอยติดเชื้อประเภทมีคม บรรจุไม่เกิน 3 ใน 4 ส่วนของกล่องเพื่อเหลือที่ไว้ปิดฝาภาชนะและป้องกันการหกหล่นหรือแทงทะลุขณะปิดฝาภาชนะและมูลฝอยติดเชื้อประเภทไม่มีคม บรรจุไม่เกิน 2 ใน 3 ส่วนของถุง และมัดปากถุงด้วยเชือกหรือวัสดุอื่นให้แน่นเพื่อเหลือเนื้อที่ไว้จับยก ดังแสดงในภาพประกอบ 37



ภาพประกอบ 37 ถุงขยะมูลฝอยติดเชื้อ [11]

3.4 การศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีของมูลฝอยติดเชื้อ

ตัวอย่างขยะติดเชื้อที่นำมาทดสอบในงานวิจัยนี้ นำมาจากโรงพยาบาล คลินิกและสถานประกอบการเกี่ยวกับทางการแพทย์ โดยมูลฝอยติดเชื้อมีต้นกำเนิดขึ้นจากการให้บริการทางการแพทย์ ได้แก่การรักษาพยาบาล, การเภสัชกรรม, การทันตกรรม, การตรวจวินิจฉัย โดยมีกระบวนการจัดเก็บและรวบรวมแยกกันอย่างชัดเจนกับขยะทั่วไปที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาล สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างขยะติดเชื้อทั้งทางด้านกายภาพและเคมี จะทำการสุ่มตัวอย่างขยะติดเชื้อประมาณ 178 kg โดยทำการเปิดถุงและเทกองรวมกันเพื่อทำการคลุกเคล้าให้เข้ากันและทำการสุ่มตัวอย่างบางส่วนเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางด้านกายภาพซึ่งประกอบด้วยความหนาแน่นและสัดส่วนของแต่ละองค์ประกอบในขยะ ส่วนการวิเคราะห์ทางด้านเคมีทำได้โดยสุ่มตัวอย่างไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C จนน้ำหนักคงที่และวิเคราะห์หาความชื้น จากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแล้วไปบดละเอียดเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าหาองค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Analysis) และหาองค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis)

3.4.1 การศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพ

1. การหาองค์ประกอบ (Composition) ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสุ่มตัวอย่างมูลฝอยติดเชื้อเพื่อทำการคัดแยกประเภทพบว่ามีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้คือ ผ้า, ยาง, พลาสติก, กระดาษ, กระจกและแก้ว โดยพบมูลฝอยติดเชื้อพวกโลหะเพียงเล็กน้อยและอื่น ๆ โดยนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกข้อมูล

2. ความหนาแน่นปกติ (Bulk Density) หมายถึง ค่าความหนาแน่นของมูลฝอยติดเชื้อในภาชนะเก็บรวบรวมขยะ ซึ่งตามปกติจะมีการอัดให้แน่นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น วิธีการนำมูลฝอยติดเชื้อที่ทำการสุ่มตัวอย่างแล้วมาตวงด้วยภาชนะตวงขยะ ยกภาชนะตวงขยะมูลฝอยสูงจากพื้นประมาณ 30 เซนติเมตรแล้วปล่อยให้กระแทกกับพื้น 3 ครั้ง หากปริมาณของมูลฝอยติดเชื้อในถังตวงลดลงต่ำกว่าระดับที่ใช้วัดปริมาตร ให้เติมมูลฝอยติดเชื้อเพิ่มลงไปจนได้ระดับ นำภาชนะตวงขยะที่บรรจุขยะมูลฝอยติดเชื้อมาชั่งน้ำหนัก [40] เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าความหนาแน่นทดลองหาค่าความหนาแน่นหลายๆ ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยเป็นค่าความหนาแน่นปกติ

สามารถนำมาคำนวณหาความหนาแน่นได้โดยใช้ดังสมการที่ 3.1

$$D = \frac{W1-W2}{V} \quad (3.1)$$

เมื่อ D = ความหนาแน่นปกติ (Bulk Density)

$W1$ = น้ำหนักขยะมูลฝอยติดเชื้อและน้ำหนักของภาชนะตวงขยะ

$W2$ = น้ำหนักภาชนะตวงขยะมูลฝอยติดเชื้อ

V = ปริมาตรภาชนะตวงขยะมูลฝอยติดเชื้อ

3.4.2 การศึกษาสมบัติแบบประมาณ (Proximate analysis)

การวิเคราะห์แบบประมาณเป็นการวิเคราะห์มูลฝอยติดเชื้อเพื่อหาปริมาณน้ำหรือความชื้น (moisture content) สารระเหย (volatile matter) คาร์บอนคงที่ (fixed carbon) และเถ้า (Ash) ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของมูลฝอยติดเชื้อที่แบ่งตามช่วงอุณหภูมิของการสลายหรือการแยกตัว โดยเริ่มจากการให้ความร้อนในอุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิที่น้ำระเหยออกได้ นำไปอบประมาณ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 950 ± 20 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อให้ส่วนที่สามารถระเหยและติดไฟได้หลุดออก ส่วนนี้เรียกว่าสารระเหย หลังจากนั้นของแข็งที่เหลืออยู่คือปริมาณคาร์บอนคงที่และเถ้า คาร์บอนคงที่ที่ถูกกำจัดออกจากเถ้าได้โดยการเผาต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 575 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ของแข็งที่เหลือจะไม่สามารถเผาไหม้ได้คือเถ้า โดยการวิเคราะห์แบบประมาณมีรายละเอียดและขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นในมูลฝอยติดเชื้อสามารถดำเนินการโดยมาตรฐาน ASTM E1756-08 [41] ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ ชั่งตัวอย่างมูลฝอยติดเชื้อประมาณ 1 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง บันทึกค่ามูลฝอยติดเชื้อตั้งต้น ($M_{\text{wet biomass}}$) นำถ้วยกระเบื้องที่ใส่ตัวอย่างแล้วไปไว้ในเตาดังภาพประกอบ 38 ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำถ้วยกระเบื้องออกจากเตาไปไว้ในภาชนะโถดูดความชื้นดังภาพประกอบ 39 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อรอให้ถ้วยกระเบื้องเย็นตัวลง ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาในระดับ 0.0001 กรัม นำถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาไปอบต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผาไปไว้ในภาชนะทำแห้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อรอให้ถ้วยกระเบื้องเย็นตัวลง ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาปิดอีกครั้ง แล้วทำซ้ำในส่วนของการนำไปอบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผาไปไว้ในภาชนะทำแห้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำซ้ำจนกระทั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเปลี่ยนแปลงไปน้อยกว่า 0.3 มิลลิกรัม บันทึกน้ำหนักสุดท้ายหักน้ำหนักถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาออก ได้เป็นน้ำหนักของมูลฝอยติดเชื้อที่แห้งแล้ว ($M_{\text{dried biomass}}$) จากนั้นคำนวณปริมาณความชื้นดังแสดงในสมการที่ (3.2)

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{M_{\text{wet biomass}} - M_{\text{dried biomass}}}{M_{\text{wet biomass}}} \times 100 \quad (3.2)$$



ภาพประกอบ 38 เตาอบ



ภาพประกอบ 39 โถดูดความชื้น

2. ปริมาณสารระเหย

ปริมาณสารระเหยหาโดยใช้มาตรฐาน ASTM E872-82 [42] มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ นำถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาที่จุกตัวอย่างที่แห้งแล้วไปไว้ในเตาเผาตั้งภาพประกอบ 40 ที่อุณหภูมิ 950 ± 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที จากนั้นนำถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาลอกจากเตา โดยไม่ให้ฝายับเขยื้อน ปล่อยให้ถ้วยกระเบื้องเย็นตัวลงในภาชนะทำแห้ง ซึ่งถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาและตัวอย่างใน ระดับ 0.0001 กรัม บันทึกน้ำหนักที่หักน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาลอกได้เป็นน้ำหนักของ

ตัวอย่างหลังการระเหยสารระเหยออกไป ซึ่งก็คือคาร์บอนคงที่รวมกับเถ้า $M_{\text{solid residue@950}^{\circ}\text{C}, 7 \text{ min}}$ จากนั้นคำนวณปริมาณสารระเหยดังแสดงในสมการที่ (3.3)

$$\text{ปริมาณสารระเหย (\%)} = \frac{M_{\text{dried biomass}} - M_{\text{solid residue@950}^{\circ}\text{C}, 7 \text{ min}}}{M_{\text{wet biomass}}} \times 100 \quad (3.3)$$



ภาพประกอบ 40 เตาเผา

3. ปริมาณเถ้า

ปริมาณเถ้าหาได้โดยมาตรฐาน ASTM E1755-01 [43] มีขั้นตอนดังนี้ นำถั่วยกกระเบื้องที่ได้จากการหาสารระเหยไปไว้ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 575 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำถั่วยกกระเบื้องออกจากเตาเผาไปไว้ในภาชนะทำแห้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อรอให้ถั่วยกกระเบื้องเย็นตัวลง ชั่งน้ำหนักถั่วยกกระเบื้องพร้อมฝาและตัวอย่างในระดับ 0.0001 กรัม จากนั้นทำซ้ำในขั้นตอนการเผา เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ในช่วง 0.0003 กรัม บันทึกน้ำหนักสุดท้ายหักน้ำหนักถั่วยกกระเบื้องพร้อมฝาออก ได้เป็นน้ำหนักของเถ้า M_{ash} จากนั้นคำนวณปริมาณเถ้าดังแสดงในสมการที่ (3.4)

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{M_{\text{ash}}}{M_{\text{wet biomass}}} \times 100 \quad (3.4)$$

4. ปริมาณคาร์บอนคงที่

ปริมาณคาร์บอนคงที่หาได้โดยใช้ผลต่างของปริมาณความชื้น สารระเหย และ เถ้า สามารถคำนวณปริมาณคาร์บอนคงที่ได้ดังแสดงในสมการที่ (3.5)

$$\text{ปริมาณคาร์บอนคงที่ (\%)} = 100 - \text{ปริมาณความชื้น (\%)} - \text{ปริมาณสารระเหย (\%)} - \text{ปริมาณเถ้า (\%)} \quad (3.5)$$

3.4.3 การศึกษาสมบัติแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis)

การศึกษาองค์ประกอบของปริมาณธาตุในตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) เพื่อหาปริมาณธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ (CHNS Elemental Analyzer) รุ่น Analyzer CHNS-932 ซึ่งเป็นเครื่องมือวิเคราะห์แบบอัตโนมัติสำหรับหาปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ ส่วนธาตุออกซิเจนใช้วิธีการคำนวณโดยหาจากผลต่างของธาตุ จากการสังเกตพบว่าองค์ประกอบของธาตุที่อยู่ในเชื้อเพลิงที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี Ultimate Analysis มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง การศึกษาพบว่าค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้สามารถคาดการณ์ได้จาก Ultimate Analysis โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (3.6)

$$\text{HHV} = 0.3491\text{C} + 1.1783\text{H} + 0.1005\text{S} - 0.1034\text{O} - 0.0151\text{N} - 0.0211\text{Ash} \quad (3.6)$$

เมื่อ HHV = เป็นค่าความร้อนสูง (kJ/kg)

ส่วน C, H, S, O, N, Ash เป็นสัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก โดยมีค่าความผิดพลาดที่ร้อยละ 1.45

[44]

3.4.4 การศึกษาค่าความร้อนของการเผาไหม้ (Heating value determination)

การหาค่าความร้อนโดยใช้บอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงโดยอาศัยหลักการทำงานด้วยกระบวนการตามมาตรฐาน เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปแล้วให้พลังงานความร้อนออกมาซึ่งกำหนดให้อยู่ในรูปของค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงต่อน้ำหนัก เช่น กิโลจูลต่อกิโลกรัม บีทียูต่อปอนด์ กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงคือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจากเชื้อเพลิง เนื่องจากการสันดาปที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ในระบบโดยปกติการสันดาปของเชื้อเพลิงจำพวกสารไฮโดรคาร์บอนเมื่อสันดาปในบรรยากาศของออกซิเจน ผลของการสันดาปได้แก่ออกไซด์คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และน้ำ (H₂O) การหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงโดยใช้บอมบ์แคลอริมิเตอร์โดยการนำเอาเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบ

ไปซึ่งน้ำหนักให้ละเอียดมาเผาไหม้กับออกซิเจนบริสุทธิ์ภายใต้ความดันภายในบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ถ่ายเทให้กับตัวบอมบ์ น้ำหล่อเย็นรอบตัวบอมบ์และอุปกรณ์อื่นๆ โดยรอบสามารถวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์และปริมาณความร้อนแสดงเป็นข้อมูล โดยค่าความร้อน (High Heating Value) คือค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงเมื่อเทียบต่อ 1 หน่วยน้ำหนัก หรือปริมาตรของเชื้อเพลิง โดยมีหน่วยเป็น kJ/kg, kcal/kg, Btu/lb หรือ kcal/litre เป็นต้น จะเป็นค่าที่บ่งบอกว่าชีวมวลนั้น ๆ มีความเหมาะสมที่จะนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงหรือไม่ โดยวิธีการวิเคราะห์อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D2015 ดังแสดงในภาพประกอบ 41

โดยค่าความร้อน (Heating Value) ของเชื้อเพลิงเป็นปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ชีวมวลอย่างสมบูรณ์ โดยค่าความร้อนเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของเชื้อเพลิง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าในชีวมวล ซึ่งค่าความร้อนของเชื้อเพลิงมีอยู่ 2 ค่า คือ ค่าความร้อนสูง (Higher Heating Value, HHV) และค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value, LHV) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ค่าความร้อนสูง (HHV) คือ ค่าความร้อนที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง bomb calorimeter ที่สภาวะมาตรฐาน (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ) โดยเชื้อเพลิงชีวมวลจะถูกเผาไหม้ในภาชนะปิดที่แช่อยู่ในน้ำ หลังจากเชื้อเพลิงชีวมวลเผาไหม้จะคายความร้อนให้แก่ น้ำ ทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเราสามารถหาปริมาณค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลได้จากการวัดอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของน้ำ (เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ ไอน้ำที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้จะควบแน่นเป็นของเหลว)

2. ค่าความร้อนต่ำ (LHV) คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่พิจารณาว่าไอน้ำที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ไม่ได้ควบแน่นเป็นของเหลว โดยความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงบางส่วนจะถูกใช้ไปในการระเหยน้ำที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ให้อยู่ในสถานะไอ (เอนทัลปีของไอน้ำมีค่าสูงกว่าเอนทัลปีของน้ำที่สภาวะของเหลว) ดังนั้นค่าความร้อนต่ำ (LHV) จะมีค่าน้อยกว่าค่าความร้อนสูง (HHV) หรือถ้ารู้องค์ประกอบธาตุของไฮโดรเจนในเชื้อเพลิงชีวมวลและค่าความร้อนสูง สามารถคำนวณค่าความร้อนต่ำได้จากสมการที่ 3.7

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 211.19H \quad (\text{kJ/kg}) \quad (3.7)$$

เมื่อ H = ร้อยละขององค์ประกอบไฮโดรเจนในชีวมวล (wt% of hydrogen)



ภาพประกอบ 41 เครื่อง Bomb calorimeter

3.4.5 การศึกษาองค์ประกอบของโลหะหนักและธาตุอื่น ๆ

เป็นการศึกษาองค์ประกอบของโลหะหนักเพื่อวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับวิเคราะห์เชื้อเพลิง (ธาตุอัลคาไลน์, ธาตุคลอรีน, ธาตุโลหะต่าง ๆ) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray fluorescence Energy dispersive spectrometer (Model XGT-5200) (จำนวนตัวอย่าง 12 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง/ชั่วโมง ในการเดินระบบ 12 ชั่วโมง)

3.5 การปรับปรุงออกแบบและพัฒนาเตาเผาขยะแบบหมุนให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูง

ระบบเตาเผาชนิดนี้ทำให้ขยะขยับเคลื่อนที่พร้อม ๆ กับการกววขยะให้เข้ากันโดยขยะมูลฝอยจะถูกเผาไหม้ในห้องทรงกระบอก ซึ่งสามารถหมุนได้รอบแกนและมีฉนวนหุ้มโดยรอบขยะจะเคลื่อนตัวไปตามผนังของเตาเผาทรงกระบอกตามการหมุนของเตาเผาที่ทำมุมเอียงกับแนวระดับทำให้ขยะเกิดการพลิกกลับและติดไฟได้ทั่วถึงเกิดการลุกไหม้ที่สมบูรณ์ จะก่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการควบคุมการเผาไหม้และอุณหภูมิ เตาเผาแบบหมุนส่วนใหญ่จะเป็นแบบผนังอิฐทนไฟ โดยเตาเผาแบบนี้สามารถเผาไหม้มูลฝอยติดเชื้อที่มีสมบัติไม่สม่ำเสมอได้และสามารถควบคุมระยะเวลาการเผาไหม้ของขยะในเตาเผา (Residence Combustion Time of Waste) ได้ดีทำให้เหมาะสำหรับการเผาทำลายขยะมูลฝอยอุตสาหกรรมที่ต้องการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะมูลฝอยอันตราย (Hazardous Waste) ด้วยเหตุนี้เตาเผาแบบหมุนจึงสามารถที่จะใช้ในการเผาขยะมูลฝอยได้ทุกประเภทไม่ว่าจะเป็นขยะหรือของเสียที่เป็นของแข็ง ของเหลวหรือก๊าซในเวลาเดียวกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะอุตสาหกรรม ขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลหรือขยะชุมชน เตาเผาขยะแบบหมุนที่ใช้ในการทดลองของงานวิจัยนี้ถูกปรับปรุงและพัฒนาจากเตาเผาต้นแบบของญี่ปุ่น ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการ

ปรับปรุงออกแบบและพัฒนาห้องเผาไหม้ที่ 1 (Rotary kiln combustion primary chamber) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.1. การออกแบบห้องเผาไหม้ที่ 1 (Rotary kiln combustion primary chamber)

ขนาดความจุจะต้องให้เหมาะสำหรับการเผาไหม้ของมูลฝอยติดเชื้อโดยตรง ซึ่งความจุในห้องป้อนขยะจะต้องมีขนาดของช่องเปิดให้เหมาะสมกับขนาดถุงบรรจุขยะของโรงพยาบาล ซึ่งเตาเผาที่ออกแบบพัฒนานี้ต้องมีประสิทธิภาพการเผาไหม้ได้ไม่น้อยกว่า 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผากำหนดให้ป้อนครั้งละ 10 กิโลกรัมต่อทุก ๆ 6 นาที ซึ่งในหนึ่งชั่วโมงจะมีการป้อนมูลฝอยเข้าเตาประมาณ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยเตาที่ออกแบบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร และมีความยาวเท่ากับ 4.5 เมตร คิดเป็นปริมาตรห้องเผาไหม้ 0.70 ลูกบาศก์เมตร สำหรับมูลฝอยที่ใช้ในการทดลองมีความหนาแน่นเฉลี่ย 173.45 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นมูลฝอย 100 กิโลกรัมจะมีปริมาตรประมาณ 0.5 ลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตาม ในการออกแบบได้กำหนดให้มูลฝอยที่บรรจุเข้าเตาเผามีปริมาตรเป็น 1 ใน 4 ของปริมาตรห้องเผาไหม้หลัก (Reynolds et al., 1991) ดังนั้นจึงออกแบบให้ปริมาตรของห้องเผาไหม้หลักนี้เท่ากับ 0.70 ลูกบาศก์เมตร (รายละเอียดการคำนวณอยู่ในภาคผนวก ค) โดยห้องเผาไหม้ที่ 1 จะประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนด้านหน้าของห้องเผาไหม้ ส่วนห้องเผาไหม้แบบหมุน และส่วนของห้องเผาไหม้ด้านหลังมีรายละเอียดดังนี้

1. ส่วนด้านหน้าห้องเผาไหม้

ภายนอกทำด้วยเหล็กขึ้นรูปปูนฉาบฉนวนความร้อน ภายในหล่อด้วยคอนกรีตทนไฟเป็นส่วนที่อยู่ระหว่างระบบป้อนของเสียและส่วนของห้องเผาไหม้แบบหมุน โดยส่วนนี้จะไม่มีการเคลื่อนที่มีช่องสำหรับป้อนของเสียเข้าส่วนห้องเผาไหม้แบบหมุน ช่องสำหรับเทอร์โมคัปเปิ้ล ช่องสำหรับหัวเผา และช่องสำหรับจ่ายอากาศเพื่อช่วยในการเผาไหม้ดังแสดงในภาพประกอบ 42



ภาพประกอบ 42 ส่วนด้านหน้าของห้องเผาไหม้

2. ส่วนห้องเผาไหม้แบบหมุน (Rotary kiln)

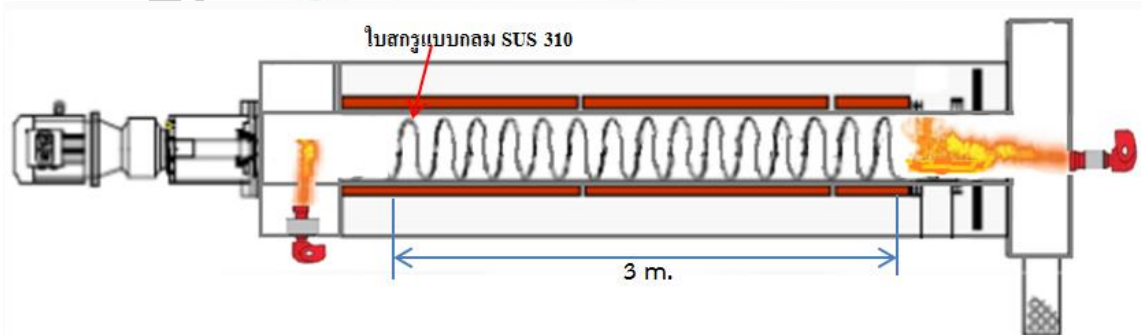
ขยะที่จะนำเข้าเผาไหม้จะถูกลำเลียงด้วยระบบป้อนขยะโดยใช้แบบสกรูขับเคลื่อน ส่วนของห้องเผาไหม้แรกจะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ภายนอกทำด้วยเหล็กขึ้นรูปปูนฉาบทนความร้อนภายในหล่อด้วยคอนกรีตทนไฟส่วนนี้จะมีหน้าที่เผาไหม้ของเสียโดยในระหว่างการเผาห้องเผาไหม้จะหมุนไปด้วย โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับเฟืองทดผ่านโซ่มายังฟันโซ่ซึ่งอยู่รอบห้องเผาไหม้โดยห้องเผาไหม้จะหมุนบนลูกกลิ้ง ซึ่งตัวห้องเผาไหม้จะมีมุมเอียงเพื่อให้เถ้าไหลลงไปที่ห้องดับเถ้า กระบวนการเผาไหม้ภายในเตาจะเป็นแบบ Pyrolysis หรือการเผาไหม้ปราศจากออกซิเจน (แต่ในทางปฏิบัติอาจจะมีการเติมอากาศเข้าไปเพื่อช่วยให้การเผาไหม้เกิดได้ง่ายขึ้นและประหยัดเชื้อเพลิง) อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ไม่ต่ำกว่า 750 องศาเซลเซียสและเพื่อให้การควบคุมอุณหภูมิเป็นไปอย่างต่อเนื่อง เตาเผาขยะจะมีหัวเผาเป็นแหล่งให้ความร้อนเสริมด้วยการที่ขยะในเตาเผาสามารถเคลื่อนตัวไปตามการหมุนของเตาจะทำให้ขยะเกิดการพลิกตัวผสมผสานกันดีขึ้นและตัวเตายังออกแบบให้เอียงเล็กน้อยกับแนวระดับจึงทำให้ขยะที่เผาไหม้แล้ว (ซีเถ้า) ถูกลำเลียงไปด้านท้ายเตาสู่ถังดับซีเถ้าต่อไป ส่วนควันและแก๊สต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ในระบบเตาเผาแบบหมุนจะไหลไปยังห้องเผาไหม้ที่ 2 ต่อไป และความเร็วรอบของเตาเผา 0.8 รอบต่อนาทีและเตาเผามีความลาดเอียง 5° เพื่อให้ขยะเกิดการเคลื่อนตัวขณะทำงานจะหมุนตลอดเวลาสามารถควบคุมระยะเวลาการเผาไหม้และปริมาณของเสียอันตรายที่จะเผาได้ จึงทำปฏิกิริยาการเผาทำลายของเสียอันตรายได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังมีส่วนเชื่อมต่อ (Discharge Breaching) ทำหน้าที่ในการแยกเถ้าหนักหรืออนุภาคขนาดใหญ่ที่เกิดจากการเผาไหม้ซึ่งโครงสร้างการออกแบบของห้องเผาที่ 1 แสดงในภาพประกอบ 49,50 โดยมีรายละเอียดในการออกแบบปรับปรุงพัฒนาดังนี้

2.1 ผนังชั้นในที่ 1 ของห้องเผาไหม้มีลวดยึดติดเชื่อโครงสร้างของเตาเผาภายในทำมาจากสแตนเลส SUS 310S หนา 5 mm. ม้วนตามรูปท่อเตา Rotary kiln เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร ยาว 4.5 m. ซึ่งทนความร้อนได้สูงสุดไม่ต่ำกว่า 1,200 องศาเซลเซียส และภายในท่อสแตนเลสจะมีใบสกรูแบบกลมดังแสดงในภาพประกอบ 43, 44 (คุณสมบัติและรายละเอียดของวัสดุในภาคผนวก ข)

พหุ ประถมศึกษา



ภาพประกอบ 43 สแตนเลส SUS 310S



ภาพประกอบ 44 ไบสกรูแบบกลม SUS310

2.2 ผนังชั้นในที่ 2 ของห้องเผาไหม้มูลฝอยติดเชื้อ โครงสร้างของเตาเผาทำจากการหล่อด้วยปูนซีเมนต์ทนไฟ CAS ตาราง 16 ความหนาไม่น้อยกว่า 100 mm. ซึ่งทนความร้อนได้สูงสุดไม่ต่ำกว่า 1,600 องศาเซลเซียส ก่อนทำการหล่อปูนซีเมนต์ทนไฟ CAS ตาราง 16 ต้องทำการเชื่อมหมานเตยหรือ (Stainless Y,V Anchor) ยึดติดกับเปลือกเตาภายในเพื่อให้ปูนยึดติดกับผนังเตาและทำให้เกิดความแข็งแรงไม่เกิดการแตกร้าวของเตา แสดงในภาพประกอบ 45 (คุณสมบัติและรายละเอียดของวัสดุในภาคผนวก ข)



ภาพประกอบ 45 ปูนซีเมนต์ทนไฟ CASตาราง 16

2.3 ผนังชั้นในชั้นที่ 3 มีผนังภายในประกอบด้วยฉนวนกันความร้อนชนิด Ceramic fiber Board หนา 25 mm. ซึ่งทนความร้อนได้ 1260-1400 องศาเซลเซียส แสดงในภาพประกอบ 46 (คุณสมบัติและรายละเอียดของวัสดุในภาคผนวก ข)



ภาพประกอบ 46 Ceramic Fiber Board Blanket

2.4 ผนังชั้นนอก (เปลือกเตา) ทำด้วยเหล็กหนาไม่ต่ำกว่า 6 mm. มาตรฐาน ASTM-A36 ผิวภายนอกเรียบ พ่นด้วยสีทนความร้อนสามารถทนความร้อนได้สูงสุดไม่ต่ำกว่า 650 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิบริเวณผนังชั้นนอกของเตาสามารถสัมผัสได้โดยมีอุณหภูมิที่ผนังภายนอกหรือเปลือกเตาต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส แสดงในภาพประกอบ 47 (คุณสมบัติและรายละเอียดของวัสดุในภาคผนวก ข)

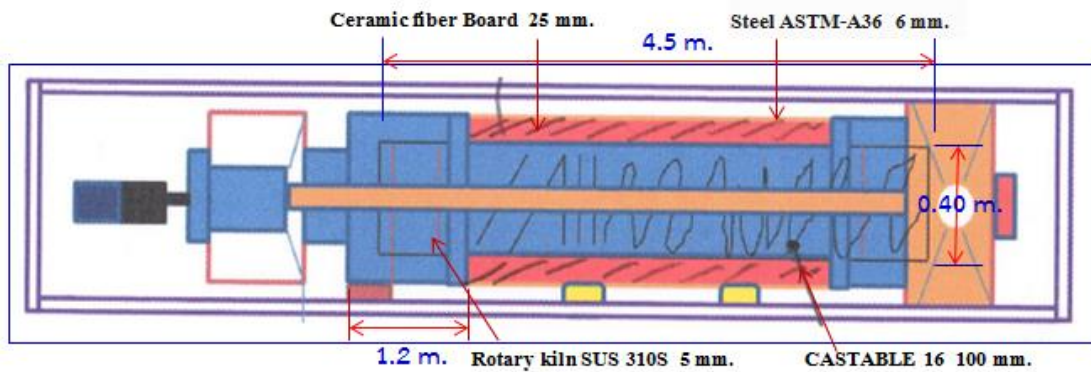


ภาพประกอบ 47 Steel 0.6 mm. ASTM-A36

2.5 มีช่องกระจกทนไฟ สำหรับมองการเผาไหม้ของห้องเผาไหม้มูลฝอยติดเชื้อแสดงในภาพประกอบ 48



ภาพประกอบ 48 กระจกทนไฟหนา 10 mm.



ภาพประกอบ 49 โครงสร้างการออกแบบภายในห้องเผาไหม้แบบหมุน (Rotary kiln)



ภาพประกอบ 50 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเตาเผาขยะแบบหมุน

3. ส่วนหลังของห้องเผาไหม้ (ห้องดักเถ้า) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.70 เมตร ภายนอกทำด้วยเหล็กขึ้นรูปบุฉนวนทนความร้อน ภายในหล่อด้วยคอนกรีตทนไฟ ทำหน้าที่รองรับเถ้าที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเสียจากห้องเผาไหม้แบบหมุน โดยเถ้าที่ไหลเข้ามาจะร่วงลงสู่ด้านล่างของห้องดักเถ้า ซึ่งจะมีช่องสำหรับนำเถ้าออก ในห้องดักเถ้าจะมีช่องมองซึ่งสามารถมองเห็นภายในห้องเผาไหม้แบบหมุนได้นอกจากนี้ด้านบนของห้องดักเถ้า (ยังมีช่องทางระบายก๊าซฉุกเฉินในกรณีที่เกิดก๊าซซึ่งเกิดจากการเผาไหม้มีมากเกินไปอย่างรวดเร็วเกิดการระเบิด) ห้องดักเถ้าอยู่ระหว่างห้องเผาไหม้แบบหมุนกับห้องเผาไหม้หลังดังแสดงในภาพประกอบ 51, 52 และ 53



ภาพประกอบ 51 ข้อต่อภายในส่วนท้ายของเตาเผา



ภาพประกอบ 52 ส่วนหลังของห้องเผาไหม้ (ห้องดักเถ้า)



ภาพประกอบ 53 เถ้าจากห้องดักเถ้า (Ash) และเถ้าลอย, ผงฝุ่นจากไซโคลน (Fly ash, Dust)

3.5.2 ห้องเผาไหม้ที่ 2 (Post-combustion chamber)

ห้องเผาไหม้ที่ 2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เมตร, ความสูง 0.4 เมตรและมีความยาวเท่ากับ 1.3 เมตร คิดเป็นปริมาตรห้องเผาไหม้ 0.3 ลูกบาศก์เมตร ภายนอกทำด้วยเหล็กขึ้นรูปบุฉนวน ภายในหล่อด้วยคอนกรีตทนไฟ ทำหน้าที่เผาไหม้ก๊าซที่เกิดจากห้องเผาไหม้แบบหมุนซ้ำ โดยมีหัวเผาเป็นตัวให้ความร้อน และมีช่องมองเพื่อดูสภาพการเผาภายในห้องเผาไหม้ ด้านล่างของห้องเผาไหม้หลังจะมีช่องสำหรับไถ่ลมที่ลงมาในห้องเผาไหม้หลังด้วย เป็นห้องสำหรับเผาควันและกลิ่นหรือก๊าซและมวล สารต่าง ๆ ที่ไม่สมบูรณ์มาเผาซ้ำเพื่อเพิ่มศักยภาพในการเผาไหม้ก๊าซเสียทำให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ จึงทำให้ปราศจากมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลองสี่เหลี่ยมผืนผ้าเตาแนวนอน ภายในมีระบบตะแกรงรังผึ้งติดตั้งอยู่ 2 ชั้น เพื่อให้มีระยะเวลาการเผาไหม้ของก๊าซ (Retention Time) ไม่น้อยกว่า 2 วินาที และเพื่อช่วยในการดักฝุ่นทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้อยู่ในช่วง 1000-1,200 องศาเซลเซียสก่อนปล่อยต่อเข้ากับระบบควบคุมมลภาวะทางอากาศ ซึ่งโครงสร้างภายในของห้องเผาที่ 2 แสดงในภาพประกอบ 58 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. โครงสร้างเตาผนังชั้นในที่ 1 หล่อด้วยปูนซีเมนต์ทนไฟ CAS ตาราง 16 ความหนาไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร ทนความร้อนได้สูงสุดไม่ต่ำกว่า 1600 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพประกอบ 54



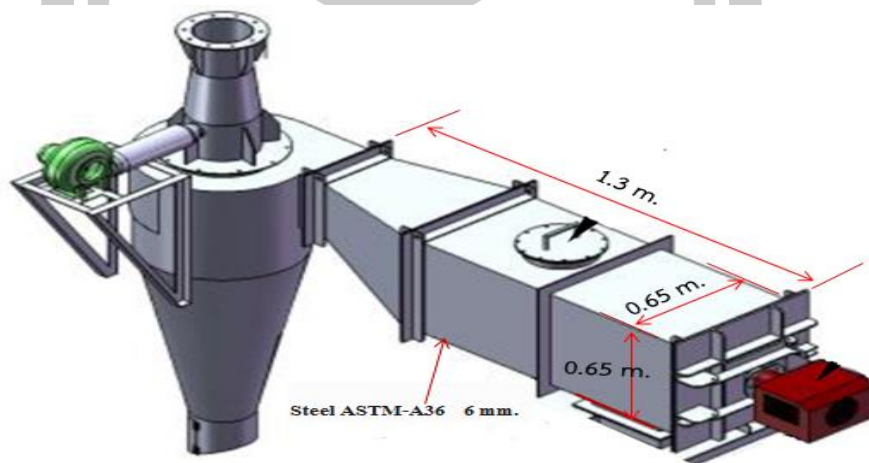
ภาพประกอบ 54 ปูนซีเมนต์ทนไฟ CAS ตาราง 16

2. โครงสร้างเตาผนังชั้นในที่ 2 มีผนังภายในประกอบด้วยฉนวนกันความร้อนชนิด Ceramic fiber Board หนา 25 มิลลิเมตรซึ่งทนความร้อนได้ 1260-1400 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพประกอบ 55



ภาพประกอบ 55 Ceramic Fiber Board Blanket

3. ผนังชั้นนอก (เปลือกเตา) ทำด้วยเหล็กหนาไม่ต่ำกว่า 6 มิลลิเมตร มาตรฐาน ASTM-A36 ผิวภายนอกเรียบ พ่นด้วยสีทนความร้อนสามารถทนความร้อนได้สูงสุดไม่ต่ำกว่า 650 องศาเซลเซียส อุณหภูมิบริเวณผนังชั้นนอกของเตาสามารถสัมผัสได้ โดยต้องมีอุณหภูมิที่ผนังภายนอกหรือเปลือกเตาต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพประกอบ 56



ภาพประกอบ 56 Steel 0.6 mm. ASTM-A36

4. มีช่องกระจกนิรภัย สำหรับมองการเผาไหม้ของห้องเผาไหม้ควันทั้งแสดงในภาพประกอบ

57



ภาพประกอบ 57 ห้องเผาไหม้เตาเผาที่ 2



ภาพประกอบ 58 โครงสร้างภายในของเตาเผาไหม้ที่ 2

3.5.3 อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ในระบบเตาเผา Rotary Kilns มีดังนี้

1.ระบบการป้อน (Hopper)

ระบบป้อนขยะเข้าเตาเผาอยู่ทางด้านหัวเตา เป็นเครื่องมือที่ประกอบด้วยhopper มีช่องสี่เหลี่ยมขนาด 60 x 60 cm. ด้านล่างมีท่อขนาด 10 นิ้วโดยข้างในเป็นระบบสกรูพิสล้ำเสียงขยะเข้าสู่ห้องเผาไหม้ซึ่งมีระบบขับเคลื่อนอยู่ทางด้านหลังประกอบด้วยมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า 1.0 KW. 220V/50Hz ต่อเข้ากับเกียร์ทดรอบ 1:60 เพื่อลดความเร็วรอบร่วมกับอินเวอร์สเตอร์ เพื่อให้ได้ความเร็วรอบตามที่ต้องการซึ่งแสดงในภาพประกอบ 60



ภาพประกอบ 59 ระบบการป้อนขยะ (Hopper)

2. ระบบขับเคลื่อนเตาเผา Rotary kiln

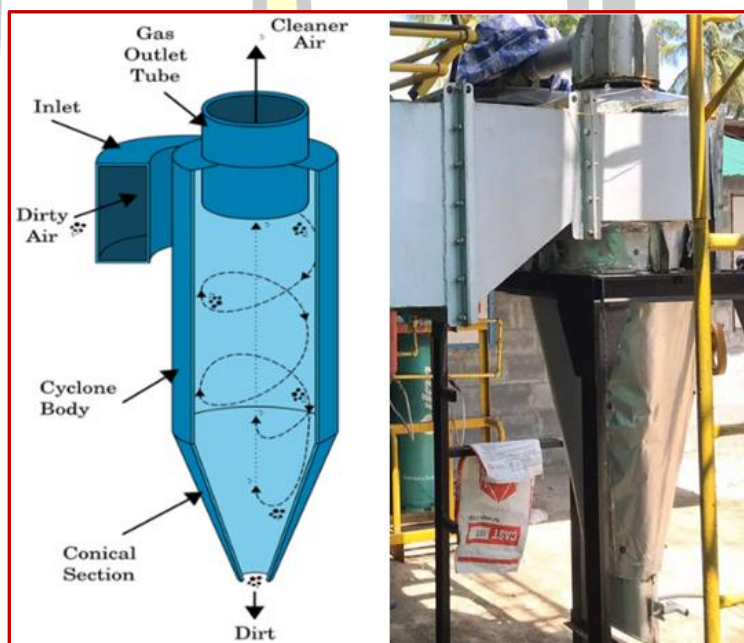
แรงม้าที่ต้องการในการขับเคลื่อนใช้มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า, 1.5 KW. 220V/50Hz ต่อเข้ากับเกียร์ทดรอบ 23 รอบ/วินาที ขนาด 0.75Kw. 220V/50Hz กับเฟืองสเตอร์ขับเคลื่อน RS 60-1B-15T (Standard) โดยใช้อินเวอร์สเตอร์ในการควบคุมซึ่งแสดงในภาพประกอบ 61



ภาพประกอบ 60 ระบบขับเคลื่อนเตาเผา

3. ไซโคลน (Cyclone)

เป็นอุปกรณ์แยกเถ้าเา (Fly ash) โดยใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเกิดกระแสแก๊สหมุนวน (Vortex) ทำให้สามารถแยกอนุภาคของแข็งออกจากแก๊สได้ การเกิดกระแสหมุนวนในไซโคลนสามารถแยกขนาดของถ่านชาร์ออกได้อนุภาคเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร กลไกของแรงหนีศูนย์กลางหรือแรงเหวี่ยงของแก๊สทำให้อนุภาคถูกเหวี่ยงไปยังผนังของไซโคลนแล้วอนุภาคที่หนักจะตกลงไปยังถังเก็บด้านล่าง ส่วนแก๊สจะไหลขึ้นด้านบนของไซโคลนที่เป็นท่อออกไปและจะถูกเพิ่มแรงดันของอากาศด้วยพัดลมแรงดันสูง ขนาด 0.5 แรงม้า จะช่วยเพิ่มแรงดันให้กับแก๊สหลังเผาไหม้ที่ออกจากไซโคลนไปยัง สกรับบิงซึ่งแสดงในภาพประกอบ 62



ภาพประกอบ 61 ไซโคลน (Cyclone)

4. ตาชั่งสปริง

เป็นเครื่องชั่งสปริงแบบเหล็กยี่ห้อ กิเลน รุ่น KR-60 ใช้สำหรับชั่งสิ่งของทั่วไป ก่อนนำสิ่งของมาชั่งให้ตรวจสอบว่าเข็มชี้บนหน้าปัดชี้ที่ตัวเลข 0 วางสิ่งของที่ต้องการชั่งบนถาดแล้วอ่านน้ำหนักตามเข็มชี้บนหน้าปัดดังแสดงในภาพประกอบ 63



ภาพประกอบ 62 ไซโคลน (Cyclone)

5. ระบบวัดอุณหภูมิ

ระบบวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาใช้อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิเป็นเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ซึ่งแสดงในภาพประกอบ 64 วัดอุณหภูมิในช่วง 0–1200 °C ต่อเข้ากับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) อ่านอุณหภูมิแบบดิจิตอล ได้ทำการวัด 8 จุดได้แก่ ในห้องเผาไหม้ที่ 1 (3 จุด) ห้องเผาไหม้ที่ 2 (2 จุด) ก่อนทางเข้าหอลดอุณหภูมิ (1 จุด) ทางออกของหอลดอุณหภูมิ (1 จุด) และบริเวณปลายปล่อง (1 จุด) ตามลำดับ



ภาพประกอบ 63 เทอร์โมคัปเปิลชนิด K

6. ระบบควบคุมระบบการทำงานของเตาเผา

เป็นผู้ควบคุมระบบการทำงานของเตาเผาซึ่งแสดงในภาพประกอบ 65 อุปกรณ์ที่ควบคุมได้แก่

ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) ควบคุมหัวเผา (Burner Gas)
 ควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์ อินเวอร์สเตอร์ปรับความเร็วรอบและอื่น ๆ บนตู้ควบคุมจะมีไฟ
 แสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ แสดงค่าอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ในระบบเตาเผา



ภาพประกอบ 64 ระบบควบคุมเตาเผา

7. หัวเผา (Burner Gas)

มีหัวเผา จำนวน 3 หัว ได้แก่ หัวเผาซึ่งติดตั้งภายในห้องเผาไหม้ที่ 1 (2 ชุด) ซึ่งหัว
 เผามีขนาด 3 นิ้ว 400W 220V/50Hz 291 Kcal/h (ON-OFF AUTUMATIC) และทำการติดตั้ง
 ภายในห้องเผาไหม้ที่ 2 (1 ชุด) โดยหัวเผามีขนาด 3 นิ้ว 600W 220V/50Hz 291 Kcal/h (ON-
 OFF AUTUMATIC) ใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิงซึ่งแสดงในภาพประกอบ 66

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ



ภาพประกอบ 65 หัวเผา (Burner Gas)

8. พัดลมจ่ายอากาศ (Blower)

พัดลมจ่ายอากาศเข้าห้องเผาไหม้มี (2 ตัว) ซึ่งแสดงในภาพประกอบ 67 สำหรับห้องเผาไหม้ที่ 1 และห้องเผาไหม้ที่ 2 มีขนาด กำลังไฟฟ้า : 550W ความเร็วรอบ : 3,000 rpm/s แรงดันไฟฟ้า : 220V/50Hz โดยจ่ายอากาศเข้าห้องเผาไหม้ผ่านวาล์วปีกผีเสื้อซึ่งสามารถปรับปริมาณอากาศที่จ่ายเข้าห้องเผาไหม้ได้



ภาพประกอบ 66 โบเวอร์ (Blower)

9. ตู้คอนโทรลไฟฟ้า (MDB) และมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า

ตู้ MDB (Main Distribution Board) คือตู้สวิตช์บอร์ด (Switchboards) ซึ่งเป็นแผงแรกที่ได้รับไฟจากการไฟฟ้าหรือด้านแรงต่ำของหม้อแปลงจำหน่าย จึงเป็นตู้ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์

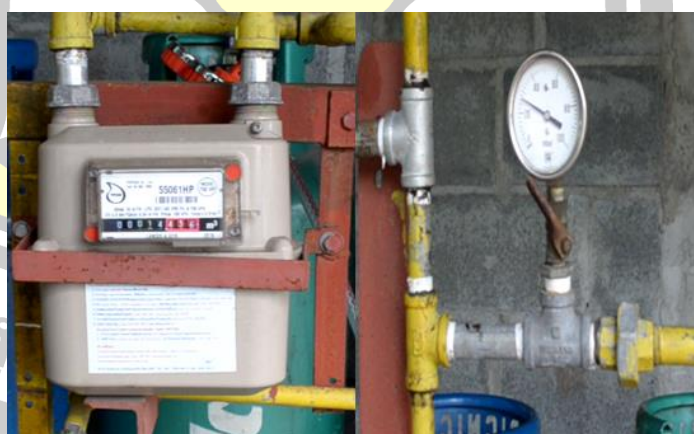
ควบคุมไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อทำหน้าที่หลักคือจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังแผงย่อยต่าง ๆ (Sub Distribution Board) ของอาคารและมีเตอร์ไฟใช้เพื่อวัดการใช้กระแสไฟฟ้าในระหว่างการปฏิบัติงาน แสดงในภาพประกอบ 68



ภาพประกอบ 67 ตู้คอนโทรลไฟฟ้าและมีเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า

10. มิเตอร์วัดปริมาตรการใช้แก๊สและ เกจวัดแรงดันแก๊ส (LPG Pressure Gauge)

มิเตอร์วัดปริมาตรการใช้แก๊ส รุ่น Type: MODEL 750 HP Max Inlet pressure: 1.5Bar (1.5kg/cm²)=21.7 PSI=150kPa และเกจวัดแรงดันแก๊ส (LPG Pressure Gauge) เป็นเกจวัดแรงดันสำหรับแก๊ส LPG หน้าปัดสแตนเลส 2.5" เกลียวทองเหลืองออกกลางหน้าปัด M-NPT 1/4" สเกลช่วงการวัด 20kg/cm² คู่กับ 0-300 psi ซึ่งแสดงในภาพประกอบ 69



ภาพประกอบ 68 มิเตอร์วัดปริมาตรแก๊สและเกจวัดแรงดันแก๊ส

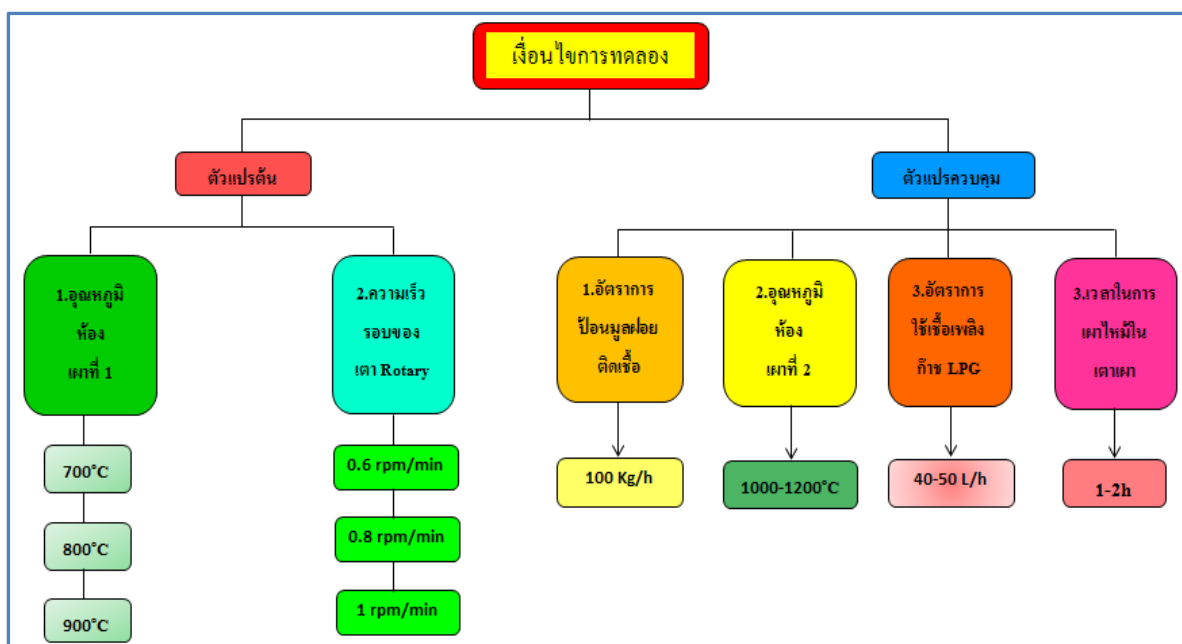
11. ระบบเชื้อเพลิงที่ใช้ในระบบ แก๊ส (LPG) ซึ่งแสดงในภาพประกอบ 70



ภาพประกอบ 69 แก๊ส (LPG) ขนาดถัง 48 kg

3.6 ศึกษาการออกแบบและพัฒนาเตาเผาขยะแบบหมุนโดยมีเงื่อนไขและแผนการทดลองดังนี้

เพื่อศึกษาหาความสามารถในการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อของเตาเผาขยะแบบหมุนที่ได้ ออกแบบและพัฒนาขึ้น ดังแสดงในภาพประกอบ 71 ตัวแปรและเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้ ตัวแปรต้นแบ่งเป็นสองส่วนคืออุณหภูมิในห้องเผาที่หนึ่งซึ่งถูกกำหนดในการทดลองเผามูลฝอยติดเชื้อ คือ 700, 800, 900 องศาเซลเซียส ตามลำดับและการเปลี่ยนความเร็วรอบของ rotary kilns 0.6, 0.8, 1 รอบต่อนาที ตามลำดับ ส่วนตัวแปรควบคุมแบ่งเป็นสี่ส่วนมีดังนี้ การป้อนมูลฝอยติดเชื้อเข้าเตาเผา 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง, อุณหภูมิในส่วนของห้องเผาที่สองโดยทดลองเผาอยู่ในช่วง 1000-1200 องศาเซลเซียส, อัตราการใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (LPG) อยู่ในช่วง 40-50 ลิตรต่อชั่วโมง และใช้เวลาในการเผาไหม้ในเตาขยะเตาอยู่ในช่วง 1-2 ชั่วโมง โดยสามารถสรุปแผนการทดลองเผามูลฝอยติดเชื้อด้วยเตาเผาแบบหมุนดังตาราง 11



ภาพประกอบ 70 เงื่อนไขในการเผาทำลายขยะติดเชื้อด้วยเตาเผาแบบหมุน

ตาราง 11 แผนการทดลองการเผาขยะติดเชื้อด้วยเตาเผาแบบหมุน

การทดลองที่	ชนิดขยะ	อุณหภูมิ °C		ความเร็วรอบของ (rpm/min)	อัตราการป้อนขยะ (kg/h)	อัตราการใช้ก๊าซ LPG (L/h)	เวลาในการเผาไหม้ในเตาเผา (h)
		ห้องที่ 1	ห้องที่ 2				
1	ขยะติดเชื้อ	700	1000 ถึง 1200	0.6	100	40-50	1
2		700		0.6			
3		800		0.6			
4		800		0.6			
5		900		0.6			
6		900		0.6			
7		700	0.8	100	40-50	1	
8		700	1000				0.8
9		800	ถึง				0.8
10		800	1200				0.8
11		900	0.8				

การทดลองที่	ชนิดขยะ	อุณหภูมิ °C		ความเร็วรอบของ (rpm/min)	อัตราการป้อนขยะ (kg/h)	อัตราการใช้ก๊าซ LPG (L/h)	เวลาในการเผาไหม้ในเตาเผา (h)
		ห้องที่ 1	ห้องที่ 2				
12		900		0.8			
13		700		1			
14		700		1			
15		800	1000	1	100	40-50	1
16		800	ถึง	1			
17		900		1			
18		900		1			
			1200				

3.7 การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเตาเผา

ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเตาเผาสามารถทำได้โดยการศึกษาข้อมูลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดหรือเผาทำลายว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้หรือไม่ เช่น อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 และอัตราความเร็วรอบของเตาเผา ปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้แก๊ส (LPG) ระยะเวลาในการเผาไหม้ในเตาเผา ปริมาณเถ้าที่เหลือจากการเผา ค่าใช้จ่ายในการเผาและปริมาณแก๊สมลพิษที่เกิดขึ้นจากปลายปล่องระบายจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานโดยค่าดัชนีหรือพารามิเตอร์สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเตาเผาซึ่งแสดงดังตาราง 12



ตาราง 12 พารามิเตอร์ที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเตาเผา

พารามิเตอร์ (Parameter)	หน่วยวัด (Unit)	เครื่องมือตรวจวัด (Sensor)
1. อุณหภูมิ ได้แก่ 1.1 อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง 1.2 อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สอง	°C °C	Thermocouple Type K. Thermocouple Type K.
2. อัตราการป้อนมูลฝอยติดเชื้อเข้าเตาเผา	kg/h	ตาชั่งสปริง
3. ปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าระบบ	m ³ /s	flow meter
4. ปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้แก๊ส (LPG)	m ³ /s	Gas flow meter
5. ระยะเวลาในการป้อนขยะ	min	นาฬิกาจับเวลา
6. ระยะเวลาในการเผาไหม้ในเตาเผา	min	นาฬิกาจับเวลา
7. ปริมาณเถ้าที่เหลือจากการเผา	kg	ตาชั่ง
8. ปริมาณสารปนเปื้อน เช่น Tar, dust	mg/Nm ³	Filter and condenser
9. ปริมาณคาร์บอนจากเถ้า	mg/g	ICP-OES
10. ปริมาณสารไฮโดรคาร์บอน	ppm	Gas analyzer
11. ปริมาณแก๊สไอเสีย	ppm	Gas analyzer
12. ข้อมูลค่าใช้จ่าย ได้แก่ 12.1 ค่าไฟฟ้าสำหรับระบบทั้งหมด 12.2 ค่าเชื้อเพลิง 12.3 ค่าซ่อมแซมและอะไหล่	baht	มิเตอร์วัดและการคำนวณหรือจากการประเมิน

3.7.1 การศึกษาประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาเผาขยะแบบ Rotary Kiln

เมื่อทำการสร้างและติดตั้งเตาเผา, ระบบการป้อนขยะ, ระบบการป้อนอากาศ, ระบบการดักฝุ่น, ระบบขับเคลื่อน เสร็จสมบูรณ์แล้ว จึงได้ทำการทดลองเพื่อทดสอบสมรรถนะของเตาเผา โดยตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้และการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ซึ่งมี 2 ส่วนดังนี้ อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 และอัตราความเร็วรอบของเตาเผา Rotary kiln ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การทดลองปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1

โดยทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในห้องเผาไหม้หนึ่งซึ่งถูกกำหนดในการทดลองเผาผลาญฝอยดีดเชื้อคือ 700, 800, 900 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยตัวแปรที่ต้องควบคุมมีดังนี้ อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ 2 อยู่ในช่วง 1000-1200 องศาเซลเซียส, อัตราการป้อนขยะ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง, เวลาในการเผาไหม้ในเตาขยะเตาอยู่ในช่วง 1-2 ชั่วโมง และแก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้ในระบบ 40-50 ลิตรต่อชั่วโมง

2. การทดลองปรับเปลี่ยนอัตราความเร็วรอบของเตาเผา

ทำการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของเตาเผาที่ 0.6, 0.8, 1 รอบ/นาที โดยตัวแปรที่ต้องควบคุมมีดังนี้ อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ 2 อยู่ในช่วง 1000-1200 องศาเซลเซียส, อัตราการป้อนขยะ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง, เวลาในการเผาไหม้ในเตาขยะเตาอยู่ในช่วง 1-2 ชั่วโมงและแก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้ในระบบ 40-50 ลิตรต่อชั่วโมง

3.7.2 การหาประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ

การคำนวณหาประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ เพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการกำจัดขยะของเตาเผาขยะที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถหาประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะได้ดังแสดงในสมการที่ (3.6)

$$\eta = \frac{m_i - m_o}{m_i} \times 100 \% \quad (3.6)$$

โดยที่

η : ประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ (%)

m_i : มวลของขยะก่อนการเผา (kg)

m_o : มวลของขยะที่เหลือหลังจากการเผา (kg)

3.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA)

3.8.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลสามระดับ $3^{(k)}$ factorial

การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 3^k หมายถึงการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลที่แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 3 ระดับ กำหนดสัญลักษณ์ของปัจจัยและอิทธิพลร่วมของปัจจัยด้วยอักษรตัวใหญ่และระดับทั้งสามของแต่ละปัจจัยมีค่าเป็น ต่ำ ปานกลาง สูง โครงสร้างทางเรขาคณิตของการออกแบบ 3 แสดงดังภาพที่ 2-2 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 3 เมื่อปัจจัยเป็นเชิงปริมาณจะแทนระดับต่ำ กลาง

สูงด้วย -1, 0 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งการใช้สัญลักษณ์เช่นนี้จะทำให้ง่ายในการสร้างแบบจำลองการถดถอยของผลตอบสนองที่เกิดจากแต่ละระดับปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มุ่งศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยมากกว่าหนึ่งปัจจัยพร้อม ๆ กัน โดยให้ความสนใจที่อิทธิพลร่วมของปัจจัยซึ่งเป็นอิทธิพลที่ส่งผลให้กับตัวแปรตอบสนองโดยทั่วไปแล้วอาจกล่าวได้ว่าการทดลองแบบแฟคทอเรียล เป็นแผนการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการตรวจสอบอิทธิพลของหลาย ๆ แฟกเตอร์พร้อมกันการทดลองที่สมบูรณ์ในแต่ละครั้งหรือแต่ละซ้ำของการทดลองนั้นกล่าวคือมีการใช้ระดับของแฟกเตอร์ต่าง ๆ ร่วมกัน จึงสามารถตรวจสอบอิทธิพลต่าง ๆ ในการทดลองครั้งหนึ่ง ๆ ได้พร้อมกัน เช่น ถ้าแฟกเตอร์ A มี a ระดับ แฟกเตอร์ B มี 5 ระดับ แต่ละซ้ำจะมี ab Treatment Combination แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. **อิทธิพลหลัก (Main Effect)** คือ อิทธิพลของปัจจัยที่แสดงต่อตัวแปรตอบสนองด้วยตัวของมันเองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเกิดขึ้น [45]

2. **อิทธิพลร่วม (Interaction Effect)** คือ อิทธิพลของปัจจัยหนึ่งที่จะเปลี่ยนไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยร่วมกัน

แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลทั่วไปมีรูปแบบ คือ $A \times B \times C \dots$ แฟคทอเรียล เช่น แฟคทอเรียล $3 \times 2 \times 3$ รูปแบบของแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

(1) 2^k แฟคทอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 2 ระดับในปัจจัยทั้งหมด k ปัจจัย

(2) 3^k แฟคทอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 3 ระดับในปัจจัยทั้งหมด k ปัจจัย

โดยที่ 2^k แฟคทอเรียลเหมาะสมกับรูปแบบที่ความเป็นเส้นตรง ซึ่งจะทำให้สามารถตีความข้อมูลได้อย่างถูกต้อง แต่ถ้าหากว่าอิทธิพลของปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองมีความเป็นเส้นไม่ดีแล้วใช้แบบ 3^k แฟคทอเรียลแทนจะเหมาะสมกว่า

3.8.2. การหาสภาวะการปฏิบัติงานที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อด้วยการเผาทำลายโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดปัจจัยที่ใช้ในการวิจัยและระดับปัจจัยซึ่งจะควบคุม

จากการศึกษาทฤษฎีการเผาไหม้พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเผาทำลายหรือความแปรปรวนของค่าปริมาณมลพิษอากาศสำหรับเตาเผามูลฝอยติดเชื้อนี้ได้แก่ อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่ 1 และอัตราความเร็วรอบของเตาเผา การกำหนดระดับปัจจัยสามารถกำหนดได้จากระบบการทำงานของเตาขยะแบบหมุนในงานวิจัยนี้ โดยพบว่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 (Temperature) มีอุณหภูมิ 700, 800, 900 องศาเซลเซียส และอัตราความเร็วรอบของเตา

(Speed) 0.6, 0.8, 1.0 (rpm/min) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อระบบการทำงานของเตาเผาขยะหมุน โดยได้แสดงปัจจัยต่าง ๆ รวมทั้งระดับต่าง ๆ ของแต่ละปัจจัยตาราง 13

2.การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เพื่อทดสอบผลของระดับปัจจัยที่ให้ผลตอบสนองต่าง ๆ เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าปัจจัยนั้น ๆ จะนำหลักการออกแบบ 3^k factorial มาใช้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งจะได้สภาพการทดลองทั้งหมด 9 สภาพการทดลองและทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง รวมเป็นจำนวนการทดลองทั้งหมด 18 การทดลองได้ผลตอบสนองที่ได้จากการทดลองดังแสดงในตาราง 14 โดยให้การทดลองนี้เป็นการทดลองแบบสุ่มเพื่อการลดผลของความคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากการทดลองที่เกิดขึ้น ดังนั้นขอบเขตของการหาสภาวะ การปฏิบัติงานที่เหมาะสมของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อนี้ จะทำการทดลองจากเตาเผา มูลฝอยติดเชื้อต้นแบบและในที่นี่จะทำการทดสอบสมรรถนะการเผาทำลายภายใต้ปัจจัยที่ทำการควบคุม ซึ่งจะวัดผลตอบสนองอันเป็นตัวบ่งชี้ถึงสมรรถนะการทำงานของเตาเผา ได้แก่ ค่าปริมาณมลพิษอากาศ ซึ่งจะต้องมีค่าไม่เกินค่ากำหนดมาตรฐานมลพิษอากาศที่ประกาศโดยกระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม (ภาคผนวก ก) โดยค่ามลพิษอากาศที่สนใจในที่นี่ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)

ตาราง 13 แสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทดลอง

อุณหภูมิ °C	Optimum Operating Condition		
	0.6 rpm/min (-1)	0.8 rpm/min (0)	1.0 rpm/min (1)
700	4	8	3
(-1)	11	16	18
800	7	12	1
(0)	5	10	14
900	9	17	15
(1)	2	6	13

3.8.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองจำนวน 18 การทดลองได้ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 14

ตาราง 14 ผลตอบสนองที่ได้จากการทดลอง

Run order	Std. Run	อุณหภูมิห้อง เผาที่ 1°C	ความเร็วรอบ ของเตา (rpm)	Result			
				% การเผา ทำลาย	CO (ppm)	NO2 (ppm)	SO2 (ppm)
4	1	700	0.60	87.66	2.68	1.21	1.26
11	2	700	0.60	86.72	2.42	1.16	1.14
8	3	700	0.80	87.45	2.96	1.35	1.21
16	4	700	0.80	88.79	2.74	1.46	1.32
3	5	700	1.00	85.78	3.02	1.57	1.44
18	6	700	1.00	86.59	2.97	1.69	1.39
7	7	800	0.60	91.71	2.98	1.73	1.36
5	8	800	0.60	90.33	3.21	1.85	1.51
12	9	800	0.80	91.94	3.98	1.93	1.33
10	10	800	0.80	92.02	3.56	1.99	1.47
1	11	800	1.00	89.78	4.19	2.26	1.54
14	12	800	1.00	91.57	3.87	2.31	1.61
9	13	900	0.60	89.54	4.35	2.38	1.84
2	14	900	0.60	90.03	4.55	2.44	1.68
17	15	900	0.80	91.19	4.65	2.57	1.76
6	16	900	0.80	90.28	4.43	2.61	1.94
15	17	900	1.00	89.86	4.81	2.96	1.83
13	18	900	1.00	87.72	4.67	3.04	1.91

3.9 การศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการปลดปล่อยก๊าซมลพิษโดยทำการตรวจวัดวิเคราะห์อากาศก่อนปล่อยสู่ธรรมชาติ

จากการศึกษาปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการทำงานของระบบเตาเผาขยะแบบหมุน ได้มีการประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เล่ม 120 ตอนพิเศษ 147ง ในราชกิจจานุเบกษา 25 ธันวาคม 2546 กำหนดให้มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ โดยต้องตรวจวัดอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผามูลฝอยติดเชื้อให้เป็นไปตามวิธีตั้งท้องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา United States Environmental Protection Agency (US EPA.) กำหนดไว้หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ ซึ่งต้องตรวจวัดค่าอากาศเสียแต่ละชนิดที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศหรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ 50 หรือที่ปริมาตรออกซิเจนร้อยละ 7 โดยใช้วิธีการตรวจวัดวิเคราะห์ก๊าซมลพิษทางปลายปล่องของเตาเผาแบบหมุนของสารมลพิษ 10 ชนิด ดังกำหนดไว้ตามมาตรฐาน (US EPA.) ดังแสดงในตาราง 15 โดยมีรายละเอียดวิธีการตรวจวัดวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ตาราง 15 การเปรียบเทียบข้อมูลตามมาตรฐาน (US.EPA)

พารามิเตอร์	หน่วย	มาตรฐาน US EPA. (เตาขนาดเล็ก)
1.ปริมาณฝุ่นละออง (TSP)	mg /m ³	120
2.ก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF)	ppm	20
3.ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl)	ppm	25
4.ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	ppm	30
5.ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO _x as NO ₂)	ppm	180
6.ปริมาณไดออกซินและฟิวแรน	ng /m ³	0.5≤
7.ความทึบแสง (Opacity)	%	10
8.ปริมาณสารปรอท (Hg)	mg /m ³	0.05
9.ปริมาณสารแคดเมียม (Cd)	mg /m ³	0.05
10.ปริมาณสารตะกั่ว (Pb)	mg /m ³	0.5

3.9.1. การตรวจวัดอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผามูลฝอยติดเชื้อให้เป็นไปตามวิธีการในมาตรฐานของ (US EPA.) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (ภาคผนวก ก)

(1) การตรวจวัดค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ให้ใช้วิธี Determination of Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources of Determination Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency) กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(2) การตรวจวัดค่าก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ให้ใช้วิธี Determination of Nitrogen Oxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(3) การตรวจวัดค่าก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ ให้ใช้วิธี Determination of Hydrogen Chloride Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(4) ค่าก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ ให้ใช้วิธี Determination of Hydrogen Chloride Emissions from Stationary Sources หรือวิธี Determination of Hydrogen Halide and Halogen Emissions from Stationary Sources -Isokinetic Method ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(5) การตรวจวัดค่าสารประกอบไดออกซิน ให้ใช้วิธี Determination of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(6) การตรวจวัดค่าปริมาณฝุ่นละออง ให้ใช้วิธี Determination of Particulate Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(7) การตรวจวัดค่าความทึบแสง ให้ใช้วิธี Visual Determination of the Opacity of Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุม

มลพิษเห็นชอบ

(8) การตรวจวัดค่าสารปรอทและแคดเมียม ให้ใช้วิธี Determination of Metals Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

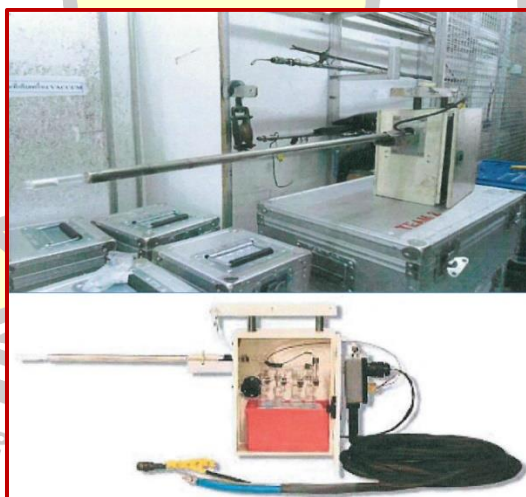
(9) การตรวจวัดค่าสารตะกั่ว ให้ใช้วิธี Determination of Inorganic Lead Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

3.9.2 ขั้นตอนวิธีการตรวจวัดคุณภาพอากาศในปล่องระบาย

ซึ่งการวิเคราะห์คุณภาพของอากาศที่ออกจากปล่องระบายของเตาเผาขยะแบบหมุนทำได้โดยการวัดปริมาณฝุ่นละออง (Particulate) วัดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) วัดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) วัดปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) วัดปริมาณแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) และวัดความหนาแน่นของควัน (Smoke density) ซึ่งวิธีการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

1. ปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide)

วิธีการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากปล่องระบาย ใช้หลักการตัวอย่างโดยดูดอากาศด้วยอัตราการไหลคงที่ด้วยปั๊มดูดอากาศผ่านชุดเก็บตัวอย่างที่มีการแยกละอองกรดซัลฟูริกและแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากตัวอย่างอากาศด้วย Glass wool และ Isopropyl Alcohol แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกดูดซึมสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์แล้วนำไปทดสอบด้วยวิธี Barium Thorin titration ตามวิธีการมาตรฐานของ US.EPA Method 6 ดังแสดงในภาพประกอบ 72



ภาพประกอบ 71 ชุดตรวจวัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในปล่องระบาย

2. ปริมาณฝุ่นละออง (Particulate)

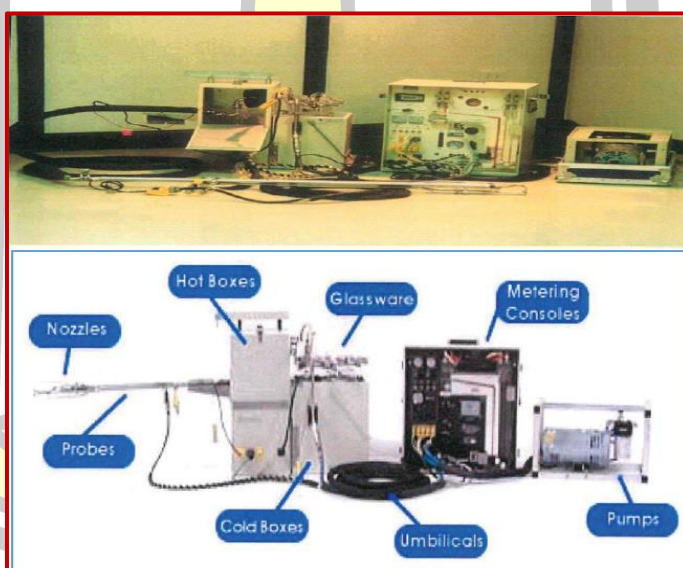
วิธีการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพอากาศประเภท Particulate จากปล่องระบาย โดยใช้หลักการดูดอากาศจากแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Source) ทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Isokinetic (Dry Basis) โดยใช้ Filter ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส โดยที่ความเร็วลมขณะตรวจวัดจะต้องเท่ากัน เพื่อป้องกันการหักเหของอนุภาคฝุ่นขณะเคลื่อนที่ และเปอร์เซ็นต์ไอโซไคเนติกที่ยอมรับได้ไม่เกิน ± 10 เปอร์เซ็นต์ตามสูตรดังสมการที่ (3.7)

$$(\%) \text{ Isokinetic} = (V_n/V_s)/100 \quad (3.7)$$

V_n = ความเร็วลมของอากาศที่เข้าไปยังหัวเก็บตัวอย่างอากาศ (Nozzle)

V_s = ความเร็วลมของอากาศเสียในปล่องระบาย

ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Gravimetric Method ทั้งนี้อ้างอิงตามวิธีการเก็บและวิเคราะห์ตามวิธีการของ US.EPA Method 5 ดังแสดงในภาพประกอบ 73



ภาพประกอบ 72 ชุดตรวจวัดฝุ่นละอองในปล่องระบาย (TSP)

3. ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

วิธีการเก็บตัวอย่างแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ทำโดยการใช้ถุงสำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ เก็บตัวอย่างที่อัตราการดูดคงที่ตามระยะเวลาที่กำหนด ตัวอย่างจะถูกนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์โดยใช้หลักการ Non Dispersive Infrared

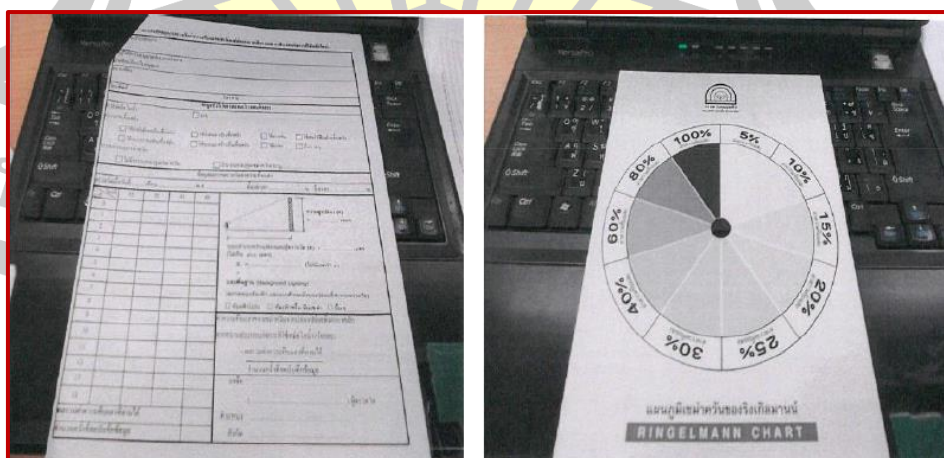
Detection รายงานค่าในหน่วยมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือส่วนในล้านส่วน ตามวิธีการมาตรฐานของ US.EPA Method 10 ดังแสดงในภาพประกอบ 74



ภาพประกอบ 73 ชุดตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในปล่องระบาย

4. ค่าความหนาแน่นควัน (Smoke Density)

ตรวจวัดจากการสังเกตเงาสี (Shade) ของควันที่ระบายจากปล่องเทียบกับเงาสีแผนภูมิควันของริงเกิลมานน์ (Ringelmann Number) ให้เป็นค่าความหนาแน่นควัน (Smoke Density) ซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ตามวิธีการมาตรฐานของ US.EPA Method 9 ดังแสดงในภาพประกอบ 75



ภาพประกอบ 74 ชุดตรวจวัดค่าความทึบแสงในปล่องระบาย

5. ปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxides of Nitrogen)

วิธีเก็บตัวอย่างปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน ใช้หลักการดูดตัวอย่างจากปล่องระบายเข้าไปไว้ในภาชนะแก้วทรงกลมซึ่งอยู่ในสภาวะสุญญากาศ ซึ่งบรรจุสารละลายดูดซึมแก๊สซัลฟูริกและไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ จากนั้นทดสอบโดยการทำปฏิกิริยากับกรดฟีนอลไดซัลฟอนิกแล้วทดสอบโดยวิธี Colorimetric Method ตามวิธีการมาตรฐานของ US.EPA Method 7 ดังแสดงในภาพประกอบ 76

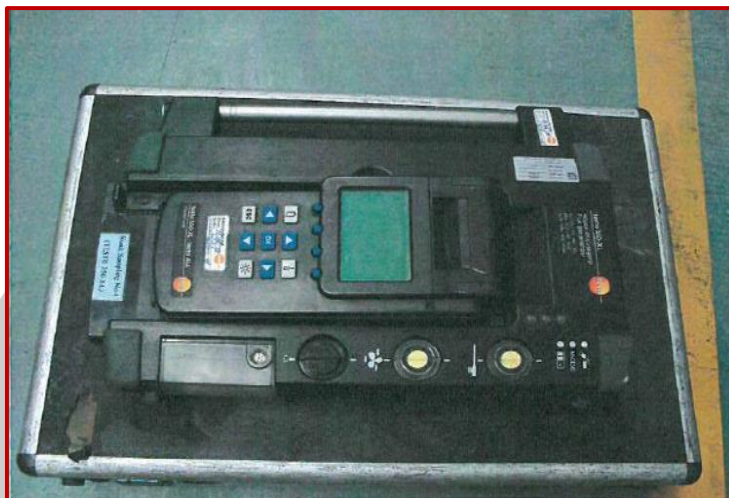


ภาพประกอบ 75 ชุดตรวจวัดแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)

6. ปริมาณไฮโดรเจนคลอไรด์ (Hydrogen Chloride)

เก็บตัวอย่างโดยการใช้หลักการ Non-Isokinetic แก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์จะถูกดูดซึมในสารละลาย 0.1N กรดซัลฟูริก และ 0.1N โซเดียมไฮดรอกไซด์และทดสอบด้วยเครื่อง Ion chromatography ตามวิธีการมาตรฐานของ US.EPA Method 26 ดังแสดงในภาพประกอบ 77

พหุ ประถมศึกษา



ภาพประกอบ 76 ชุดตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ในปล่องระบาย (Flue Gas Analyzer)

7. เครื่องวัดก๊าซ Testo 350 สำหรับวัดก๊าซ CO, NO₂, SO₂

เครื่องมือตรวจวัดก๊าซมลพิษจากปล่องระบายและสามารถทำงานควบคู่ไปกับการวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ของกระบวนการผลิตได้ ซึ่งเราสามารถควบคุมการเผาไหม้ในกระบวนการผลิตให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดไปพร้อม ๆ กับการตรวจติดตามควบคุมมลพิษที่ปล่อยทิ้งจากปล่องระบายให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดได้ Testo 350 เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดก๊าซที่จะปล่อยออกสู่บรรยากาศจากควันที่เกิดหลังจากการเผาไหม้แล้ว เครื่องมือวัดก๊าซนี้จะมีอยู่ 2 ส่วนคือ โพรบสามารถทนอุณหภูมิสูงสุด 1,800 องศาเซลเซียส ตัวเครื่องที่จะรับควันเพื่อมาวิเคราะห์ว่ามีก๊าซพิษแต่ละตัวปริมาณเท่าไร ซึ่งเป็นเครื่องที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนักสามารถหิ้วไปมาได้สะดวก และสามารถชาร์จแบตเตอรี่ทิ้งไว้ได้เพื่อประโยชน์การใช้งานนาน ๆ ดังแสดงในรูปภาพประกอบ 78 ส่วนที่ 2 เป็นส่วนแสดงผลดังในภาพประกอบ 79 สำหรับตัวแสดงผลเป็นหน้าปัดแสดงตัวเลขปริมาณค่าของแก๊สที่วัดได้ เช่น แก๊สออกซิเจน O₂, คาร์บอนไดออกไซด์ CO₂, คาร์บอนมอนอกไซด์ CO, ไนโตรเจนไดออกไซด์ NO₂ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ SO₂ ที่หน้าปัดแสดงผลนี้จะมีฟังก์ชันให้เลือกหลายอย่างว่าขณะนี้เราจะวัดก๊าซจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอะไร เช่น จากการเผา Natural gas, heavy oil, coal, oil เครื่องมือนี้สามารถทำงานได้ตลอดเวลาหรือให้ทำงานได้เป็นช่วงได้ตามต้องการ



ภาพประกอบ 77 หน้าจอแสดงผลค่าของก๊าซที่ประมาณผลแล้ว



ภาพประกอบ 78 เครื่องวัดก๊าซ Testo 350 สำหรับวัดก๊าซ CO, NO₂, SO₂

8. Mercury (Hg)

เครื่อง Cold Vapour Atomic Absorption Spectroscopy (CVAAS) การเก็บตัวอย่างแบบไอโซไคนेटิก (Isokinetic Sampling) จากปล่องของแหล่งกำเนิดมลพิษ เก็บฝุ่นละอองโดยใช้ตัวกรองที่ถูกให้ความร้อน แล้วเก็บก๊าซโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สารตัวอย่างที่เก็บรักษาได้ถูกแบ่งเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าปรอท

9. Hydrogen Fluoride (HF)

U.S. EPA Method 26 ใช้ Silica gel tube 2 L/ min (1hr) ปริมาณการใช้อากาศ 0.125 m³ ใช้ Media Code SKC' 226-03

10. Cadmium (Cd), Lead (Pb)

ใช้ Inductively Argon Plasma Emission Spectroscopy (ICAP) หรือ Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) การเก็บตัวอย่างแบบไอโซไคเนติก (Isokinetic Sampling) จากปล่องของแหล่งกำเนิดมลพิษ เก็บฝุ่นละอองโดยใช้ตัวกรองที่ถูกให้ความร้อน แล้วเก็บก๊าซโดยใช้สารละลายกรดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สารตัวอย่างที่เก็บรักษาได้ถูกแบ่งเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าแคดเมียมและตะกั่ว

3.9.3 การเก็บรวบรวมตัวอย่างแก๊สการวิเคราะห์มลพิษทางอากาศ

ทำการวิเคราะห์มลพิษทางอากาศที่บริเวณปลายปล่องของเตาเผาขยะก่อนปล่อยออกสู่ธรรมชาติดังแสดงในภาพประกอบ 80 โดยบริษัทอีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด



ภาพประกอบ 79 การตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ปลายปล่องระบายของเตาเผา

3.9.4 สถานที่ทำการทดลอง

สถานที่ทำการทดลองบริษัท Energy Experts Environment Co., Ltd จังหวัดชลบุรี
ดังแสดงในภาพประกอบ 81

EnExEv Incinerator
zero pollution
for both air & water

Rotary Kiln For Hospital Biohazard Waste

Core business of us :
Consultant of Environment
Design & Manufacturer
Research & Development

我们的核心业务：
环保咨询
设计与制造
研究与发展

call center
02-1367011

Energy Experts Environment Co.,LTD
By Energy Experts (Thailand) Co.,LTD
HEAD OFFICE | 90/1 Moo.19 Bangkok, Bangkok, Bangkok 10540

ภาพประกอบ 80 สถานที่ทำการทดลอง



บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงออกแบบและพัฒนาเตาเผาขยะแบบหมุนให้มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูงเพื่อการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อมีองค์ประกอบหลากหลาย โดยเตาเผาขยะแบบหมุนมีระบบและประสิทธิภาพในการทำงานสูงไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาแบบ Rotary Kilns ที่สร้างขึ้นโดยมีและศึกษาระบบการทำงานของเตาเผาเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาเตาเผาต่อไป ซึ่งข้อมูลและผลการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ดังต่อไปนี้

- (1) การศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีของมูลฝอยติดเชื้อ
- (2) ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเตาเผาขยะแบบหมุนมีดังนี้
 - ข้อมูลจากการทดลองเผามูลฝอยติดเชื้อเมื่อปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1
 - ข้อมูลจากการทดลองเผามูลฝอยติดเชื้อเมื่อปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของเตาเผา
- (3) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาทำลายก่อนและหลังปรับปรุงออกแบบพัฒนา
- (4) เปรียบเทียบต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของเตาเผาขยะแบบหมุน

แบบหมุน

4.1 การศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีของมูลฝอยติดเชื้อ

4.1.1 คุณสมบัติของมูลฝอยติดเชื้อที่นำมาทดสอบ

ตัวอย่างมูลฝอยติดเชื้อที่นำมาทดสอบในงานวิจัยนี้มาจากโรงพยาบาล คลินิกและสถานประกอบการเกี่ยวกับทางการแพทย์ โดยมูลฝอยติดเชื้อมีต้นกำเนิดขึ้นจากการให้บริการทางการแพทย์ ได้แก่การรักษาพยาบาล, การเภสัชกรรม, การทันตกรรม, การตรวจวินิจฉัย โดยมีกระบวนการจัดเก็บและรวบรวมแยกกันอย่างชัดเจนกับขยะทั่วไปที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาลสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างขยะติดเชื้อทั้งทางด้านกายภาพและเคมี จะทำการสุ่มตัวอย่างของมูลฝอยติดเชื้อประมาณ 178 kg โดยทำการเปิดถุงและเทกองรวมกันเพื่อทำการคลุกเคล้าให้เข้ากันและทำการสุ่มตัวอย่างบางส่วนเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางด้านกายภาพซึ่งประกอบด้วยความหนาแน่นและสัดส่วนของแต่ละองค์ประกอบในมูลฝอยติดเชื้อ ส่วนการวิเคราะห์ทางด้านเคมีทำได้โดยสุ่มตัวอย่างไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 °C จนน้ำหนักคงที่และวิเคราะห์หาความชื้น จากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแล้วไปบดละเอียดเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าหาองค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate

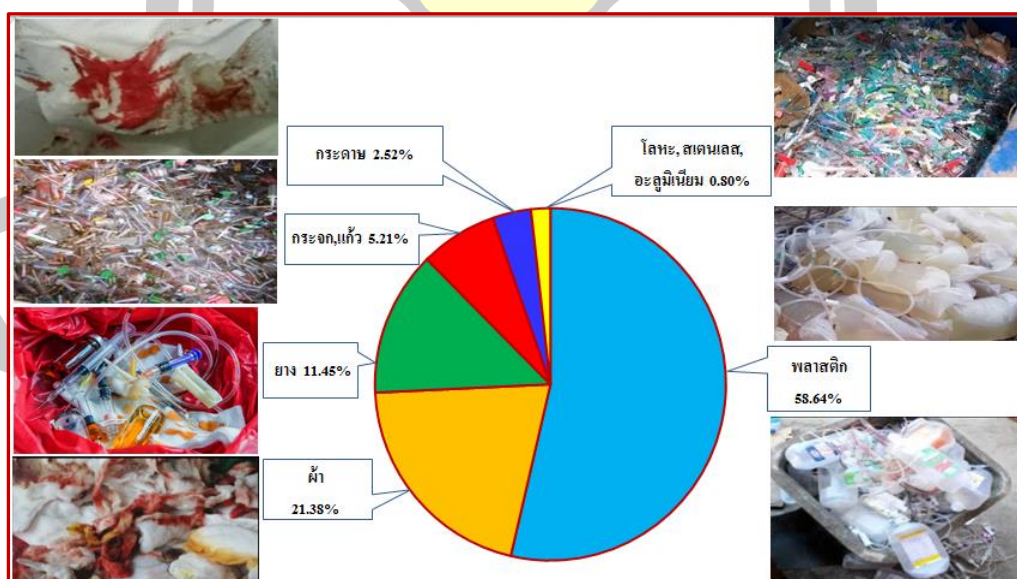
Analysis) และหาค่าองค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) พร้อมทั้งนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาประเมินค่าความร้อน

4.1.2 ผลของการศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพ

จากการศึกษางานวิจัยได้ทำการสุ่มตัวอย่างมูลฝอยติดเชื้อเพื่อทำการตัดแยกประเภทพบว่ามีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้คือ ผ้าก๊อชและผ้าพันแผล, ยาง, พลาสติก, กระจก, กระจกและแก้ว โดยพบมูลฝอยติดเชื้อพวกโลหะเพียงเล็กน้อยและอื่น ๆ โดย ประเภทของมูลฝอยติดเชื้อที่พบในสัดส่วนมากที่สุดคือ พลาสติกรองลงมาคือ ผ้า ยาง กระจกแก้วและกระจกตามลำดับ และมีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 173.45 kg/m^3 ตามรายละเอียดดังแสดงในตาราง 16 และ ภาพประกอบ 82

ตาราง 16 องค์ประกอบมูลฝอยติดเชื้อ

องค์ประกอบของมูลฝอยติดเชื้อ	ร้อยละของน้ำหนักแห้ง
พลาสติก	58.64
ผ้า	21.38
ยาง	11.45
กระจก,แก้ว	5.21
กระจก	2.52
โลหะ (สแตนเลส,อะลูมิเนียม)	0.80
อื่นๆ	-



ภาพประกอบ 81 ปริมาณองค์ประกอบของมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาล

4.1.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Analysis)

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณซึ่งแสดงในตาราง 17 จากตัวอย่างมูลฝอยติดเชื้อพบว่ามีความชื้นอยู่ในระดับสูงประมาณ 42.69% แต่หากพิจารณาถึงองค์ประกอบของขยะติดเชื้อที่สามารถเกิดการเผาไหม้ได้จะเห็นว่ามีส่วนมากกว่า 90% อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์ที่มีปริมาณเถ้าสูงคือ 11.70% จะส่งผลทำให้ในระหว่างการเดินระบบจำเป็นต้องระวังเป็นพิเศษเนื่องจากมีปริมาณเถ้าสูง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าถ้าปริมาณเถ้าสูงเกินกว่า 5% จะมีโอกาสส่งผลทำให้เถ้าหลอมเหลวและอุดตันภายในเตาได้ง่าย [46, 47] และจากสัดส่วนของปริมาณสารระเหยประมาณ 39.75% ซึ่งบ่งชี้ได้ว่ามูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลสามารถใช้วิธีการกำจัดด้วยวิธีการเผาทำลายได้ด้วยความร้อนเนื่องจากมีความชื้นน้อยกว่า 50%, สารระเหยไม่น้อยกว่า 25% และมีปริมาณเถ้าน้อยกว่า 60% [48] อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยวิธีกระบวนการทางความร้อนในกรณีที่มีความชื้นสูงจำเป็นต้องอาศัยความร้อนเสริมเพื่อช่วยในการระเหยน้ำที่อยู่ในมูลฝอยติดเชื้อโดยอาศัยความร้อนภายนอกจากการใช้เครื่องหัวพ่นไประบบแก๊ส LPG เข้ามาใช้ในระบบการเผาไหม้ภายในเตาเผา

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความร้อน (HHV) มีค่าความร้อนประมาณ 18.50 MJ/kg ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกความสามารถในการเผาไหม้ที่ดีได้หากเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งมีค่าความร้อนอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน [47] โดยค่าความร้อนที่ได้นี้เป็นผลมาจากการที่มีปริมาณของพลาสติกและยางที่มีอยู่ในมูลฝอยติดเชื้อเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีค่าความร้อนประมาณ 40-45 MJ/kg ตามลำดับ [49]

ตาราง 17 องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Analysis) [50, 51]

พารามิเตอร์ ที่วิเคราะห์	จากงาน วิจัยนี้	วีรชัยและคณะ, 2560	Sonesack, S และคณะ, 2018
ปริมาณความชื้น	42.69 (%w.b.)	48.20 (%w.b.)	5.60 ⁽⁴⁾ (%w.b)
ปริมาณสารระเหย	39.75 (%d.b.)	35.50 (%d.b.)	82.20 ⁽⁴⁾ (%d.b)
ปริมาณเถ้า	11.70 (%d.b.)	17.30 (%d.b.)	6.45 ⁽⁴⁾ (%d.b)
คาร์บอนคงที่ ⁽¹⁾	5.86	N/A ⁽²⁾	5.70
ความหนาแน่น	173.45 (kg/m ³)	159.24 (kg/m ³)	N/A ⁽²⁾
ค่าความร้อน (HHV)	18.50 (MJ/Kg)	14.15 (MJ/Kg)	28.38 (MJ/Kg)
ค่าความร้อน ⁽³⁾ (LHV)	16.65 (MJ/Kg)	12.50 (MJ/Kg)	26.29 (MJ/Kg)

⁽¹⁾ คำนวณหาจาก คาร์บอนคงที่ = (100 - ปริมาณความชื้น - ปริมาณสารระเหย - ปริมาณเถ้า)

⁽²⁾ N/A=Not Analysis

⁽³⁾ คำนวณหาจาก LHV = HHV - 211.19H (kJ/kg)

⁽⁴⁾ ตัวอย่างของขยะติดเชื้อที่ผ่านการบำบัดมาทำการอบแห้งในโรงเรือนพลาสติกเป็นเวลาทั้งหมด 12h

4.1.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบแยกปริมาณธาตุ (Ultimate Analysis)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาจากการเกิดปฏิกิริยาในช่วงการเผาไหม้ซึ่งได้ผลิตผลออกมาในรูปแบบของแก๊ส เถ้าและทั้งสามารถบ่งบอกได้ถึงปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ โดยจากการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าธาตุคาร์บอน (C) เป็นธาตุหลักในมูลฝอยติดเชื้อมีประมาณ 59.48% รองลงมาคือ ไฮโดรเจน (H) มีประมาณ 8.75% เนื่องจากมูลฝอยติดเชื้อมีพลาสติกเป็นองค์ประกอบหลักโดยพลาสติกส่วนใหญ่มีสารไฮโดรคาร์บอน ซึ่งส่งผลทำให้ธาตุคาร์บอน (C) และไฮโดรเจน (H) มีบทบาทสำคัญในการเกิดการเผาไหม้ในระบบและสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงในกระบวนการได้ [47] ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงในตาราง 18

ตาราง 18 องค์ประกอบแบบแยกปริมาณธาตุ (Ultimate Analysis) [50-52]

พารามิเตอร์ ที่วิเคราะห์	จากงาน วิจัยนี้	วีรชัยและคณะ, 2560	Sonesack,S และคณะ, 2018	รัฐกและคณะ, 2542
คาร์บอน (C)	59.48 (%)	58.43 (%)	58.00 (%)	55.10 (%)
ไฮโดรเจน (H)	8.75 (%)	7.82 (%)	9.33 (%)	3.75 (%)
ไนโตรเจน (N)	0.48 (%)	0.22 (%)	0.73 (%)	0.85 (%)
ออกซิเจน ⁽¹⁾ (O)	31.30 (%)	33.53 (%)	25.35 (%)	40.30 (%)
กำมะถัน (S)	ND ⁽²⁾	ND ⁽²⁾	0.14 (%)	ND ⁽²⁾

⁽¹⁾คำนวณหาจากค่าความแตกต่าง $O = (100 - C - H - N)$

⁽²⁾ND=Not detected

4.1.5 ผลการศึกษาสมบัติของมูลฝอยติดเชื้อของธาตุโลหะหนักและธาตุอื่น ๆ

สำหรับผลการวิเคราะห์ธาตุโลหะหนัก ธาตุอัลคาไลน์และธาตุคลอรีนและธาตุอื่น ๆ ซึ่งแสดงในตาราง 19 ในมูลฝอยติดเชื้อจากการวิเคราะห์ตรวจพบการปนเปื้อนของของ เหล็ก (Fe), โครเมียม (Cr), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni), และตะกั่ว (Pb) แม้ว่ามูลฝอยติดเชื้อจะมีธาตุโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ในระดับหนึ่ง แต่การนำมากำจัดโดยใช้วิธีการทางความร้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการเผาทำลายด้วยระบบเตาเผาขยะแบบ Rotary Kilns ซึ่งในงานวิจัยนี้จากการทดสอบแล้วพบว่า การปลดปล่อยของธาตุโลหะหนักเหล่านี้ลดลงอย่างมากเนื่องจากถูกกักเก็บไว้ในเถ้า [53] จากการวิเคราะห์ของปริมาณธาตุคลอรีนจะพบว่า มีปริมาณสูงประมาณ 6.275 ± 0.05 โดยหากในกระบวนการเผาไหม้ภายในเตาเกิดขึ้นในอุณหภูมิต่ำจะส่งผลทำให้เกิดการฟอร์มตัวเป็นสารไดออกซินและฟิวแรน

ซึ่งการควบคุมการเกิดไดออกซินและฟิวแรนที่ดีที่สุดคือต้องเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 850°C โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นสารที่มีการปนเปื้อนจะต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 1,000°C [54]

ตาราง 19 ผลการศึกษาสมบัติองค์ประกอบของโลหะหนักและธาตุอื่น ๆ [50]

รายการ	พารามิเตอร์	ผลวิเคราะห์
ธาตุโลหะหนัก ธาตุอัลคาไลน์ และธาตุคลอรีน (g/kg, db)	อะลูมิเนียม (Al)	3.25 ± 0.02
	แคลเซียม (Ca)	44.22 ± 0.03
	โพแทสเซียม (K)	1.48 ± 0.02
	ฟอสฟอรัส (P)	1.56 ± 0.05
	ซิลิกอน (Si)	6.75 ± 0.03
	ไทเทเนียม (Ti)	3.44 ± 0.02
	เหล็ก (Fe)	6.89 ± 0.08
	โครเมียม (Cr)	0.081 ± 0.01
	ปรอท (Hg)	0.075 ± 0.01
	นิกเกิล (Ni)	1.112 ± 0.01
	ตะกั่ว (Pb)	0.055 ± 0.01
	แคดเมียม (Cd)	ND
	คลอรีน (Cl)	6.275 ± 0.05

หมายเหตุ : ⁽¹⁾ db (% as dry basis)

⁽²⁾ ND (Not detected) (Limit of Detection = 5 ppm or 5 mg/g)

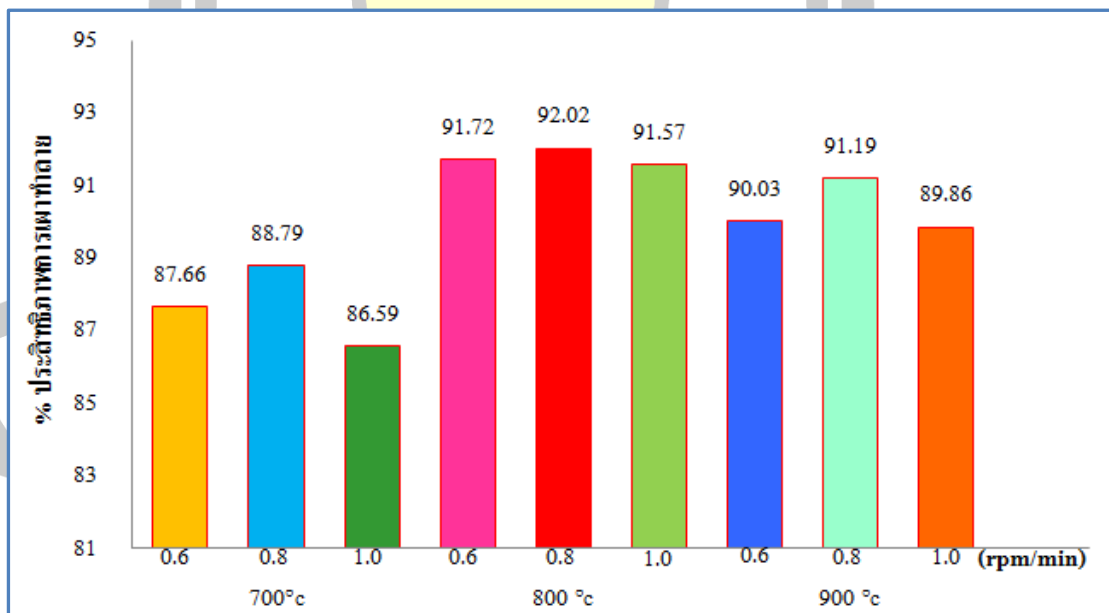
4.2 ผลของการศึกษาสภาวะการทำงานเตาเผาขยะแบบหมุน

4.2.1 ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเผาทำลายของเตาเผาขยะแบบหมุน มีดังต่อไปนี้

1. ผลของการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1

การปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 ในการทดลองนี้จะทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 คือ 700, 800, 900 องศาเซลเซียสตามลำดับ ซึ่งใช้ความเร็วรอบเตาเผา 0.8 รอบต่อนาที จากภาพประกอบ 83 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 800 องศาเซลเซียสมีประสิทธิภาพการเผาทำลายสูงสุด คือ 92.02% รองลงมาได้แก่ที่ 900 องศาเซลเซียส มีค่า 91.19% ส่วนการทดลองที่ 700 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพการเผาทำลายต่ำที่สุด มีค่า 88.79% จากภาพประกอบ 59 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการเผาทำลายมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องมาจากการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 มีค่าต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าระดับอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 จะต้องสูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง ในขณะเดียวกัน

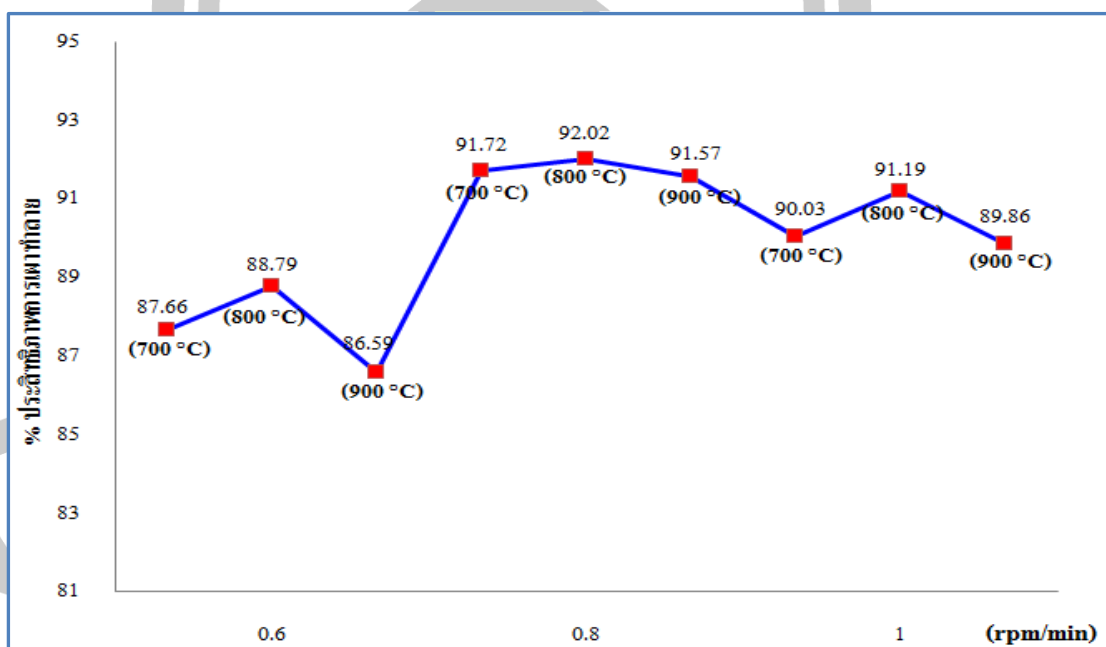
อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 นี้จะต้องไม่สูงเกินไปเพราะถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์พอประเภทที่มีอัตราการระเหยสูง เช่น ฤงมีอย่างและพลาสติกเกิดการกลายเป็นก๊าซในอัตราที่สูงมากเกินกว่าที่ปริมาตรห้องเผาไหม้ที่หนึ่งจะรองรับได้และทำให้เกิดควันดำไหลออกจากเตาเผา นอกจากนี้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 ที่สูงเกินไปยังทำให้ซีเถ้าที่เหลือค้างอยู่ในห้องเผาไหม้อาจหลอมเหลวและกลายเป็นผลึกแก้วแข็งเกาะติดที่ผนังเตาเผา ทำให้ยากต่อการนำซีเถ้าออกจากเตา และยังอาจทำความเสียหายกับวัสดุทนไฟภายในเตาด้วย [33] การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยการเผาในเตาเผา ตามมาตรฐานแบบเตาเผาที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด ให้ห้องเผาไหม้ที่ 1 อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 760 องศาเซลเซียส และห้องเผาไหม้ที่ 2 (ห้องเผาควัน) เเผาที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิในการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ที่ 2 ยังมีความสำคัญในแง่ของการทำลายเชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับมูลฝอย และการเผาทำลายผลิตภัณฑ์การเผาไหม้ที่อาจเป็นต้นเหตุของการเกิดขึ้นของสาร Dioxin ดังนั้นอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่ 2 จึงเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่จะต้องควบคุมให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่สองที่ต่ำเกินไปจะไม่สามารถเผาทำลายเชื้อโรคและทำลายผลิตภัณฑ์ที่เป็นต้นเหตุของการเกิด Dioxin และ Furans ได้ในขณะเดียวกันอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่ 2 ที่สูงเกินไปจะทำให้เปลืองเชื้อเพลิงเสริมโดยใช่เหตุ เนื่องจากต้องจ่ายเชื้อเพลิงตลอดเวลาเพื่อรักษาอุณหภูมิให้สูง และขณะเดียวกันอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุทนไฟภายในห้องเผาไหม้ด้วย [33]



ภาพประกอบ 82 ผลของประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะที่อุณหภูมิในห้องเผาที่แตกต่างกัน

2. ผลของปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของเตาเผา Rotary kilns

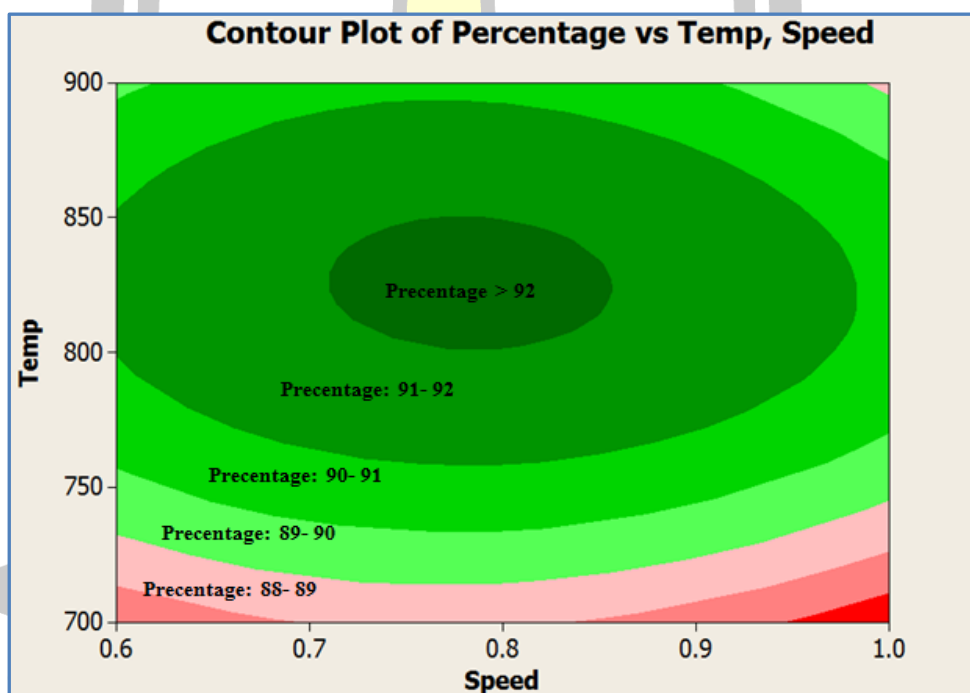
ในการทดลองนี้จะทำการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบเตาเผา 0.6, 0.8, 1 รอบต่อนาทีตามลำดับ โดยใช้อุณหภูมิในห้องเผาใหม่ที่ 1800 องศาเซลเซียส ส่วนสภาวะการทดลองที่มีประสิทธิภาพการเผาทำลายสูงคือสภาวะการทดลอง 0.8 รอบต่อนาที ดังแสดงในภาพประกอบ 84 โดยมีค่า 92.02 % ดังนั้นความเร็วรอบที่ทำให้การเผาไหม้ภายในเตามีประสิทธิภาพในเผาทำลายสูงคือความเร็วรอบที่เป็นกลางๆ ส่วนความเร็วรอบที่สูงเกินไปหรือเป็นต่ำเกินไปจะส่งผลทำให้เกิดมลพิษทางอากาศที่สูงได้ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของขยะที่มากเกินไปจะส่งผลทำให้เกิดการฟุ้งกระจายหรือเมื่อขยะไม่เคลื่อนที่ก็จะเกิดการสะสมตัวของขยะและจะส่งผลทำให้ออกซิเจนไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ภายในกองขยะได้อย่างทั่วถึง สรุปความเร็วรอบของแบบเตาหมุนมีผลโดยตรงต่อกลไกการเผาไหม้และการถ่ายเทความร้อนคือเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นจะส่งผลต่ออุณหภูมิในตัวขยะจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่เร็วขึ้น (rate of temperature rise) และอัตราการถ่ายเทความร้อนจากการเผาไหม้ (rate of heat release) ก็สูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการทำงานจึงน่าจะเป็นจุดที่สมดุลระหว่างอัตราการถ่ายเทความร้อน ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้กับปริมาณการปล่อยแก๊สมลพิษในระบบการเผา [55]



ภาพประกอบ 83 ผลของประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะที่ความเร็วรอบแตกต่างกัน

3.ผลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราความเร็รรอบมีผลต่อประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ

จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ จากโปรแกรม Minitab โดยใช้ฟังก์ชัน Contour Plot ได้เป็นพื้นที่ 2 มิติ ดังแสดงในภาพประกอบ 85 โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 และอัตราความเร็รรอบของเตาเผาที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะพื้นที่ 2 มิติ ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อเป็นการหาแนวโน้มของผลการทดลองในแต่ละตัวแปรที่เราต้องการทราบได้ การใช้งานคือต้องกำหนดช่วงของอุณหภูมิและอัตราความเร็รรอบเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะตามช่วงที่ต้องการ เช่น หากต้องการทราบค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะที่อยู่ในช่วง 91-92% สามารถกำหนดเงื่อนไขการทดลองโดยใช้อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส และอัตราความเร็รรอบ 0.8 (rpm/min) หรือใช้อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส และอัตราความเร็รรอบ 0.7 (rpm/min)



ภาพประกอบ 84 ผลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราความเร็รรอบมีผลต่อประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ

4.2.2 ผลที่ได้จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมโดยโปรแกรม SPSS

โดยสามารถสรุปอิทธิพลของปัจจัยต่อค่าตอบสนองต่าง ๆ ได้ดังนี้ จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยหลักอันได้แก่ อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 และอัตราความเร็วรอบของเตา ซึ่งจะวัดผลตอบสนองอันเป็นตัวบ่งชี้ถึงสมรรถนะการทำงานของเตาเผา ได้แก่ ค่าปริมาณมลพิษอากาศ ซึ่งจะต้องมีค่าไม่เกินค่ากำหนดมาตรฐานมลพิษอากาศที่ประกาศโดยกระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม (ภาคผนวก ก) โดยค่ามลพิษอากาศที่สนใจในที่นี้ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ที่เกิดขึ้นในแต่ละหน่วยการทดลอง เพื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยโปรแกรม SPSS โดยกำหนดนัยสำคัญของการทดสอบที่ $\alpha = 0.05$ แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยสรุปอิทธิพลของปัจจัยต่อค่าตอบสนองต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อปริมาณของความเข้มข้นก๊าซ

คาร์บอนมอนอกไซด์

จากตาราง 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สังเกตได้จากการทดสอบโดยโปรแกรม SPSS สามารถสรุปผลการวิเคราะห์แปรปรวนการทดลองได้ดังนี้คือ $F = 132.930, p = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ $H_0 : R^2(\text{Temp}, \text{Speed}) = 0$ ยอมรับ $H_1 : R^2(\text{Temp}, \text{Speed}) > 0$ แสดงว่าตัวแบบการถดถอยเชิงซ้อนสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลชุดนี้เป็นตัวแบบที่เหมาะสมและจากตารางพบว่า $R^2(\text{Temp}, \text{Speed}) = 0.947$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 (Primary temperature) และอัตราความเร็วรอบของเตา (Speed) มีอิทธิพลโดยรวมต่อค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยประมาณ 94.7% และจากภาพประกอบ 86 จะพบว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อค่าของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มี 2 ปัจจัยคืออุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 (Primary temperature) โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 700-900 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นและเมื่อเพิ่มระดับอุณหภูมิสูงขึ้นไปอีกก็จะทำให้ค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว และส่วนปัจจัยที่สองคืออัตราความเร็วรอบของเตา (Speed) โดยมีอัตราความเร็วรอบอยู่ในช่วง 0.6-1.0 (rpm/min) เมื่ออัตราความเร็วรอบของเตา (Speed) เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มการกระจายตัวเพิ่มขึ้น

ตาราง 20 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับความเข้มข้นของก๊าซ CO

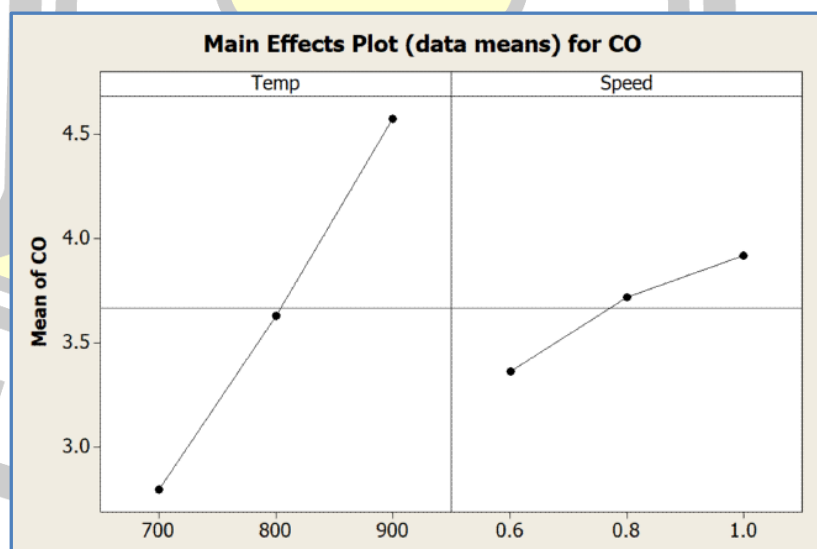
ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	10.417	2	5.209	132.930	.000 ^b
	Residual	.588	15	.039		
	Total	11.005	17			

a. Dependent Variable: CO
b. Predictors: (Constant), Speed, Temp

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-4.558	.513		-8.881	.000
	Temp	.009	.001	.929	15.561	.000
	Speed	1.392	.286	.291	4.871	.000

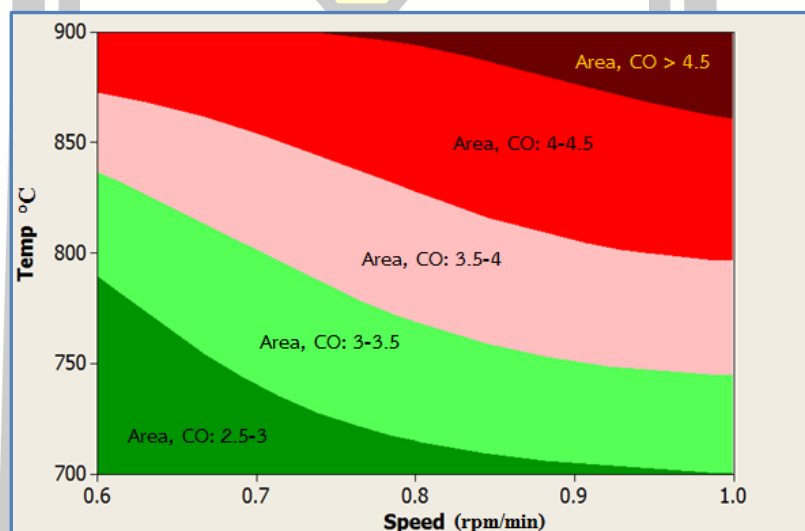
a. Dependent Variable: CO

$S_e = 0.19795$ $R-Sq = 94.7\%$ $R-Sq (adj) = 93.9\%$



ภาพประกอบ 85 กราฟแสดงอิทธิพลหลัก 2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของ CO

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากโปรแกรม Minitab โดยใช้ฟังก์ชัน Contour Plot ได้เป็นพื้นที่ 2 มิติ ดังแสดงในภาพประกอบ 87 โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราความเร็วรอบมีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ พื้นที่ 2 มิติ ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อเป็นการหาแนวโน้มของผลการทดลองในแต่ละตัวแปรที่เราต้องการทราบได้การใช้งานคือต้องกำหนดช่วงของอุณหภูมิและอัตราความเร็วรอบเพื่อให้ทราบถึงปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ตามช่วงที่ต้องการ เช่น หากต้องการทราบค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่อยู่ในช่วง 4-4.5 ppm สามารถกำหนดเงื่อนไขการทดลองโดยใช้อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส และอัตราความเร็วรอบ 0.9 (rpm/min) หรือใช้ อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และอัตราความเร็วรอบ 0.7 (rpm/min)



ภาพประกอบ 86 ผลของอุณหภูมิและอัตราความเร็วรอบต่อปริมาณความเข้มข้น CO

2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อปริมาณของความเข้มข้นก๊าซ NO₂

จากตาราง 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่สังเกตได้จากการทดสอบโดยโปรแกรม SPSS สามารถสรุปผลการวิเคราะห์แปรปรวนการถดถอยได้ดังนี้คือ $F = 597.746$, $p = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ $H_0 : R^2(\text{Temp}, \text{Speed}) = 0$ ยอมรับ $H_1 : R^2(\text{Temp}, \text{Speed}) > 0$ แสดงว่าตัวแบบการถดถอยเชิงซ้อนสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลชุดนี้เป็นตัวแบบที่เหมาะสมและจากตารางพบว่า $R^2(\text{Temp}, \text{Speed}) = 0.988$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 (Primary temperature) และอัตราความเร็วรอบของเตา (Speed) มีอิทธิพลโดยรวมต่อค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยประมาณ

98.8 % และจากภาพประกอบ 88 จะพบว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อค่าของความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ มี 2 ปัจจัยคืออุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 (Primary temperature) โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 700-900 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นและเมื่อเพิ่มระดับอุณหภูมิสูงขึ้นไปอีกก็จะทำให้ค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว และส่วนปัจจัยที่สองคืออัตราความเร็วรอบของเตา (Speed) โดยมีอัตราความเร็วรอบอยู่ในช่วง 0.6-1.0 (rpm/min) เมื่ออัตราความเร็วรอบของเตา (Speed) เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีแนวโน้มการกระจายตัวเพิ่มขึ้น

ตาราง 21 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับความเข้มข้นของก๊าซ NO_2

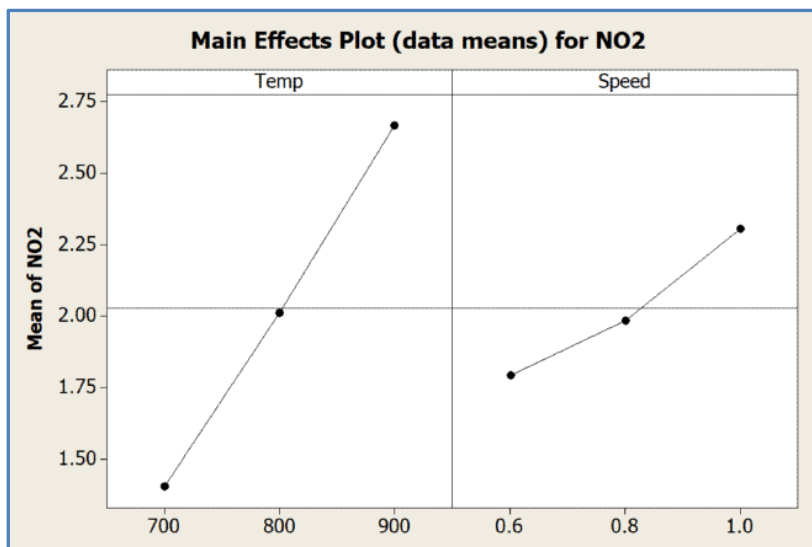
ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5.543	2	2.772	597.746	.000 ^b
	Residual	.070	15	.005		
	Total	5.613	17			

a. Dependent Variable: NO2
b. Predictors: (Constant), Speed, Temp

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-4.032	.177		-22.836	.000
	Temp	.006	.000	.921	32.050	.000
	Speed	1.275	.098	.373	12.973	.000

a. Dependent Variable: NO2

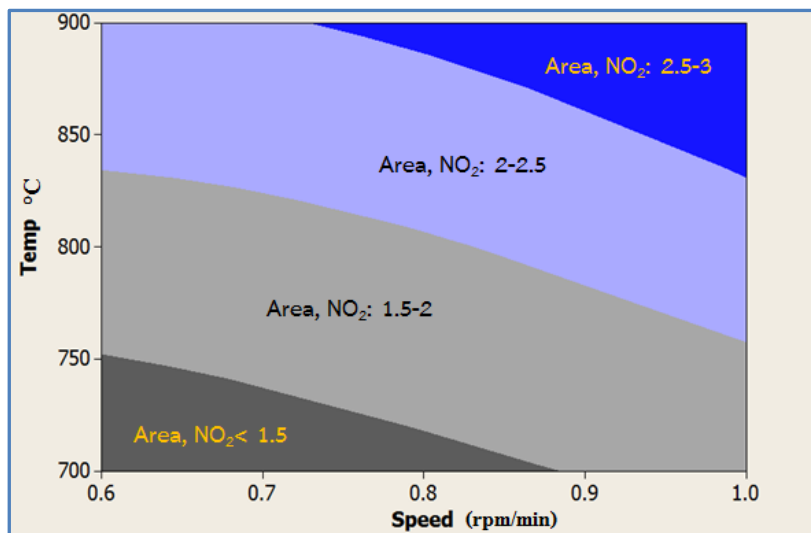
$S_e = 0.06809$ $R\text{-Sq} = 98.8\%$ $R\text{-Sq (adj)} = 98.6\%$



ภาพประกอบ 87 กราฟแสดงอิทธิพลหลัก 2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของ NO₂

เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จากโปรแกรม Minitab โดยใช้ฟังก์ชัน Contour Plot ได้เป็นพื้นที่ 2 มิติ ดังแสดงในภาพประกอบ 89 โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราความเร็วรอบมีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ พื้นที่ 2 มิติ ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อเป็นการหาแนวโน้มของผลการทดลองในแต่ละตัวแปรที่เราต้องการทราบได้ การใช้งานคือต้องกำหนดช่วงของอุณหภูมิและอัตราความเร็วรอบเพื่อให้ทราบถึงปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ตามช่วงที่ต้องการ เช่น หากต้องการทราบค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่อยู่ในช่วง 2-2.5 ppm สามารถกำหนดเงื่อนไขการทดลองโดยใช้อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส และอัตราความเร็วรอบ 0.9 rpm/min หรือใช้ อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และอัตราความเร็วรอบ 0.7 (rpm/min)

พหุ ประถมศึกษา



ภาพประกอบ 88 ผลของอุณหภูมิและอัตราความเร็วรอบต่อปริมาณความเข้มข้น NO_2

3. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อปริมาณของความเข้มข้นก๊าซ SO_2

จากตาราง 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สังเกตได้จากการทดสอบโดยโปรแกรม SPSS สามารถสรุปผลการวิเคราะห์แปรปรวนการถดถอยได้ดังนี้คือ $F = 54.568$, $p = 0.000 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ $H_0 : R^2(\text{Temp}, \text{Speed}) = 0$ ยอมรับ $H_1 : R^2(\text{Temp}, \text{Speed}) > 0$ แสดงว่าตัวแบบการถดถอยเชิงซ้อนสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลชุดนี้เป็นตัวแบบที่เหมาะสมและจากตารางพบว่า $R^2(\text{Temp}, \text{Speed}) = 0.879$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 (Primary temperature) และอัตราความเร็วรอบของเตา (Speed) มีอิทธิพลโดยรวมต่อค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยประมาณ 87.9% และจากภาพประกอบ 90 จะพบว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อค่าของความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มี 2 ปัจจัยคืออุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 (Primary temperature) โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 700-900 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มระดับอุณหภูมิสูงขึ้นไปอีกก็จะทำให้ค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว และส่วนปัจจัยที่สองคืออัตราความเร็วรอบของเตา (Speed) โดยมีอัตราความเร็วรอบอยู่ในช่วง 0.6-1.0 (rpm/min) เมื่ออัตราความเร็วรอบของเตา (Speed) เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีแนวโน้มการกระจายตัวเพิ่มขึ้น

ตาราง 22 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SO₂

ANOVA^a

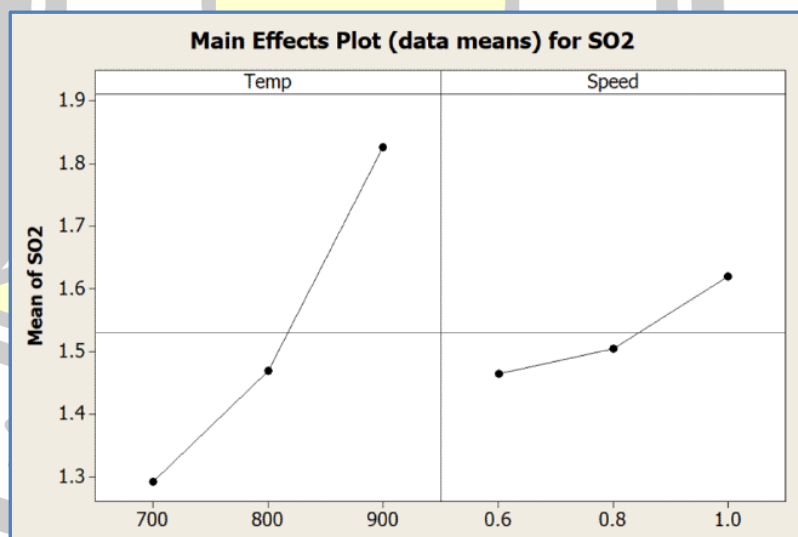
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.925	2	.463	54.568	.000 ^b
	Residual	.127	15	.008		
	Total	1.053	17			

a. Dependent Variable: SO2
b. Predictors: (Constant), Speed, Temp

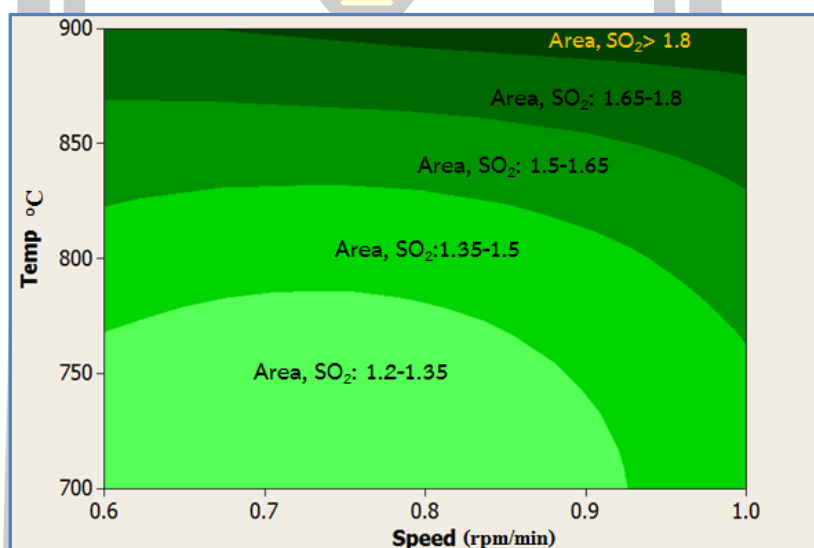
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.913	.239		-3.826	.002
	Temp	.003	.000	.900	10.032	.000
	Speed	.388	.133	.262	2.915	.011

a. Dependent Variable: SO2
 $S_e = 0.09208$ $R-Sq = 87.9\%$ $R-Sq (adj) = 86.3\%$

ภาพประกอบ 89 กราฟแสดงอิทธิพลหลัก 2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ SO₂

เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากโปรแกรม Minitab โดยใช้ฟังก์ชัน Contour Plot ได้เป็นพื้นที่ 2 มิติ ดังแสดงในภาพประกอบ 91 โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราความเร็วรอบมีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พื้นที่ 2 มิติ ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อเป็นการหาแนวโน้มของผลการทดลองในแต่ละตัวแปรที่เราต้องการทราบได้ การใช้งานคือต้องกำหนดช่วงของอุณหภูมิและอัตราความเร็วรอบเพื่อให้ทราบถึงปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตามช่วงที่ต้องการ เช่น หากต้องการทราบค่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่อยู่ในช่วง 1.5-1.65 ppm สามารถกำหนดเงื่อนไขการทดลองโดยใช้อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส และอัตราความเร็วรอบ 0.9 (rpm/min) หรือใช้อุณหภูมิ 830 องศาเซลเซียส และอัตราความเร็วรอบ 0.7 (rpm/min)



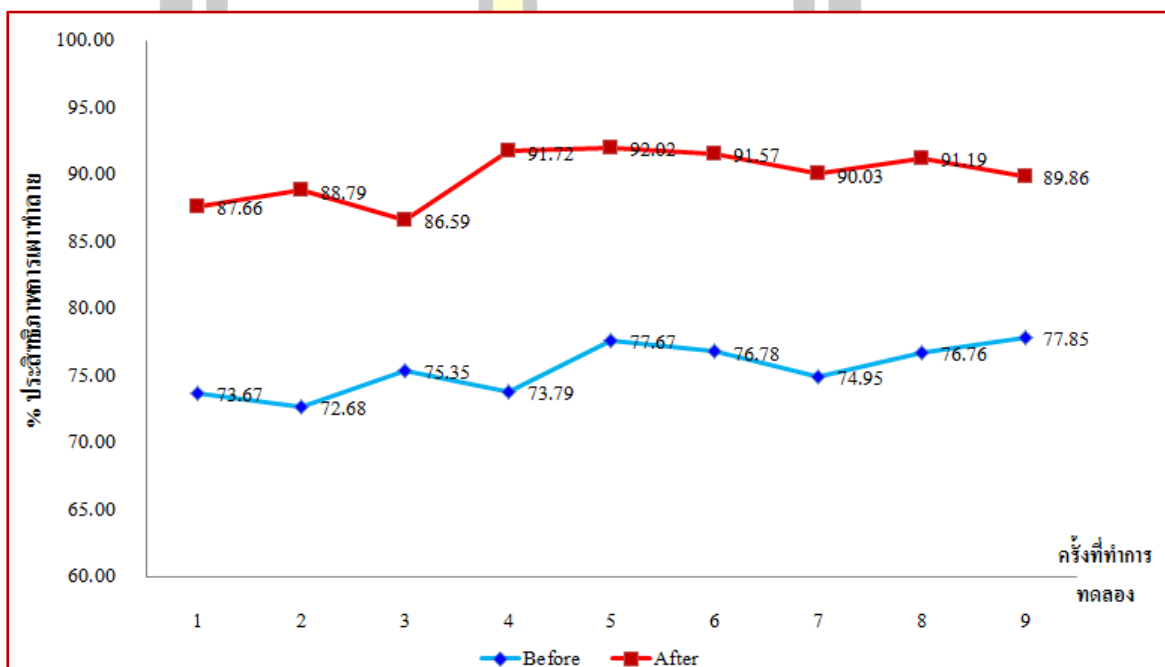
ภาพประกอบ 90 ผลของอุณหภูมิและอัตราความเร็วรอบต่อปริมาณความเข้มข้น SO_2

4.3 ผลของเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาทำลายก่อนและหลังการปรับปรุงออกแบบพัฒนา

4.3.1 ผลจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเผาทำลายขยะ

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการปรับปรุงออกแบบพัฒนาของเตาเผาแบบหมุนสรุปผลที่ได้ดังแสดงในภาพประกอบ 92 จากรูปจะเห็นได้ว่าการปรับปรุงออกแบบพัฒนาของเตาเผาแบบหมุนส่งผลทำให้มีประสิทธิภาพของการเผาทำลายขยะได้ 92.02% โดยมีค่าสูงกว่าก่อนการปรับปรุงออกแบบพัฒนาประมาณ 15% ซึ่งจะเห็นได้ว่าระบบเตาเผาแบบหมุนสามารถเผาทำลายของเสียทั้งที่อยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลวและก๊าซได้พร้อม ๆ กันโดยมี

ประสิทธิภาพการเผาทำลายของเสียจะวัดในรูปของ Destruction & Removal Efficiency (DRE) ซึ่งจากการออกแบบและพัฒนาเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kilns) สามารถลดมลพิษน้ำหนักและปริมาตรของมูลฝอยติดเชื้อได้มากถึงร้อยละ 80-90 นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดพื้นที่ในการฝังกลบ โดยเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kilns) เป็นการใช้ความร้อนอุณหภูมิสูงในการทำให้มูลฝอยติดเชื้อเกิดการแตกสลายด้วยความร้อน (Thermal cracking) โดยจากข้อเท็จจริงพบว่าในเตาเผาแบบหมุนจะมีโซนการเผาไหม้ที่หลากหลาย ตั้งแต่ drying / pyrolysis / gasification / combustion / post-combustion ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้เตาเผาแบบหมุนมีความยืดหยุ่นในการเผาทำลายของเสียได้ทุกสถานะ

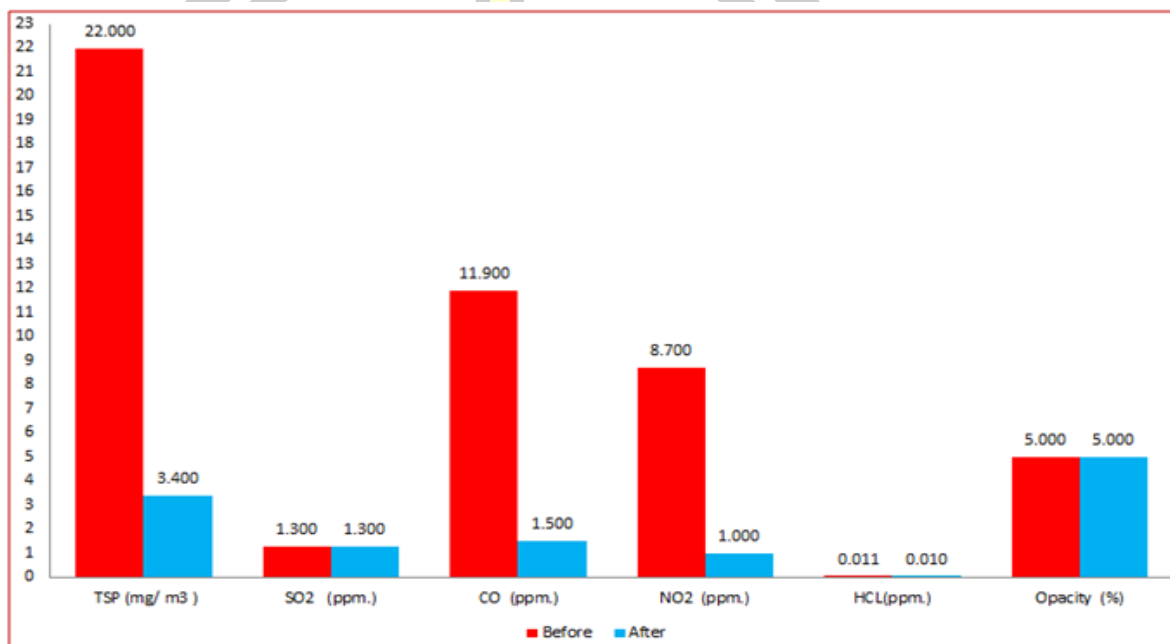


ภาพประกอบ 91 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเผาทำลายก่อนและหลังการปรับปรุง

4.3.2 ผลการเปรียบเทียบก๊าซมลพิษทางอากาศก่อนและหลังปรับปรุงออกแบบพัฒนา

ผลของค่าก๊าซที่ได้จากการเปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซมลพิษทางอากาศก่อนและหลังปรับปรุงออกแบบพัฒนาของเตาเผาขยะแบบหมุนสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้คือ ค่าฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ และ ค่าความทึบแสงตามลำดับ ผลจากตรวจวัดก๊าซมลพิษทางอากาศหลังปรับปรุงออกแบบพัฒนามีค่าที่ต่ำกว่าก่อนการออกแบบพัฒนาของเตาเผาขยะแบบหมุน โดยใช้มาตรฐานในการตรวจวัดมลพิษทางอากาศตาม US EPA. โดยใช้หลักการคำนวณค่าอากาศเสียแต่ละชนิดที่ปล่อยทิ้งจากปล่อง

เตาเผามูลฝอย ให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศ หรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง(dry basic) โดยมีปริมาณอากาศเสียที่ออกซิเจน(O₂) ร้อยละ 15 ซึ่งการตรวจวัดจะต้องได้รับความเห็นชอบจากองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ และคณะกรรมการควบคุมมลพิษดังแสดงในภาพประกอบ 93



Remark : 15 % Oxygen Content

US.EPA = United States Environmental Protection Agency

ภาพประกอบ 92 ผลจากการเปรียบเทียบก๊าซมลพิษทางอากาศก่อนและหลังการปรับปรุงออกแบบ

4.4 ผลการตรวจวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซมลพิษทางปลายปล่องของเตาเผาแบบหมุน

ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เล่ม 120 ตอนพิเศษ 147 ในราชกิจจานุเบกษา 25 ธันวาคม 2546 กำหนดให้มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผา มูลฝอยติดเชื้อ โดยต้องตรวจวัดอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผา มูลฝอยติดเชื้อให้เป็นไปตามวิธีตั้งที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา United States Environmental Protection Agency (US EPA.) กำหนดไว้หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ (รายละเอียดในภาคผนวก ก) ซึ่งต้องตรวจวัดค่าอากาศเสียแต่ละชนิดที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผา มูลฝอยติดเชื้อ ให้คำนวณผลที่ความดัน 1 บรรยากาศหรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศา

เซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ 50 หรือที่ปริมาตรออกซิเจนร้อยละ 7

ในงานวิจัยนี้ใช้มาตรฐานควบคุมการปล่อยทั้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เล่ม 120 ตอนพิเศษ 147ง ในราชกิจจานุเบกษา 25 ธันวาคม 2546 อ้างอิง โดยใช้วิธีการตรวจวัดวิเคราะห์ก๊าซมลพิษทางปลายปล่องของเตาเผาแบบหมุนของสารมลพิษ 10 ชนิด ดังกำหนดไว้ตามมาตรฐาน (US EPA.) ซึ่งแสดงในตาราง 23 จากการศึกษาพบว่าปริมาณฝุ่นละออง (TSP), SO₂, NO_x as NO₂, CO, Hg, HF, HCl, ค่าทึบแสง (Opacity) มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (US EPA.) สำหรับโลหะหนัก 2 ชนิด ตรวจไม่พบ (Cd, Pb) ส่วนสารประกอบพวกไดออกซินและฟิวแรน ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ (N/A) แต่สามารถอธิบายแนวโน้มได้ว่า ในระบบเตาเผาขยะแบบหมุนโดยมีการควบคุมกระบวนการเผาไหม้ให้มีอุณหภูมิสูงอยู่ในช่วง 1000-1200 องศาเซลเซียส เพื่อเผาทำลายสารประกอบพวกไดออกซิน/ฟิวแรนและส่งผลต่อการทำลายสารมลพิษอื่น ๆ เช่น อนุภาคนาโนขนาดเล็กของโลหะหนักและยังสามารถลดโลหะที่มีผลต่อการสร้างไดออกซินและฟิวแรน (Cu, Fe, Zn, Al, Cr, Mn) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyze) ของการสร้างไดออกซินฟิวแรนได้ สำหรับโลหะหนัก 2 ชนิด คือ Cd และ Pb ตรวจไม่พบในการตรวจวัดวิเคราะห์ก๊าซมลพิษทางปลายปล่องของเตาเผาแบบหมุนอย่างไรก็ตาม ในการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือวิเคราะห์คือ Inductively Argon Plasma Emission Spectroscopy (ICAP) หรือ Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) ซึ่งมีวิธีการตรวจวิเคราะห์โดยขีดจำกัด Method Detection Limit (MDL of Lead = 0.19 mg/m³, MDL of Cadmium = 0.02 mg/m³) จึงอาจเป็นสาเหตุให้ตรวจไม่พบโลหะหนักที่ปนเปื้อนในก๊าซมลพิษทางปลายปล่อง อย่างไรก็ตามโลหะหนัก 2 ชนิดนี้ พบปริมาณน้อยมากในเชื้อเพลิงเริ่มต้น โดยค่าความทึบแสงแปรผันกับปริมาณฝุ่นละอองในก๊าซมลพิษ ซึ่งเห็นว่าการประกอบของฝุ่นละอองในก๊าซมลพิษมีค่าน้อยเนื่องจากก๊าซมลพิษได้ผ่านกระบวนการในระบบของ Water scrubber, Chiller scrubber และ Ozone) จึงเป็นผลให้มีปริมาณฝุ่นที่ต่ำมาก สำหรับในกรณีของความเข้มข้น SO₂ และ NO_x ที่มีปริมาณต่ำ เนื่องด้วยกระบวนการเผาไหม้ในระบบเตาเผาแบบหมุนมีการจำกัดปริมาณอากาศจึงส่งผลทำให้เกิดก๊าซมลพิษ 2 ชนิดนี้ในปริมาณที่ต่ำมากซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ

จากการออกแบบปรับปรุงและพัฒนาเตาเผาขยะแบบหมุนสามารถกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ได้สมบูรณ์หรือทำให้ลดปริมาณของขยะลงได้อย่างมาก เมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามการเผามูลฝอยเหล่านี้หากอุณหภูมิภายในเตาเผาไม่สูงเพียงพอ จะส่งผลทำให้เหลือมูลฝอยและอื่น ๆ ออกมาในรูปของมลพิษทางอากาศ เช่น คาร์บอน เขม่าดำ สารพิษที่ก่ออันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และรวมถึงกากเถ้าที่เหลือในเตา โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษที่ถูกปล่อยออกมาจากการเผาซึ่งถือได้ว่าเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นในยุคปัจจุบันเป็นอย่างมาก เนื่องจากเกิดปัญหาภาวะมลพิษใน

สิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นปัญหาสำคัญระดับโลก เช่น ภาวะโลกร้อน ปัญหามลภาวะด้านฝุ่น PM 10, PM 2.5 และอื่น ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เพิ่มประสิทธิภาพในการลดมลพิษจากการเผาโดยการนำเทคโนโลยีไอโซนมาใช้ในการจับสารมลพิษที่เกิดขึ้นในกระบวนการเผาไหม้โดยใช้ใน Wet scrubber, Chiller scrubber ของระบบพบว่าก๊าซมลพิษที่ถูกปล่อยออกมา มีความเข้มข้นน้อยลง สรุปได้ว่างานวิจัยนี้ จากผลการตรวจวิเคราะห์ก๊าซมลพิษทางปลายปล่องของเตาเผาแบบหมุนพบว่ามีความต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของ (US EPA.)

ตาราง 23 ผลการตรวจวิเคราะห์ก๊าซมลพิษทางปลายปล่องของเตาเผาแบบหมุน

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	ผลการตรวจวัด		มาตรฐาน ⁽¹⁾ US EPA. (เตาขนาดเล็ก)	หน่วย
		15% O ₂	7% O ₂		
1. ฝุ่น (TSP)	Isokinetic, Gravimetric	3.4	7.4	120	mg/m ³
2. ก๊าซ SO ₂	Barium Thorin Titrimetric	1.3	1.3	30	ppm
3. ก๊าซ NO _x as NO ₂	Chemical Absorption, Colorimetric	1.0	1.0	180	ppm
4. ก๊าซ CO	Bag, Non-Dispersive Infrared	1.5	3.3	40	ppm
5. ปริมาณ Hg	Isokinetic, Cold Vapor - AAS	0.001	0.001	0.05	mg/m ³
6. ปริมาณ Cd	Isokinetic, ICP-AES	ND ⁽²⁾	ND ⁽³⁾	0.05	mg/m ³
7. ปริมาณ Pb	Isokinetic, ICP-AES	ND ⁽²⁾	ND ⁽³⁾	0.5	mg/m ³
8. ก๊าซ HF	Ion Chromatography	0.016	0.042	20	ppm
9. ก๊าซ HCl	Ion Chromatography	<0.010	<0.010	25	ppm
10. ค่าทึบแสง (Opacity)	Ringlemann's Method	5	5	10	%

(1) มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาอุตสาหกรรมให้ปฏิบัติตามวิธีตั้งที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (US EPA.) การเผาไหม้น้อยกว่า 50 ตัน/ต่อวัน

(2) MDL = Method Detection Limit (MDL of Lead = 0.19 mg/m³) และ
(MDL of Cadmium = 0.02 mg/m³)/

ND = Not Detected

(3) RESULTS OF ACTUAL %O₂

4.5 เปรียบเทียบต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของเตาเผาขยะแบบหมุน

จากข้อมูลพบว่าเทคโนโลยีเตาเผาขยะติดเชื้อขนาด 100 kg/hr. พร้อมติดตั้งระบบเทคโนโลยีไอโซนขนาด 100 g/hr. ซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่สำหรับงานวิจัยนี้ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความเหมาะสมในด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบทั้งหมดเพื่อการบำบัดก๊าซมลพิษทางอากาศและรวมทั้งเพื่อบำบัดมลพิษทางน้ำ โดยช่วยให้มลพิษทั้งทางน้ำและอากาศลดลงต่ำกว่ามาตรฐาน US.EPA จากนั้นเมื่อได้ทำการทดลองแล้วเสร็จได้มีการเก็บข้อมูลด้านการสูญเสียพลังงาน เช่น เชื้อเพลิงที่ใช้ไปในกระบวนการ พลังงานไฟฟ้าและพลังงานน้ำ ที่ถูกใช้ไปในการดำเนินงานทดลองระบบ จากนั้นได้นำไปเปรียบเทียบต้นทุนกับเครื่องจักรที่มีอยู่ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีทั้งภายในประเทศและการนำเข้ามาจากต่างประเทศจะเห็นได้ว่ามีข้อจำกัดและข้อแตกต่างในด้านเครื่องจักรและต้นทุนที่เกิดขึ้น เช่น ต้นทุนจากเทคโนโลยีนวัตกรรมและต้นทุนด้านการนำเข้าสินค้า, ต้นทุนทางภาษีและอื่น ๆ รวมไปถึง ความเข้าใจในด้านเทคนิคการบริการตรวจสอบเทคโนโลยีทั้งทางตรงและทางอ้อม ข้อมูลเปรียบเทียบราคาเครื่องจักรสรุปข้อมูลเปรียบเทียบรายละเอียดราคาเครื่องจักรของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้ในประเทศไทย ดังแสดงในตาราง 24

ตาราง 24 รายละเอียดของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ที่ใช้ในประเทศไทย [2]

รายละเอียดข้อมูลเตาเผา	เตาเผาแบบใหม่ ด้วยเทคโนโลยี และเพิ่มนวัตกรรมจากญี่ปุ่น โดย ผลิตในประเทศไทย	เตาเผาโรงพยาบาล บางปะกง	เตาเผาโรงพยาบาล ราชวิถี	เตาเผาใน กรุงเทพมหานคร อ่อนนุช	เตาเผาใน อำเภอบางใหญ่
ความสามารถในการเผา	100 kg./hr.	50 kg./hr.	300 kg./hr.(2 sets)	1000 kg./hr.(2 sets)	500 kg./hr.
ประเทศผู้ผลิต	ไทย	ไทย	สวิสเซอร์แลนด์	ออสเตรีย	สหรัฐอเมริกา
เทคโนโลยีในการเผา	Excess – air controlled - air	Excess - air	controlled - air	Excess – air	controlled - air
ระบบควบคุมมลพิษทาง	มี (ต่ำกว่ามาตรฐาน)	-	มี	มี	มี

รายละเอียดข้อมูลเตาเผา	เตาเผาแบบใหม่ ด้วยเทคโนโลยี และเพิ่มนวัตกรรมจากญี่ปุ่น โดย ผลิตในประเทศไทย	เตาเผาโรงพยาบาล บางปะกง	เตาเผาโรงพยาบาล ราชวิถี	เตาเผาใน กรุงเทพมหานคร อ่อนนุช	เตาเผาใน อำเภอบางใหญ่
อากาศ					
ระบบควบคุมมลพิษทางน้ำ	มี	-	-	-	-
ระบบป้องกันมลพิษอัตโนมัติ	มี	-	มี	มี	มี
งบประมาณก่อสร้าง (โดยประมาณ)	5,000,000 บาท.	450,000 บาท.	38,000,000 บาท.	70,000,000 บาท.	20,000,000 บาท.
บุคลากรที่ใช้	2 คน	1 คน	4 คน	10 คน	4 คน
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	3.5 บาท/กก.	12 บาท/กก.	14 บาท/กก.	14 บาท/กก.	20 บาท/กก.

ตาราง 25 เปรียบเทียบด้านต้นทุนค่าใช้จ่ายของเตาเผาขยะแบบหมุน

ลำดับที่	รายละเอียด	วิธีการคำนวณ	ราคาต่อหน่วย
1	ต้นทุนด้านแรงงาน จำนวน 2 คน	-รอบเช้า -รอบบ่าย	1,000 บาทต่อวัน
2	ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง Burner 3 ตัวใช้ก๊าซ 40-50 lite/hr.	-ค่าก๊าซเชื้อเพลิง ใช้ 1unit/hr.=1,200 -ค่าไฟฟ้า 71 หน่วยต่อวัน 3.6 unit/baht. -ค่าน้ำ 11.53 หน่วยต่อวัน 13 baht/unit	9,600 บาทต่อวัน 255 บาทต่อวัน 150 บาทต่อวัน
3	ค่าวัสดุอุปกรณ์	คิดรายการต่อปี = 36,000 บาท/ 12 เดือน = 3,000 บาท/30 วัน	100 บาทต่อวัน
4	ค่าซ่อมบำรุง	คิดรายการต่อปี = 72,000 บาท/ 12 เดือน	200 บาทต่อวัน

ลำดับที่	รายละเอียด	วิธีการคำนวณ	ราคาต่อหน่วย
		= 6,000 บาท/30 วัน	
5	ค่าเสื่อมเครื่องจักร	คิดต่อปี = 580,000 บาท/ 12 เดือน = 48,333 บาท/30 วัน	1,611 บาทต่อวัน
	รวมรายจ่าย Total		12,916 บาทต่อวัน
	รายได้จากการกำจัดขยะติดเชื้อราคากิโลกรัมละ 25 บาท(ขึ้นอยู่กับกระประมาณของแต่ละหน่วยงาน)	รายได้ = 25 baht/ kg. ทำงาน = 8 hr./day. กำจัดได้ = 100 kg/hr. 100 x 8 =800 kg./day. 800 x 25 =20,000 baht/day.	20,000 บาทต่อวัน
	รายรับสุทธิต่อวัน	= (20,000 – 12,111)	7,089 บาทต่อวัน
	รายได้จากการกำจัด/เดือน	= (7,089 x 30)	212,670 บาทต่อเดือน
	รายได้จากการกำจัด/ปี	(212,670 x 12)	2,552,040 บาทต่อปี
	ราคาเครื่องจักรขนาดกำลังการผลิตที่ 100 kg/hr.	ราคาเครื่องโอโซน + เตาเผาขยะแบบหมุน + ราคาอุปกรณ์อื่น ๆ	3,000,000 บาทต่อหน่วย
	ระยะเวลาในการคืนทุน Return on investment (ROI)	2,552,040 x 2 ปี = 5,104,080 บาท คืนทุนภายในระยะเวลา 2 ปี	1 ปี 3 เดือน

Remark: คิดเวลาทำการที่ 8 ชั่วโมงทำการ, ต้นทุนก๊าซขนาดบรรจุ 48 kg. ถึงละ 1,200 baht / unit

ราคาดังกล่าวรวมค่าขนส่งไปยังสถานที่ของผู้ซื้อ ซึ่งมีระยะทางขนส่งในรัศมีไม่เกิน 5 กิโลเมตร แต่ไม่รวมค่าบริการขนส่งขึ้นอาคารสูง และต้นทุนค่าไฟฟ้าคิดที่ 3.6 baht/unit. คิดค่าแรงงานระดับปริญญาตรี 500 baht/day. ค่าน้ำประปาอื่น ๆ = 13 baht/m³ เครื่องจักรราคา 3,000,000 บาท ประมาณอายุการใช้งาน 5 ปี จะมีราคาซาก 100,000 บาท ราคาซาก (Scrap value หรือ Salvage value) หมายถึง มูลค่าที่คาดว่าจะขายสินทรัพย์ถาวรนั้นได้เมื่อหมดอายุการใช้งาน หักด้วยค่าเสื่อมและค่าใช้จ่ายในการจำหน่ายสินทรัพย์นั้น (ถ้ามี) จากงานวิจัยสามารถคำนวณจากสมการ 4.1 ดังนี้

$$\text{ค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง} = (\text{มูลค่าสินทรัพย์} - \text{มูลค่าซากสินทรัพย์}) \div \text{อายุการใช้งาน} \quad (4.1)$$

$$= (3,000,000 - 100,000) \div 5 \text{ ปี}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคาต่อปี} = 580,000 \text{ บาท}$$

จากตัวอย่างเมื่อเวลาผ่านไป 1 ปี มูลค่าของเครื่องจักรจะลดลงครั้งละ 580,000 บาท และเมื่อเวลาผ่านไป 5 ปี มูลค่าของเครื่องจักรจะเหลือเพียงมูลค่าซากนั่นคือ 100,000 บาท ดังนั้นค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรงของเครื่องจักรมูลค่า 3,000,000 บาทจะมีมูลค่า ณ เวลาสิ้นปีแต่ละปีดังแสดงในตารางนี้คือ (ยังไม่คิดภาษีรายได้และภาษีปลายงวด รวมทั้งค่าเช่าพื้นที่วางเครื่องจักร)

ตารางคิดค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรระยะเวลา 5 ปี			
ระยะเวลาสิ้นปีที่	มูลค่าสินทรัพย์	ค่าเสื่อมราคา	คงเหลือ
1	3,000,000	580,000	2,420,000
2	3,000,000	580,000	1,840,000
3	3,000,000	580,000	1,260,000
4	3,000,000	580,000	680,000
5	3,000,000	580,000	100,000
เมื่อเวลาผ่านไป 5 ปี มูลค่าเครื่องจักรจาก 3,000,000 บาทจะเหลือแค่มูลค่าซาก 100,000 บาท			

$$\text{การคำนวณระยะเวลาคืนทุน(PB)} = \text{เงินลงทุน} / \text{เงินสดรับเฉลี่ยต่อปี}$$

- ราคาเครื่องจักร 3,000,000 บาท
- ผลตอบแทนเวลา 5 ปี ๆ ละ 7,200,000 บาทต่อปี
- ต้นทุนการผลิตปีละ 4,649,760 บาทต่อปี

$$\text{PAY BACK PERIOD} = 3,000,000 / (7,200,000 - 4,649,760) = 1.17 \text{ ปี}$$

สรุป จากตาราง 25 พิจารณาถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานรายเดือนเช่น ค่าแรง ค่าเชื้อเพลิงก๊าซ (LP GAS), ค่าน้ำ, ค่าไฟฟ้า ที่ใช้ในระบบค่าวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร รวมไปถึงจนถึงการพิจารณาถึงค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรพบว่าค่าใช้จ่ายรวมประมาณ 12,916 บาทต่อวัน จากนั้นเมื่อเปรียบเทียบรายได้ที่จะเกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องจักรต่อกำลังการผลิตที่ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง รายรับจากการค่าเผากำจัด 25 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อคิดเวลาในการ

ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน จะสร้างรายได้ประมาณวันละ 20,000 บาทต่อวัน จากนั้นเมื่อนำรายได้ไปหักลบกับค่าใช้จ่ายจะคงเหลือกำไรจากการบริหาร 7,084 บาทต่อวัน หากคิดรายได้ต่อเดือน 30 วันจะมีรายได้ 212,520 บาทต่อเดือน และเมื่อนำไปคิดเป็นรายได้อุปปีจะมีรายได้ 2,550,240 บาทต่อปี เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับราคาเครื่องจักรเตาเผาขยะแบบหมุนที่ติดตั้งระบบการบำบัดมลพิษทางด้านอากาศและน้ำด้วยเทคโนโลยีไอโซนที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่ามลพิษซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน (US EPA.) กำหนดราคาไว้ที่ 3,000,000 บาทต่อเครื่อง จากการเปรียบเทียบต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของเตาเผาขยะแบบหมุนจะเห็นว่าสามารถคืนทุนจากการลงทุนในระยะเวลาประมาณ 1 ปี 3 เดือน เมื่อพิจารณาจากด้านเศรษฐศาสตร์ว่าด้วยการลงทุนซึ่งถือว่าการลงทุนที่คุ้มค่าและมีความเหมาะสมแก่การลงทุนเป็นอย่างมากจากระบบเตาเผาที่ออกแบบนี้ โดยสามารถนำไปใช้สร้างเพื่อเผาทำลายมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาลได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่อย่างใด

หมายเหตุ: ในบางกรณีการใช้ระยะเวลาคืนทุนในการพิจารณาคัดเลือกโครงการอาจทำให้เกิดการตัดสินใจผิดพลาดได้เนื่องจากวิธีนี้ไม่ได้ คำนึงถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับหลังระยะเวลาคู่มือและไม่ได้คำนึงถึงมูลค่าเงินตามเวลา มาปรับให้ถูกต้องโดยคำนวณเป็นระยะเวลาคืนทุนที่คำนึงถึงค่าเงิน (Discounted payback period method) มาใช้การวิเคราะห์และประเมินโครงการได้



บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการปรับปรุงออกแบบและพัฒนาเตาเผาขยะแบบหมุนให้มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูงเพื่อกำจัดมลพิษติดเชื่อมีองค์ประกอบหลากหลาย โดยได้ทำการออกแบบห้องเผาไหม้ที่ 1 คือเตาที่สร้างขึ้นเป็นรูปทรงกระบอกซึ่งเป็นท่อนอนยาว มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ความยาวของเตา 450 เซนติเมตรและเตาเผามีความลาดเอียง 5° เพื่อให้ขยะเกิดการเคลื่อนตัวขณะทำงานจะหมุนตลอดเวลาสามารถควบคุมระยะเวลาการเผาไหม้จึงจะสามารถทำปฏิกิริยาการเผาทำลายมลพิษติดเชื่อได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนห้องเผาไหม้ที่ 2 เป็นห้องสำหรับเผาควันและกลิ่นหรือก๊าซและมวลสารต่าง ๆ มาเผาซ้ำเพื่อเพิ่มศักยภาพในการเผาไหม้ก๊าซเสียทำให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ จึงทำให้ปราศจากมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลองสี่เหลี่ยมผืนผ้าเตาแนวนอน ภายในมีระบบตะแกรงรังผึ้งติดตั้งอยู่ 2 ชั้น เพื่อทำหน้าที่ให้การไหลเวียนแก๊สมีระยะเวลาานมากกว่า 2 วินาทีและเพื่อช่วยในการดักฝุ่นทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่งเตาเผามีประสิทธิภาพการเผาได้ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยเตาเผาขยะแบบหมุนที่ออกแบบนี้มีระบบและประสิทธิภาพในการทำงานสูงไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยเตาเผาจากงานวิจัยนี้สามารถเผาไหม้มลพิษติดเชื่อที่มีสมบัติไม่สม่ำเสมอได้และสามารถควบคุมระยะเวลาการเผาไหม้ของขยะในเตาเผา (Residence Combustion Time of Waste) ได้ดีทำให้เหมาะสำหรับการเผาทำลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะมูลฝอยอันตราย (Hazardous Waste) จากข้อเท็จจริงพบว่าในเตาเผาแบบหมุนจะมีโซนการเผาไหม้ที่หลากหลาย ตั้งแต่ drying, pyrolysis, gasification, combustion, post-combustion ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้เตาเผาแบบหมุนมีความยืดหยุ่นในการเผาทำลายของเสียได้ทุกสถานะด้วยเหตุนี้เตาเผาแบบหมุนจึงสามารถที่จะใช้ในการเผาขยะมูลฝอยได้ทุกประเภทไม่ว่าจะเป็นขยะหรือของเสียที่เป็นของแข็ง ของเหลวหรือก๊าซในเวลาเดียวกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะอุตสาหกรรม ขยะติดเชื่อของโรงพยาบาลหรือขยะชุมชน

ในงานวิจัยนี้พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเผาทำลายของเตาเผาขยะแบบหมุนคือ อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 800 องศาเซลเซียสและอัตราความเร็วรอบ 0.8 รอบต่อนาที ส่งผลทำให้มีประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะสูงสุด 92.02% และตัวแปรทั้งสองนี้ส่งผลต่อปริมาณมลพิษทางอากาศ โดยเมื่อระดับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วง 700-900 องศาเซลเซียสและอัตราความเร็วรอบเพิ่มขึ้นในช่วง 0.6-1 รอบต่อนาที ส่งผลทำให้ปริมาณมลพิษทางอากาศของ CO, NO₂, SO₂ มีแนวโน้มการกระจายตัวเพิ่มขึ้นแต่ก็มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของ (US EPA.) ส่วนการเปรียบเทียบ

ประสิทธิภาพการเผาทำลายก่อนและหลังการปรับปรุงออกแบบพัฒนาของเตาเผาแบบหมุนพบว่าหลังการปรับปรุงออกแบบพัฒนาส่งผลทำให้มีประสิทธิภาพของการเผาทำลายขยะที่สูงกว่าก่อนการปรับปรุงออกแบบพัฒนาประมาณ 15% จากผลการตรวจวิเคราะห์ก๊าซมลพิษทางปลายปล่องของเตาเผาแบบหมุนพบว่ามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดของ (US EPA.) และจากการเปรียบเทียบต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของเตาเผาขยะแบบหมุนจะเห็นว่าสามารถคืนทุนจากการลงทุนในระยะเวลาประมาณ 1 ปี 3 เดือน เมื่อพิจารณาจากด้านเศรษฐศาสตร์ว่าด้วยการลงทุนซึ่งถือว่าการลงทุนที่คุ้มค่าและมีความเหมาะสมแก่การลงทุนเป็นอย่างมาก

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

5.2.1 เกิดฝุ่นและมีควันออกทางปลายปล่องมากกว่าระหว่างที่เผาไหม้ช่วงแรกก่อนเริ่มดำเนินการเผาผลผลิตดีควรทำความสะอาดภายในห้องเผาก่อนทุกครั้งโดยกำจัดขี้เถ้าที่ค้างอยู่ตามห้องต่าง ๆ ของเตาเผา

5.2.2 อุปกรณ์ในระบบเตาเผาทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ผู้ปฏิบัติงานต้องทำการตรวจสอบระบบการทำงานต่าง ๆ ดังนี้ การตั้งค่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 ให้อยู่ในช่วง 700-900 องศาเซลเซียส และในห้องเผาไหม้ที่ 2 ให้อยู่ในช่วง 1000-1200 องศาเซลเซียส รวมทั้งสวิตช์มอเตอร์พัดลมอากาศและสวิตช์วาล์วท่อแก๊สและอุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบ

5.2.3 ขยะติดไฟยากเพราะมีความชื้นสูงดังนั้นควรเริ่มเดินเครื่อง (warm up) ก่อนนำมูลฝอยติดเชื้อใส่ในห้องเผา โดยเดินเครื่องทั้งหัวเผาไหม้ที่ 1 และ 2 พร้อม ๆ กันจนอุณหภูมิในห้องเผาสูงประมาณ 600 องศาเซลเซียส จึงเริ่มนำมูลฝอยใส่ในห้องเผา

5.2.4 เกิดปัญหาการติดขัดในระบบการป้อนขยะ ดังนั้นระบบป้อนขยะควรจะลดระยะช่วงส่งเพื่อให้ขยะเข้าสู่ภายในเตาได้ง่ายขึ้น และการป้อนขยะไม่ควรเกิน 1 ใน 5 ของ พื้นที่หน้าตัดของเตาเผา

5.2.5 ระบบเกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ส่งผลมาจากการควบคุมอากาศไม่ได้ การป้อนอากาศควรควบคุมการทำงานของพัดลมอากาศให้มีอัตราการป้อนอากาศที่สม่ำเสมอและเหมาะสมกับปริมาณมูลฝอยในห้อง

5.3 ข้อเสนอแนะในการต่อยอดงานวิจัย

5.3.1 ควรมีการใช้โปรแกรมในการจำลองการเผาไหม้ภายในเตาเผาแทนการเผาจริง ซึ่งจะ เป็นประโยชน์เป็นอย่างมากต่อผู้ทำการทดลอง เนื่องจากไม่ต้องทำทดลองเผาผลผลิตดีเชื้อในระบบ

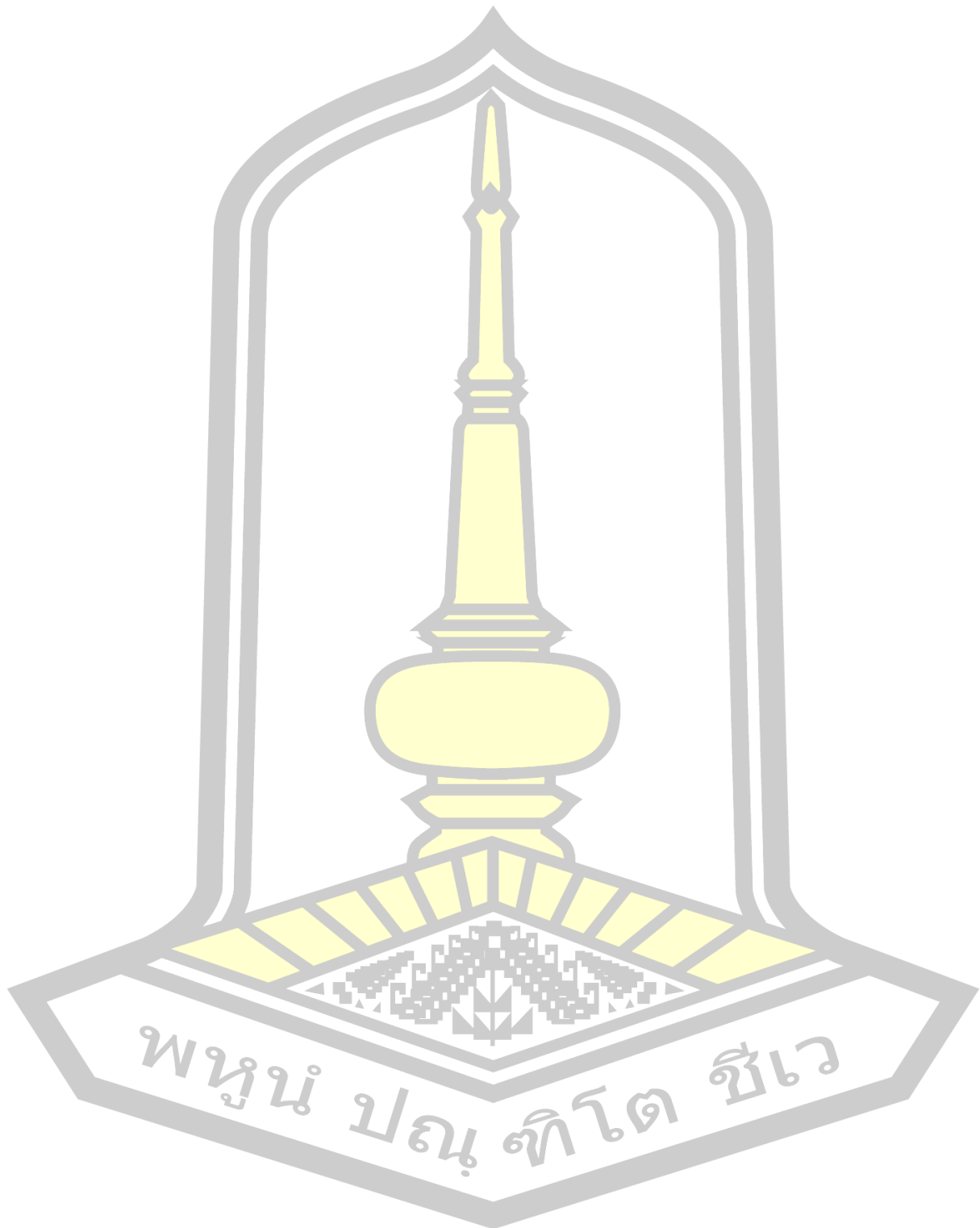
จริง ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาทั้งทางด้านมลพิษและความปลอดภัยต่อผู้ทดลอง ทั้งยังประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดลอง

5.3.2 ระบบควบคุมในการทำงานของเตาเผาควรรู้ใช้ Programmer Logic Control (PLC) มาใช้ในการคอนโทรลระบบปฏิบัติการต่าง ๆ ในการทำงานของเตาเผา เช่น บนตู้ควบคุมจะมีไฟแสดงการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ แสดงค่าอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ แสดงค่าแก๊สมลพิษที่เกิดขึ้นทั้งทางอากาศและทางน้ำเสียในระบบเตาเผา

5.3.3 ควรมีระบบเครื่องป้อนมูลฝอยแบบอัตโนมัติ



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

1. เยาวลักษณ์ บำรุงกิจดี. "การจัดการมูลฝอยติดเชื้อ". [Online] 2559 [cited 12 มีนาคม 2560]; Available from: <http://164.115.41.53/contentviewfullpage.aspx?folder=941&subfolder=&contents=53205>.
2. กรมควบคุมมลพิษ. "รายงานหลัก โครงการวิจัยและพัฒนาเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ". [Online] 2544 [cited 12 มีนาคม 2560]; Available from: http://www.pcd.go.th/info_serv/envi_incinerate.html#s5.
3. ทิพย์สุภินทร์ หินชุย. "การศึกษาการกำจัดขยะชุมชนเพื่อผลิตพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีพลาสมาแก๊สซิฟิเคชัน": มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2556.
4. สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. "คู่มือการพัฒนาระบบเอกสารกำกับการขนส่งมูลฝอยติดเชื้อ". [Online] 2561 [cited 11 มีนาคม 2562]; Available from: <http://hpc.go.th/env/data/infect/developmanifest.pdf>.
5. WHO. 2014. "Interim Infection Prevention and Control Guidance for Care of Patients with Suspected or Confirmed Filovirus Haemorrhagic Fever in Health-Care Setting". [Online] 2014 [cited 11 May 2019]; Available from: <http://www.who/his/sds/2014.4>.
6. Chartier Y. "Safe management of wastes from health-care activities": World Health Organization; 2014.
7. ทิพย์วรรณ ทองประวัตติ. "การใช้กระบวนการสิ่งแวดล้อมศึกษาในการจัดการคัดแยกมูลฝอยติดเชื้อ : กรณีศึกษาบุคลากรทางการแพทย์โรงพยาบาลป่าตอง จังหวัดภูเก็ต": มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต; 2555.
8. กรทิพย์ แซ่เล่า. "กระบวนการและปัญหาการจัดการขยะในสถานศึกษาขนาดใหญ่: กรณีศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย": จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2557.
9. Adsavakulchai S. "Study on waste from hospital and clinics in Phitsanulok". Online Journal of Health and Allied Sciences. 2002;1(3).
10. สุภาพร แซ่เตียว. "ผลของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ต่อการปฏิบัติในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อของบุคลากรในโรงพยาบาลชุมชน": มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2551.
11. ศูนย์อนามัยที่ 9 พิษณุโลก กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. "ขยะติดเชื้อ ใคร?... รับผิดชอบ". เกวลีพรีนติ้ง : เชียงใหม่. 2557.

12. จักรกริช กาญจนกิจ. "การจัดการขยะมูลฝอยของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล": สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์; 2556.
13. ธนตรี วัฒนวิสัย. "พื้นที่ซื้อขายและแลกเปลี่ยนขยะเพื่อคนเมือง": มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2555.
14. ภิญญาดา หงษ์คา. "แนวทางการพัฒนาการจัดการขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลของเทศบาลในเขตอำเภอเดชอุดม จังหวัดอุบลราชธานี": มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี; 2557.
15. เกษรา อุทัยรัมย์. "การจัดการมูลฝอยติดเชื้อของเจ้าหน้าที่สถานีอนามัยและคลินิกในจังหวัดจันทบุรี": มหาวิทยาลัยบูรพา; 2554.
16. Medcalf BD, Manahan SE, Larsen DW. "Gasification as an alternative method for the destruction of sulfur containing waste (ChemChar process)". Waste Management. 1998;18(3):197-201.
17. Theodore L, Reynolds J. "Introduction to hazardous waste incineration". 1987.
18. สุชัย ศศิวิมลพันธุ์. "คู่มือการปรับแต่งหัวเผา". [Online] 2548 [cited 24 ธันวาคม 2548]; Available from: <http://www.kmutt.ac.th/TEC2/Tuneup%20Burner/tuneup.pdf>.
19. Gill JH, Quiel JM. "Incineration of Hazardous, Toxic, and Mixed Wastes: A Textbook and Handbook": North American Mfg. Company; 1993.
20. Brunner CR. "Handbook of Incineration System". New York, McGraw-Hill. 1991:12.1-3.
21. ศูนย์วิจัยการเผาากของเสีย. "โครงการวิจัยและพัฒนาเตาเผาากของเสียจากห้องปฏิบัติการ". ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2545.
22. พจนีย์ ชุมมงคล. "หลักการเผาไหม้". เอกสารการสอนชุดวิชาถ่ายเทมวลและการเผาไหม้, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2534.
23. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. "คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 6". 2554.
24. สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย. "คู่มือสำหรับผู้ประเมิน (Auditors) การพัฒนาคุณภาพระบบบริการอนามัย สิ่งแวดล้อมขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ". [Online] 2562 [cited 11 มกราคม 2563]; Available from: <http://foods.anamai.moph.go.th/download/>.

25. ณพร บุญมี, คุณพัชร เอี่ยมเกื้อกุล และ สุรศักดิ์ ชื่นพิทักษ์ธรรม. "การศึกษาการเผาไหม้ขยะติดเชื้อจากโรงพยาบาลในเตาเผาขยะแบบหมุนซึ่งมีความสามารถในการเผาขยะ 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง". ปรินญาณินพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2538.

26. ชัยวัฒน์ งามเจตน์วัฒน์. "ปริมาณสารมลพิษทางอากาศจากปล่องระบายควันของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อแบบของกองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย". วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม (สหสาขาวิชา) คณะวิทยาศาสตร์: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2539.

27. กฤษ ภูมิรัตน์. "การออกแบบและศึกษาประสิทธิภาพของเตาเผาแบบ Rotary Kiln". ปรินญาณินพนธ์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2542.

28. วรณชัย สงวนคุณากร. "เตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้ก๊าซเรือนกระจก". ปรินญาณินพนธ์มหาบัณฑิต สาขาเคมี สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง; 2542.

29. สุกิจ ลิตติกรณ์. "การศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ป้อนมูลฝอยสำหรับเตาเผา". ปรินญาณินพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2542.

30. เลอศักดิ์ โคสูงเนิน. "การควบคุมมลภาวะทางอากาศและน้ำจากเตาเผาขยะชุมชนขนาดเล็ก". วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2544.

31. อัศวิน สืบบุญการณ. "การพัฒนาเตาเผาขยะชุมชนขนาดเล็ก". วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2544.

32. มงคล จึงสถาปัตยกรรม, สุธรรม ปทุมสวัสดิ์ และ สมรัฐ เกิดสุวรรณ. "ศูนย์วิจัยการเผากากของเสีย". ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2546.

33. สมรัฐ เกิดสุวรรณ. "ระบบเตาเผาขยะมูลฝอยติดเชื้อ". ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2543.

34. วิโรจน์ มีสุนทร. "การพัฒนาเตาเผาขยะจากเชื้อเพลิง". ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2548.

35. วัชรภรณ์ ผลพูล, อรรถกร เก่งพล และ สมรัฐ เกิดสุวรรณ. "การศึกษาระบบการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อที่เหมาะสมสำหรับโรงพยาบาลตัวอย่าง". วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2549;16:49-56.

36. ธนา นาถไตรภพ. "การประเมินสมรรถนะเตาเผาขยะ เพื่อการจัดการขยะระดับชุมชน": มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2551.
37. Paredes IJ, Yohannes B, Emady HN, Muzzio FJ, Maglio A, Borghard WG, et al. "Measurement of the residence time distribution of a cohesive powder in a flighted rotary kiln". *Chemical Engineering Science*. 2018;191:56-66.
38. Zjup W, Jiang X, Li Y, Yan J. "Hazardous waste incineration in a rotary kiln: a review". *Waste Disposal & Sustainable Energy*. 2019;1:3-37.
39. Lin F, Wang Z, Zhang Z, He Y, Zhu Y, Shao J, et al. "Flue gas treatment with ozone oxidation: An overview on NO_x, organic pollutants, and mercury". *Chemical Engineering Journal*. 2020;382:123030.
40. พีระพัชร อาศิริวิชัย. "การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจัดการขยะมูลฝอยชุมชน": มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2556.
41. E1756-08 A. "Standard test method for determination of total solids in biomass". 2015.
42. E872-82 A. Standard test method for volatile matter in the analysis of particulate wood fuels. ASTM International West Conshohocken, PA; 2013.
43. E1755-01 A. "Standard test method for ash in biomass". ASTM International. 2015.
44. อีรพจน์ พุทธิภิฏกวีวงศ์. "ไฟโรลีสซิสของชีวมวล". มหาสารคาม : อภิชาติการพิมพ์. 2545.
45. องค์การ ศิริสวัสดิ์. "การศึกษาวิธีการผลิตเทพลอนที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง": จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2551.
46. McKendry P. "Energy production from biomass (part 3): gasification technologies". *Bioresource technology*. 2002;83(1):55-63.
47. Arjhar W, Hinsui T, Liplap P, Raghavan G. "Evaluation of electricity production from different biomass feedstocks using a pilot-scale downdraft gasifier". *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*. 2012;6(3):309-18.
48. Kietthanakorn B. "An Appropriate Alternative of Hospital Solid Waste Disposal in Bangkok Metropolitan": Mahidol University; 1991.

49. Montejo C, Costa C, Ramos P, del Carmen Márquez M. "Analysis and comparison of municipal solid waste and reject fraction as fuels for incineration plants". Applied Thermal Engineering. 2011;31(13):2135-40.

50. วีรชัย ออาจหาญ. "ศึกษาการปลดปล่อยมลพิษจากการกำจัดขยะอันตรายโดยใช้เทคโนโลยีพลาสมาอาร์ค". มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2560.

51. ศรศักดิ์ เสงวนวงศ์, นัฐพร ไชยญาติ, ชวโรจน์ ใจสิน และ จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล. การวิเคราะห์ต้นทุนด้านพลังงานของวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ด้วยเชื้อเพลิงขยะติดเชื้อด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กรณีศึกษา: โรงพยาบาลลำปาง. การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3, 2561.

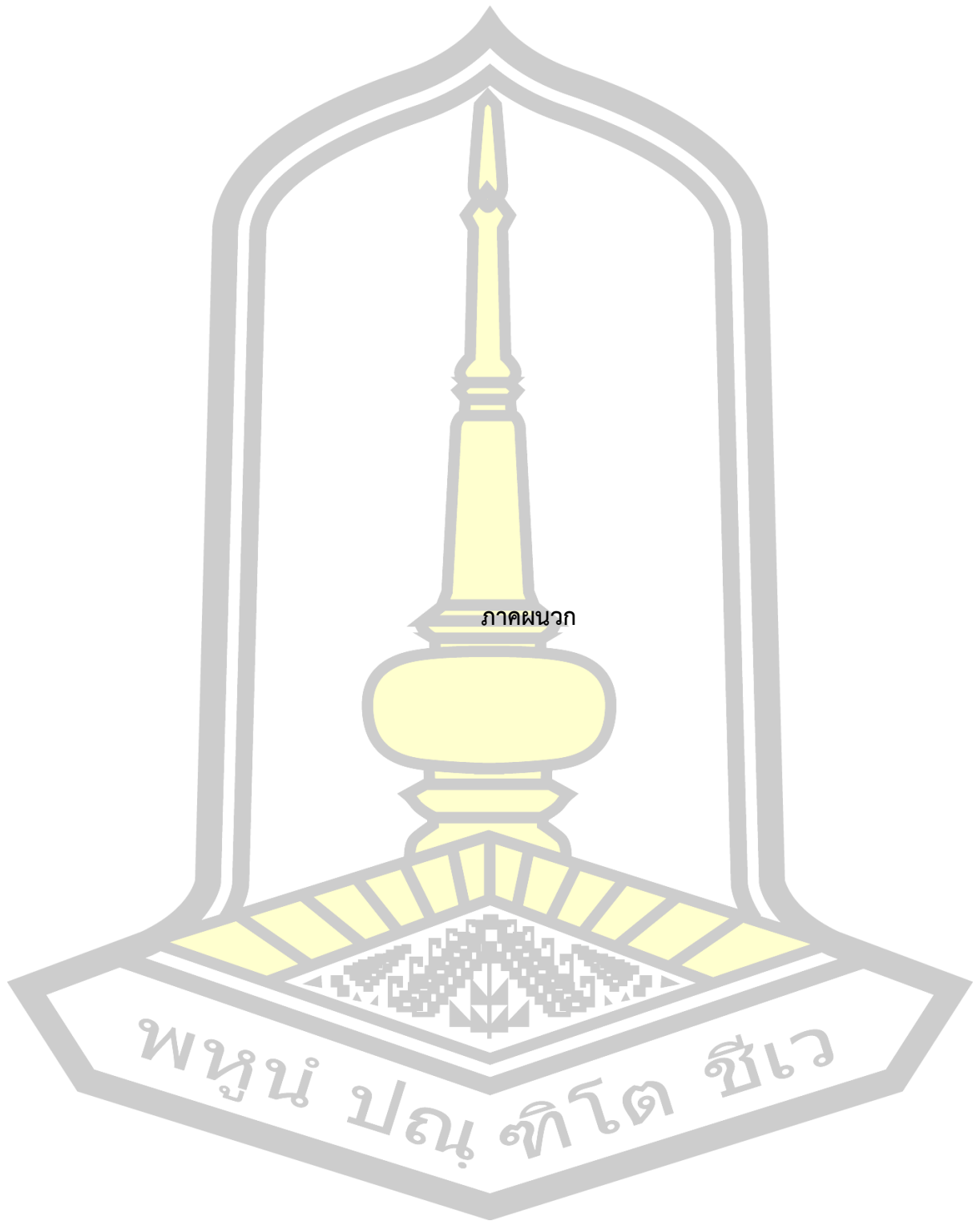
52. รัฐิมา พัฒนเจริญ. "การทำงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลเขตเทศบาลนครขอนแก่น". วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธาณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธาณสุขศาสตร์: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2542.

53. Vervaeke P, Tack FMG, Navez F, Martin J, Verloo MG, Lust N. "Fate of heavy metals during fixed bed downdraft gasification of willow wood harvested from contaminated sites". Biomass and Bioenergy. 2006;30(1):58-65.

54. Malkow T. "Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal". Waste management. 2004;24(1):53-79.

55. สมรัฐ เกิดสุวรรณ, บัณฑิต พุ่งธรรมสาร และ GOUDEAU J.C. "การศึกษาการเผาไหม้ขยะมูลฝอยในเตาแบบหมุน". ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2548.

พหุ ปรุ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก

พูนุ่ ปณุ่ ทีโต ชีเว



ภาคผนวก ก ข้อกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อตาม
ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในราชกิจจานุเบกษา 25 ธันวาคม 2546

หน้า ๑๐

เล่ม ๑๒๐ ตอนพิเศษ ๑๔๗ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๕ ธันวาคม ๒๕๕๖

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

เรื่อง กำหนดให้เตาเผามูลฝอยติดเชื้อเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้อง
ถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ

เพื่อกำหนดให้เตาเผามูลฝอยติดเชื้อเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๖๘ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ แก้ไขโดยมาตรา ๑๑๕ แห่งพระราชกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. ๒๕๔๕ พ.ศ. ๒๕๔๕ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๘ ประกอบกับ มาตรา ๓๕ มาตรา ๔๘ มาตรา ๕๐ และมาตรา ๕๑ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษจึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้

“เตาเผามูลฝอยติดเชื้อ” หมายความว่า ระบบหรืออุปกรณ์ใดๆ ที่ใช้เพื่อกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยวิธีการเผาไหม้

“มูลฝอยติดเชื้อ” หมายความว่า มูลฝอยติดเชื้อตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข

หน้า ๑๑

เล่ม ๑๒๐ ตอนพิเศษ ๑๔๗ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๕ ธันวาคม ๒๕๕๖

“เตาเผามูลฝอยติดเชื้อเก่า” หมายความว่า เตาเผาที่อยู่ในระหว่างดำเนินงานก่อสร้างหรือเริ่มเดินระบบก่อนวันที่ประกาศนี้มีผลใช้บังคับ

“เตาเผามูลฝอยติดเชื้อใหม่” หมายความว่า เตาเผาที่เริ่มดำเนินงานก่อสร้างและเดินระบบตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ข้อ ๒ ให้เตาเผามูลฝอยติดเชื้อเก่า และเตาเผามูลฝอยติดเชื้อใหม่ เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ

ข้อ ๓ ห้ามมิให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองเตาเผามูลฝอยติดเชื้อเก่า และเตาเผามูลฝอยติดเชื้อใหม่ ปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ เว้นแต่จะทำได้ทำการบำบัดอากาศเสียให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ แต่ทั้งนี้ ต้องไม่ใช่วิธีทำให้เจือจาง (Dilution)

ข้อ ๔ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับกับเตาเผามูลฝอยติดเชื้อเก่า และเตาเผามูลฝอยติดเชื้อใหม่ภายในระยะเวลา ดังนี้

(๑) เตาเผามูลฝอยติดเชื้อเก่า เมื่อพ้นกำหนด ๖ ปี นับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

(๒) เตาเผามูลฝอยติดเชื้อใหม่ เมื่อพ้นกำหนด ๑ ปี นับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๕ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๕๖

ประพัฒน์ ปัญญาชาติรักษ์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ

สิ่งแวดล้อม

หน้า ๕

เล่ม ๑๒๐ ตอนพิเศษ ๑๔๗ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๕ ธันวาคม ๒๕๕๖

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสีย
จากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

เพื่อกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕๕ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ แก้ไขโดยมาตรา ๑๑๔ แห่งพระราชกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. ๒๕๔๕ พ.ศ. ๒๕๔๕ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๕ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๔๘ มาตรา ๕๐ และมาตรา ๕๑ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติจึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้

“เตาเผามูลฝอยติดเชื้อ” หมายความว่า ระบบหรืออุปกรณ์ใดๆ ที่ใช้เพื่อกำจัดมูลฝอยติดเชื้อโดยวิธีการเผาไหม้

“มูลฝอยติดเชื้อ” หมายความว่า มูลฝอยติดเชื้อตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข

หน้า ๖

เล่ม ๑๒๐ ตอนพิเศษ ๑๔๗ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๕ ธันวาคม ๒๕๕๖

“เตาเผามูลฝอยติดเชื้อเก่า” หมายความว่า เตาเผาที่อยู่ในระหว่างดำเนินงานก่อสร้างหรือเริ่มเดินระบบก่อนวันที่ประกาศนี้มีผลใช้บังคับ

“เตาเผามูลฝอยติดเชื้อใหม่” หมายความว่า เตาเผาที่เริ่มดำเนินงานก่อสร้างและเดินระบบตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา

“สภาวะแห้ง” หมายความว่า สภาวะที่ความชื้นของตัวอย่างอากาศเป็นศูนย์
ข้อ ๒ อากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อต้องมีค่าไม่เกินมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

(๑) ค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ไม่เกิน ๓๐ ส่วนในล้านส่วน

(๒) ค่าก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งคำนวณผลในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_x as NO₂) ไม่เกิน ๑๘๐ ส่วนในล้านส่วน

(๓) ค่าก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) ไม่เกิน ๒๕ ส่วนในล้านส่วน

(๔) ค่าก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) ไม่เกิน ๒๐ ส่วนในล้านส่วน

(๕) ค่าสารประกอบไดออกซิน ซึ่งคำนวณผลในรูปของหน่วยความเข้มข้นเทียบเคียงความเป็นพิษต่อมนุษย์ (PCDD/Fs as International Toxic Equivalent; I-TEQ) ไม่เกิน ๐.๕ นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

(๖) ค่าปริมาณฝุ่นละออง (Total Suspended Particulate) ไม่เกิน ๑๒๐ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

(๗) ค่าความทึบแสง (Opacity) ไม่เกินร้อยละ ๑๐

(๘) ค่าสารปรอท (Hg) ไม่เกิน ๐.๐๕ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

(๙) ค่าสารแคดเมียม (Cd) ไม่เกิน ๐.๐๕ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

(๑๐) ค่าสารตะกั่ว (Pb) ไม่เกิน ๐.๕ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

หน้า ๗

เล่ม ๑๒๐ ตอนพิเศษ ๑๔๗ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๕ ธันวาคม ๒๕๔๖

ข้อ ๓ การตรวจวัดค่าอากาศเสียแต่ละชนิดที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผามูลฝอย ติดเชื้อให้คำนวณผลที่ความดัน ๑ บรรยากาศ หรือที่ ๗๖๐ มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ ๒๕ องศาเซลเซียสที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศส่วนเกิน ในการเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ ๕๐ หรือที่ปริมาตรออกซิเจนร้อยละ ๗

ข้อ ๔ การตรวจวัดค่าอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ให้เป็นไปตามวิธีดังต่อไปนี้

(๑) การตรวจวัดค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ให้ใช้วิธี Determination of Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources หรือวิธี Determination of Sulfuric Acid Mist And Sulfur Dioxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency) กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๒) การตรวจวัดค่าก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ให้ใช้วิธี Determination of Nitrogen Oxide Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๓) การตรวจวัดค่าก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ ให้ใช้วิธี Determination of Hydrogen Chloride Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาคำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

หน้า ๘

เล่ม ๑๒๐ ตอนพิเศษ ๑๔๗ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๕ ธันวาคม ๒๕๔๖

(๔) ค่าก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ ให้ใช้วิธี Determination of Hydrogen Chloride Emissions from Stationary Sources หรือวิธี Determination of Hydrogen Halide and Halogen Emissions from Stationary Sources - Isokinetic Method ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๕) การตรวจวัดค่าสารประกอบไดออกซิน ให้ใช้วิธี Determination of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๖) การตรวจวัดค่าปริมาณฝุ่นละออง ให้ใช้วิธี Determination of Particulate Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๗) การตรวจวัดค่าความทึบแสง ให้ใช้วิธี Visual Determination of the Opacity of Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๘) การตรวจวัดค่าสารปรอทและค่าสารแคดเมียม ให้ใช้วิธี Determination of Metals Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๙) การตรวจวัดค่าสารตะกั่ว ให้ใช้วิธี Determination of Inorganic Lead Emissions from Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นชอบ

หน้า ๕

เล่ม ๑๒๐ ตอนพิเศษ ๑๔๗ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๕ ธันวาคม ๒๕๕๖

ข้อ ๕ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

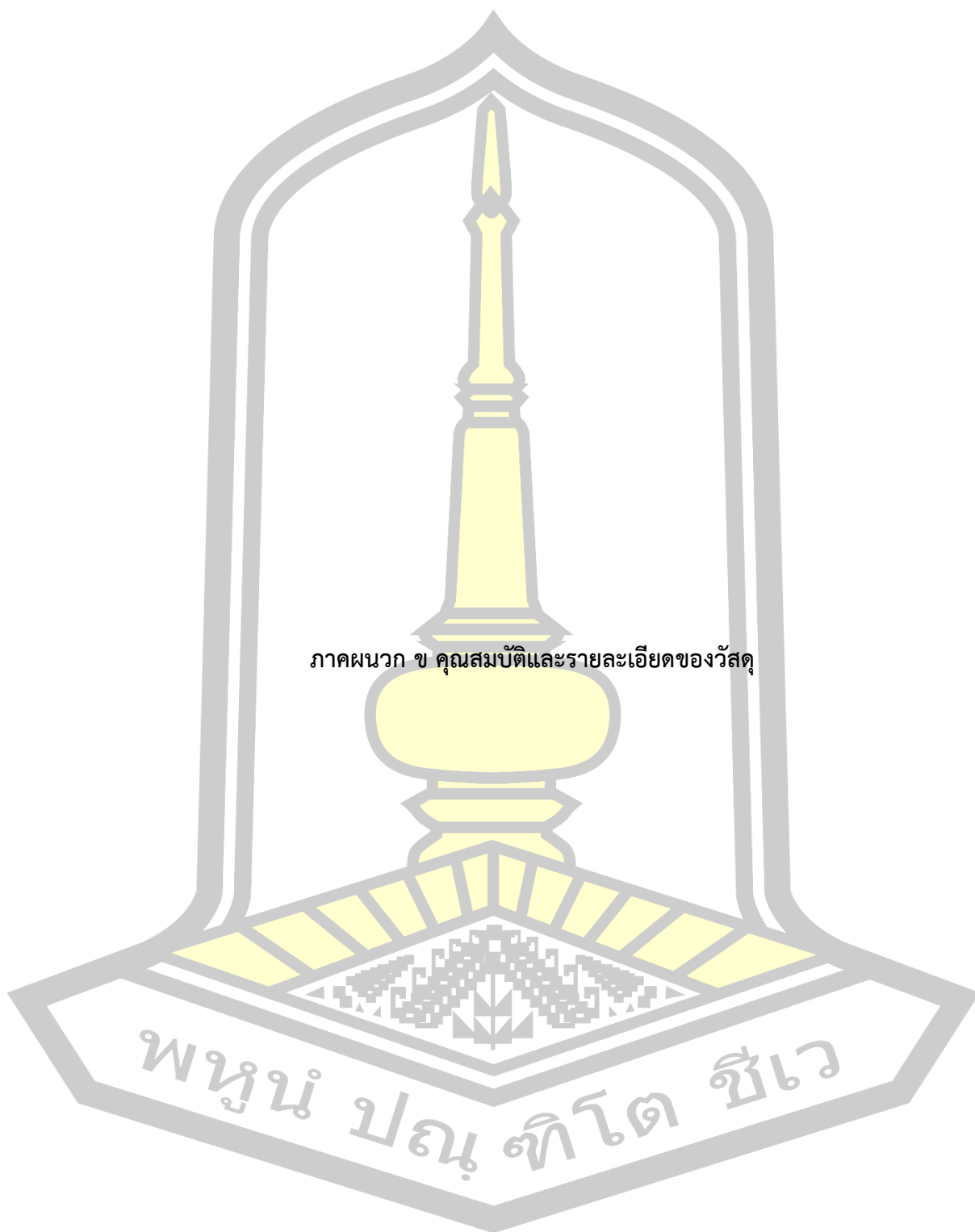
ประกาศ ณ วันที่ ๑๕ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๕๖

ประพัฒน์ ปัญญาชาติรักษ์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ

สิ่งแวดล้อม





ภาควิชา ข คุณสมบัติและรายละเอียดของวัสดุ

พูน ปณ ทิโต ชีเว

1. ปูนซีเมนต์คอนกรีตทนไฟ high alumina casตาราง (CAST-16)

การทำงานคล้ายกับงานหล่อคอนกรีตทั่วไปใช้ในบริเวณที่ก่อยากและต้องการรูปทรงเฉพาะ เป็นวัสดุที่มีความทนไฟสูง เนื่องจากมีส่วนผสมของเม็ดวัสดุทนไฟชนิดต่าง ๆ กับซีเมนต์ทนไฟมีลูมิน่าสูงเมื่อผสมกับน้ำที่พอเหมาะประมาณ 13 % สามารถเทเป็นรูปแบบต่าง ๆ ได้ ปูนซีเมนต์คอนกรีตทนไฟ high alumina casตาราง (CAST-16) แสดงในภาพประกอบ 93

คุณสมบัติของคอนกรีตทนไฟ high alumina casตาราง (CAST-16)

สามารถต้านทานการกัดกร่อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ดี มีการหดตัวน้อยมาก ความแข็งแรงสูง ปริมาตรเมื่อหล่อแล้วคงตัว ใช้ในงานผนังหลังคาของเตาหลอมแก้ว,เตาหลอมเหล็ก,เตาอบเหล็ก,ฐานหรือเป่ารับน้ำหนัก,แท่งกวนน้ำเหล็ก, หล่อแทนอิฐ High Alumina บริเวณหลังคาเตา

-คอนกรีตทนไฟ CAST-16 อุณหภูมิใช้งานประมาณ 1600 °C

-คอนกรีตทนไฟ CAST-16 สำหรับใช้กับงานหล่อทั่วไป สามารถต้านทานการกัดกร่อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ดี การหดตัวต่ำทนการร้าวร่อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี ความแข็งแรงสูง ค่าปริมาตรคงตัว โดยมีรายละเอียดของสมบัติทางกายภาพแสดงดังตาราง 26

การใช้งาน:

- ในคอนกรีตก่อสร้างการพัฒนาความแข็งแรงอย่างรวดเร็วทำได้แม้ในอุณหภูมิต่ำ
- ในคอนกรีตก่อสร้างสามารถทนต่อสารเคมีได้สูง
- ในคอนกรีตทนความร้อนจะคงที่ที่อุณหภูมิสูง
- เป็นส่วนประกอบในสูตรปูนซีเมนต์ผสมคุณสมบัติต่าง ๆ เช่นการพัฒนาความแข็งแรงอย่างรวดเร็วและการควบคุมการขยายตัวสามารถรับได้



ภาพประกอบ 93 ปูนซีเมนต์ทนไฟ CASตาราง 16

ตาราง 26 สมบัติทางกายภาพ CASตาราง 16

SRIC Refractory Datasheets		CHAPTER 10-5	
		CC	ES SERIES
CAST 16 ES			
Classification	Extra Strength High-Alumina Castable		
Physical Properties	Maximum Service Temperature	°C	1600
	Maximum Grain Size of Aggregates	mm	5.0
	Approximate Weight Required for Casting	kg/m ³	2500
	Approximate Amount of Water Required for Casting	%	9-11
	Bulk Density After Drying at 110 °C	kg/m ³	2400
	Modulus of Rupture After Drying at 110 °C	kg/cm ²	110
	Modulus of Rupture After Heating at 1000 °C	kg/cm ²	45
	Modulus of Rupture After Heating		
	at 1595 °C Max Service Temp.	kg/cm ²	135
	Cold Crushing Strength After Drying at 110 °C	kg/cm ²	510
	Cold Crushing Strength After Heating at 1000 °C	kg/cm ²	460
	Cold Crushing Strength After Drying		
	at 1595 °C Max Service Temp.	kg/cm ²	1400
	Reheat Test , Permanent Linear Change		
after Heating 1595 °C	%	-0.20	
Chemical Composition	Alumina (Al ₂ O ₃)	%	80.0
	Silica (SiO ₂)	%	12.0
	Iron Oxide (Fe ₂ O ₃)	%	1.3
	Lime (CaO)	%	6.5
Thermal Expansion	at 400 °C	%	0.3
	at 800 °C	%	0.4
	at 1000 °C	%	0.6
	at 1200 °C	%	0.7
	at 1400 °C	%	0.8
Thermal Conductivity	at 400 °C	W/m.K	1.2
	at 600 °C	W/m.K	1.3
	at 800 °C	W/m.K	1.3
	at 1000 °C	W/m.K	1.4

2.สแตนเลส 310S (SUS 310S)

เป็นสแตนเลสเกรด austenitic stainless steel ซึ่งรวมความเป็นเลิศในด้านทนอุณหภูมิ ความร้อนสูง สแตนเลสทนไฟประกอบกับมีความสามารถในการตัดโค้งและการเชื่อมได้ดี สแตนเลส 310S ใช้ในงานที่มีความร้อนสูงมาก เนื่องจากการที่มีโครเมียมและนิกเกิลที่เป็นส่วนประกอบ สแตนเลส 310S สามารถทนการกัดกร่อนและการออกซิเดชันได้ดีเยี่ยม สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 1,200 องศาเซลเซียส โดยใช้กับงานเตาอบ เตาหลอม ฉนวนกันความร้อน เนื่องจากส่วนผสมของโครเมียมและนิกเกิลการใช้งานจึงดีกว่าสแตนเลส 304 หรือ สแตนเลส 309 ความหนาเริ่มต้น 0.4-10 mm แผ่นบางและแผ่นหนามีขนาด 4 x 8 ฟุต และ 5 x 10 ฟุต ดังแสดงในภาพประกอบ 94



ภาพประกอบ 94 แผ่นสแตนเลส 310S (SUS 310S)

ซึ่งสแตนเลส 310S ได้ถูกใช้ในหลายอุตสาหกรรมในด้านอุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนที่ต้องทนความร้อนสูง สแตนเลส 310S มีส่วนผสมของโครเมียมประมาณ 24 - 26 และมีส่วนผสมของนิกเกิลประมาณ 19 - 22 ส่วนผสมทางเคมีของสแตนเลส 310S ดังแสดงในตาราง 27 และ ตาราง 28 แสดงถึงความแตกต่างของส่วนประกอบทางเคมีของสแตนเลส 310 และ 310S

ประเภทของสแตนเลส

คนโดยทั่วไปจะไม่ทราบว่าสแตนเลสมีกี่ประเภท และมักจะมีการเข้าใจผิดว่าสแตนเลสแท้ต้องแม่เหล็กดูไม่ติด แต่จริงๆ แล้วการที่แม่เหล็กจะติดหรือไม่ติดนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของสแตนเลส สแตนเลสแบ่งออกเป็นกลุ่มพื้นฐาน ได้ 4 กลุ่มคือ ออสเทนนิติก, เฟอริติก, ดูเพล็กซ์, มาร์เทนซิติก

1.MARTENSITIC เป็นกลุ่มที่มีส่วนผสมของโครเมียม (Cr) ระหว่าง 12 - 18% โดยมีเกรด 403, 410, 414, 416, 420, 431, 416, 440A/B/C, 501 และ 502 คุณสมบัติหลักคือสามารถชุบแข็งได้ ซึ่งส่งผลให้เนื้อสแตนเลสมีความแข็งแรงมากและทนต่อการเสียดสีได้ดี จึงเหมาะกับการทำชิ้นส่วนเครื่องมือ เครื่องจักร แต่แม่เหล็กสามารถดูดติดได้

2.FERRITIC เป็นกลุ่มที่มีโครเมียม (Cr) อยู่ระหว่าง 12 - 18% และมีคาร์บอน (C) น้อยกว่า 0.2% สแตนเลสในกลุ่มนี้มีราคาถูกที่สุด ไม่สามารถรีดให้แข็งขึ้นได้ แม่เหล็กดูดติด และไม่สามารถชุบแข็งได้ มีโอกาสเป็นสนิมได้ง่ายกว่ากลุ่มอื่น หากใช้งานในสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม จึงนิยมนำมาใช้งาน บางชนิดที่ไม่สัมผัสกับกรดโดยตรง เช่น ฝอยขัดหม้อ ลวดรัดสายไฟฟ้า โครรงโตะวางเตาแก๊ส เกรดในกลุ่มนี้มี 405, 430, 442 และ 446

3.AUSTENITIC เป็นกลุ่มที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยมีโครเมียม (Cr) 10.5 -24% เมื่อเพิ่มนิกเกิล (Ni) จะทำให้สแตนเลสมีคุณสมบัติทนต่อสนิมและการกัดกร่อนได้ดี สามารถเพิ่มความแข็งแรงด้วยการรีดเย็นได้ แม่เหล็กดูดไม่ติด แต่ไม่สามารถชุบแข็งได้ เกรดในกลุ่มนี้มี 201, 202, 301, 302, 303, 304, 305, 308, 309, 310, 314, 316, 347 และ 348

4.DUPLEX เป็นกลุ่มที่ผสมกันระหว่าง AUSTENITIC และ FERRITIC ซึ่งนำข้อดีของทั้งสองกลุ่มมารวมกันเพื่อวัตถุประสงค์ของการทำงานเฉพาะเจาะจงบางประเภท ซึ่งไม่ค่อยมีการผลิตมากนัก

ตาราง 27 ส่วนผสมทางเคมีของสแตนเลส 310S

เกรด (Grade)	ข้อกำหนดส่วนผสมทางเคมี %								หมายเหตุ
	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	
TP304	0.08max.	2.0	0.04	0.03	0.75	8.0-11.0	18.0-20.0		
TP304H	0.04-0.10	2.0	0.04	0.03	0.75	1.0-11.0	18.0-20.0		
TP304L	0.035max.	2.0	0.04	0.03	0.75	8.0-13.0	18.0-20.0		
TP310S	0.08max.	2.0	0.045	0.03	0.75	19.0-22.0	24.0-26.0	0.75 max.	
TP316	0.08max.	2.0	0.04	0.03	0.75	11.0-14.0	16.0-18.0	2.0-3.0	
TP316H	0.04-0.10	2.0	0.04	0.03	0.75	11.0-14.0	16.0-18.0	2.0-3.0	
TP316L	0.035 max.	2.0	0.04	0.03	0.75	10.0-15.0	16.0-18.0	2.0-3.0	
TP317	0.08 max.	2.0	0.04	0.03	0.75	11.0-14.0	18.0-20.0	3.0-4.0	
TP317L	0.035 max.	2.0	0.04	0.03	0.75	11.0-15.0	18.0-20.0	3.0-4.0	

ตาราง 28 ความแตกต่างของส่วนประกอบทางเคมี (SUS) 310 และ 310S

Chemical Composition	310	310S	Element	310	310S	310H
Carbon	0.25 max	0.08 max	Chromium	24.0 min.-26.0 max.	24.0 min.-26.0 max.	24.0 min.-26.0 max.
Manganese	2.00 max	2.00 max	Nickel	19.0 min.-22.0 max.	19.0 min.-22.0 max.	19.0 min.-22.0 max.
Silicon	1.50 max	1.50 max	Carbon	0.25	0.08	0.40 min. - 0.10 max.
Phosphorus	0.045 max	0.045 max	Manganese	2.00	2.00	2.00
Sulphur	0.030 max	0.030 max	Phosphorus	0.045	0.045	0.045
Chromium	24.00 - 26.00	24.00 - 26.00	Sulfur	0.030	0.030	0.030
Nickel	19.00 - 22.00	19.00 - 22.00	Silicon	1.50	1.50	0.75
			Iron	Balance	Balance	Balance

3. Ceramic Fiber Blanket (CF 1400)

เซรามิกไฟเบอร์คุณภาพสูงตามมาตรฐาน ISO 9002 ที่ปราศจาก ASBESTOS ใช้งาน อุณหภูมิสูงสุดถึง 1400 องศาเซลเซียส สำหรับ เตาอบเซรามิก, เตาหลอมแก้ว, เตาหลอมโลหะ, และ เตาเผาต่าง ๆ โดยผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดแผ่นคุณภาพสูง คงรูปทนทาน ลดความร้อนได้ดีเยี่ยมเหมาะ สำหรับงาน เตาอบ เตาหลอม เตาเผา ที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยม มีคุณสมบัติการกันความร้อนได้สูง ลดการ สูญเสียพลังงาน และสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ผลิตด้วยกรรมวิธีอันทันสมัย สามารถกันความร้อนได้ สูงถึง 1400 องศาเซลเซียส สามารถใช้งานได้ทนนานเนื่องจากเนื้อเซรามิกมีด้ายเซรามิกเน่าป้องกัน การหลุดร่วงของเส้นใย เมื่อใช้งานเป็นเวลานานดังแสดงในภาพประกอบ 95



ภาพประกอบ 95 Ceramic Fiber Board Blanket

ฉนวนคือวัสดุที่มีสมบัติต้านทานความร้อนสูงหรือมีสมบัติการนำความร้อนต่ำ เมื่อนำมาห่อหุ้มวัตถุที่ร้อน จะส่งผลให้อุณหภูมิผิวนอกสุดมีอุณหภูมิต่ำลง ปัจจุบันฉนวนความร้อนมีหลายแบบให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสมของการใช้งาน เช่น ฉนวนแบบแผ่นแข็ง, ฉนวนแบบแผ่นม้วน, ฉนวนสำเร็จรูปหุ้มท่อ, ฉนวนแบบพ่นฝ้าและ ฉนวนแบบพ่นผงควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับอุณหภูมิใช้งานและเลือกวัสดุที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำ โดยประเภทและคุณสมบัติของฉนวนความร้อนดังแสดงในตาราง 29

ตาราง 29 ประเภทและคุณสมบัติของฉนวนความร้อน

ชนิดของวัสดุฉนวน	ประเภท	อุณหภูมิใช้งาน ปลอดภัย(°C)	ค่าการนำความร้อน (W/m K)	จุดเด่น
แอสเบสตอส (Asbestos)	ฉนวนทรงกระบอก หมายเลข 1	550	ไม่เกิน 0.046 - 0.048	การติดตั้งสะดวก เหมาะกับบริเวณสัน
	ฉนวนแผ่น หมายเลข 2	350	ไม่เกิน 0.041 - 0.046	สะท้อน
	พินผ้า เชือกฉนวน	400	ไม่เกิน 0.047 - 0.056	การติดตั้งสะดวก สามารถถอดได้ เหมาะสมกับวาล์วหน้าแปลน
ใยหิน(Rock wool)	ฉนวนแผ่น ฉนวนทรงกระบอก ฉนวนแถบ	400 - 600	ไม่เกิน 0.034 - 0.041	เหมาะสมกับอุณหภูมิสูง ใช้เป็นฉนวนของหม้อไอน้ำ ถึง ท่อ
ใยแก้ว (Glass wool)	ฉนวนแผ่น หมายเลข 1 8 K-24 K หมายเลข 2 10 K-96 K หมายเลข 3 96 K	300 - 350	ไม่เกิน 0.046 - 0.034	เป็นวัสดุฉนวนที่นิยมใช้กันมากที่สุด สภาพการนำความร้อนต่ำ ความสามารถในการรักษาอุณหภูมิได้ดี
	ฉนวนทรงกระบอก หมายเลข 1		ไม่เกิน 0.049 - 0.031	
	ฉนวนแถบ		ไม่เกิน 0.034	
			ไม่เกิน 0.032	
แคลเซียมซิลิเกต (Calcium silicate)	ฉนวนแผ่น หมายเลข 1	650	ไม่เกิน 0.050	มีความแข็งแรงมากถ้าเป็นแบบสำเร็จรูป การติดตั้งง่ายและมีความทนทานได้ดี
	ฉนวนทรงกระบอก หมายเลข 2		ไม่เกิน 0.046	
เซรามิก ไฟเบอร์ (Ceramic fiber)	ฉนวนเชือก	1,260	0.085 - 0.185	เป็นฉนวนสำหรับใช้งานที่อุณหภูมิสูง มีความแข็งแรงทนทานสำหรับแบบแผ่นแข็ง นิยมใช้หุ้มด้านในเตา
	ฉนวนแผ่นม้วน	1,400	0.132 - 0.220	
	ฉนวนแผ่นแข็ง	1,260	0.085 - 0.185	

โดยทั่วไปฉนวนจะมีอายุการใช้งานประมาณ 5 - 15 ปี ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพการติดตั้งใช้งาน ถ้าการติดตั้งใช้งานไม่เหมาะสมจะทำให้อายุการใช้งานของฉนวนสั้นลง เช่น การติดตั้งในพื้นที่ที่มีความชื้นสูงและไม่มีการห่อหุ้มฉนวนความร้อน ความชื้นจะทำให้ฉนวนความร้อนเสื่อมสภาพเร็วขึ้น ฉนวนที่หมดอายุหรือเสื่อมสภาพมีลักษณะดังนี้

1. อุณหภูมิผิวฉนวนที่สูงเกินกว่าเกณฑ์อุณหภูมิผิวนอกเตา หรืออุณหภูมิผิวฉนวนสูงกว่าตอนหลังการติดตั้งใช้งานใหม่ ๆ เกินกว่า 20 °C อาจเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานดังแสดงในตาราง 30

2. การเกาะยึดตัวของเนื้อฉนวนความร้อน โดยปกติเมื่อฉนวนถูกใช้งานไปนาน ๆ เนื้อฉนวนจะเริ่มเปื่อยยุ่ยไม่เกาะติดกัน เมื่อใช้มือจับดึงเนื้อฉนวนจะหลุดติดมือออกมาจำนวนมากได้ง่าย หรือสังเกตจากการที่มีเศษฉนวนความร้อนหลุดร่วงลงพื้น

การป้องกันฉนวนความร้อนเสื่อมสภาพ สามารถทำได้โดยการใช้วัสดุห่อหุ้มฉนวนอีกชั้นหนึ่งโดยมากมักหุ้มด้วยแผ่นอะลูมิเนียมฟลอยด์แผ่นเหล็กอาบสังกะสีบาง หรือแผ่นอะลูมิเนียมบาง ซึ่งเรียกว่า หุ้มแจ๊คเก็ต หลังจากหุ้มแล้วต้องยาแนวรอยต่อด้วยซิลิโคน เพื่อป้องกันความชื้นและน้ำเข้าสู่ฉนวนและป้องกันเศษฉนวนหลุดร่วงทำอันตรายแก่คนหรือลงสู่ผลิตภัณฑ์ การหุ้มฉนวนจะส่งผลให้ลดการสูญเสียความร้อนทางผิวผนังของวัตถุได้ประมาณ 70 - 95% ของการสูญเสียความร้อนทางผิวดังนั้นเมื่อลงทุนหุ้มฉนวนผิววัตถุแล้ว ระยะเวลาคืนทุนจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิผิวของวัตถุ, ชั่วโมงการใช้งานและค่าพลังงานที่ใช้ให้ความร้อนแก่วัตถุ ซึ่งปกติการหุ้มฉนวนจะมีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 2 ปี วิธีคำนวณผลการประหยัดจากการหุ้มฉนวนกันความร้อนดังสมการที่ 1

อัตราการสูญเสียความร้อนที่ลดลง = อัตราการสูญเสียความร้อนก่อนหุ้มฉนวน - อัตราการสูญเสียความร้อนหลังหุ้มฉนวน

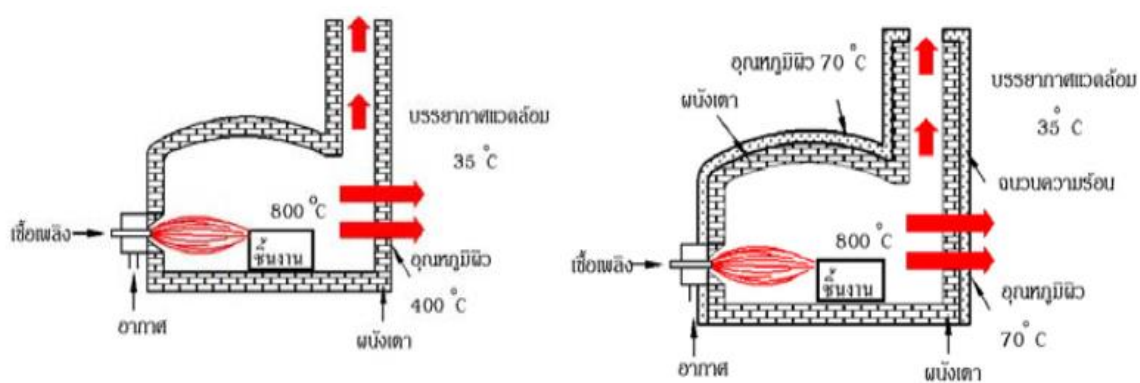
$$Q_s = Q_{UNIN} - Q_{IN} \quad (1)$$

ตาราง 30 เกณฑ์อุณหภูมิที่ผิวนอกของเตา

อุณหภูมิในเตา(°C)	อุณหภูมิผิวนอกของเตาหลังหุ้มฉนวนความร้อน(°C)	
	เพดานเตา	ผนังข้างเตา
>1,300	148	128
1,100 – 1,300	133	118
900 – 1,100	118	103
700 – 900	98	88
500 – 700	71	66

แนวทางการลดการสูญเสียความร้อนผ่านพื้นผิว (Surface Heat Loss)

Surface Heat Loss คือการสูญเสียความร้อนออกทางผิวผนังของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิบรรยากาศแวดล้อม โดยวัตถุจะถ่ายเทความร้อนให้กับบรรยากาศทำให้วัตถุเย็นลง การป้องกันการสูญเสียความร้อน ทำได้โดยการนำวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนมาทำการหุ้มพื้นผิวที่มีอุณหภูมิแตกต่างจากอุณหภูมิบรรยากาศ โดยมีรายละเอียดก่อนการหุ้มฉนวนและหลังการหุ้มฉนวนซึ่งแสดงในตาราง 31,32 และในภาพประกอบ 96,97,98



ก่อนการหุ้มฉนวน

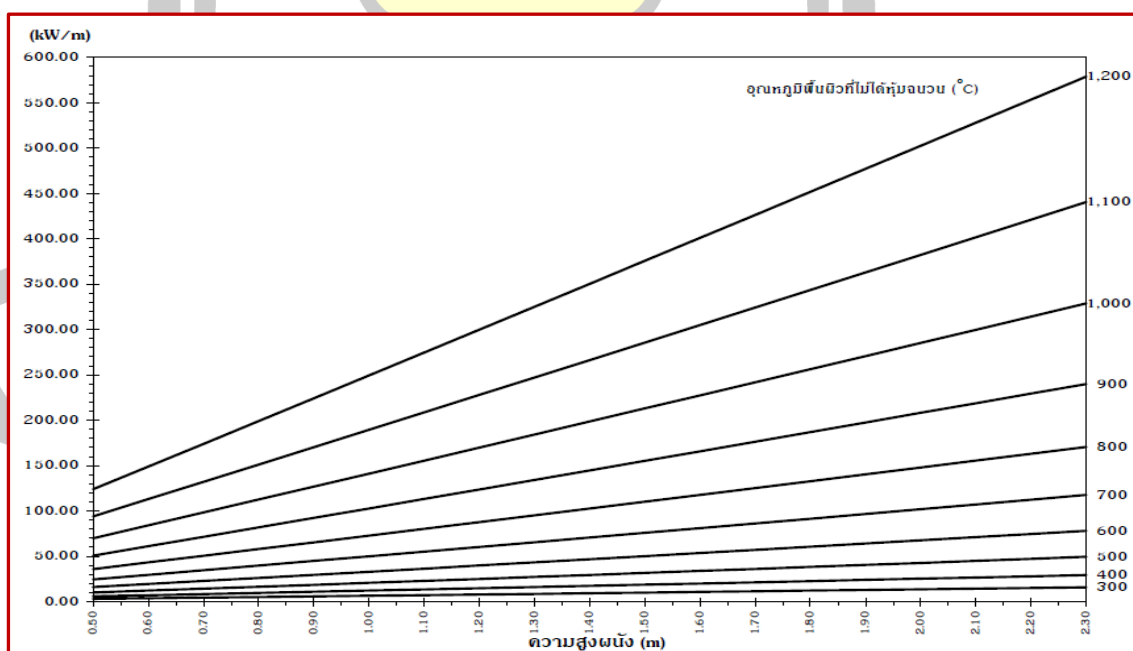
หลังการหุ้มฉนวน

ภาพประกอบ 96 การป้องกันการถ่ายเทความร้อน

พูนุ ปณุ ทิโต ชีเว

ตาราง 31 การสูญเสียความร้อนของพื้นผิวที่ไม่ได้หุ้มฉนวน (kW/m)

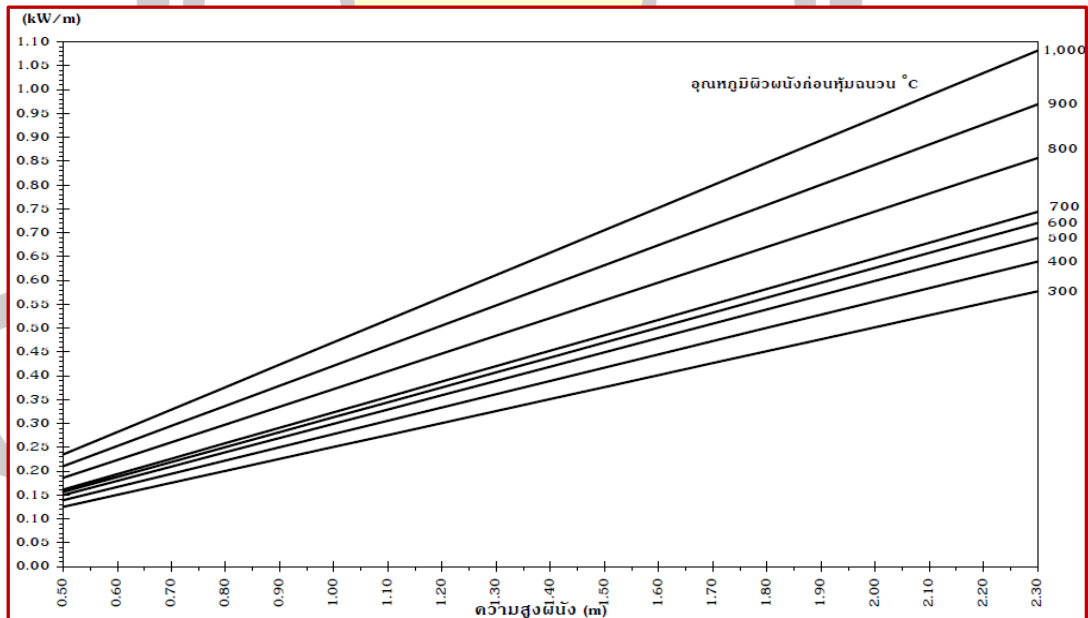
อุณหภูมิพื้นผิว (°C)	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	
ความสูงผนัง (m.)	อัตราค่าการสูญเสียความร้อนของพื้นผิวที่ไม่ได้หุ้มฉนวน (kW/m)																			
0.50	3.16	4.41	5.06	7.86	10.17	12.94	16.23	20.12	24.65	29.92	35.99	42.06	50.87	59.85	69.08	81.36	94.07	108.23	123.95	
0.60	3.83	5.33	7.20	9.49	12.27	15.61	19.57	24.24	29.70	36.03	43.33	51.68	61.20	71.90	84.16	97.82	113.09	130.00	148.06	
0.70	4.50	6.27	8.46	11.14	14.30	18.03	22.30	28.39	34.76	42.16	50.68	60.45	71.57	84.17	98.37	114.32	132.15	152.00	174.02	
0.80	5.18	7.21	9.72	12.80	16.53	21.00	26.30	32.55	39.85	48.31	58.07	69.24	81.06	96.37	112.61	130.85	151.24	173.04	199.12	
0.90	5.87	8.16	10.99	14.47	18.87	23.71	29.60	36.73	44.95	54.40	65.47	78.05	92.37	108.59	126.88	147.41	170.36	195.91	224.26	
1.00	6.56	9.11	12.27	16.14	20.83	26.43	33.00	40.92	50.07	60.68	72.80	86.88	102.81	120.85	141.18	164.01	189.52	217.02	249.43	
1.10	7.26	10.07	13.56	17.83	22.99	29.17	36.50	45.13	55.21	66.88	80.33	95.73	113.26	133.12	155.50	180.62	208.70	239.95	274.63	
1.20	7.96	11.04	14.86	19.52	25.16	31.92	39.93	49.35	60.35	73.11	87.70	104.60	123.74	145.41	169.85	197.26	227.90	262.01	299.85	
1.30	8.66	12.01	16.16	21.22	27.34	34.67	43.36	53.59	65.52	79.34	95.26	113.40	134.23	157.73	184.21	213.92	247.13	284.10	325.11	
1.40	9.37	12.99	17.46	22.93	29.53	37.44	46.81	57.83	70.69	85.59	102.75	122.30	144.75	170.06	198.59	230.61	266.38	306.21	350.39	
1.50	10.08	13.97	18.77	24.84	31.73	40.21	50.26	62.08	75.87	91.86	110.35	131.31	155.27	182.41	212.90	247.31	285.86	328.34	375.69	
1.60	10.80	14.96	20.09	26.36	33.93	42.99	53.73	66.35	81.07	98.13	117.77	140.24	165.82	194.78	227.41	264.03	304.95	350.50	401.01	
1.70	11.52	15.95	21.41	28.09	36.14	45.78	57.20	70.62	86.28	104.42	125.30	149.10	176.38	207.16	241.85	280.77	324.26	372.67	426.38	
1.80	12.24	16.94	22.74	29.82	38.36	48.57	60.68	74.90	91.50	110.71	132.84	158.15	186.95	219.58	256.30	297.53	343.59	394.86	451.72	
1.90	12.97	17.94	24.07	31.55	40.58	51.38	64.17	79.10	96.72	117.02	140.39	167.12	197.53	231.97	270.77	314.30	362.94	417.07	477.11	
2.00	13.69	18.94	25.41	33.29	42.81	54.10	67.66	83.40	101.96	123.34	147.95	176.10	208.13	244.30	285.25	331.00	382.30	439.30	502.51	
2.10	14.43	19.94	26.75	35.04	45.05	57.00	71.17	87.80	107.20	129.67	155.52	185.10	218.74	256.83	299.75	347.89	401.68	461.55	527.94	
2.20	15.16	20.95	28.09	36.70	47.29	59.83	74.68	92.12	112.46	136.01	163.10	194.10	229.37	269.20	314.26	364.71	421.08	483.81	553.37	
2.30	15.90	21.96	29.44	38.55	49.53	62.65	78.10	96.44	117.72	142.35	170.70	203.12	240.00	281.75	328.78	381.55	440.49	506.00	578.83	



ภาพประกอบ 97 การสูญเสียความร้อนของพื้นผิวที่ไม่ได้หุ้มฉนวน (kW/m)

ตาราง 32 การสูญเสียความร้อนหลังหุ้มฉนวนเซรามิกไฟเบอร์ตามความหนาที่เหมาะสม (kW/m)

ความหนาของฉนวนที่เหมาะสม								อุณหภูมิพื้นผิว °C	800	900	1000	1020	1040	1060	1080	1100	1120	1140	1160	1180	1200
อุณหภูมิหลังหุ้ม °C								100-1200°C	199.34	247.28	253.71	258.33	262.95	267.57	272.19	276.34	280.53	300.11	304.99	309.88	314.76
in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	in.	mm.	ความสูงผนัง (m.)	อัตราการสูญเสียความร้อนจากหุ้มฉนวนเซรามิกไฟเบอร์ตามความหนาที่เหมาะสม (kW/m)												
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	0.50	0.66	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	0.60	0.70	1.02	1.05	1.07	1.09	1.11	1.14	1.23	1.25	1.27	1.30	1.33	1.34
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	0.70	0.92	1.19	1.22	1.25	1.28	1.30	1.33	1.43	1.46	1.48	1.51	1.54	1.57
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	0.80	1.05	1.36	1.40	1.43	1.46	1.49	1.52	1.63	1.67	1.70	1.73	1.76	1.79
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	0.90	1.18	1.53	1.57	1.61	1.64	1.67	1.71	1.84	1.87	1.91	1.94	1.98	2.01
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	1.00	1.31	1.70	1.75	1.79	1.82	1.86	1.90	2.04	2.08	2.12	2.16	2.20	2.24
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	1.10	1.45	1.87	1.92	1.97	2.01	2.05	2.09	2.25	2.29	2.33	2.38	2.42	2.46
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	1.20	1.58	2.04	2.10	2.14	2.19	2.23	2.28	2.45	2.50	2.55	2.59	2.64	2.69
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	1.30	1.71	2.21	2.27	2.32	2.37	2.42	2.47	2.66	2.71	2.76	2.81	2.86	2.91
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	1.40	1.84	2.38	2.45	2.50	2.55	2.60	2.66	2.86	2.91	2.97	3.02	3.08	3.13
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	1.50	1.97	2.55	2.62	2.68	2.74	2.79	2.85	3.06	3.12	3.18	3.24	3.30	3.36
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	1.60	2.10	2.72	2.80	2.86	2.92	2.98	3.04	3.27	3.33	3.39	3.46	3.52	3.58
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	1.70	2.24	2.89	2.97	3.04	3.10	3.16	3.23	3.47	3.54	3.61	3.67	3.74	3.80
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	1.80	2.37	3.06	3.15	3.22	3.28	3.35	3.42	3.68	3.75	3.82	3.89	3.96	4.03
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	1.90	2.50	3.23	3.32	3.39	3.46	3.54	3.61	3.88	3.96	4.03	4.10	4.18	4.25
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	2.00	2.63	3.40	3.50	3.57	3.65	3.72	3.80	4.09	4.16	4.24	4.32	4.40	4.48
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	2.10	2.76	3.57	3.67	3.75	3.83	3.91	3.98	4.29	4.37	4.45	4.54	4.62	4.70
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	2.20	2.89	3.74	3.85	3.93	4.01	4.09	4.17	4.49	4.58	4.67	4.75	4.84	4.92
3"	75	3.1/2"	87.5	4"	100	4.1/2"	112.5	2.30	3.02	3.91	4.02	4.11	4.19	4.28	4.36	4.70	4.79	4.88	4.97	5.06	5.15



ภาพประกอบ 98 การสูญเสียความร้อนหลังหุ้มฉนวนเซรามิกไฟเบอร์ตามความหนาที่เหมาะสม (kW/m)

4.เหล็กมาตรฐาน ASTM-A36

โครงสร้างเหล็กรูปพรรณรีดร้อน

เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (Hot-Rolled Structural Steel) มีการใช้งานในต่างประเทศอย่างกว้างขวางมานาน และกำลังมีบทบาทมากขึ้นในการก่อสร้างในประเทศไทย เนื่องจากข้อดีหลายประการที่ทำให้การก่อสร้างด้วยเหล็กมีความรวดเร็ว คุ่มค่าต่อการใช้งาน เหล็กเหล่านี้มีหน้าตัดหลายประเภทและมีหลายเกรดหรือชั้นคุณภาพ วิศวกรหลายท่านอาจรู้จักเหล็กชนิดนี้ในชื่อ เหล็กเอชบีม หรือเหล็กไวด์แฟลนจ์จากหนังสือที่อ้างอิงกับมาตรฐาน ASTM ของอเมริกา ส่วนในการซื้อขายในประเทศนั้นแต่ก่อนส่วนใหญ่นำเข้าจากญี่ปุ่น ซึ่งใช้มาตรฐาน JIS และในระยะหลังจึงมีผู้ผลิตในประเทศและมีการกำหนดมาตรฐานในประเทศ เกรดเหล่านี้ เทียบกันได้อย่างไรมีรายละเอียดดังนี้

เกรดหรือชั้นคุณภาพ

เกรดของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน เป็นตัวระบุความแข็งแรงของเนื้อเหล็ก เหล็กที่ใช้งานโครงสร้างมีความต้านแรงดึง (Tensile Strength) ในระดับ 400 N/mm^2 ขึ้นไป เช่น ASTM A36, JIS/TIS SS400, SM400 เป็นต้น วิศวกรบางท่านอาจคุ้นเคยกับเหล็ก ASTM A36 เนื่องจากมีในตำราออกแบบที่มีพื้นฐานจากต่างประเทศ แต่ไม่สามารถหาได้ในท้องตลาดจึงมักเกิดปัญหาในการใช้งาน ดังนั้นการออกแบบในปัจจุบันจึงต้องใช้เหล็กตามมาตรฐาน TIS 1227-2539 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้กับเหล็กที่มีจำหน่ายในประเทศ

คุณสมบัติของเหล็กมาตรฐาน ASTM-A36

เหล็กกล้าเกรด ASTM A36 และ SS400 ภายใต้ JIS G3101 เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ เหล็กกล้าไร้สนิมเมื่อเหล็กแผ่นกลิ้ง ASTM เกรด A36 เป็นแผ่นรีดหรือม้วนควบคุมสามารถใช้ได้สำหรับความหนาตามปกติ 40 มม. (1.5 นิ้ว) หากมีขนาดเหนือ 40 มม. (1.5 นิ้ว) นี้) ลูกค้าสามารถเลือกใช้เป็นมาตรฐานในการปรับปรุงคุณสมบัติของเหล็กแผ่นรองจาน SS400 ยังคงเหมือนเดิม แผนภูมิด้านคุณสมบัติทางเทคนิคสำหรับ SS400 และ A36 เป็นระดับต่ำดังนั้นเกรดเกรดเหล็กทั้งสองแบบนี้จึงมีความคล้ายคลึงกันมากจึงสามารถทดแทนเมื่อความต้องการเร่งด่วนสำหรับผู้ขายทาง ASTM A36 Carbon Steel Plate เป็นวัสดุดีในการสร้างถังเก็บน้ำมันผลิตภาชนะแรงดันและท่อเหล็กและท่อLINKUN สามารถจัดหาแผ่นเหล็ก ASTM A36 สำหรับถังเก็บน้ำมันที่มีพื้นผิวแผ่นเคลือบอีพ็อกซีเคลือบด้วยสังกะสีที่อุดมด้วยสังกะสีมาตรฐาน: ASTM A36 ขนาดที่มีจำหน่าย: ความหนา: 4mm – 200 mm. ความกว้าง: 1200mm. – 2500 mm. ความยาว: 4000 mm. – 18000 mm. โดยมีองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกล ดังแสดงในตาราง 33,34

ตาราง 33 ASTM A36 แผ่นเหล็กองค์ประกอบทางเคมี

Product	Shapes ^A	Plates ^B				
		To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 2½ [40 to 65], incl	Over 2½ to 4 [65 to 100], incl	Over 4 [100]
Thickness, in. [mm]	All					
Carbon, max, %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
Manganese, %	0.80–1.20	0.80–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40
Copper, min, % when copper steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

ตาราง 34 ASTM A36 เหล็กแผ่นคุณสมบัติทางกล (Tensile Requirements)

Plates, Shapes, ^B and Bars:	
Tensile strength, ksi [MPa]	58–80 [400–550]
Yield point, min, ksi [MPa]	36 [250] ^C
Plates and Bars ^{D,E} :	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	23
Shapes:	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	21 ^B

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 35 การนำความร้อนของสแตนเลส

Material	Conductivity(W/MK)
Air	0.03
Water	0.60
Aluminum	204
Gold	320
Iron	73
Silicon	126
Copper	386
Glass	0.9
Stainless Steel	16.5
Silver	419
PVC	0.19
Zinc steel	112.2
Color bond steel	80
Polyurethane Foam	0.026
Polystyrene Foam	0.0132

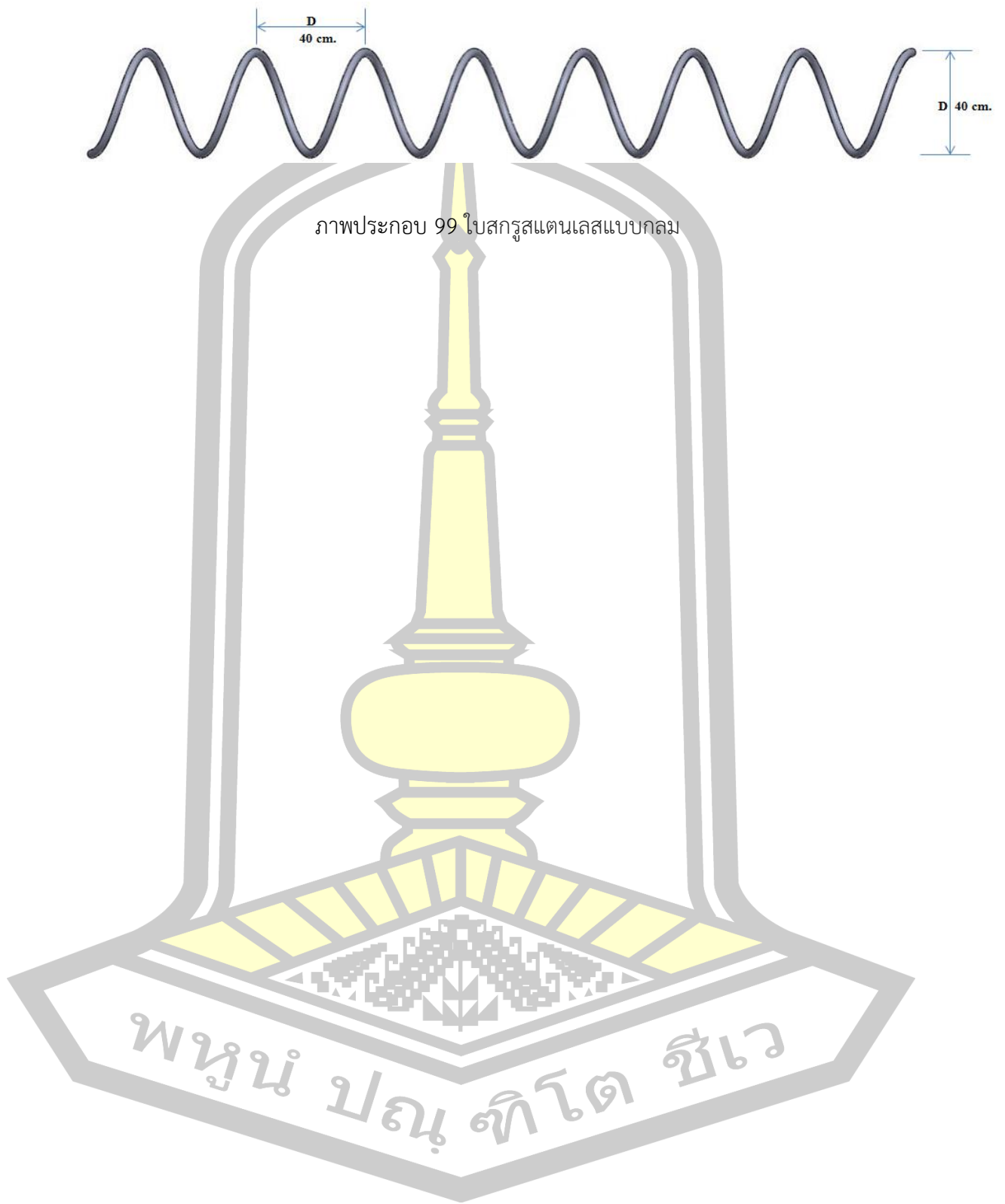
From E.R.G. Eckert and R.M. Drake, Analysis of Heat Mass Transfer, McGraw-Hill,

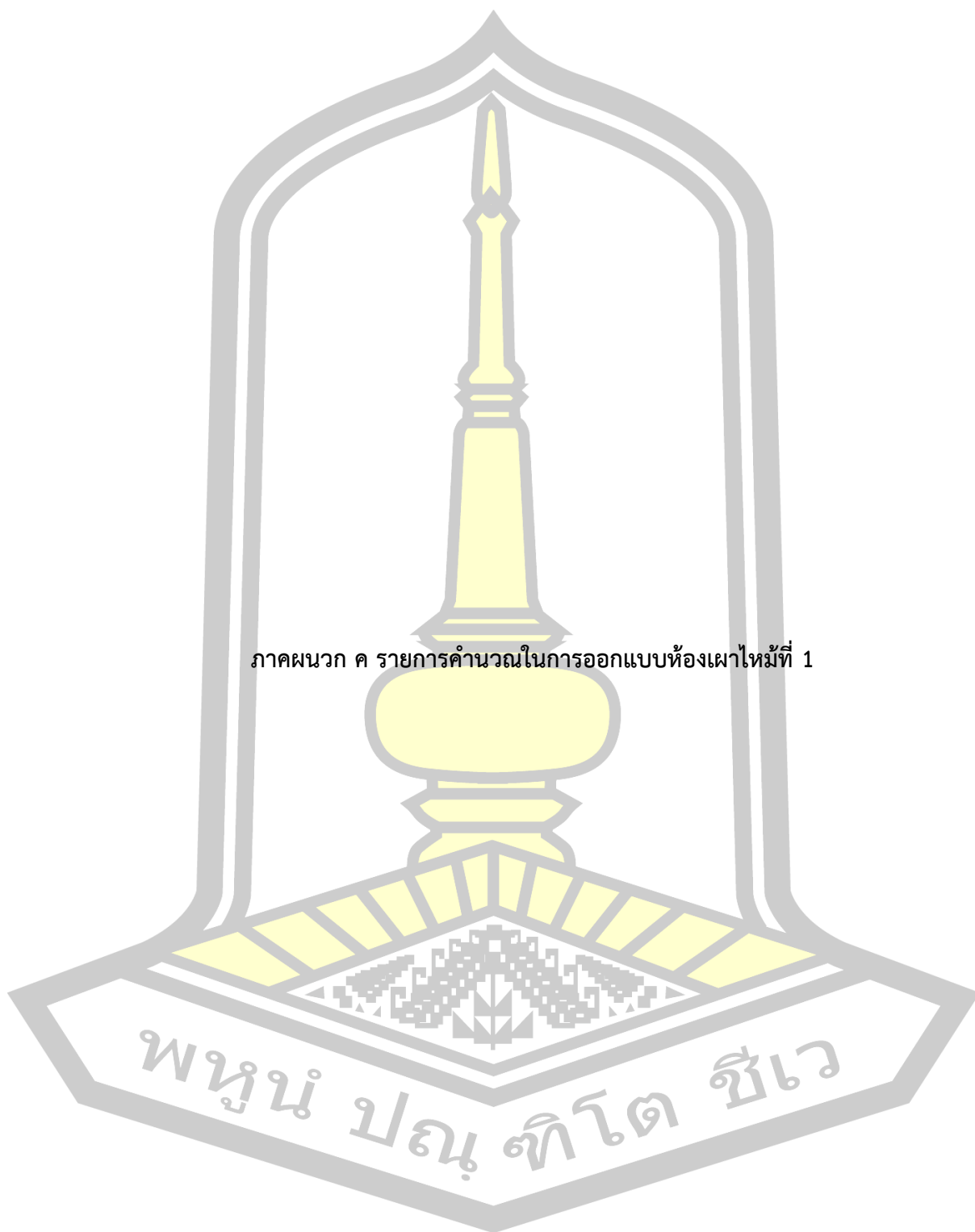
New York, 1972

5. ไบสกอร์สแตนเลสแบบกลม

ไบสกอร์จะยึดติดกับท่อสแตนเลสภายใน Rotary มีเต็มระยะพิตมาตรฐาน (Single Flight Standard Pitch) เป็นไบสกอร์ไบเต็มที่มี ระยะพิตเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกสุดของสันไบ ภายในท่อมีการไหลในตัวช่วยในการผสมวัสดุให้คลุกเคล้าเข้ากัน ไบสกอร์แบบกลมจะมีประสิทธิภาพในการการขนส่งและผสมขยะภายในเตา Rotary อายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าแบบแบนดังแสดงในภาพประกอบ 99







ภาคผนวก ค รายการคำนวณในการออกแบบห้องเผาไหม้ที่ 1

พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว

1. คำนวณหาปริมาตรห้องเผาไหม้ของเตาเผาที่ 1

โดยเตาที่ออกแบบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เมตร และมีความยาวเท่ากับ 4.5 เมตร

สูตรการหาปริมาตรของทรงกระบอก = ฐานของทรงกระบอก x ความสูง

$$= \pi r^2 \times h$$

เมื่อ r = แทนรัศมีของฐานของทรงกระบอก

h = แทนความสูงของทรงกระบอก

$$\pi = 3.14 \text{ หรือ } 22/7$$

แทนค่าจากสูตร

$$= 3.14 \times (0.20)^2 \times 4.5$$

$$= 0.70 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

2 ความหนาแน่นปกติ (Bulk Density)

สามารถนำมาคำนวณหาความหนาแน่นได้ดังนี้

$$D = \frac{w_1 - w_2}{V}$$

เมื่อ D = ความหนาแน่นปกติ (Bulk Density)

W1 = น้ำหนักชยะมูลฝอยติดเชื้อและน้ำหนักของภาชนะตวงชยะ

W2 = น้ำหนักภาชนะตวงชยะมูลฝอยติดเชื้อ

V = ปริมาตรภาชนะตวงชยะมูลฝอยติดเชื้อ

$$D = \frac{180 - 2}{1.026}$$

$$D = \frac{178}{1.026}$$

$$D = 173.45 \text{ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}$$

3. คำนวณหาปริมาตรของชยะมูลฝอย 100 กิโลกรัม

สำหรับมูลฝอยที่ใช้ในการทดลองนี้มีความหนาแน่นเฉลี่ย 173.45 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

สูตรการคำนวณปริมาตรของชยะ = (น้ำหนักของชยะ)/(ความหนาแน่นเฉลี่ย)

$$= 100/173.45$$

$$= 0.50 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

4. การคำนวณหาค่าความร้อน LHV ของมูลฝอยติดเชื้อที่มีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

$$\text{คาร์บอน (C)} = 59.48 (\%)$$

$$\text{ไฮโดรเจน (H)} = 8.75 (\%)$$

$$\text{ไนโตรเจน (N)} = 0.48 (\%)$$

$$\text{ออกซิเจน (O)} = 31.30 (\%)$$

$$\text{HHV} = 18.50 \text{ MJ/kg}$$

วิธีการคำนวณ

1. คำนวณปริมาณน้ำที่เกิดจากการเผาไหม้ขยะมูลฝอยติดเชื้อ

$$= (8.75/2)(18) = 78.75 \text{ kg H}_2\text{O}/100 \text{ kg biomass}$$

2. คำนวณค่าความร้อนแฝงของน้ำที่ 25 °C = 2,370 kJ/kg H₂O

$$= (78.75 \text{ kg H}_2\text{O}/100 \text{ kg biomass})(2,370 \text{ kJ/kg H}_2\text{O})$$

$$= 1,866.375 \text{ kJ/kg biomass}$$

3. คำนวณค่า LHV โดยลบค่าความร้อนแฝงของน้ำออกจากค่า HHV

$$\text{LHV} = 18,500 - 1,866.375 = 16633.625 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{LHV} = 16.633 \text{ MJ/kg}$$

หรือคำนวณได้จาก

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 211.19\text{H} \text{ (kJ/kg)}$$

$$\text{LHV} = 18,500 - (211.19)(8.75) = 16652 \text{ kJ/kg}$$

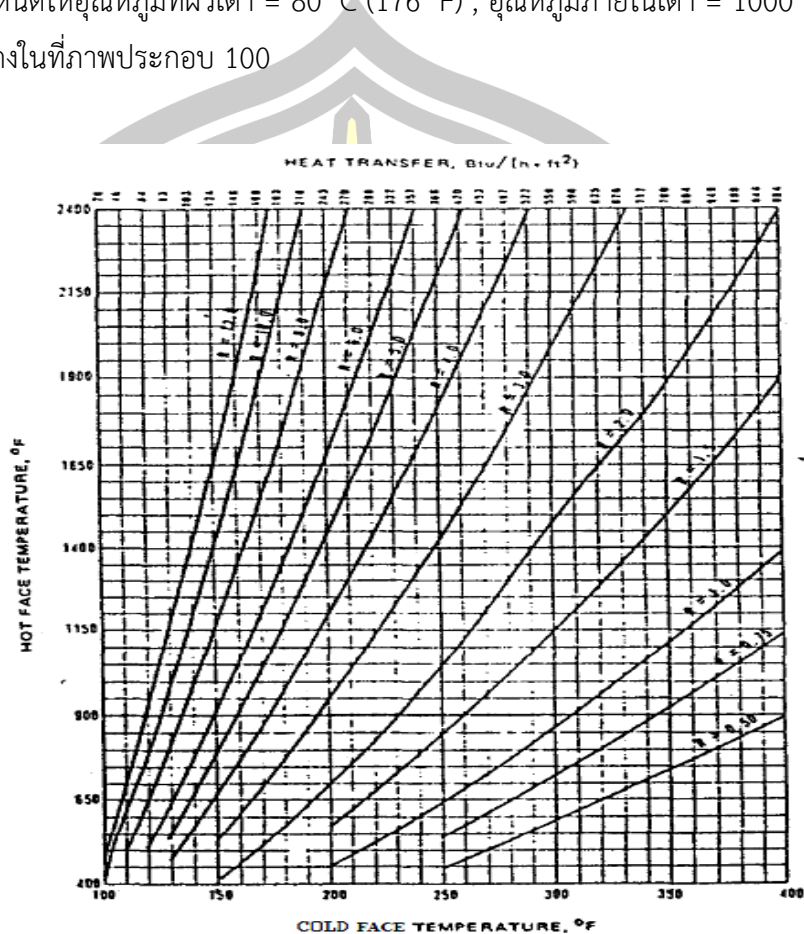
$$\text{LHV} = 16.65 \text{ MJ/kg}$$

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

5. การคำนวณหาความหนาของปูนทนไฟ

กำหนดให้อุณหภูมิที่ผิวเตา = 80 °C (176 °F) , อุณหภูมิภายในเตา = 1000 °C (1832 °F)

จากกราฟแสดงในที่ภาพประกอบ 100



ภาพประกอบ 100 กราฟความต้านทาน

ความหนาของปูนทนไฟได้จากสมการที่ดังต่อไปนี้

$$X = RK$$

$$R = 5 \text{ ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F h/Btu}$$

$$K = 0.346 \text{ kcal / m } ^\circ\text{C h} \times 4.2 \text{ J/cal} \times 0.5193 \text{ [Btu in / h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F]/[kJ/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C]}$$

$$= 0.755 \text{ Btu in / ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F h}$$

ดังนั้นปูนทนไฟหนา $X = 3.775$ ประมาณ 4 นิ้ว

Diameter ของเตา = 40+20 = 60 cm

$$\text{ใช้ปูนทนไฟ} = [\pi 0.60^2 \times 4.5 / 4] - [\pi 0.4^2 \times 4.5 / 4]$$

$$\text{ดังนั้นใช้ปูนทนไฟ} = 0.7065 \text{ m}^3$$

6.จากการคำนวณหาปริมาณอากาศในการเผาไหม้ในเตา

องค์ประกอบของขยะมูลฝอย (% Wt.)

$$\text{คาร์บอน (C)} = 59.48 (\%)$$

$$\text{ไฮโดรเจน (H)} = 8.75 (\%)$$

$$\text{ไนโตรเจน (N)} = 0.48 (\%)$$

$$\text{ออกซิเจน (O)} = 31.30 (\%)$$

ขยะ 100 g จะมี

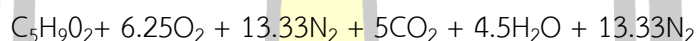
$$\text{คาร์บอน} = 59.48 / 12 = 4.95 \text{ mole}$$

$$\text{ไฮโดรเจน} = 8.75 / 1 = 8.75 \text{ mole}$$

$$\text{ไนโตรเจน} = 0.48 / 14 = 0.034 \text{ mole}$$

$$\text{ออกซิเจน} = 31.30 / 16 = 1.95 \text{ mole}$$

ดังนั้นสูตรอย่างง่ายของขยะจึงได้เป็น $C_5H_9O_2$



น้ำหนักโมเลกุลของขยะมีค่า = 101

$$\text{การเผาขยะ 1 mole ต้องใช้ออกซิเจน} = 6.25 \text{ mole}$$

$$\text{การเผาขยะ } 10 \times 10^3 / 101 \text{ mole ต้องใช้ออกซิเจน} = (6.25 \times 10 \times 10^3) / (101)$$

mole

$$= 618.81 \text{ mole}$$

$$= (618.81 \text{ mole}) / (32 \text{ mole/kg})$$

$$= 19.34 \text{ Kg}$$

Density ของ air ที่ $T = 25^\circ\text{C}$, $P = 1 \text{ atm} = 1.183 \text{ kg/m}^3$

$$\text{ดังนั้นใช้อากาศในการเผาไหม้ตามทฤษฎี} = (19.34 \times 100) / (23)$$

$$= 84.077 \text{ kg air}$$

$$= 84.077 \text{ kg air} \times (\text{m}^3 / 1.183 \text{ kg air})$$

$$= 99.46 \text{ m}^3$$

7.อัตราส่วนอากาศ (air ratio)

เป็นค่าที่บอกให้รู้ว่าอากาศเข้าเผาไหม้มากกว่าอากาศที่พอดีทางทฤษฎีเท่าไร หรือก็เท่า เช่น เชื้อเพลิงเหลวเราควบคุมให้อากาศส่วนเกินจากทางทฤษฎีร้อยละ 20 หมายความว่าอัตราส่วน

อากาศเท่ากับ $120/100=1.2$ เป็นต้น ซึ่งสามารถคำนวณจากร้อยละของปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสียดังนี้

$$m = \frac{21}{21 - O_2}$$

เมื่อ m = อัตราส่วนอากาศ

O_2 = ร้อยละของก๊าซออกซิเจนในก๊าซไอเสีย (%)

21 = ร้อยละของก๊าซออกซิเจนโดยปริมาตรในอากาศ

$$m = \frac{21}{21 - 7}$$

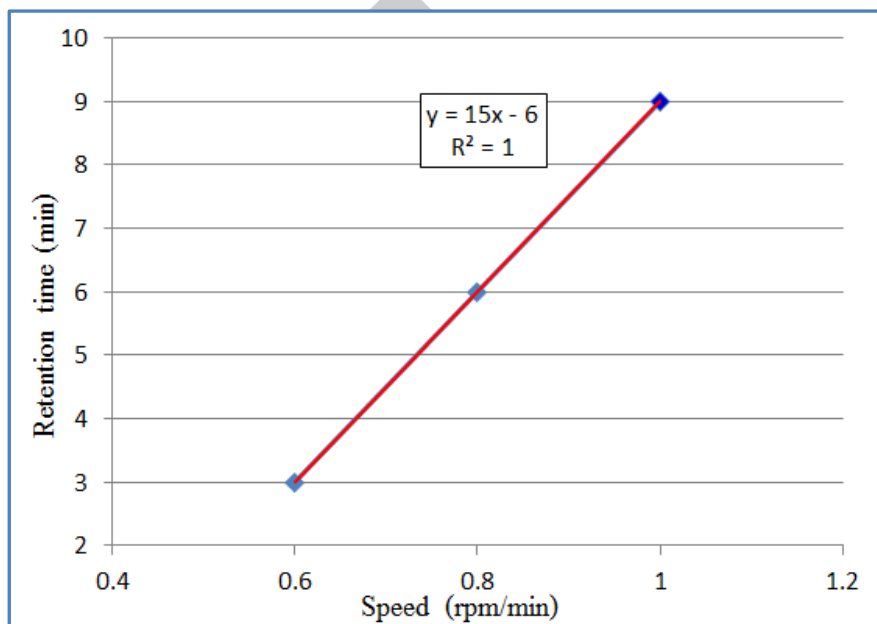
$$m = 1.5$$

ตาราง 36 อัตราส่วนอากาศของเตาแต่ละชนิด

ชนิดของเตา	อัตราส่วนอากาศ	
	ทำงานต่อเนื่อง	ทำงานไม่ต่อเนื่อง
เตาหลอมโลหะ	1.3	1.4
เตาให้ความร้อนแก่แท่งเหล็ก แผ่นเหล็ก	1.25	-
เตาให้ความร้อนโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	1.25	1.35
เตาอบชุบโลหะ	1.25	1.3
เตาเผาซีเมนต์	1.3	-
เตาอบแห้ง	1.3	1.5



8. ระยะเวลาที่ขยะอยู่ในเตาจากการทดลอง



ภาพประกอบ 101 ผลของความสัมพันธ์ของอัตราความเร็วรอบต่อระยะเวลาที่ขยะอยู่ในเตา

จะเห็นได้ว่าอัตราความเร็วรอบของเตาเผาต่อระยะเวลาที่ขยะอยู่ในเตามีความสัมพันธ์กัน
ในลักษณะเป็นเส้นตรง สามารถหาได้จากสมการ $Y = 15X - 6$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์แสดงการ
ตัดลีนใจ $R^2 = 1$ เมื่อ Y คือระยะเวลาที่ขยะอยู่ในเตาและ X คืออัตราความเร็วรอบของเตาเผา

9. จากสูตรคำนวณหาระยะเวลาที่ขยะอยู่ในเตา

วิธีการประมาณค่า Retention time ของเตาเผาสามารถประมาณได้จากสมการที่ 1
ดังต่อไปนี้

$$\theta = \frac{0.19L}{NDS} \quad (1)$$

เมื่อ θ = Retention time, min

L = ความยาวของเตาเผา, ft

N = ความเร็วรอบของเตาเผา, rpm

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของเตาเผา, ft

S = ความลาดชันของเตาเผา, ft/ft

แทนค่า

$$L = 4.5 \text{ m}$$

$$N = 0.8 \text{ rpm}$$

$$D = 0.40 \text{ m}$$

$$S = \tan 5^\circ$$

$$\theta = (0.19 \times 4.5) / (0.8 \times 0.4 \times \tan 5^\circ)$$

$$\theta = 30.71 \text{ min}$$

10. การคำนวณหาประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ

การคำนวณหาประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะดังตาราง 37 เพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการกำจัดขยะของเตาเผาขยะที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถหาประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะได้ดังนี้

$$\eta = \frac{m_i - m_o}{m_i} \times 100 \%$$

η : ประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ (%)

m_i : มวลของขยะก่อนการเผา (kg)

m_o : มวลของขยะที่เหลือหลังจากการเผา (kg)

ตัวอย่างการคำนวณ

ที่สภาวะการทดลอง อุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่ 1 800 °C อัตราการป้อนขยะ 100 kg/hr. โดยทำการป้อนขยะ 10 กิโลกรัม ทุก ๆ 6 นาที ความเร็วรอบของเตา 0.80 (rpm/min)

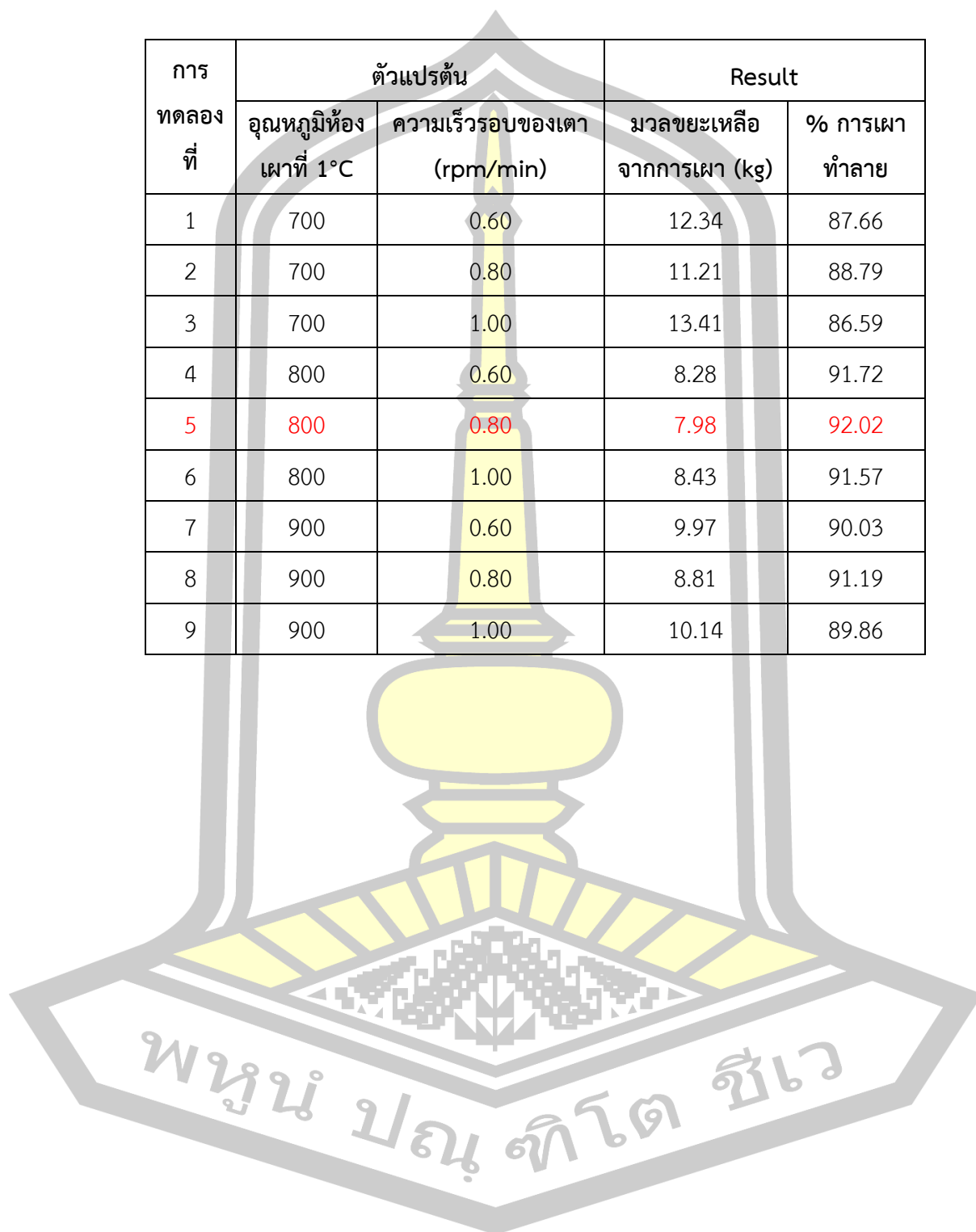
แทนค่า

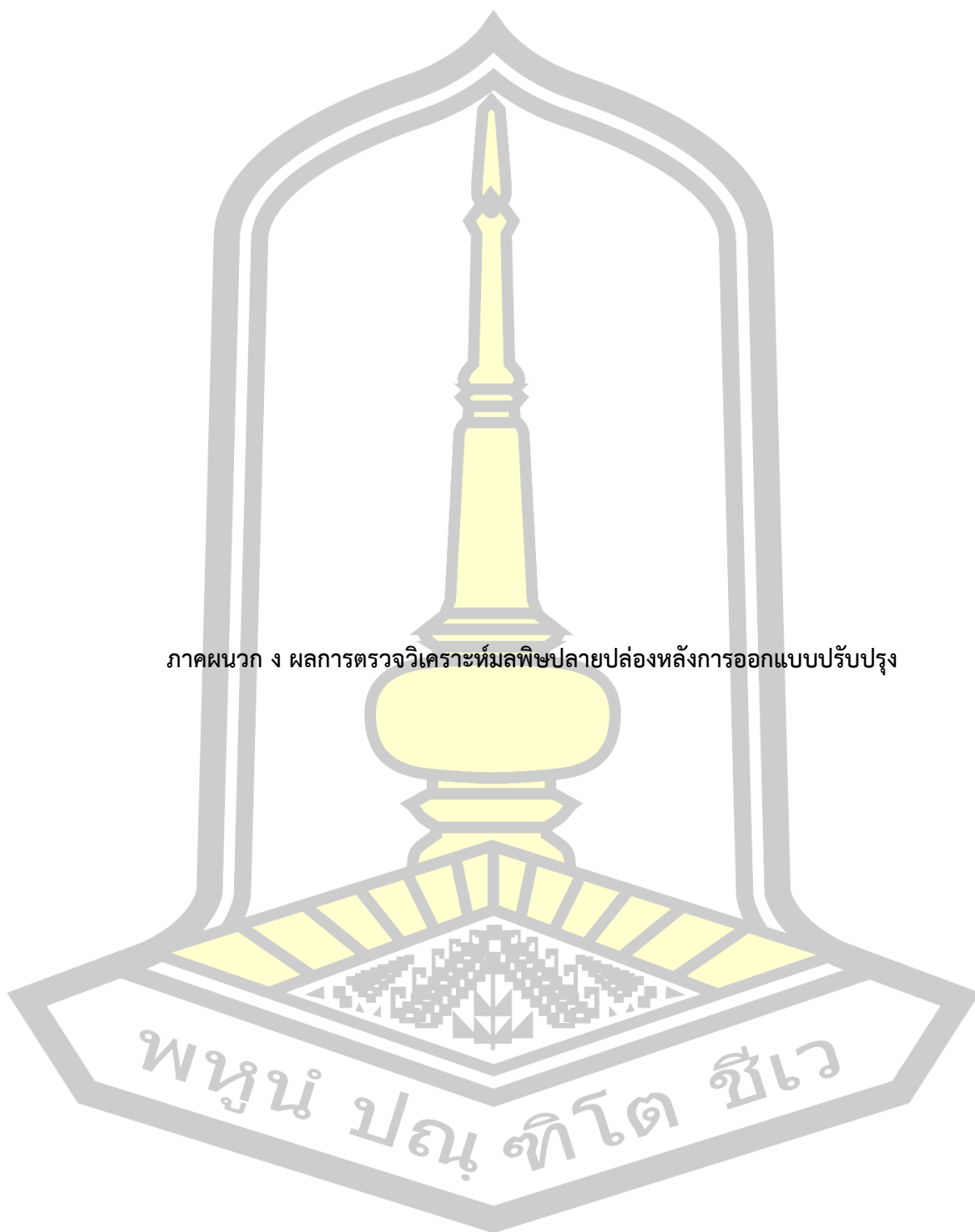
$$\text{ประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ (\%)} = \frac{100 \text{ kg/hr} - 7.98 \text{ kg/hr}}{100 \text{ kg/hr}} \times 100$$

$$\text{ดังนั้นประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ} = 92.02\%$$

ตาราง 37 ผลการคำนวณหาประสิทธิภาพการเผาทำลายขยะ

การทดลอง ที่	ตัวแปรต้น		Result	
	อุณหภูมิห้อง เผาที่ 1°C	ความเร็วรอบของเตา (rpm/min)	มวลขยะเหลือ จากการเผา (kg)	% การเผา ทำลาย
1	700	0.60	12.34	87.66
2	700	0.80	11.21	88.79
3	700	1.00	13.41	86.59
4	800	0.60	8.28	91.72
5	800	0.80	7.98	92.02
6	800	1.00	8.43	91.57
7	900	0.60	9.97	90.03
8	900	0.80	8.81	91.19
9	900	1.00	10.14	89.86





ภาคผนวก ง ผลการตรวจวิเคราะห์มลพิษปลายปล่องหลังการออกแบบปรับปรุง

พูน ปณ ทิโต ชีเว

Request No. LA61-0943

Report No. 6110-0261

TEST REPORT

CUSTOMER : บริษัท เอ็นเนอจี เอ็กซ์พีเรีย เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด
 ADDRESS : 241/86 หมู่บ้าน ไอพีเอส บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงคลองไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร
 SAMPLE SOURCE : 245/37 ม. 6 ต. พังสุชล อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี
 SAMPLE POINT : ป่ดองเตาเผาขยะ
 SAMPLING DATE : 20/09/2018
 RECEIVED DATE : 24/09/2018
 TESTED DATE : 24/09/2018 – 12/10/2018

SAMPLE NO. : 08223
 SAMPLING TIME : 13:15-13:45
 REPORTED DATE : 12/10/2018

STACK DESCRIPTION

Height :	8.00 m	Type Of Process :	Combustion
Diameter :	0.22 m	Type Of Fuel :	LPG
Temperature :	35.00 °C	Oxygen Content :	15.55 %
Air Velocity :	4.69 m/s	Barometric Pressure :	757.00 mmHg
Flow rate ² :	0.17 m ³ /s	Atmospheric Temperature :	38.10 °C
Moisture Content :	3.46 %		

PARAMETER	TEST METHOD	TIME	RESULT ²		STD ¹	UNIT
			15.55 % O ₂	7 % O ₂		
Hydrogen Fluoride ³ (HF)	Ion Chromatography	13:15-13:45	0.013 0.016	0.034 0.042	-	mg/m ³ ppm

REMARK:


- ¹ NOTIFICATION OF MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT B.E. 2553 (2010)
 (Less than 50 tons/day, New Incinerator)
² DRY BASIS (25°C, 760 mm.Hg)
³ SAMPLING BY EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO.,LTD. (MR. THONGCHAI BOONSAK)
 ANALYSED BY THE ENVIRONMENTAL CENTER RAJABHAT SUAN DUSIT UNIVERSITY



บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด

Examined By: Thongchai Boonsak
 (MR. THONGCHAI BOONSAK)
12 / 10 / 2014

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
 THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
 WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด 683 หมู่ 11 ต.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230 โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095 เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมลล์ : info@etc1992.com	 ACCREDITED LABORATORY ISO/IEC 17025	EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD. 683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230 Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095 Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Request No. LA61-0943
Report No. 6110-0262

TEST REPORT

CUSTOMER : บริษัท เอ็นเนอจี เอ็กซ์พีริท เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด
 ADDRESS : 241/86 หมู่บ้าน ไอพิลด์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงคลองไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร
 SAMPLE SOURCE : 245/37 ม. 6 ต. หุ้งสุขลา อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี
 SAMPLE POINT : ปล่องเผาขยะ
 SAMPLING DATE : 19/09/2018
 RECEIVED DATE : 24/09/2018
 TESTED DATE : 24-28/09/2018



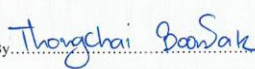
SAMPLE NO. : 08271-08274
 SAMPLING TIME : 12:10-12:50
 REPORTED DATE : 09/10/2018

STACK DESCRIPTION

Height : 8.00 m	Type Of Process : Combustion
Diameter : 0.22 m	Type Of Fuel : LPG
Temperature : 33.00 °C	Oxygen Content : 14.55 %
Air Velocity : 4.66 m/s	Barometric Pressure : 757.00 mmHg
Flow rate ² : 0.17 m ³ /s	Atmospheric Temperature : 34.80 °C
Moisture Content : 2.27 %	


PARAMETER*	TEST METHOD	TIME	RESULT ²		STD ¹	UNIT
			14.55 % O ₂	7 % O ₂		
Particulate (TSP)	Isokinetic, Gravimetric	12:10-12:50	3.4	7.4	320	mg/m ³
Sulfur Dioxide (SO ₂)	Barium Thorin Titrimetric	12:15-12:45	<3.4	<3.4 ³	79	mg/m ³
			<1.3	<1.3 ³	30	ppm
Oxides of Nitrogen (NO _x as NO ₂)	Chemical Absorption, Colorimetric	12:20-12:25	<2.0	<2.0 ³	470	mg/m ³
			<1.0	<1.0 ³	250	ppm
Carbon monoxide (CO)	Bag, Non-Dispersive Infrared	12:30-12:40	1.7	3.7	-	mg/m ³
			1.5	3.3	-	ppm



REMARK: ¹ NOTIFICATION OF MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT B.E. 2553 (2010)
 (Less than 50 tons/day, New Incinerator)
² DRY BASIS (25°C, 760 mm.Hg)
³ RESULTS OF ACTUAL %O₂
 * SAMPLING BY MR. THONGCHAI BOONSAK


Examined By.....  (MISS APIRADEE CHUEN-AROM) (7-003-ก-4377) 09 / 10 / 2018	 บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด	Approved By.....  (MR. THONGCHAI BOONSAK) (7-003-ก-5618) 09 / 10 / 2018
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

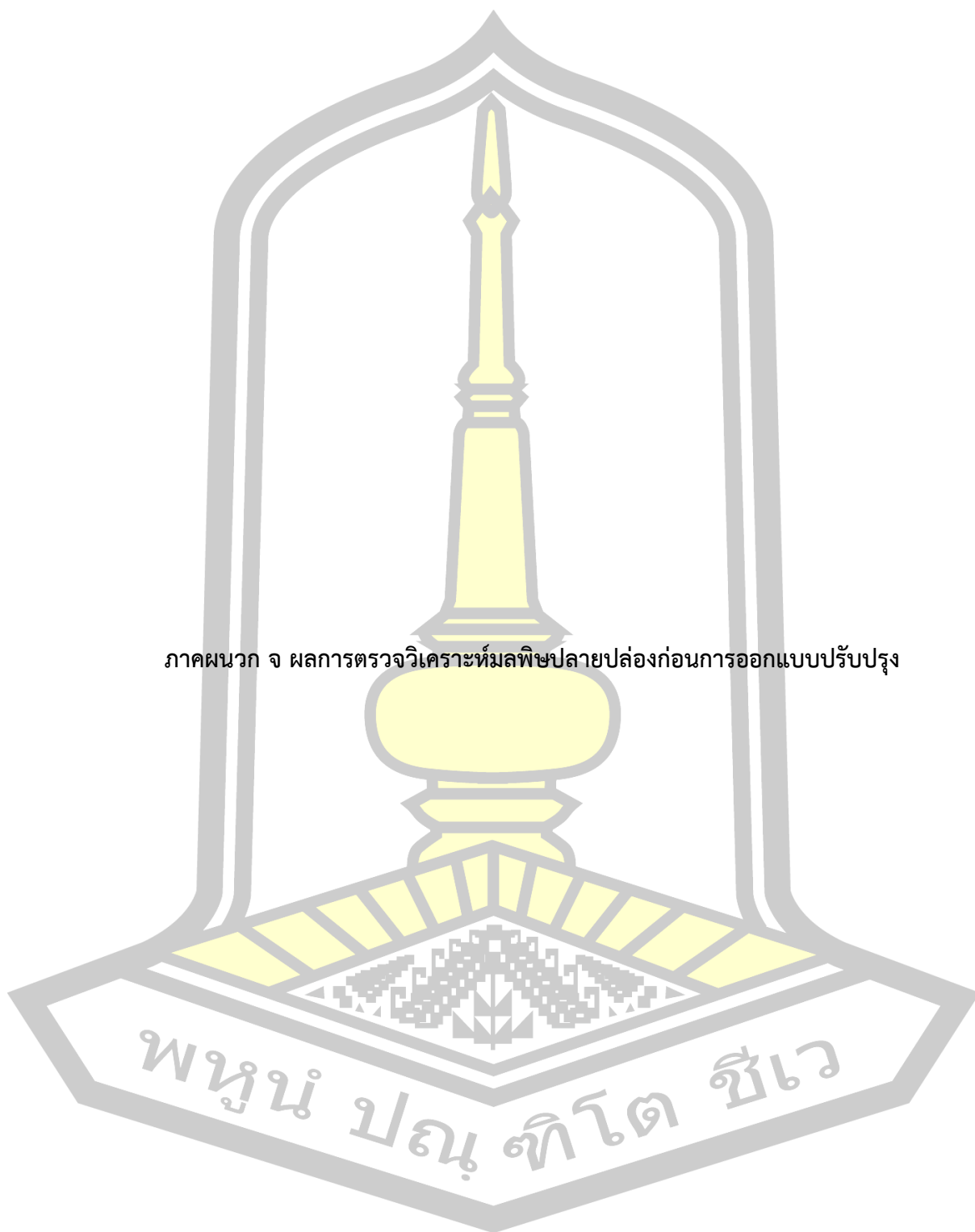
REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
 THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
 WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY

Page 1/1 FM-LAB-039/1/01-06-52

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด		EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.			
683 หมู่ 11 ต.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230 โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095 เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมลล์ : info@etc1992.com		683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230 Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095 Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com			
		Request No. LA61-0943			
		Report No. 6110-0263			
TEST REPORT					
CUSTOMER	: บริษัท เอ็นเนอจี เอ็กซ์พีริท เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด				
ADDRESS	: 241/86 หมู่บ้าน ไอพีดส์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงคลองไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร				
SAMPLE SOURCE	: 245/37 ม. 6 ต. ห้วยซุง อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี				
SAMPLE POINT	: ปล่องเตาเผาขยะ	SAMPLE NO.	: 08208		
SAMPLING DATE	: 19/09/2018	SAMPLING TIME	: 12:10-13:10		
RECEIVED DATE	: 24/09/2018	REPORTED DATE	: 12/10/2018		
TESTED DATE	: 24/09/2018 – 12/10/2018				
STACK DESCRIPTION					
Height	: 8.00 m	Type Of Process	: Combustion		
Diameter	: 0.22 m	Type Of Fuel	: LPG		
Temperature	: 33.00 °C	Oxygen Content	: 14.55 %		
Air Velocity	: 4.66 m/s	Barometric Pressure	: 757.00 mmHg		
Flow rate ²	: 0.17 m ³ /s	Atmospheric Temperature	: 34.80 °C		
Moisture Content	: 2.27 %				
PARAMETER	TEST METHOD	TIME	RESULT ²	STD ¹	UNIT
			14.55 % O ₂	7 % O ₂	
Hydrogen Chloride ⁴	Ion Chromatography	12:10-13:10	<0.015	<0.015 ³	119 mg/m ³
(HCl)			<0.010	<0.010 ³	80 ppm
REMARK:					
¹ NOTIFICATION OF MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT B.E. 2553 (2010) (Less than 50 tons/day, New Incinerator)					
² DRY BASIS (25°C, 760 mm.Hg)					
³ RESULTS OF ACTUAL %O ₂					
⁴ SAMPLING BY EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO.,LTD. (MR. THONGCHAI BOONSAK) ANALYSED BY THE ENVIRONMENTAL CENTER RAJABHAT SUAN DUSIT UNIVERSITY					
		Examined By: <u>Thongchai Boonsak</u>			
บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด		(MR. THONGCHAI BOONSAK)			
		12 / 10 / 2018			
REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY					
			Page 1/1	FM-LAB-039/1/01-06-52	

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด 683 หมู่ 11 ต.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230 โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095 เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมลล์ : info@etc1992.com		 EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD. 683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230 Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095 Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com																																																																																																																																																																																					
		Request No. LA61-0943																																																																																																																																																																																					
TEST REPORT		Report No. 6110-0264																																																																																																																																																																																					
CUSTOMER : บริษัท เอ็นเนอจี เอ็กซ์พีริท เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด ADDRESS : 241/86 หมู่บ้าน ไอพีดส์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงคลองไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร SAMPLE SOURCE : 245/37 ม. 6 ต. ห้วยสุลา อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี SAMPLE POINT : ปล่องเตาเผาขยะ SAMPLING DATE : 19/09/2018 RECEIVED DATE : 24/09/2018 PARAMETER : Opacity MESURED BY* : ETC 1 and ETC 2		SAMPLE NO. : 08275 SAMPLING TIME : 12:30-12:45 REPORTED DATE : 09/10/2018 TEST METHOD : Ringelmann's Method																																																																																																																																																																																					
Height : 8.00 m Diameter : 0.22 m Temperature : 33.00 °C Air Velocity : 4.66 m/s Flow rate : 0.17 m ³ /s		Type of Process : Combustion Type of Fuel : LPG Oxygen Content : 14.55 % Barometric Pressure : 757.00 mmHg Atmospheric Temperature : 34.80 °C																																																																																																																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MIN \ SEC</th> <th>15</th> <th>30</th> <th>45</th> <th>60</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>1</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>3</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>7</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>8</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>9</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>10</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>11</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>12</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>13</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>14</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr> <td>Sum of Reading</td> <td colspan="4">Total Reading</td> </tr> <tr> <td>600</td> <td colspan="4">120</td> </tr> </tbody> </table>		MIN \ SEC	15	30	45	60	0	5	5	5	5	1	5	5	5	5	2	5	5	5	5	3	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	7	5	5	5	5	8	5	5	5	5	9	5	5	5	5	10	5	5	5	5	11	5	5	5	5	12	5	5	5	5	13	5	5	5	5	14	5	5	5	5	Sum of Reading	Total Reading				600	120				<table border="1"> <thead> <tr> <th>MIN \ SEC</th> <th>15</th> <th>30</th> <th>45</th> <th>60</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>1</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>3</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>7</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>8</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>9</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>10</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>11</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>12</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>13</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>14</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr> <td>Opacity (%)</td> <td colspan="4">STD¹ (%)</td> </tr> <tr> <td>5.00</td> <td colspan="4">10</td> </tr> </tbody> </table>		MIN \ SEC	15	30	45	60	0	5	5	5	5	1	5	5	5	5	2	5	5	5	5	3	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	7	5	5	5	5	8	5	5	5	5	9	5	5	5	5	10	5	5	5	5	11	5	5	5	5	12	5	5	5	5	13	5	5	5	5	14	5	5	5	5	Opacity (%)	STD¹ (%)				5.00	10			
MIN \ SEC	15	30	45	60																																																																																																																																																																																			
0	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
1	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
2	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
3	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
4	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
5	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
6	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
7	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
8	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
9	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
10	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
11	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
12	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
13	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
14	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
Sum of Reading	Total Reading																																																																																																																																																																																						
600	120																																																																																																																																																																																						
MIN \ SEC	15	30	45	60																																																																																																																																																																																			
0	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
1	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
2	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
3	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
4	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
5	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
6	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
7	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
8	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
9	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
10	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
11	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
12	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
13	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
14	5	5	5	5																																																																																																																																																																																			
Opacity (%)	STD¹ (%)																																																																																																																																																																																						
5.00	10																																																																																																																																																																																						
REMARK :		¹ NOTIFICATION OF MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT B.E. 2553 (2010) (Less than 50 tons/day, New Incinerator) * SAMPLING BY MR. TEERAPONG NUALIN AND THONGCHAI BOONSAK																																																																																																																																																																																					
Examined By..... (MISS APIRADEE CHUEN-AROM) ๓-๐๐๓-๓-๔๓๗๗ ๐๙ / ๑๐ / ๒๐๑๘		 Approved By..... (MR. THONGCHAI BOONSAK) ๓-๐๐๓-๓-๕๖๑๘ ๐๙ / ๑๐ / ๒๐๑๘																																																																																																																																																																																					
REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY																																																																																																																																																																																							
Page 1/1		FM-LAB-039/1/01-06-52																																																																																																																																																																																					

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด		EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.				
683 หมู่ 11 ถ.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230 โทร: 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์: 0-3848-2095 เว็บไซต์: http://www.etc1992.com อี-เมล: info@etc1992.com		683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230 Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095 Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com				
ACCREDITED LABORATORY ISO/IEC 17025						
Request No. LA61-0943 Report No. 6110-0260						
TEST REPORT						
CUSTOMER	: บริษัท เอ็นเนอจี เอ็กซ์พีริท เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด					
ADDRESS	: 241/86 หมู่บ้าน ไอพีลด์ บางนา ถนนกาญจนาภิเษก แขวงคลองไม้ เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร					
SAMPLE SOURCE	: 245/37 ม. 6 ต. ห้วยซุขลา อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี					
SAMPLE POINT	: ปล่องเตาเผาขยะ	SAMPLE NO.	: 08268-08270			
SAMPLING DATE	: 20/09/2018	SAMPLING TIME	: 13:10-13:50			
RECEIVED DATE	: 24/09/2018	REPORTED DATE	: 09/10/2018			
TESTED DATE	: 24/09/2018 - 06/10/2018					
STACK DESCRIPTION						
Height	: 8.00 m	Type Of Process	: Combustion			
Diameter	: 0.22 m	Type Of Fuel	: LPG			
Temperature	: 35.00 °C	Oxygen Content	: 15.55 %			
Air Velocity	: 4.69 m/s	Barometric Pressure	: 757.00 mmHg			
Flow rate ²	: 0.17 m ³ /s	Atmospheric Temperature	: 38.10 °C			
Moisture Content	: 3.46 %					
PARAMETER*	TEST METHOD	TIME	RESULT ²		STD ¹	UNIT
			15.55 % O ₂	7 % O ₂		
Mercury (Hg)	Isokinetic, Cold Vapor - AAS	13:10-13:50	<0.0010	<0.0010 ⁴	0.05	mg/m ³
Lead (Pb)	Isokinetic, ICP-AES	13:10-13:50	ND ³	ND ⁴	1.5	mg/m ³
Cadmium (Cd)	Isokinetic, ICP-AES	13:10-13:50	ND ³	ND ⁴	0.5	mg/m ³
REMARK:						
¹ NOTIFICATION OF MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT B.E. 2553 (2010) (Less than 50 tons/day, New Incinerator)						
² DRY BASIS (25°C, 760 mm.Hg)						
³ MDL = Method Detection Limit [MDL of Lead = 0.19 mg/m ³ , MDL of Cadmium = 0.02 mg/m ³] / ND = Not Detected						
⁴ RESULTS OF ACTUAL %O ₂						
* SAMPLING BY MR. THONGCHAI BOONSAK						
Examined By			Approved By			
	(MISS APIRADEE CHUEN-AROM)			(MR. THONGCHAI BOONSAK)		
	(จ-003-ท-4377)			(จ-003-ท-5618)		
	09 / 10 / 2018	บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด		09 / 10 / 2018		
REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY						
Page 1/1				FM-LAB-039/1/01-06-52		



ภาคผนวก จ ผลการตรวจวิเคราะห์มลพิษปลายปล่องก่อนการออกแบบปรับปรุง

พหุพันธ์ ปณฺ ทิโต ชีเว

รายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ
ในปล่องระบายน
บริษัท จันทชัยโย เทรคดิ่ง จำกัด
วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2558

จัดทำโดย



ACCREDITED LABORATORY

ISO/IEC 17025

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด
EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด
 683 หมู่ 11 ต.สุขาภิบาล 8 ส.หนองจาน อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
 โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095
 เว็บไซต์ : <http://www.etc1992.com> อี-เมล : info@etc1992.com



EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.
 683 หมู่ 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkharn, Sriracha, Chonburi 20230
 Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095
 Website : <http://www.etc1992.com> E-mail : info@etc1992.com

หนังสือรับรองการจัดทำรายงาน

หนังสือฉบับนี้ให้ไว้เพื่อรับรองว่า บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม เป็นผู้จัดทำรายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในปด่องระบาย ในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2558 ให้กับ บริษัท จันทชัยโยเทรคติ้ง จำกัด โดยมีผู้ร่วมตรวจวัดและจัดทำรายงาน ดังนี้

นายคมกฤษ	จำปาจันทร์	ผู้จัดการแผนกปฏิบัติการภาคสนาม
นายกะวีร์	สุธาทรัพย์	ผู้จัดการแผนกปฏิบัติการทดสอบ
นางวรรณเพ็ญ	เหลาจินดาวัฒน์	ผู้จัดการแผนกรายงานผล
นายพงษ์ท	เหมื่อนครุฑ	หัวหน้าส่วนงานเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อม
นางสาวจิรพร	ปานคง	หัวหน้าส่วนงานทดสอบพื้นฐาน และจุลชีววิทยา
นางสาวนันทน์กิส	แบงนุทด	หัวหน้าส่วนงานเครื่องมือทดสอบ
นางสาวพรนภา	หลงคำหงษ์	หัวหน้าส่วนงานรายงานผล

ลงชื่อ

(นางสาวมาลิเกษ เสงะวักกุล)
 รองผู้จัดการฝ่ายตรวจวิเคราะห์

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด
 683 หมู่ 11 ต.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
 โทร. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์ : 0-3848-2095
 เว็บไซต์ : http://www.etc1992.com อี-เมล : info@etc1992.com



EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.

683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkhom, Sriracha, Chonburi 20230
 Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095
 Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com

Request No. LA58-0213

Report No. 5802-0525

TEST REPORT

CUSTOMER : บริษัท จันทชัยโย เทรคคิง จำกัด ADDRESS : 245/3 ม.6 ต.ทุ่งสุภา
 SAMPLE SOURCE : บริษัท จันทชัยโย เทรคคิง จำกัด อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี
 SAMPLE POINT : ปล่องเตาเผาขยะ (Incineration Furnace) SAMPLE NO. : 03375-03378
 SAMPLING DATE : 05/02/2015 SAMPLING TIME : 12:20-13:10
 RECEIVED DATE : 09/02/2015 REPORTED DATE : 17/02/2015
 TESTED DATE : 09-11/02/2015

STACK DESCRIPTION

Height :	5.60 m	Type of Process :	Combustion
Diameter :	0.15 m	Type Of Fuel :	Biomass
Temperature :	225.00 °C	Operation Capacity :	- Kg/hr.
Air Velocity :	12.14 m/s	Oxygen Content :	15.05 %
Flow rate ³ :	0.12 m ³ /s	Barometric Pressure :	757.00 mmHg
Moisture Content :	5.18 %	Atmospheric Temperature :	34.60 °C

PARAMETER*	TEST METHOD	TIME	RESULT ³		STD ¹	UNIT
			15.05 % O ₂	7 % O ₂		
Particulate (TSP)	Isokinetic, Gravimetric	12:20-12:55	22.0	52.3	70	mg/m ³
Sulfur Dioxide (SO ₂)	Barium Thorin Titrimetric	12:30-13:00	<3.4	<3.4 ^a	78	mg/m ³
			<1.3	<1.3 ^a	30	ppm
Oxides of Nitrogen (NO _x as NO ₂)	Chemical Absorption, Colorimetric	12:05-13:10	16.3	38.7	338	mg/m ³
			8.7	20.7	180	ppm
Carbon monoxide (CO)	Bag, Non Dispersive Infrared	12:25-12:35	13.6	32.4	-	mg/m ³
			11.9	28.3	-	ppm

REMARK:

¹ NOTIFICATION OF MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT B.E. 2553 (2010)

² DRY BASIS (25°C, 760 mm.Hg)

³ RESULTS OF ACTUAL %O₂

* SAMPLING BY MR. THONGCHAI BOONSAK

Examined By.....

(MISS NUKULL ARPORSRI)

Nukull

3-003-8-5631

17, 02, 2015



ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน
 บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด
 เลขทะเบียน 3-003

Approved By.....

(MR. PONGTHRON MEANKRUT)

Pongthron Meankrut

3-003-8-4368

17, 02, 2015

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
 THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
 WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

683 หมู่ 11 ต.สุราษฎร์ 8 ต.หนองสาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
 โทร: 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์: 0-3848-2095
 เว็บไซต์: http://www.etc1992.com อี-เมล: info@etc1992.com



EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.

683 Moo 11 Sukhaphibarni 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230
 Tel: 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax: 0-3848-2095
 Website: http://www.etc1992.com E-mail: info@etc1992.com

Request No. LA58-0213

Report No. 5802-0526

TEST REPORT

CUSTOMER : บริษัท อินทชัยโย เทรคคิง จำกัด ADDRESS : 245/3 ม.6 ต.ทุ่งสุขลา
 SAMPLE SOURCE : บริษัท อินทชัยโย เทรคคิง จำกัด อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี
 SAMPLE POINT : ป่่องเตาเผาขยะ (Incineration Furnace) SAMPLE NO. : 03350
 SAMPLING DATE : 05/02/2015 SAMPLING TIME : 12:20-13:20
 RECEIVED DATE : 09/02/2015 REPORTED DATE : 28/02/2015
 TESTED DATE : 09-26/02/2015

STACK DESCRIPTION

Height :	5.60 m	Type of Process :	Combustion
Diameter :	0.15 m	Type Of Fuel :	Biomass
Temperature :	225.00 °C	Operation Capacity :	- Kg/hr.
Air Velocity :	12.14 m/s	Oxygen Content :	15.05 %
Flow rate ¹ :	0.12 m ³ /s	Barometric Pressure :	757.00 mmHg
Moisture Content :	- %	Atmospheric Temperature :	34.60 °C

PARAMETER	TEST METHOD	TIME	RESULT ²	STD ¹	UNIT
Hydrogen Chloride ¹ (HCl)	Ion Chromatography	12:20-13:20	0.016	17	mg/m ³
			0.011	25	ppm

REMARK: ¹ NOTIFICATION OF MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT B.E. 2553 (2010)
² DRY BASIS (25°C, 760 mm.Hg)
³ SAMPLING BY EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO.,LTD. (MR. THONGCHAI BOONSAK)
 ANALYSED BY THE ENVIRONMENTAL CENTER RAJABHAT SUAN DUSIT UNIVERSITY



Examined By.....

(MR. PONGTHRON MEANKRUT)

28/02/2015

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
 THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
 WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

683 หมู่ 11 ต.สุขาภิบาล 8 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
 โทร: 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 แฟกซ์: 0-3848-2095
 เว็บไซต์: http://www.etc1992.com อี-เมล: info@etc1992.com



EASTERN THAI CONSULTING 1992 CO., LTD.

683 Moo 11 Sukhapibarn 8 Rd., Nongkham, Sriracha, Chonburi 20230
 Tel. 0-3848-1197, 0-3876-3031-2 Fax : 0-3848-2095
 Website : http://www.etc1992.com E-mail : info@etc1992.com

Request No. LA58-0213

TEST REPORT

Report No. 5802-0527

CUSTOMER : บริษัท จันทชัยโย เทรคคิง จำกัด ADDRESS : 245/3 ม.6 ต.ทุ่งสุขลา
 SAMPLE SOURCE : บริษัท จันทชัยโย เทรคคิง จำกัด อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี
 SAMPLE POINT : ปล่องเผาขยะ (Incineration Furnace) SAMPLE NO. : 03379
 SAMPLING DATE : 05/02/2015 SAMPLING TIME : 12:35-12:50
 RECEIVED DATE : 09/02/2015 REPORTED DATE : 17/02/2015
 PARAMETER : Opacity TEST METHOD : Ringlemann's Method
 MESURED BY : ETC 1 and ETC 2

Height : 5.60 m Type of Process : Combustion
 Diameter : 0.15 m Type of Fuel : Biomass
 Temperature : 225.00 °C Operation Capacity : - Kg/hr.
 Air Velocity : 12.14 m/s Barometric Pressure : 757.00 mmHg
 Flow rate : 0.12 m³/s Atmospheric Temperature : 34.60 °C
 Oxygen Content : 15.05 %

MIN	SEC	15	30	45	60
0		5	5	5	5
1		5	5	5	5
2		5	5	5	5
3		5	5	5	5
4		5	5	5	5
5		5	5	5	5
6		5	5	5	5
7		5	5	5	5
8		5	5	5	5
9		5	5	5	5
10		5	5	5	5
11		5	5	5	5
12		5	5	5	5
13		5	5	5	5
14		5	5	5	5
Sum of Reading		Total Reading			
600		120			

MIN	SEC	15	30	45	60
0		5	5	5	5
1		5	5	5	5
2		5	5	5	5
3		5	5	5	5
4		5	5	5	5
5		5	5	5	5
6		5	5	5	5
7		5	5	5	5
8		5	5	5	5
9		5	5	5	5
10		5	5	5	5
11		5	5	5	5
12		5	5	5	5
13		5	5	5	5
14		5	5	5	5
Opacity (%)		STD.* (%)			
5.00		10			

REMARK :

* NOTIFICATION OF MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT B.E. 2553 (2010)

SAMPLING BY MR.THONGCHAI BOONSAK AND MR.TEERAPONG MAULIN

Examined By: *Nukull*

(MISS NUKULL ARPORNTRI)

2-003-9-5631

17, 02, 2015



ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน
 บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด
 เลขทะเบียน 2-003

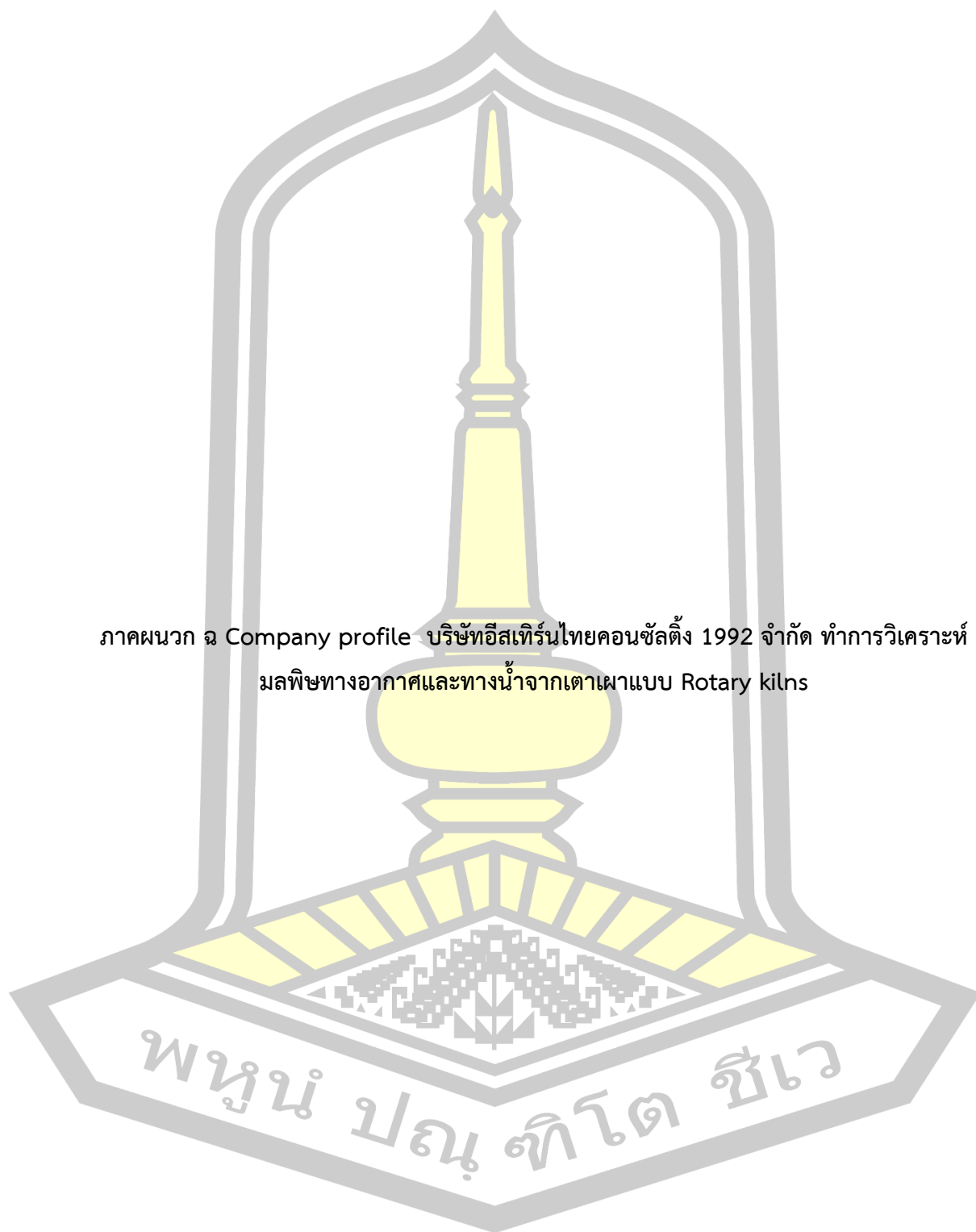
Approved By: *Pongthron Meankrut*

(MR. PONGTHON MEANKRUT)

2-003-ก-4368

17, 02, 2015

REPORTED TEST REFER TO SUBMITTED SAMPLES ONLY
 THIS REPORT SHALL NOT REPRODUCED EXCEPT IN FULL
 WITHOUT THE WRITTEN APPROVAL LABORATORY



ภาคผนวก ข Company profile บริษัทอีสเทิร์นไทยคอนกรีตตั้ง 1992 จำกัด ทำการวิเคราะห์
มลพิษทางอากาศและทางน้ำจากเตาเผาแบบ Rotary kilns



ETC EASTERN THAI
CONSULTING
1992 CO., LTD
บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

GOOD PEOPLE GOOD PRODUCT GOOD SOCIETY GOOD SERVICE

COMPANY PROFILE

**การจะสร้างคนใช้เวลา 10 ปี
ปลูกต้นไม้ใช้เวลา 100 ปี**

คนที่ทำงานจนกระทั่งประสบความสำเร็จในหน้าที่
การงานนั้น จะสามารถให้ร่วมเงา ให้ความร่มเย็นกับคนอื่นได้
จะสอนงานคนอื่น ดูแลคนอื่นได้ เพราะฉะนั้น พวกเขา คือ
ต้นไม้ที่ปลูกมาก่อนเขา กำลังเติบโตอยู่ ในช่วงที่ใช้การได้
วันหนึ่ง...เขาจะให้ร่วมเงาด้วยการปกครองคนอื่น ดูแล
และขยายงานของบริษัทต่อไปในอนาคต

นายห้างเทียม โชควัฒนา
ผู้ก่อตั้งเครือสหพัฒน์

ETC COMPANY PROFILE

Good people Good product Good society



บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด (Eastern Thai Consulting 1992 Co.,Ltd.)

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด ก่อตั้งขึ้น เมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2535 โดยยกฐานะขึ้นจากหน่วยงาน สัมเวดล้อมโครงการของบริษัท สหพัฒนาอันเดอร์โฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นผู้พัฒนาโครงการสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒนา ภายใต้การริเริ่มของผู้บริหารเครือสหพัฒนา ที่ให้ความสำคัญ กับการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม โดยยึดหลักที่ว่า

**"การดำเนินธุรกิจที่ดี
ต้องควบคู่ไปกับ
การดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมที่ดี"**



เมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2551
บริษัทได้มีการขยายงานเพื่อรองรับ
การนำเสนอานบริการด้านการบริหารดูแล และ
จัดการสิ่งแวดล้อมไปยังภาคใต้ของประเทศไทย โดย
ได้ก่อตั้งเป็น **บริษัท เอเชียิร์นไทยคอนซัลติ้ง จำกัด**
(Southern Thai Consulting Co.,Ltd. : STC)



STC SOUTHERN THAI
CONSULTING
บริษัท เอเชียิร์นไทยคอนซัลติ้ง จำกัด



www.southernthaiconsulting.com

และยังได้ก่อตั้ง **บริษัท เอ็นไวรอนเม้นทอล เทคโนโลยี คอนซัลแตนท์ จำกัด**
(Environmental technology consultant Co.,Ltd. : ETECH)
ขึ้นเมื่อ วันที่ 1 เมษายน 2552 โดยมีเป้าหมายเพื่อสนับสนุน
ส่งเสริมภาคอุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ และเอกชน
ในการจัดทำโครงการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ
การออกแบบและพัฒนาความรู้และเทคโนโลยี การฝึกอบรม
การดำเนินงานด้านความรับผิดชอบต่อสังคมและธรรมาภิบาล



Environmental Technology Consultant
บริษัท เอ็นไวรอนเม้นทอล เทคโนโลยี คอนซัลแตนท์ จำกัด

www.etch.co.th

ปัจจุบันบริษัทได้มีการขยายงานเพื่อรองรับ
การนำเสนอานบริการด้านการบริหารดูแล และ
จัดการสิ่งแวดล้อมไปยังภาคเหนือของประเทศไทย โดย
ได้ก่อตั้งเป็น **บริษัท นอร์ทเทิร์นไทย คอนซัลติ้ง จำกัด**
(Northern Thai Consulting Co.,Ltd. : NTC)
เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2557 เพื่อรองรับกลุ่มลูกค้าที่เพิ่มมากขึ้น



บริษัท นอร์ทเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง จำกัด



ETC EASTERN THAI
CONSULTING
1992 CO., LTD
บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติ้ง 1992 จำกัด

ETC COMPANY PROFILE

Good people Good product Good society



การรับรองมาตรฐาน

กลุ่มบริษัทของเราซึ่งได้รับการขึ้นทะเบียนกับหน่วยงานราชการ และได้รับการรับรองตาม ระบบมาตรฐานสากลอีกหลายแห่ง อาทิ

- o กรมโรงงานอุตสาหกรรม บริษัทฯ ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็น **ผู้ควบคุมระบบบำบัดมลพิษ** และเป็น **ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์เอกชน** ที่ชลบุรี ปราจีนบุรี ลำพูน และภูเก็ต
- o กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน บริษัทฯ ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็น **หน่วยงานฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานระดับหัวหน้างาน**
- o สำนักงานบริหารหนี้สาธารณะ กระทรวงการคลัง บริษัทฯ ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็น **บริษัทที่ปรึกษาไทย** ให้บริการในฐานะ **ที่ปรึกษาสายาส่งแวดล้อม และสาขาการประปาและสุขาภิบาล**
- o สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม บริษัทฯ ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็น **ผู้มีสิทธิทำรายงานเกี่ยวกับการศึกษา มาตรการป้องกัน และแก้ไขผลกระทบ กระบวนการต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม**
- o สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้รับการรับรองระบบบริหารคุณภาพ **ISO 9001** และ ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม **ISO 14001**
- o สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) บริษัทฯ ได้รับการรับรองระบบมาตรฐานห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ **ISO/IEC 17025**
- o สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (ว.ว.) ได้รับการรับรองระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย



ETC COMPANY PROFILE

Good people Good product Good society



ภารกิจหลัก

บริษัท อีสเทิร์นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด ได้กำหนดภารกิจหลักไว้เมื่อเริ่มก่อตั้งบริษัท เพื่อตอบสนองต่อการบริหารจัดการพื้นที่สวนอุตสาหกรรมของเครือสหพัฒน์ ดังนี้

01

จัดตั้งห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำเสีย และน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ในพื้นที่โครงการฯ เพื่อเฝ้าระวังการควบคุมและกำกับดูแลด้าน สิ่งแวดล้อม

02

ดำเนินการด้านที่ปรึกษาเพื่อการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมของโครงการ และโรงงาน ในพื้นที่โครงการฯ เพื่อให้สามารถดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม ได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ

03

ดำเนินการควบคุมและบำรุงรักษาระบบบำบัดมลพิษ โดยเฉพาะระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง ของสวนอุตสาหกรรม และโรงงานในพื้นที่ซึ่งมีความจำเป็นต้องควบคุมและกำกับดูแล ค่าการระบายมลพิษน้ำให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด

04

ดำเนินการควบคุมและบำรุงรักษาระบบบำบัดมลพิษ โดยเฉพาะระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง ของสวนอุตสาหกรรม และโรงงานในพื้นที่ซึ่งมีความจำเป็นต้องควบคุมและกำกับดูแล ค่าการระบายมลพิษน้ำให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด

สินค้าและบริการ



งานที่ปรึกษาทางวิชาการด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม

จากประสบการณ์ตรงที่สั่งสมมากกว่า 19 ปี ในการจัดการสิ่งแวดล้อมให้กับเครือสหพัฒน์ และกลุ่มลูกค้า ได้กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาทั้งบุคลากร และระบบบริหารจัดการมาอย่างต่อเนื่อง ทั้งการสรรหาบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชาต่างๆ มาศึกษาวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้าง ระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับโครงการนิคมอุตสาหกรรม สวนอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรม อาคารห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ รวมถึงเทศบาลและหน่วยงานปกครองส่วนท้องถิ่นที่กระจายตัวอยู่ทั่วประเทศ

ปัจจุบันบริษัทได้ให้บริการงานด้านที่ปรึกษา ทางวิชาการด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมให้กับ สวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์นี้ถึง 3 แห่ง คือ

1. อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี
2. อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี
3. อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน

รวมไปถึงนิคมอุตสาหกรรมหลายแห่งที่อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของกรมการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

ETC COMPANY PROFILE

Good people Good product Good society



งานบริการด้านสิ่งแวดล้อม ควบคุมดูแล

ระบบบำบัดมลพิษชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบบำบัดคุณภาพอากาศที่ได้มีการก่อสร้างและติดตั้งอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรม และสถานประกอบการต่างๆ จำเป็นที่จ้ง-ต้องได้รับการเอาใจใส่ดูแล โดยการกำหนดบุคลากรผู้รับผิดชอบอย่างเพียงพอ และเหมาะสม ซึ่งจำเป็นจะต้องมีความรู้



ความเชี่ยวชาญในการบำรุงรักษาเครื่องจักร และอุปกรณ์ของระบบบำบัด มีความรู้ความเชี่ยวชาญในการควบคุมและเดินระบบบำบัด รวมทั้งมีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านการตรวจสอบระบบ เพื่อใช้ประกอบการควบคุมและเดินระบบบำบัดมลพิษได้อย่างมีประสิทธิภาพ



การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ คุณภาพอากาศ และการตรวจติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ในขอบเขตการให้บริการด้านสิ่งแวดล้อม การตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ คุณภาพอากาศ รวมถึงการติดตามตรวจวัดด้านอาชีวอนามัย ได้แก่ การตรวจวัดแสง การตรวจวัดเสียง การตรวจวัดระดับความร้อน การตรวจวัดปริมาณสารเคมี การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง การตรวจปริมาณเชื้อก่อโรค ตลอดจน การติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม ตามมาตรฐานของรายงานประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (EIA) ถือเป็นหัวใจสำคัญของงานด้านสิ่งแวดล้อม



บริษัทฯ ได้ให้ความสำคัญในเรื่องนี้ โดยจัดตั้งห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ขึ้นมา ตั้งแต่เริ่มก่อตั้งในปี พ.ศ.2535 โดยขึ้นทะเบียนไว้กับกรมโรงงานอุตสาหกรรม จนกระทั่ง

ETC COMPANY PROFILE

Good people Good product Good society



ในปัจจุบันบริษัทได้จัดตั้งห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ รวมทั้งสิ้น 3 แห่ง ได้แก่

ห้องปฏิบัติการศรีราชา (๖-๐๐3)
ห้องปฏิบัติการธนบุรี (๖-๐๐3/1)
ห้องปฏิบัติการภูเก็ต (๖-๐๐3/2)

โดยมีศักยภาพในการตรวจวัดคุณภาพทางด้านสิ่งแวดล้อมครอบคลุมในทุกด้าน ซึ่งบริษัทได้พัฒนาศักยภาพของห้องปฏิบัติการจนได้รับการรับรองระบบมาตรฐาน ห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ยอมรับในระดับสากล

ปัจจุบัน ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ของบริษัท จีเอสทีเอ็นไทยคอนซัลติง 1992 จำกัด ถือว่า เป็นห้องปฏิบัติการที่ได้รับการยอมรับเป็นอย่างมาก
ตั้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม
หน่วยงานเอกชน หน่วยงานราชการ รวมถึงรัฐวิสาหกิจ เช่น
การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย



การบริการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม

1. คุณภาพอากาศในบรรยากาศ

การตรวจวัดปริมาณ TSP, PM-10, SO₂, NO₂, CO, Pb, O₃ ตามวิธีมาตรฐาน US.EPA

2. คุณภาพอากาศในปล่องระบาย

การตรวจวัดปริมาณ TSP, SO₂, NO_x as NO₂, CO, Opacity, โลหะหนัก ตามวิธีมาตรฐาน US.EPA

3. คุณภาพอากาศในสถานประกอบการ

การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง, ไนโตรเจนไดออกไซด์, สารระเหย, โลหะหนัก ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในสถานประกอบการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม และองค์ประกอบ NIOSH, OSHA, ACCIH

4. การตรวจวัดด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย

- ตรวจวัดความเข้มแสง (Light Intensity)
- ตรวจวัดระดับความดังเสียง (Noise Level)
- ปริมาณความร้อน (Heat)
- การสั่นสะเทือน (Vibration)

5. คุณภาพน้ำดินตะกอน

น้ำดื่ม, น้ำใช้, น้ำดี, น้ำทิ้ง, น้ำผิวดิน, น้ำใต้ดิน, น้ำทะเล, ดิน และดินตะกอน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายคมสัน ชันนาม
วันเกิด	วันที่ 19 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดมหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 49 หมู่ 5 ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44150
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 49 หมู่ 5 ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44150
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2545 มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนผดุงนารี อำเภอมือทอง จังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2548 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร พ.ศ. 2555 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2563 ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูนันท์ ปณฺฑิต ชีวะ