เตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควัน

ODORLESS AND SMOKELESS INCINERATOR FOR HOSPITAL GARBAGE

T 032868

วรรณไช สงวนคุณากร

WANCHAI SA-NGAUNKUNAKORN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีประยุกต์ (เคมีสิ่งแวดล้อม)

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2542

ISBN 974-622-360-7

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 32868
วัน, เดือน, ปี 4 มิ.ย. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ODORLESS AND SMOKELESS INCINERATOR FOR HOSPITAL GARBAGE

WANCHAI SA-NGAUNKUNAKORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCINCE IN APPLIED CHEMISTRY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1999

ISBN 974-622-360-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 1999

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควัน
นักศึกษา	นายวรรณไชย สงวนคุณากร
รหัสประจำตัว	37064201
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีประยุกต์ (เคมีสิ่งแวดล้อม)
พ.ศ.	2542
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.เผชิญชัย ไชยสิทธิ์
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.อารีย์ วิเชียรฉาย

บทคัดย่อ

ขยะจากสถานพยาบาลเป็นขยะที่มีสมบัติเป็นอันตรายต่อสุขภาพ และความปลอดภัย โดยอาจจะประกอบไปด้วย ขยะประเภทชิ้นส่วนอวัยวะโดยทั่วไป และชิ้นส่วนอวัยวะที่มีผลในทางพยาธิสภาพ ขยะติดเชื้อ ขยะอันตราย และขยะอื่นๆ

วิธีการเผาเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมในการใช้กำจัดขยะจากสถานพยาบาลมาตั้งแต่ดั้งเดิม เนื่องจากสามารถทำลายองค์ประกอบที่เป็นอันตรายต่างๆ ในขยะได้อย่างหมดสิ้น โดยขยะจะถูกเปลี่ยนให้ไปอยู่ในสภาพที่ผิดแผกไปจากเดิม (กลายเป็นเถ้า) และมีปริมาตรที่ลดต่ำลงถึง 90 - 95% สำหรับระบบของเตาเผาที่ใช้ในการกำจัดขยะประเภทนี้ มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ 1. แบบควบคุมให้มีปริมาณอากาศต่ำกว่าจุดสมมูล และ 2. แบบควบคุมให้มีปริมาณอากาศที่มากเกินพอ

โครงงานวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษา ออกแบบ และก่อสร้างเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควันที่มีระบบการเผาไหม้เป็นแบบให้ปริมาณอากาศต่ำกว่าจุดสมมูล พร้อมด้วยเครื่องดักอากาศระบบเปียกที่ได้มีการติดตั้งเข้ากับเตาเผาต้นแบบ ดังในรูปที่ 3.1 โดยจากการทดสอบประสิทธิภาพในเบื้องต้น พบว่า มีกลิ่น และควันเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ทั้งนี้เนื่องจากระบบการให้ความร้อนทั้งหมดที่ได้ประยุกต์ขึ้นใช้ในเตาเผาต้นแบบนั้น ไม่สามารถให้ความร้อนได้สูงถึงระดับอุณหภูมิที่ต้องการได้ และระบบการไหลเวียนของก๊าซภายในเตาเผายังมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีพอ แต่เมื่อได้ปรับปรุงระบบการไหลเวียนของอากาศใหม่ และใช้หัวเผาน้ำมันสำหรับเตาเผาโดยตรง พบว่าสามารถทำการกำจัดขยะได้อย่างหมดสิ้น โดยปราศจากกลิ่นและควันจากการเผาไหม้ ซึ่งในการทดสอบกับขยะที่มีความชื้นสูงประมาณ 30% โดยน้ำหนักนั้น สามารถให้อัตราการเผาไหม้ขยะได้สูงสุด 15 ก.ก./ช.ม. และสามารถลดปริมาณของขยะนี้ลงได้มากกว่า 90% โดยน้ำหนัก โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันอยู่ในช่วง 18 - 22.29 ลิตร/ช.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Odorless and Smokeless Incinerator for Hospital Garbage
Student	Mr. Wanchai Sa-ngaunkunakorn
Student ID.	37064201
Degree	Master of Science
Programme	Applied Chemistry (Environmental Chemistry)
Year	1999
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Pachernchai Chaiyasith
Thesis Co-advisor	Assoc.Prof.Dr. Aree Wichianchai

ABSTRACT

Hospital garbage is defined as very hazardous garbage which effects numerous potential health and safety. It may be composed of anatomical waste, pathological waste, infectious waste, hazardous waste and others.

Incineration has historically been recognized as the most preferred method for disposing of hospital garbage because of its high ability to destroy both physical and chemical hazardous wastes, destroy its "recognizability", kill pathogens and reduce the volume of waste by 90-95%. There are two major types of incinerator systems used for the hospital garbage treatment, i.e., starved air incinerators and excess air incinerators.

Odorless and smokeless incinerator for hospital garbage used of starved air combustion process was equipped with a wet scrubber air pollution control system (figure 3.1), and designed, constructed and primary tested in this study.

By primary efficiency testing, it was discovered that odor and smoke were generated in system. This indicated that the combustion was not complete. Heat generator systems, which were used in prototype incinerator, could not generate heat with high temperature level for complete combustion, and the flowing gas system was inefficiency. After the improvement of flowing gas system and using specific oil burners for incinerator, the combustion process was effective due to no odor and smoke. Testing the wastes with 30% moisture content by weight, the improved incinerator showed the maximum combustion rate at 15 kg/hr and the wastes reduced more than 90% by weight in spite of the fuel consumption rate in the range of 18-22.29 l/hr.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิทยานิพนธ์นี้จะไม่สามารถดำเนินการได้จนเป็นผลสำเร็จ ถ้าหากขาดการสนับสนุน และการดูแลเอาใจใส่ในแต่ละขั้นตอนของการดำเนินงานอย่างใกล้ชิด ทั้งจากท่านอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์คือ ผศ.ดร.เผชิญชัย ไชยสิทธิ์ และท่านอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมคือ รศ.ดร.อารีย์ วิเชียรฉาย ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสองเป็นอย่างสูงไว้ใน ณ. ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณบริษัทพรีเมียร์โกลเบิลคอเปอร์เรชั่น ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ และภาควิชาเคมีประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนทางด้านเงินทุนสำหรับการดำเนินการทั้งหมดภายในโครงงานวิทยานิพนธ์นี้ และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.ดร.อารีย์ วิเชียรฉาย ซึ่งเป็นผู้ที่คอยผลักดัน และช่วยในการประสานงานให้โครงงานวิทยานิพนธ์นี้ สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนทางด้านสถานที่สำหรับใช้ในการดำเนินการก่อสร้าง และการติดตั้งเตาเผารวมทั้งเครื่องดักอากาศระบบเปียก และต้องขอขอบพระคุณ อ.ดำริห์ จันทร์แสงสุก ซึ่งเป็นผู้ที่ให้การช่วยเหลือ และสนับสนุนโครงงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณเพื่อนนักศึกษาร่วมสถาบัน และน้องๆ จากภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ รวมถึงพนักงานทุกท่านในบริษัทพรีเมียร์ฯ ที่ให้การช่วยเหลือในระหว่างขั้นตอนของการก่อสร้างเตาเผา และเครื่องดักอากาศระบบเปียกในครั้งนี้

สำหรับในขั้นตอนสุดท้ายของงานวิทยานิพนธ์นี้ นั่นคือการเรียบเรียงวิทยานิพนธ์เป็นฉบับสมบูรณ์ ซึ่งต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เผชิญชัย ไชยสิทธิ์ เป็นอย่างสูง ที่ให้การแนะนำ และช่วยเหลือในการตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์นี้ จนเป็นผลสำเร็จลงได้ด้วยดี

สุดท้ายขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ประโยชน์ และคุณค่าใดๆ ที่ผู้อ่านพึงได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งท่านอาจารย์ผู้ควบคุม และท่านอาจารย์ผู้ควบคุมร่วมในโครงงานวิทยานิพนธ์นี้ ส่วนข้อผิดพลาดประการต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์นี้ ผู้วิจัยต้องขอกราบประทานอภัยไว้ ณ. ที่นี้ด้วย

วรรณไช สงวนคุณากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญรูป..... VIII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 ขอบเขต และขั้นตอนของการศึกษา..... 5

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น..... 8

1.4 ความจำกัดของการศึกษา..... 8

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา..... 10

บทที่ 2 ขยะมูลฝอยจากสถานพยาบาล และเทคโนโลยีเตาเผาขยะโรงพยาบาล แบบไร้กลิ่นไร้ควัน..... 12

2.1 ขยะมูลฝอยจากสถานพยาบาล..... 12

2.2 คำจำกัดความ และความหมายของขยะมูลฝอยติดเชื้อ..... 15

2.3 เทคโนโลยีทั่วไปในการบำบัด และ/หรือ การกำจัดขยะจากสถานพยาบาล..... 20

2.4 การบำบัด และการกำจัดขยะจากสถานพยาบาลภายในประเทศไทย..... 25

2.5 เทคโนโลยีเตาเผาขยะ..... 27

2.6 เตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควัน..... 54

2.7 หลักการทางทฤษฎี และการคำนวน..... 68

2.8 อุปกรณ์ และส่วนประกอบของเตาเผา..... 86

2.9 สภาวะการปฏิบัติงาน และการควบคุมเตาเผาระบบไพโรไลซิส..... 99

บทที่ 3 การออกแบบ และการสร้างเตาเผาขยะแบบไร้กลิ่นไร้ควัน..... 105

3.1 การดำเนินการในส่วนที่ 1..... 105

3.2 การดำเนินการในส่วนที่ 2..... 111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 การดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผา 115

บทที่ 4 ผลการทดสอบเตาเผาขยะแบบไร้กลิ่นไร้ควัน 117

4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก 117

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น 118

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 126

5.1 สรุปผลการวิจัย 126

5.2 ข้อเสนอแนะ 128

เอกสารอ้างอิง 129

ภาคผนวก 134

ภาคผนวก ก. ข้อปฏิบัติในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ 135

ภาคผนวก ข. ประมวลภาพถ่ายแสดงขั้นตอนการก่อสร้างห้องเผาไหม้ที่ 2 ของเตาเผาต้นแบบ 141

ภาคผนวก ค. ประมวลภาพถ่ายแสดงการก่อสร้างเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก 147

ภาคผนวก ง. ประมวลภาพถ่ายการแสดงผลงานในงานนิทรรศการลาดกระบังนิทรรศ 152

ภาคผนวก จ. ภาพถ่ายของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น และหัวเผาน้ำมันดีเซลที่นำมาใช้ 156

ประวัติผู้เขียน 161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 จำนวนสถานพยาบาลในประเทศไทย....3

1.2 ตารางเวลา และแผนการดำเนินงาน....7

2.1 แสดงสมบัติ และสัดส่วนของขยะแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นในสถานพยาบาล....29

2.2 แสดงค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง....30

2.3 แสดงองค์ประกอบของก๊าซผลิตผลที่ได้จากขบวนการไพโรไลซิส ที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ....42

2.4 แสดงองค์ประกอบของเถ้าที่หลงเหลือจากขบวนการไพโรไลซิส....43

2.5 แสดงปริมาณสมดุลมวลของผลิตผลทั้งหมดที่ได้จากขบวนการไพโรไลซิสขยะที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ....44

2.6 แสดงความแตกต่างของผลิตผลที่ได้จากขบวนการเผาไหม้ในแบบต่างๆ....46

2.7 แสดงตัวอย่างรายชื่อสารผลิตผล (สถานะก๊าซ) ที่ได้จากการไพโรไลซิสยางรถยนต์เก่า....70

2.8 แสดงตัวอย่างรายชื่อสารผลิตผล (สถานะของเหลว) ที่ได้จากการไพโรไลซิสยางรถยนต์เก่า....71

2.9 แสดงองค์ประกอบของอากาศโดยทั่วไป....77

2.10 แสดงปริมาณของก๊าซ O_2 และ CO_2 ในรูปเปอร์เซนต์สัดส่วนโดยปริมาตรภายใต้สภาวะกระแสก๊าซที่แห้ง ที่ได้จากการคำนวณที่ผ่านมา....85

2.11 แสดงรายละเอียดของเทอร์มอคับเปิลในแต่ละแบบ....95

2.12 แสดงการเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบในเตาเผา ก่อนการเริ่มปฏิบัติงาน....100

3.1 ตารางแสดงรายละเอียดของเตาเผาต้นแบบ....108

3.2 ตารางแสดงรายละเอียดของห้องลดระดับอุณหภูมิ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก....109

3.3 ตารางแสดงการเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบภายในเตาเผาต้นแบบ....110

3.4 ตารางแสดงการเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบภายในห้องลดระดับอุณหภูมิ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก....110

3.5 ตารางแสดงรายละเอียดของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น....113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

3.6 ตารางแสดงการเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบภายในเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น 114

3.7 ตารางการทดสอบเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก 115

3.8 ตารางการทดสอบเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น 115

4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก 117

4.2 ตารางแสดงผลการวัดอัตราการไหลของอากาศ ที่ไหลผ่านช่องใส่หัวเผาเล็กบริเวณด้านหน้าของห้องเผาไหม้ที่ 1 118

4.3 ตารางแสดงผลการวัดอัตราการไหลของอากาศ ที่ไหลผ่านช่องนำส่งก๊าซระหว่างห้องเผาไหม้ที่ 1 และ 2 119

4.4 ตารางแสดงผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของหัวเผา 120

4.5 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพก๊าซจากการเผาไหม้ ที่บริเวณทางออกของกระแสก๊าซ 122

4.6 ตารางแสดงผลการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาเผาตลอดการทดสอบ 123

4.7 ตารางแสดงผลการทดสอบอัตราการเผาไหม้ของขยะโรงพยาบาลสังเคราะห์ ที่มีความชื้นประมาณ 30 % โดยน้ำหนัก 125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แผนผังแสดงขั้นตอนของการคัดแยกประเภทขยะจากสถานพยาบาล....20

2.2 แสดงรูปแบบของเตาเผาที่ใช้สำหรับการกำจัดของเสียประเภทสารละลาย.... 31

2.3 แสดงรูปแบบของเตาเผาโรตารี่คลินทั้งแบบคอนเคอเรนท์ และเคาเตอร์เคอเรนท์....34

2.4 แสดงรูปแบบของเตาเผาแบบโรตารี่คลิน....35

2.5 แสดงรูปแบบของเตาเผาแบบใช้ตัวกลางนำความร้อน....35

2.6 แสดงรูปแบบของเตาเผาแบบใช้ตัวกลางนำความร้อน....36

2.7 แสดงกลไกทางเคมีที่เกิดขึ้นบริเวณผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา.... 37

2.8 แสดงรูปแบบของเตาเผาแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการติดตั้งอยู่กับที่ (a)
และแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการเคลื่อนที่ (b)....38

2.9 แสดงรูปแบบของเตาเผาแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการติดตั้งอยู่กับที่ (a)
และแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการเคลื่อนที่ (b)....39

2.10 แสดงรูปแบบของโรงงานกำจัดขยะที่มีการใช้เตาเผาแบบโรตารี่คลิน....40

2.11 แสดงรูปแบบของโรงงานกำจัดขยะที่มีการใช้เตาเผาแบบโรตารี่คลิน....41

2.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับปริมาณของวัตถุชนิดต่างๆ จากการไพโรไลซิส
ที่ระดับอุณหภูมิ 425 ˚C....42

2.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับปริมาณของสารโพลีโพรไพลีน จากการ
ไพโรไลซิสที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ....43

2.14 แสดงรูปแบบ และการควบคุมสภาวะภายในเตาเผาแบบไพโรไลซิส....44

2.15 แสดงรูปแบบ และการควบคุมสภาวะภายในเตาเผาแบบไพโรไลซิส....45

2.16 แสดงรูปแบบของเตาเผาระบบไพโรไลซิสที่แท้จริง....46

2.17 แสดงรูปแบบเตาเผาระบบไพโรไลซิส พร้อมขบวนการกักเก็บก๊าซเชื้อเพลิงไว้ใช้....47

2.18 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์ป้อนขยะที่ใช้สำหรับเตาเผาระบบไพโรไลซิส.... 48

2.19 แสดงกลไกในการทำงานของอุปกรณ์ป้อนขยะที่ใช้สำหรับเตาเผาระบบไพโรไลซิส....49

2.20 แสดงรูปแบบเตาเผาระบบไพโรไลซิส แบบ Torrax reactor....50

2.21 แสดงรูปแบบเตาเผาระบบไพโรไลซิสแบบ Purox reactor.... 51

2.22 แสดงรูปแบบเตาเผาระบบไพโรไลซิส แบบ Rotary-hearth pyrolyzer.... 52

2.23 แสดงรูปแบบของระบบการสันดาปแบบเปียก.... 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.24 แสดงปริมาณของสารประกอบอินทรีย์คลอลีนชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขบวนการสังเคราะห์ de Novo synthesis.....57
2.25 แสดงขั้นตอนของการเปลี่ยนรูปจากสารตั้งต้นไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ ในปฏิกิริยา de Novo Synthesis..... 58
2.26 แสดงผลของระดับอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา de Novo formation.....59
2.27 แสดงรูปแบบของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์แบบแผ่นและลวด.....62
2.28 แสดงการทำงานของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์..... 62
2.29 แสดงรูปแบบของเครื่องดักอากาศแบบใช้ตัวกลางเส้นใย และวิธีการทำความสะอาดแบบใช้อากาศแรงดั นสูง..... 64
2.30 แสดงรูปแบบของเครื่องดักอากาศระบบเปียก..... 65
2.31 แสดงรูปแบบของขบวนการ Selective catalytic reduction (SCR)..... 67
2.32 แสดงรูปแบบของขบวนการเผาไหม้สองขั้นตอน ภายในเตาเผาระบบไพโรไลซิส..... 68
2.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิ และปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าสู่เตาเผา เมื่อกำหนดให้ความร้อนภายในระบบมีค่าคงที่..... 80 และ 102
2.34 แสดงรูปแบบของช่อง ปิด/เปิด แบบ Butterfly damper blade configuration..... 88
2.35 แสดงรูปแบบของช่อง ปิด/เปิด แบบ metal blade guillotine damper..... 89
2.36 แสดงรูปแบบของช่อง ปิด/ เปิด แบบ multi-blade damper.....89
2.37 แสดงรูปแบบของช่อง ปิด/เปิด แบบ pop damper..... 90
2.38 แสดงรูปแบบของช่อง ปิด/เปิด แบบ radial vane damper..... 90
2.39 แสดงรูปแบบของ water tube boiler และ fire tube boiler.....91
2.40 แสดงรูปแบบของขบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากไอน้ำที่ได้..... 92
2.41 แสดงรูปแบบการผลิตอากาศร้อนจากน้ำร้อนที่ได้ โดยใช้ระบบ two pipe hot water distribution system..... 92
2.42 แสดงรูปแบบการนำเอาอากาศร้อนที่ได้มาใช้ สำหรับการเผาไหม้ขยะ..... 93
2.43 แสดงรูปแบบของเทอร์มอคับเปิล..... 94
2.44 แสดงลักษณะของเทอร์มอคับเปิลในแต่ละแบบ.....94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.45 แสดงรูปแบบอุปกรณ์ตรวจวัดความแตกต่างของระดับความดัน ในแต่ละแบบ..... 97

2.46 แสดงรูปแบบของเตาเผาระบบไพโรไลซิส พร้อมอุปกรณ์การป้อนขยะ..... 101

3.1 แสดงรูปแบบของเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควัน (เครื่องต้นแบบ) และเครื่องดักอากาศระบบเปียกที่ได้ดำเนินการสร้างขึ้น..... 106

3.2 แสดงรูปแบบของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น..... 111

4.1 แสดงตำแหน่งจุดตรวจวัดระดับอุณหภูมิที่บริเวณต่างๆ ภายในเตาเผา..... 124

4.2 แผนภูมิรูปภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิที่บริเวณต่างๆ ภายในเตาเผา ขณะทำการทดสอบการเผาขยะ.....124

4.3 กราฟแสดงอัตราการเผาไหม้ขยะที่มีความชื้นประมาณ 30% ด้วยเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น.... 125

ข-1 แสดงลักษณะของแม่แบบที่ใช้ในการขึ้นรูปท่อเซรามิกทนความร้อน.....142

ข-2 แสดงการขึ้นรูปท่อเซรามิกทนความร้อน.....142

ข-3 แสดงลักษณะของท่อเซรามิกที่ขึ้นรูปแล้ว..... 143

ข-4 แสดงการเซาะร่องข้างท่อเซรามิก เพื่อใช้ยึดลวดให้ความร้อนให้อยู่กับที่.....143

ข-5 แสดงลักษณะของท่อเซรามิกทนความร้อนที่ผ่านขั้นตอนการพันลวดให้ความร้อน และการฉาบผิวด้วยซีเมนต์ทนความร้อนเสร็จเรียบร้อยแล้ว.....144

ข-6 แสดงการก่ออิฐทนความร้อนรอบท่อเซรามิก..... 144

ข-7 แสดงการก่ออิฐทนความร้อนรอบท่อเซรามิก..... 145

ข-8 แสดงการทดสอบระบบการให้ความร้อนของห้องเผาไหม้ที่ 2.....145

ข-9 แสดงลักษณะภายในของห้องเผาไหม้ที่ 2.....146

ค-1 แสดงโครงสร้างของห้องเผาไหม้ที่ 1.....148

ค-2 แสดงการก่ออิฐภายในห้องเผาไหม้ที่ 1.....148

ค-3 แสดงโครงสร้างของเครื่องดักอากาศระบบเปียก..... 149

ค-4 แสดงลักษณะภายในของห้องเผาไหม้ที่ 1.....149

ค-5 แสดงลักษณะด้านหลังของห้องเผาไหม้ที่ 1..... 150

ค-6 แสดงภาพเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียกที่ประกอบขึ้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว..... 150

ค-7 แสดงภาพเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก..... 151

ง-1 ภาพการแสดงผลงานในงานลาดกระบังนิทรรศ..... 153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ง-2 ภาพการแสดงผลงานในงานลาดกระบังนิทรรศ 153

ง-3 ภาพการแสดงผลงานในงานลาดกระบังนิทรรศ 154

ง-4 แสดงรูปจำลองของเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียกที่นำมาใช้แสดงในงานนิทรรศการ 154

ง-5 แสดงเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียกที่นำมาแสดงในงานนิทรรศการ 155

จ-1 แสดงลักษณะด้านหน้าของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น 157

จ-2 แสดงลักษณะด้านข้างของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น 157

จ-3 แสดงลักษณะของห้องเผาไหม้ที่ 2 ในเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น 158

จ-4 แสดงลักษณะภายในของห้องเผาไหม้ที่ 2 ในเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น 158

จ-5 แสดงลักษณะภายในของห้องเผาไหม้ที่ 1 ในเตาเผาต้นแบบ 159

จ-6 ภาพถ่ายแสดงลักษณะของหัวเผาเล็กที่ใช้ในเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น 159

จ-7 ภาพถ่ายแสดงลักษณะของหัวเผาใหญ่ที่ใช้ในเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น 160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

ในช่วงระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมาทั้งภาครัฐ และเอกชนต่างให้ความสำคัญกับปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมกันมากขึ้น เพราะได้ตระหนักเป็นอย่างดีถึงผลกระทบต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งนับวันจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ และหากปล่อยไว้อาจรุกรามจนยากแก่การแก้ไขได้ ดังเช่น ปัญหาเกี่ยวกับขยะที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในปัจจุบันนี้ ได้กลายเป็นปัญหาที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาประเทศทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม และสุขภาพอนามัยของประชาชน ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการดำเนินการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เนื่องจากเท่าที่ผ่านมานั้นยังไม่มีการจัดการขยะที่ถูกต้องและเหมาะสม อีกทั้งขยะที่เกิดขึ้นยังมีปริมาณมากเกินกว่าจะสามารถทำการกำจัดให้หมดได้ทันในแต่ละวัน จึงเป็นผลให้ขยะมีการแพร่กระจาย และสะสมอยู่ในบริเวณต่างๆ เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนเป็นสาเหตุสำคัญให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้อย่างรุนแรง ทั้งทางด้านอากาศ ดิน และแหล่งน้ำต่างๆ รวมถึงแหล่งน้ำใต้ดิน

ขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้ ได้ถูกจัดแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ตามลักษณะขององค์ประกอบหรือแหล่งที่มาของขยะนั้น เช่น ขยะจากแหล่งชุมชน ขยะอุตสาหกรรม ขยะอันตราย และขยะจากสถานพยาบาล เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการวางแผนการจัดการต่างๆ ให้มีความรัดกุมและเหมาะสมกับขยะได้มากยิ่งขึ้น เพราะว่าขยะแต่ละประเภทนั้นจะมีลักษณะ และสมบัติเฉพาะที่แตกต่างกันออกไปตามชนิด และสัดส่วนขององค์ประกอบต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะ จึงได้ส่งผลให้ขยะแต่ละประเภทมีวิธีการ และขั้นตอนของการจัดการที่แตกต่างกันด้วย ดังเช่น ขั้นตอนของการบำบัดและการกำจัดขยะ เป็นต้น สำหรับแนวทางที่สำคัญในการจัดการขยะแต่ละประเภท ให้มีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรได้อย่างสูงสุด นั่นคือ การคัดแยกประเภทของขยะ เพื่อนำขยะบางส่วนที่ยังมีประโยชน์กลับมาใช้ใหม่ และเป็นการช่วยลดปริมาณของขยะที่จำเป็นต้องได้รับการบำบัด หรือกำจัดอีกด้วย นอกจากนั้นยังส่งผลให้การจัดการในขั้นตอนต่างๆ เกี่ยวกับขยะ ตั้งแต่การขนส่งตลอดจนถึงการบำบัด หรือการกำจัดขยะ มีความสะดวก ปลอดภัย และง่ายต่อการปฏิบัติมากยิ่งขึ้น สำหรับขยะในส่วนที่ผ่านขั้นตอนของการคัดแยกประเภทแล้ว จะต้องถูกนำไปบำบัด หรือกำจัดต่อไปด้วยวิธีการที่ถูกต้อง และเหมาะสมกับประเภทของขยะนั้นๆ เพื่อไม่ให้สามารถส่งผลกระทบใดๆ กับสิ่งแวดล้อมต่อไปได้อีก

ขยะจากสถานพยาบาล เป็นขยะประเภทหนึ่งที่เพิ่งเริ่มมีการให้ความสนใจอย่างจริงจังเพียงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ขยะประเภทนี้อาจมีองค์ประกอบบางส่วนเป็นเลือด เสมหะ หรือของมีคม และวัสดุ

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ต่างๆ ที่อาจได้รับการสัมผัส หรือมาจากตัวผู้ป่วยที่มีอาการเจ็บป่วยเนื่องมาจากการติดเชื้อ และยังอาจมีองค์ประกอบของขยะประเภทสารเคมี เช่นยาหมดอายุ และของเสียจากห้องทดลองต่างๆ เป็นต้น ดังนั้นในการวางแผนการจัดการต่างๆ เกี่ยวกับขยะประเภทนี้จึงต้องมีความรอบคอบและระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะขยะประเภทนี้มีความเสี่ยงสูงที่จะก่อให้เกิดอันตรายขึ้นได้ ทั้งจากการติดเชื้อ และการได้รับสารพิษต่างๆ จากในขยะ ซึ่งถ้าหากเกิดความบกพร่องขึ้นในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งของการจัดการแล้ว ขยะประเภทนี้อาจมีการแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อม และก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านต่างๆ ได้อย่างรุนแรง ความบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นนี้ ได้รวมถึงการลงมือปฏิบัติงานของผู้ที่เกี่ยวข้องต่างๆ ด้วย เช่น คนทำความสะอาด คนเก็บขยะ และคนแยกขยะ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามเท่าที่ผ่านมาขยะประเภทนี้ ยังไม่ได้รับการจัดการที่ถูกต้อง โดยจะมีการจัดเก็บรวบรวม ขนส่ง และทำการกำจัดร่วมกับขยะจากแหล่งชุมชนทั่วไป ด้วยเหตุนี้จึงมีความเสี่ยงในการแพร่การกระจายของเชื้อโรค และสารพิษชนิดต่างๆ ไปสู่สิ่งแวดล้อมได้สูง จนเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาทางด้านสุขภาพอนามัยแก่ผู้ที่อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงเป็นประจำ สำหรับในปัจจุบันถึงแม้ว่าจะเริ่มมีการควบคุมเกี่ยวกับขยะประเภทนี้กันบ้างแล้ว แต่ในการปฏิบัติยังไม่สามารถกระทำได้ทั่วถึงนัก ทั้งในโรงพยาบาล และสถานพยาบาลขนาดเล็กต่างๆ ตามต่างจังหวัด นอกจากนั้นในสถานพยาบาลขนาดเล็กที่ส่วนใหญ่ไม่มีเตียงรับผู้ป่วยไว้ค้างคืน และก่อให้เกิดขยะติดเชื้อขึ้นเป็นปริมาณเพียงเล็กน้อย เช่น สถานพยาบาลประเภทคลินิก สถานีอนามัย และศูนย์บริการสาธารณสุขต่าง ซึ่งมีการอนุญาตให้สามารถทิ้งขยะรวมกับขยะทั่วไปได้นั้น จากการสำรวจพบว่าเฉพาะสถานพยาบาลขนาดเล็กเหล่านี้ ในประเทศไทยได้มีจำนวนมากถึง 12,184 แห่ง 8,263 แห่ง และ 825 แห่ง ตามลำดับ โดยคิดเป็นจำนวนร้อยละ 53.89% 36.55% และ 3.65% ของจำนวนสถานพยาบาลทั้งหมดในประเทศไทย ตามลำดับ ดังในตารางที่ 1.1 [1]

สำหรับอัตราการเกิดขยะติดเชื้อ จากที่เคยมีการสำรวจของหน่วยราชการที่เกี่ยวข้องคือ หน่วยงานของกรุงเทพมหานคร กรมอนามัย (ปีที่สำรวจ พ.ศ.2525) กรมควบคุมมลพิษ และจากการศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยร่วมกับกรมอนามัย (ปีที่สำรวจ พ.ศ.2538) พบว่ามีอัตราการเกิดของขยะติดเชื้อคิดเป็น 0.11 0.43 0.65 และ 0.23 กิโลกรัม/ เตียง/ วัน ตามลำดับ [1] และเมื่อทำการคำนวณหาปริมาณของขยะที่เกิดขึ้นนี้ ด้วยจำนวนเตียง 130,000 เตียง (จากตารางที่ 1.1) จะพบว่ามีปริมาณของขยะติดเชื้อที่เกิดขึ้นเป็น 14.3 55.9 84.5 และ 29.9 ตัน/ วัน ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้นั้นมีความแตกต่างกันมาก ซึ่งส่วนหนึ่งได้เกิดขึ้นจากในแต่ละหน่วยงานมีการให้คำจำกัดความของขยะติดเชื้อไว้แตกต่างกัน และยังเป็นการสำรวจในช่วงระยะเวลาที่ต่างกันด้วย แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลที่ได้สืบค้นมาทั้งหมดนี้ ข้อมูลจากผลการศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยร่วมกับกรมอนามัยนั้น น่าจะเป็นตัวแทนในการอ้างอิงได้อย่างเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นข้อมูลของการสำรวจในครั้งล่าสุด (สิงหาคม 2538) โดยได้แสดงอัตราการเกิดขยะติดเชื้อไว้เป็น 0.23 กิโลกรัม/ เตียง/ วัน หรือประมาณ 30 ตัน/ วัน จากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาปริมาณของขยะติดเชื้อเฉพาะที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาลเท่านั้น (ไม่รวมขยะติดเชื้อที่เกิดขึ้นจากสถานพยาบาลประเภทอื่นๆ)

ตารางที่ 1.1 จำนวนสถานพยาบาลในประเทศไทย

สถานพยาบาลในประเทศไทย	จำนวน (แห่ง)	จำนวน (เตียง)
โรงพยาบาลมหาวิทยาลัย	8	6,245
โรงพยาบาลศูนย์	17	12,258
โรงพยาบาลทั่วไป	75	23,177
โรงพยาบาลชุมชน	707	25,860
สถานีอนามัย	8,263	-
โรงพยาบาลเอกชน	407	30,082
โรงพยาบาลอื่นๆ	123	30,637
ศูนย์สาธารณสุขอื่น ๆ	825	-
คลินิกต่าง ๆ	12,184	-
รวม	22,609	128,259

ที่มา : กรมอนามัย [1]

ขยะติดเชื้อประมาณ 30 ตัน/ วัน ที่เกิดขึ้นนี้ จำเป็นต้องมีวิธีการบำบัด หรือการกำจัดที่ถูกต้อง และเหมาะสม โดยในปัจจุบันนั้นได้มีเทคโนโลยีต่างๆ ที่ใช้ในการบำบัด หรือการกำจัดขยะติดเชื้อ สำหรับเป็นทางเลือกให้แก่ผู้ใช้อย่างมากมาย ดังเช่น วิธีการอบด้วยไอน้ำ วิธีการใช้สารเคมี วิธีการฉายรังสีคลื่นความถี่สูง และวิธีการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ และทำลายขยะ เป็นต้น [1-9] ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในบทต่อไป วิธีการต่างๆ เหล่านี้จะต้องตัดสินใจเลือกใช้ให้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ หรือตามชนิดของขยะที่เกิดขึ้นบ่อยในสถานประกอบการนั้นๆ เนื่องจากแต่ละวิธีมีข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป และสิ่งที่สำคัญคืองบประมาณ หรือเงินทุนที่มีอยู่สำหรับการจัดซื้อจัดหาอุปกรณ์ หรือเครื่องมือต่างๆ เหล่านี้ เพราะส่วนใหญ่นอกจากจะมีราคาค่อนข้างสูงมากแล้ว ยังมีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน และการบำรุงรักษาที่สูงมากด้วยเช่นกัน โดยส่วนหนึ่งนั้นเป็นผลมาจากการที่ประเทศไทยยังต้องสั่งนำเข้าอุปกรณ์เหล่านี้มาจากต่างประเทศ

จากการสำรวจโรงพยาบาลในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีการรับพยาบาลผู้ป่วยฉุกเฉินด้วยจำนวน 200 แห่ง ในเดือนกรกฎาคม ปีค.ศ. 1987 พบว่า [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 70% ของโรงพยาบาลทั้งหมด มีเตาเผาไว้ใช้เป็นของตนเอง หรือมีการใช้ร่วมกัน
- 49% ของโรงพยาบาลทั้งหมด ใช้การอบไอน้ำสำหรับการฆ่าเชื้อในขยะติดเชื้อ
- 11% ของโรงพยาบาลทั้งหมด ใช้วิธีการฝังกลบโดยไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้นใดๆเลย
- 23% ของโรงพยาบาลทั้งหมด ทิ้งเลือด หรือผลิตผลจากเลือดลงสู่ระบบท่อน้ำทิ้งทั่วไป
- 21% ของโรงพยาบาลทั้งหมด ทิ้งของเสียแขวนลอยลงสู่ระบบท่อน้ำทิ้งที่ถูกสุขลักษณะ
- และ 14% ของโรงพยาบาลทั้งหมด กองขยะติดเชื้อกับพื้นแล้วปล่อยลงสู่ท่อน้ำทิ้งทั่วไป

ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่า โรงพยาบาลส่วนใหญ่ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้เลือกใช้วิธีการเผาเป็นวิธีการกำจัดขยะกันมากที่สุด เนื่องจากหน่วยงานรักษาสิ่งแวดล้อมของประเทศ (US. EPA) ได้แนะนำว่า วิธีการเผานี้เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้กำจัดขยะประเภทนี้ เพราะวิธีการเผานอกจากจะสามารถทำลายพิษ และฆ่าเชื้อต่างๆ ในขยะได้แล้ว ยังมีข้อได้เปรียบวิธีการอื่นๆ คือ สามารถลดทั้งมวล และปริมาตรของขยะลงได้มากกว่า 90% และยังสามารถเปลี่ยนรูปขยะให้อยู่ในรูปที่เสถียร และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมต่อไป แต่อย่างไรก็ตามการใช้เตาเผานี้ยังมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่สูงมาก เพราะเตาเผาส่วนใหญ่มักมีราคาที่สูงมาก และยังมีค่าใช้จ่ายในการทำงาน และการบำรุงรักษาเครื่องที่สูงด้วยเช่นกัน นอกจากนั้นยังมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ เพื่อให้ก๊าซที่ปล่อยออกมาจากเตาเผา มีคุณภาพอากาศอยู่ในระดับมาตรฐาน ซึ่งในเตาเผาบางระบบอาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายไปในส่วนนี้ มากกว่าราคาของเตาเผาถึงหลายเท่าตัว นอกเหนือจากค่าใช้จ่ายที่จำเป็นดังกล่าวแล้ว ยังมีค่าใช้จ่ายส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งที่ทำให้เตาเผามีราคาสูงเพิ่มมากขึ้นไปอีก นั่นคือค่าแนวความคิด หรือค่าทรัพย์สินทางปัญญาของผู้ผลิต ซึ่งได้บวกรวมลงไปเหมือนเป็นค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งของเตาเผา ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้มิใช่มีเพิ่มเข้าไปเฉพาะในเตาเผาเท่านั้น แต่จะมีเพิ่มเข้าไปในผลิตภัณฑ์ และเทคโนโลยีทุกชนิดที่เป็นสินค้าจากต่างประเทศทั้งหมด [1-10]

ในแต่ละปีประเทศไทยต้องเสียค่าใช้จ่ายไปในส่วนนี้เป็นเงินจำนวนมหาศาล โดยมิก่อให้เกิดประโยชน์ขึ้นอย่างแท้จริง พร้อมทั้งส่งผลโดยตรงให้ประเทศไทยต้องประสบกับภาวะการขาดดุลการค้ากับต่างประเทศเพิ่มมากยิ่งขึ้น ในสถานการณ์ปัจจุบันซึ่งกำลังเกิดวิกฤติการณ์ทางเศรษฐกิจ และมีการปรับลดค่าเงินบาทลงต่ำที่สุดเท่าที่เคยเป็นมา บุคลากรที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายจึงควรร่วมกันให้การสนับสนุนอย่างเร่งด่วน ในการสร้างเทคโนโลยีขึ้นใช้เองภายในประเทศ และลดจำนวนการนำเข้าสินค้ามาจากต่างประเทศ มิฉะนั้นประเทศไทยจะต้องแบกรับภาระหนี้สินจากค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ เพิ่มมากขึ้นอีกเป็นเท่าตัว

ในวิทยานิพนธ์นี้ จึงได้ศึกษา และพัฒนาเทคโนโลยีการสร้างเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควันขึ้น ซึ่งนอกจากจะเป็นการช่วยแก้ไขปัญหาขยะติดเชื้อล้นเมือง เพื่อส่งเสริมให้คนไทยมีคุณภาพชีวิต และคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดียิ่งขึ้นแล้ว ยังเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นใช้เอง เพื่อช่วยลดการนำเข้าของสินค้าจากต่างประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขอบเขต และขั้นตอนของการศึกษา

ในโครงงานวิทยานิพนธ์นี้ ได้มีการดำเนินการศึกษาทั้งในส่วนของภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ (การก่อสร้างเตาเผาพร้อมเครื่องดักอากาศระบบเปียก) โดยมีขอบเขต และขั้นตอนของการศึกษาทั้งหมดเป็นดังนี้

1.2.1 ดำเนินการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเตาเผาขยะโรงพยาบาล รวมถึงระบบควบคุมมลพิษทางอากาศที่เหมาะสม จากข้อมูลเท่าที่เคยมีการศึกษากันมาแล้วตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยจะมุ่งประเด็นหลักไปที่ข้อมูลเกี่ยวกับระบบการเผาไหม้ภายในเตาเผาเป็นสำคัญ ข้อมูลนี้อาจเป็นข้อมูลจากการทดลองทั้งในห้องปฏิบัติการ คือจากการทดลองกับเตาเผาที่มีขนาดย่อส่วน หรือเตาเผาจำลอง ซึ่งสามารถควบคุมให้เกิดสภาวะจำลองภายในเตาเผา ได้ใกล้เคียงกับการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจริง และข้อมูลจากในส่วนของการทดลองกับเตาเผาจริง นอกจากนี้ยังอาจมีข้อมูลในส่วนของข้อเสนอแนะ และความคิดเห็นของผู้ที่เคยทำการศึกษามาก่อนหน้านี้ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเตาเผาให้มีประสิทธิภาพดีมากยิ่งขึ้นไปอีก ข้อมูลทั้งหมดนี้จะมาจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ และทันสมัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีใหม่ๆ ซึ่งกำลังมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วอยู่ในขณะนี้ ในการดำเนินการสืบค้นนี้จะดำเนินการเท่าที่สามารถทำการสืบค้นได้จากสื่อต่างๆ ทั้งจากภายในประเทศ และต่างประเทศ

1.2.2 ดำเนินการออกแบบเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควัน ซึ่งมีขนาดเท่ากับเตาเผาที่ใช้กันในโรงพยาบาลขนาดเล็ก โดยเลือกใช้เทคโนโลยีการเผาขยะจากสถานพยาบาลที่ทันสมัย และมีการยอมรับในประสิทธิภาพการเผามากที่สุดในปัจจุบัน หรือเป็นระบบที่ยังไม่มีการนำมาใช้แต่คาดว่าจะมีการยอมรับต่อไปในอนาคตอันใกล้นี้ ซึ่งจะพิจารณาจากข้อมูลที่ได้ดำเนินการสืบค้นไว้แล้ว สำหรับประสิทธิภาพในการเผานี้ จะคำนึงถึงประสิทธิภาพทางด้านการลดปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้นเป็นสำคัญ และเพื่อเป็นการสร้างความมั่นใจว่าจะไม่ก่อมลพิษจากการเผาไหม้ในระดับที่สูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน จึงได้มีการเพิ่มส่วนที่เป็นระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ ติดตั้งเข้ากับเตาเผาไว้ด้วย โดยจะมีการติดตั้งเครื่องดักอากาศระบบเปียกต่อออกมาจากเตาเผา เพื่อใช้ลดมลพิษจากการเผาไหม้อีกขั้นตอนหนึ่ง นอกจากนี้ยังได้ดำเนินการศึกษาทั้งในส่วนของการเลือกใช้วัสดุ และเทคนิคสำหรับการก่อสร้างเตาเผาควบคู่ไปกับขั้นตอนของการออกแบบนี้ด้วย เพื่อเป็นส่วนส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจ และทราบถึงข้อจำกัดที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการออกแบบ และขั้นตอนการก่อสร้างเตาเผาตามหลักการของเหตุ และผล ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้การตัดสินใจดำเนินการออกแบบ และก่อสร้างเตาเผานี้สำเร็จลุล่วงไปได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

1.2.3 ดำเนินการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการก่อสร้างเตาเผา พร้อมทั้งดำเนินการก่อสร้าง โดยเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย และผลิตได้เองภายในประเทศเป็นสำคัญ นอกจากนี้ยังมีส่วนของการทดลองสร้างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบภายในของเตาเผานี้ด้วย เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวเผาน้ำมันดีเซล และเครื่องกำเนิดความร้อนแบบใช้ตัวต้านทานไฟฟ้า โดยจะประยุกต์ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ทั่วไป และมีราคาถูก เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการก่อสร้างเตาเผาอีกทางหนึ่ง ในส่วนของการทดลองดังกล่าวถึงแม้ไม่ได้ยึดเป็นส่วนสำคัญสำหรับการทำวิทยานิพนธ์นี้ แต่ก็เป็นส่วนประกอบหนึ่งของวิทยานิพนธ์ที่ได้มีการริเริ่มไว้เป็นแนวทางสำหรับการศึกษาอื่นๆ ต่อไป

1.2.4 ดำเนินการทดสอบ และเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ทั้งหมดที่เป็นส่วนประกอบภายในเตาเผา ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน ซึ่งรวมถึงระบบควบคุมความปลอดภัยต่างๆ ที่ได้ทำการติดตั้งไว้ด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อม และตรวจสอบความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของเตาเผา ก่อนการเริ่มทดลองเผาขยะในขั้นตอนต่อไป

1.2.5 ดำเนินการทดลองเผากับขยะทั่วไป โดยขยะทั่วไปนี้อาจเป็นเศษไม้ เศษผ้า หรือวัสดุเหลือใช้อื่นๆ ที่สามารถเผาไหม้ได้ง่าย ซึ่งควรมีองค์ประกอบที่ใกล้เคียงกัน หรือเหมือนกันทั้งหมด และยังต้องมีปริมาณที่มากเพียงพอสำหรับการทดลองเผาที่มีขึ้นทั้งหมด ซึ่งจะต้องดำเนินการทดลองเผาจนกว่าจะสามารถปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เป็นตัวกำหนดสภาวะการเผาไหม้ของเตาเผาให้มีความเหมาะสมได้

1.2.6 ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการเผาขั้นต้นของเตาเผากับขยะทั่วไป และขยะสังเคราะห์ โดยขยะสังเคราะห์ในที่นี้ได้หมายถึง ขยะที่มีองค์ประกอบของวัสดุที่สามารถเผาไหม้ได้ในสัดส่วนซึ่งใกล้เคียงกับขยะจริงที่เกิดขึ้นจากภายในโรงพยาบาล ยกเว้นเพียงไม่มีการติดเชื้อของขยะเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามสัดส่วนของขยะนี้เป็นเพียงสัดส่วนที่ได้กำหนดไว้คร่าวๆ เท่านั้น เพราะสัดส่วนขององค์ประกอบภายในขยะที่เกิดขึ้นจริงมักมีการเปลี่ยนแปลงได้อยู่เสมอ และไม่สามารถที่จะควบคุมให้คงที่ได้ โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ มากมาย เช่น ท้องถิ่น ประเภท และวิธีของการรักษา เป็นต้น ดังนั้นในการทดสอบจึงได้มีการระบุสัดส่วนของขยะไว้เพื่อการอ้างอิงด้วย

1.2.7 ขั้นตอนในข้อ 5 และ/หรือ ข้อ 6 ถ้าผลการทดลองเผาไม่เป็นที่น่าพอใจ โดยไม่ผ่านเกณฑ์การตัดสินในขั้นต้นตามหัวข้อโครงการคือ จะต้องไร้กลิ่น และไร้ควัน (จากการสังเกตที่ระยะห่างจากเตาเผา 10 เมตร) ในขณะที่ดำเนินการเผาขยะ มิฉะนั้นจะต้องดำเนินการแก้ไข และปรับปรุงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์จากการทำงานของอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบทุกชิ้นภายในเตาเผา และผลการเผาที่ได้อย่างละเอียดถี่ถ้วน เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเกิดข้อบกพร่องขึ้นได้จากทุกขั้นตอนของการดำเนินการศึกษา

1.2.8 เมื่อดำเนินการปรับปรุงเตาเผา และทดลองตามขั้นตอนในข้อ 5 และข้อ 6 จนกระทั่งให้ผลการเผาขยะเป็นที่น่าพอใจแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการศึกษาถึงปัจจัยทั่วไป ซึ่งสามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเผาไหม้ขยะภายในเตาเผาได้ โดยใช้การบ่งชี้ของอุปกรณ์วัดค่าพารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิเตอร์ต่างๆ ที่เป็นตัวกำหนดสภาวะการเผาไหม้ภายในเตาเผา นำมาใช้เป็นข้อมูลในการดำเนินการศึกษาทั้งในส่วนของขยะทั่วไป และขยะสังเคราะห์

1.2.9 ดำเนินการทดสอบ และวิเคราะห์ปริมาณของสารมลพิษที่ปล่อยออกมาทางปล่องควันของเตาเผาในขณะดำเนินการเผา ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์แบบยกเคลื่อนที่ได้ หรือแบบพกพาอย่างใดอย่างหนึ่งตลอดการทดสอบที่จะมีขึ้นในวิทยานิพนธ์นี้ แต่อย่างไรก็ตามการที่จะดำเนินการทดสอบในขั้นตอนนี้ได้ จำเป็นจะต้องเสียค่าใช้จ่ายอีกเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในการที่จะบรรลุจุดประสงค์ของการทดสอบในขั้นตอนนี้ได้ จึงขึ้นอยู่กับเงินทุนที่มีอยู่ และโอกาสที่จะสามารถดำเนินการหยิบยืมอุปกรณ์เครื่องมือวัดเหล่านี้ จากหน่วยงานราชการ และเอกชนต่างๆ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้สำหรับการทำวิทยานิพนธ์นี้ด้วย เพื่อให้การทำงานสำเร็จลุล่วงไปได้ในระยะเวลาที่มีอยู่จำกัด

1.2.10 ดำเนินการรวบรวมข้อมูลการทดสอบเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควันเท่าที่สามารถดำเนินการทดสอบได้ จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการศึกษาทั้งหมดที่ได้จากการดำเนินการสร้างเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควันนี้ ตั้งแต่ในขั้นตอนแรกของการออกแบบก่อสร้างเตาเผาขยะโรงพยาบาลไปจนถึงขั้นตอนสุดท้ายของการดำเนินการศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำไปสู่การอธิบายความสัมพันธ์ของการออกแบบเตาเผาขยะโรงพยาบาลนี้ กับประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ของเตาเผาขยะ ซึ่งอาจเป็นผลทั้งในแง่บวก และลบตามความเป็นจริงจากข้อมูลการทดสอบเท่าที่สามารถดำเนินการได้ในงานวิจัยครั้งนี้ โดยยึดหลักการของเหตุ และผล เพื่อนำไปเป็นหลักในการพิจารณาถึงข้อดี และข้อบกพร่องจากแต่ละขั้นตอนของการออกแบบ และก่อสร้าง ตลอดจนถึงการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาขยะโรงพยาบาล ซึ่งได้ดำเนินการไปแล้วทั้งหมดภายใต้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

1.2.11 ดำเนินการเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์เป็นภาษาไทย

ตารางที่ 1.2 ตารางเวลา และแผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาข้อมูล										
2. ออกแบบเตาเผา และระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ										
3. สืบราคาชิ้นส่วน และอุปกรณ์										
4. ดำเนินการก่อสร้าง										
5. ทดสอบการทำงาน และประสิทธิภาพของเตาเผา										
6. วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการศึกษา										
7. เรียบเรียงวิทยานิพนธ์										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.3.1 ในการดำเนินการศึกษาออกแบบ และก่อสร้างเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควันนั้น ได้แบ่งการดำเนินการศึกษาออกเป็นสองส่วน นั่นคือ (1) การสร้างเตาเผาโดยทดลองใช้ระบบการให้ความร้อนในแบบต่างๆ ทั้งระบบการให้ความร้อนแบบใช้ไฟฟ้า และน้ำมันดีเซล สำหรับระบบที่ใช้น้ำมัน จะมีการใช้หัวเผาทั้งแบบที่พัฒนาขึ้นเอง และแบบที่ใช้เฉพาะกับเตาเผา (2) การสร้างระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ เนื่องจากระยะเวลาที่ศึกษา และงบประมาณ มีอยู่จำกัด ฉะนั้นในการเลือกระบบการเผาใดที่เหมาะสมมาใช้นั้น จะพิจารณาจากผลของการเผาไหม้เป็นสำคัญ แต่จะไม่พิจารณาแก้ไขปรับปรุงในรายละเอียดของวิธีนั้นๆ ต่อ ส่วนในระบบควบคุมมลพิษทางอากาศนั้น จะเลือกเอาระบบดักอากาศแบบเปียกนำมาใช้เลย

1.3.2 การดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาในด้านต่างๆ ของการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความเหมาะสม โอกาส และเงินทุนสำหรับการแสวงหาอุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ที่จำเป็นในการทดสอบ เพราะอุปกรณ์ และเครื่องมือเหล่านี้ส่วนใหญ่มักมีราคาที่สูงมาก และประกอบกับมีจำนวนการใช้น้อยจึงเป็นการยากที่จะดำเนินการจัดซื้อ หรือหยิบยืมจากหน่วยงานอื่นๆ ได้ทั้งหมด นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงระยะเวลาที่ใช้ไปทั้งหมดสำหรับการดำเนินการศึกษาครั้งนี้ด้วย เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ หรือไม่ล่าช้าจนเกินไปนัก

1.3.3 ในการทดสอบประสิทธิภาพเตาเผาที่ได้ดำเนินการสร้างขึ้นนี้ ถ้าหากมีเหตุอันควรทำให้ไม่สามารถหาอุปกรณ์ หรือเครื่องมือทดสอบได้เพียงพอต่อความจำเป็นแล้ว จะดำเนินการทดสอบเท่าที่สามารถกระทำได้ แต่อย่างไรก็ตามเตาเผาที่สร้างขึ้นจากการศึกษานี้ต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบขั้นต้น ตามประเด็นที่ได้ระบุไว้ในหัวข้อของการทำวิทยานิพนธ์นี้ คือ ไร้กลิ่นไร้ควันในขณะที่ดำเนินการเผาขยะโรงพยาบาลที่สังเคราะห์ขึ้น โดยมิได้ต่อพ่วงเข้ากับอุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศใดๆ

1.3.4 เพื่อให้ผลการศึกษาในครั้งนี้ได้มีการเผยแพร่ไปสู่สังคมไทยอย่างกว้างขวาง จึงได้ดำเนินการเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นภาษาไทย

1.4 ความจำกัดของการศึกษา

ในการดำเนินการศึกษาออกแบบ และก่อสร้างเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควันที่มีขนาดใหญ่เพียงพอสำหรับการใช้งานได้จริงนั้น จำเป็นต้องอาศัยปัจจัยพื้นฐานทางด้านต่างๆ อย่างมาก มาเป็นส่วนสนับสนุนให้การดำเนินการสามารถเกิดขึ้นได้จนเป็นผลสำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ปัจจัยพื้นฐานทางด้านต่างๆ ที่กล่าวถึงนี้ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.1 ปัจจัยพื้นฐานทางด้านเงินทุน เป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญสำหรับการดำเนินการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับโครงการวิจัยที่มีขนาดใหญ่เช่นนี้ ซึ่งจำเป็นต้องใช้เงินทุนเป็นจำนวนมากในการดำเนินการศึกษา โดยเริ่มตั้งแต่การจัดซื้อจัดหาวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการก่อสร้างเตาเผาที่ต้องมีความคงทน แข็งแรง และทนทานต่อสภาพความร้อนสูงได้ดี จากนั้นจะเป็นการดำเนินการก่อสร้างเตาเผา ซึ่งจะต้องอาศัยแรงงาน และเทคนิคเฉพาะในการก่อสร้าง และสำหรับขั้นตอนท้ายสุดจะเป็นการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเตาเผา ที่ต้องมีค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากอีกเช่นกัน เนื่องจากต้องใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือทดสอบที่มีความเฉพาะกับเตาเผา ซึ่งมีจำนวนการใช้ที่น้อย จึงยากแก่การหยิบยืมอุปกรณ์เหล่านี้

1.4.2 ปัจจัยพื้นฐานทางด้านการศึกษา ในการดำเนินการก่อสร้างเตาเผาให้สำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์นั้น จำเป็นต้องอาศัยความรู้ในหลากหลายสาขาวิชามาประยุกต์ใช้ร่วมกัน ทั้งความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ เป็นต้น

1.4.3 ปัจจัยพื้นฐานทางด้านสถานที่ในการดำเนินการก่อสร้าง และทดสอบเตาเผา จำเป็นต้องมีบริเวณที่กว้างขวางพอสมควรสำหรับการติดตั้งเตาเผาที่มีขนาดใหญ่ และทำการเคลื่อนย้ายได้ยาก และควรมีอาคารที่สามารถป้องกันแดด และฝนให้แก่เตาเผานี้ได้ เพื่อความสะดวกในการดำเนินการก่อสร้าง และการป้องกันแดด และฝนที่อาจทำให้เกิดการชำรุด หรือเสียหายขึ้นกับวัสดุ (อิฐทนไฟ) อุปกรณ์ไฟฟ้า และหัวเผาน้ำมันดีเซล ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเตาเผา ทั้งในขณะระหว่างการดำเนินการก่อสร้าง และการทดสอบ

1.4.4 ปัจจัยพื้นฐานทางด้านบุคคลากรผู้ร่วมงาน ในโครงการวิจัยนี้จำเป็นต้องมีผู้ร่วมงานจากหลากหลายสาขาวิชา เช่น นักเคมี นักฟิสิกส์ สถาปนิก วิศวกร และช่างในสาขาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.4.5 ปัจจัยพื้นฐานทางด้านระยะเวลาในการดำเนินการ การดำเนินการในโครงการวิจัยขนาดใหญ่ ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนของการดำเนินการอยู่มาก ดังเช่นในโครงการวิจัยนี้ จำเป็นจะต้องใช้ระยะเวลาเป็นอันมากในการดำเนินการศึกษาให้มีความสำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

1.4.6 ปัจจัยพื้นฐานทางด้านผู้ให้การสนับสนุน

ปัจจัยพื้นฐานทางด้านต่างๆ ทั้งหมดนี้ ล้วนมีความสำคัญต่อการดำเนินการวิจัยด้วยกันทั้งสิ้น ซึ่งถ้าได้รับการสนับสนุนให้มีพร้อมในทุกๆ ด้านอย่างเต็มที่แล้ว ย่อมส่งผลให้การวิจัยสามารถดำเนินการได้จนเป็นผลสำเร็จอย่างสมบูรณ์แน่นอน แต่อย่างไรก็ตามการที่จะได้รับปัจจัยพื้นฐานในทุกๆ ด้านอย่างเต็มที่ได้นั้น ไม่ใช่เรื่องง่าย ดังนั้นในการดำเนินการจะทำทุกอย่างเท่าที่โอกาสจะอำนวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา

เพื่อให้การอธิบาย และการแสดงผลต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสื่อความหมายให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง และตรงกัน ในที่นี้จึงได้มีการให้คำจำกัดความของคำที่ใช้ในการศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

1.5.1 **ขยะทั่วไปที่ใช้ในการทดลอง** หมายถึง ขยะทั่วไปต่างๆ ที่มีองค์ประกอบเป็นวัสดุที่สามารถติดไฟได้ แต่อย่างไรก็ตามขยะทั่วไปทั้งหมดที่ใช้สำหรับการดำเนินการทดลองของการทำวิจัยครั้งนี้จะต้องมีองค์ประกอบ และสัดส่วนของขยะที่ใกล้เคียงกัน หรือเหมือนกันทั้งหมดทุกครั้งที่ใช้ศึกษาทดลอง ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการดำเนินการทดลองแต่ละครั้งที่ต้องการควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลทั้งทางตรง และทางอ้อมต่อการกำหนดสภาวะการเผาภายในเตาให้คงที่ หรือสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ตามที่กำหนดไว้ และยังเกิดความสะดวกในการเตรียมขยะสำหรับการทดลองด้วย เพราะบางส่วนของการศึกษาจำเป็นต้องทำการทดลองซ้ำกันหลายครั้งจนกว่าจะเกิดความมั่นใจในผลการทดลองที่ได้ ดังนั้นขยะทั่วไปที่ใช้ในการศึกษานี้จึงอาจเป็นขยะจำพวก เศษกระดาษ เศษผ้า หรือเศษไม้ และอื่นๆ เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง หรืออาจนำมาทำการผสมกันให้มีองค์ประกอบ และสัดส่วนที่เท่ากัน ซึ่งแล้วแต่ความสะดวกที่จะสามารถจัดหาขยะชนิดใดได้

1.5.2 **ขยะจากสถานพยาบาล หรือขยะโรงพยาบาล** หมายถึง ขยะที่เกิดขึ้นจากภายในโรงพยาบาล ซึ่งโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ขยะติดเชื้อที่มาจากการให้บริการทางการรักษาต่างๆ ภายในโรงพยาบาล และขยะทั่วไปที่มาจากห้องพักต่างๆ ทั้งจากห้องพักของบุคลากร และของผู้ป่วยทั้งหมดที่อยู่ในสถานพยาบาล

1.5.3 **ขยะโรงพยาบาลสังเคราะห์** หมายถึง ขยะที่มีสมบัติ องค์ประกอบ และสัดส่วนของวัสดุที่สามารถติดไฟได้ใกล้เคียง หรือเหมือนกันกับขยะที่เกิดขึ้นจริงจากภายในสถานพยาบาล แต่แตกต่างกันเพียงขยะสังเคราะห์จะปราศจากเชื้อ หรือได้รับการฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่เหมาะสมแล้ว ในกรณีที่นำขยะจากพยาบาลจริงบางส่วนมาใช้ โดยได้ทำการแยก และนำเอามาใช้เฉพาะขยะในส่วนของผู้ป่วย ซึ่งไม่ได้มีสาเหตุของอาการเจ็บป่วยเนื่องมาจากการติดเชื้อ หรือจากการได้รับเชื้อใดๆ เท่านั้น

1.5.4 **เตาเผาขยะโรงพยาบาลประสิทธิภาพสูง** หมายถึง เตาเผาขยะโรงพยาบาลที่มีคุณสมบัติ และประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับกันอยู่ในปัจจุบันคือ สามารถผ่านข้อกำหนดของการจำกัดปริมาณการปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ขยะภายในเตาเผา โดยจะต้องมีระดับของสารมลพิษที่ปล่อยออกมาต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ที่ได้กำหนดไว้โดยหน่วยงานจากรัฐของแต่ละประเทศที่มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ แต่อย่างไรก็ตามข้อกำหนดนี้ต้องมีความเคร่งครัด และทันสมัยพอสมควรจึงจะสามารถใช้รับรองประสิทธิภาพของเตาเผาได้ โดยอาจพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้จากแนวทางของข้อกำหนด และข้อบังคับต่างๆ รวมถึงเกณฑ์มาตรฐานของแต่ละประเทศที่เป็นผลิต และผู้นำทางด้านเทคโนโลยีเตาเผาขยะอยู่ในขณะนี้

1.5.5 **เตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควัน** หมายถึง เตาเผาที่มีความสามารถในการกำจัดขยะจากสถานพยาบาล หรือขยะโรงพยาบาลสังเคราะห์นี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านกลิ่น และควันในขณะที่ดำเนินการเผาขยะ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์สำหรับการควบคุมมลพิษทางอากาศใด ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ขยะมูลฝอยจากสถานพยาบาล และเทคโนโลยีเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควัน

2.1 ขยะมูลฝอยจากสถานพยาบาล

หลักสำคัญในการพิจารณา และดำเนินการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบก่อสร้างเตาเผาขยะหรือเตาเผาวัตถุใดก็ตาม นั่นคือจะต้องศึกษา และทำความเข้าใจกับธรรมชาติของวัตถุที่จะถูกเผาภายในเตาเผานี้ให้เกิดความเข้าใจจนเป็นอย่างดีเสียก่อน สำหรับการศึกษาตามหัวข้อการวิจัยนี้ วัตถุที่จะถูกเผาหมายถึง ขยะทุกชนิดที่เกิดขึ้นจากภายในสถานพยาบาลทั้งหมด ซึ่งปกติมักจะมีองค์ประกอบที่หลากหลาย และบางชนิดยังมีลักษณะการเกิด และสมบัติพื้นฐานเฉพาะที่แตกต่างไปจากขยะอื่นๆ ทั่วไป องค์ประกอบเหล่านี้ ได้ถูกจัดเป็นขยะประเภทที่มีแหล่งที่เกิดเฉพาะที่ หรือเป็นขยะที่ปกติไม่สามารถพบได้ในขยะจากแหล่งชุมชนโดยทั่วไป แต่จะพบว่ามีเป็นส่วนประกอบอยู่ในขยะจากสถานพยาบาลเท่านั้น โดยจะสามารถพบได้จากทุกๆ ส่วนที่มีการให้บริการรักษาพยาบาลแบบต่างๆ ในสถานพยาบาล ขยะส่วนนี้โดยทั่วไปมักมีองค์ประกอบที่ไม่แน่นอน และมีความแตกต่างกันไปตามวิธีการรักษาพยาบาล ช่วงระยะเวลา ท้องถิ่น และขอบเขตการรักษาพยาบาลของสถานพยาบาลแต่ละแห่ง ด้วยลักษณะของขยะตามที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ทำให้เกิดความยากลำบากในการบ่งชี้ชนิด และสมบัติพื้นฐานต่างๆ โดยรวมของขยะกลุ่มนี้ให้ชัดเจนได้ ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการศึกษา และง่ายต่อการทำความเข้าใจถึงธรรมชาติ หรือสมบัติพื้นฐานโดยรวมของขยะกลุ่มนี้ จึงได้มีการแบ่งประเภทของขยะจากสถานพยาบาลนี้ออกเป็นกลุ่มต่างๆ ตามสมบัติพื้นฐานของขยะแต่ละประเภท ซึ่งในแต่ละหน่วยงาน และในแต่ละประเทศมักจะมีการจำแนกประเภทของขยะที่แตกต่างกันออกไป แต่อย่างไรก็ตามเนื้อหาสำคัญยังคงมีใจความสอดคล้องกันอยู่ และเมื่อสรุปโดยรวมคร่าวๆ จะสามารถแบ่งประเภทของขยะจากสถานพยาบาลนี้ออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้ คือ [1-10]

2.1.1 ขยะทั่วไป ได้แก่ ขยะมูลฝอยชนิดต่างๆ ที่สามารถพบได้ทั่วไป เช่นเดียวกันกับขยะมูลฝอยจากแหล่งชุมชน โดยส่วนใหญ่มักจะเป็นขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากภายในห้องพัก และอาคารต่างๆ ทั่วไป ทั้งในส่วนของผู้ป่วย และในส่วนของบุคลากรอื่นๆ ทั้งหมดภายในสถานพยาบาล ซึ่งปกติมักมีองค์ประกอบหลักเป็นเศษอาหาร และเศษวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติก และกระดาษใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบต่างๆ นอกเหนือจากนี้ยังอาจมีเศษผ้า เศษกระดาษจากงานเอกสาร สิ่งพิมพ์ หรือจากการจัดแสดงต่างๆ และของเหลือใช้อื่นๆ ที่สามารถพบได้ทั่วไปอีกเล็กน้อย เป็นต้น

2.1.2 ขยะติดเชื้อ อาจจะให้ความหมายโดยคร่าวๆ ได้ว่า หมายถึงขยะที่เป็นส่วนประกอบหลักของขยะจากสถานพยาบาล ซึ่งสามารถส่งผลให้สมบัติโดยรวมของขยะจากสถานพยาบาลมีความพิเศษ และแตกต่างไปจากขยะอื่นๆ ทั่วไป โดยอาจมีสมบัติที่เป็นพิษ และ/หรือ มีความสามารถในการแพร่เชื้อต่างๆ ได้ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อไวรัสเอดส์ และเชื้อไวรัสตับอักเสบบีที่กำลังได้รับความสนใจกันอยู่ในขณะนี้ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้เมื่อขยะมีการแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อมทั่วไปแล้ว จะสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อมได้อย่างรุนแรง ดังนั้นขยะจากสถานพยาบาล ซึ่งคาดว่า หรือสงสัยว่ามีส่วนประกอบของขยะติดเชื้ออยู่ด้วยนั้น แต่เดิมจึงถูกจัดให้เป็นขยะอันตรายประเภทหนึ่ง ตามข้อกำหนดของหน่วยงานรักษาสิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงเกี่ยวกับการจัดการของเสียต่างๆ ในประเทศ โดยได้มีการบ่งชี้ประเภท และสมบัติพื้นฐานต่างๆ ของขยะอันตรายโดยสรุป ได้ดังนี้

ขยะอันตราย ได้แก่ ขยะ และของเสียทั้งที่อยู่ในรูปของแข็ง ของเหลว ของแข็งกึ่งเหลว หรือก๊าซในภาชนะบรรจุใดๆ ก็ตาม ซึ่งมีปริมาณ ความเข้มข้น หรือสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี หรือมีลักษณะของการติดเชื้อที่อาจก่อให้เกิดผลใดๆ ขึ้นได้ ดังต่อไปนี้

1. เป็นสาเหตุ หรือเป็นส่วนสนับสนุนให้มีการเพิ่มอัตราการเกิด หรือตายมากขึ้น
2. ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ หรือสิ่งแวดล้อมได้ ถ้าหากพบว่ามีการปนเปื้อน หรือมีการแพร่กระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อมทั่วไป โดยอาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากความบกพร่องในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งของการจัดการขยะ เช่น ขั้นตอนของการจัดเก็บ การขนส่ง การบำบัด การกำจัด หรือจากขั้นตอนการจัดการอื่นๆ ที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม

ตามคำจำกัดความนี้สามารถขยายความได้ว่า ขยะ หรือของเสียอันตรายจากสถานพยาบาลมักประกอบไปด้วย ขยะประเภทสารเคมีชนิดต่างๆ เช่น ยาหมดอายุ ยาติดก้นขวด และสารเคมีอื่นๆ ที่มีการใช้ในสถานพยาบาลทั้งหมด โดยได้รวมความถึงขยะประเภทกากกัมมันตรังสีที่เปล่าประโยชน์แล้วด้วย นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบของขยะในส่วนที่ได้ถูกจัดประเภทไว้ว่าเป็นขยะติดเชื้อ ซึ่งได้หมายถึงขยะ หรือของเสียใดๆ ก็ตาม ที่มีลักษณะของการติดเชื้อ หรือคาดว่า หรือสงสัยว่าอาจเกิดการติดเชื้อที่เป็นอันตราย จะด้วยสาเหตุใดๆ ก็ตาม จากความหมายที่กล่าวถึงนี้ได้ทำให้ทราบถึงขอบเขตของขยะกลุ่มนี้โดยคร่าวๆ แต่นั่นก็เพียงพอที่จะสามารถนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้อย่างดีในอดีตที่ผ่านมา เนื่องจากประชากรมีจำนวนเพียงเล็กน้อย และเทคโนโลยีทางด้านต่างๆ ยังไม่ก้าวหน้าเท่ากับในปัจจุบัน จึงส่งผลให้ขยะจากสถานพยาบาลที่เกิดขึ้นในเวลานั้นมีปริมาณเพียงเล็กน้อย และมีองค์ประกอบที่ไม่ซับซ้อนเท่ากับในปัจจุบัน ดังนั้นการจัดการต่างๆ จึงสามารถกระทำได้โดยง่าย และไม่จำเป็นต้องมีกฎข้อบังคับที่เคร่งครัด และรัดกุมมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาพบว่าขยะจากสถานพยาบาลได้มีองค์ประกอบ และสัดส่วนของขยะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยเป็นผลมาจากความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีในแขนงต่างๆ ที่ได้ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนจากการที่ ในปัจจุบันได้มีการคิดค้น และพัฒนาวัสดุใหม่ๆ เพื่อนำมาใช้ทดแทนวัสดุบรรจุภัณฑ์ชนิดเดิมที่มีการใช้กันอยู่ ดังเช่น การใช้ขวดยาชนิดต่างๆ ที่ผลิตขึ้นจากพลาสติก แทนการใช้ขวดยาแบบเดิมที่เป็นแก้ว และการที่ได้นำเอาผลิตภัณฑ์กระดาษมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่างๆ กันมากขึ้น จนเป็นสาเหตุให้ขยะจากสถานพยาบาลโดยทั่วไป มีสัดส่วนขององค์ประกอบประเภทกระดาษที่เพิ่มสูงขึ้น เป็นต้น นอกจากการเปลี่ยนแปลงตามที่กล่าวแล้ว เชื้อโรคต่างๆ ที่พบเป็นส่วนประกอบอยู่ในขยะก็มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมด้วยเช่นกัน โดยจากการที่ในปัจจุบันได้มีการตรวจพบเชื้อโรคชนิดใหม่ๆ ที่เป็นอันตรายและสามารถก่อให้เกิดอาการของโรคได้รุนแรงมากกว่าเชื้อโรคที่เคยพบอยู่ทั่วไป ดังเช่น เชื้อไวรัสเอดส์ และเชื้อไวรัสตับอักเสบบีที่กำลังมีการให้ความสนใจกันอยู่ในขณะนี้ เป็นต้น และสำหรับเชื้อโรคที่เคยพบอยู่ทั่วไปนั้น ก็ได้มีการตรวจพบอยู่บ่อยครั้งว่า เชื้อโรคบางชนิดได้มีการพัฒนาตัวเองให้สามารถคงทนต่อยาที่ใช้รักษามากขึ้น หรืออาจส่งผลให้มีอาการของโรคที่รุนแรง หรือเกิดอาการติดต่อได้รวดเร็วขึ้นกว่าเดิม นอกจากนั้นยังมีกรณีตัวอย่างที่ได้ศึกษาพบว่า เชื้อโรคบางชนิดที่เป็นสาเหตุของโรคติดต่อในสัตว์ อาจมีการพัฒนาทางสายพันธุ์จนสามารถติดต่อ และส่งผลให้มีอาการของโรคเกิดขึ้นกับมนุษย์ได้ เช่นเดียวกับสัตว์ที่ป่วยด้วยโรคดังกล่าว [1,7,8]

การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้ ได้ส่งผลให้ขยะจากสถานพยาบาลมีสมบัติโดยรวมที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาต่างๆ ขึ้นในการกำจัดขยะด้วยเตาเผาที่มีอยู่ เพราะส่วนใหญ่เป็นเตาเผาแบบเก่าที่ได้มีการสร้างไว้นานแล้ว และไม่ได้ถูกออกแบบให้มีความเหมาะสมกับขยะที่มีองค์ประกอบ และสัดส่วนเช่นเดียวกับในปัจจุบัน จึงเป็นผลให้เตาเผานี้มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่ต่ำ และมีสารมลพิษชนิดต่างๆ เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานมาก ซึ่งสามารถที่จะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และชุมชนในบริเวณใกล้เคียงได้อย่างรุนแรง

ในขณะเดียวกันได้มีการศึกษาพบว่าในขั้นตอนต่างๆ ของการจัดการเกี่ยวกับขยะจากสถานพยาบาล ยังมีข้อบกพร่องอยู่หลายประการด้วยกัน โดยส่วนใหญ่มักพบว่าเกิดขึ้นจากความหละหลวมของกฎข้อบังคับต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมดูแลให้การดำเนินการจัดการในแต่ละขั้นตอนเป็นไปได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม ซึ่งได้ส่งผลให้การจัดการต่างๆ เกี่ยวกับขยะในช่วงระยะเวลานั้น ต้องประสบกับความล้มเหลว และเป็นผลให้ขยะกลุ่มนี้มีการแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อมต่างๆ จนมีระดับปริมาณที่สูงจนน่าวิตก ด้วยเหตุนี้ในหลายๆ ประเทศจึงเริ่มมีการตื่นตัว และให้ความสำคัญกับปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากขยะกลุ่มนี้กันมากขึ้น โดยได้มีการริเริ่มที่จะดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนี้มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1989 เป็นต้นมา ทั้งในส่วนของการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเทคโนโลยี และการศึกษาต่างๆ เกี่ยวกับการวางแผนการจัดการ และการปรับปรุงกฎระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้องให้มีความทันสมัย และเหมาะสมกับสภาพการณ์ในปัจจุบันมากที่สุด ซึ่งจากการศึกษาแนวทางของการจัดการได้พบว่า สิ่งสำคัญอันดับแรกที่ต้องเร่งดำเนินการก็คือ การสร้างความเข้าใจที่ตรงกันเกี่ยวกับความหมาย และขอบเขตของขยะกลุ่มนี้ โดยได้มีการพยายามที่จะบัญญัติคำนิยาม หรือความหมายของ "ขยะติดเชื้อ" ขึ้น สำหรับใช้ภายในหน่วยงาน หรือภายในประเทศ เพื่อป้องกันการสับสนที่อาจเกิดขึ้นได้ในการปฏิบัติงาน หรือการจัดการใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับขยะประเภทนี้ [7,8]

ขยะจากสถานพยาบาลในปัจจุบันนี้ มีความหลากหลาย และมีความจำเพาะทางองค์ประกอบของขยะเพิ่มมากขึ้นกว่าแต่ก่อน จึงเป็นผลให้คำนิยามของขยะอันตรายที่ใช้อยู่เดิมนั้น ไม่สามารถใช้บ่งชี้ชนิด และสมบัติพื้นฐานโดยรวมของขยะกลุ่มนี้ได้อย่างชัดเจน และครอบคลุมได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงได้มีการริเริ่มบัญญัติคำนิยาม หรือคำจำกัดความของ "ขยะติดเชื้อ" ขึ้นใช้ แต่อย่างไรก็ตาม คำนิยาม หรือคำจำกัดความนี้ ก็ได้มีการปรับปรุงอยู่บ่อยครั้ง เพื่อให้ได้คำนิยามที่สามารถใช้บ่งชี้ชนิด และขอบเขตของขยะติดเชื้อได้อย่างชัดเจน ด้วยข้อความที่มีความกระชับ รัดกุม และสามารถสื่อความหมายให้เกิดความเข้าใจได้ตรงกันในทุกๆ หน่วยงานภายในประเทศ [8] เพื่อป้องกันความสับสนในการปฏิบัติงาน และยังเป็นส่วนส่งเสริมให้การประสานงานระหว่างหน่วยงานได้มีความสะดวก และคล่องตัวมากยิ่งขึ้น ดังเช่น งานในส่วนของการจัดทำฐานข้อมูลเกี่ยวกับขยะติดเชื้อภายในประเทศ เป็นต้น สำหรับคำนิยามของขยะติดเชื้อ ที่ได้บัญญัติขึ้นโดยหน่วยงานที่มีความสำคัญต่างๆ ทั้งใน และต่างประเทศนั้น สามารถพิจารณาได้จากรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2 คำจำกัดความ และความหมายของขยะมูลฝอยติดเชื้อ [1-10]

คำจำกัดความของขยะมูลฝอยติดเชื้อนี้ได้มีการบัญญัติขึ้นใช้โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ ของแต่ละประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีเนื้อหาโดยรวมที่ใกล้เคียงกัน แต่อาจมีรายละเอียดบางส่วนที่แตกต่างกันออกไปบ้าง โดยมีตัวอย่างคำจำกัดความของหน่วยงานทางด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญๆ แสดงไว้พอสังเขป ดังนี้

2.2.1 คำจำกัดความมูลฝอยติดเชื้อของ กรมอนามัย

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข โดยกองอนามัยสิ่งแวดล้อม ได้ให้ความหมายของมูลฝอยติดเชื้อไว้ว่า เป็นมูลฝอยจากอาคารต่างๆ ภายในสถานพยาบาล ซึ่งจะมีส่วนประกอบหลักอยู่ด้วยกัน 2 ส่วน ดังนี้ คือ

ส่วนที่ 1 มูลฝอยที่มีลักษณะการเกิดขึ้นเฉพาะในสถานพยาบาลเท่านั้น หมายถึง มูลฝอยที่เกิดจากวัสดุทางการแพทย์ ที่ให้การรักษาพยาบาลผู้ป่วยที่ไม่ใช่โรคติดต่อ เช่น จากห้องปฐม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พยาบาล หรือห้องผู้ป่วยที่เกิดจากอุบัติเหตุ ได้แก่ ผ้าพันแผล สำลี ฉลากยา ขวดแก้วต่างๆ ขวดยา เข็มฉีดยา สายน้ำเกลือ และขวดน้ำเกลือ เป็นต้น

ส่วนที่ 2 เป็นมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากการรักษาพยาบาลผู้ป่วยที่เป็นโรคติดต่อ ซึ่งรวมถึงชิ้นส่วนของร่างกาย และอวัยวะภายในที่เกิดจากการผ่าตัดด้วย ตลอดจนมูลฝอยจากห้องชันสูตร และห้องเพาะเชื้อต่างๆ

2.2.2 คำจำกัดความมูลฝอยติดเชื้อของ หน่วยงานกรุงเทพมหานคร

สำนักรักษาความสะอาดกรุงเทพมหานคร ได้ให้คำจำกัดความมูลฝอยติดเชื้อไว้ว่า หมายถึงสิ่งที่ไม่ต้องการ หรือถูกทิ้งจากสถานพยาบาล ซึ่งอาจเป็นมูลฝอยที่มีการปนเปื้อนของเชื้อโรค เช่น เนื้อเยื่อของชิ้นส่วนอวัยวะต่างๆ ของเหลว หรือสิ่งที่ขับถ่ายออกจากร่างกาย (น้ำเหลือง น้ำหนอง เสมหะ น้ำลาย เหงื่อ อุจจาระ ปัสสาวะ ไขข้อ น้ำกระดูก น้ำอสุจิ เลือด และผลิตภัณฑ์ของเลือด เช่น เซรุ่ม และน้ำเลือด) และรวมทั้งเครื่องใช้ที่มีการสัมผัสกับผู้ป่วย เช่น สำลี ผ้าก๊อส กระดาษชำระ เข็มฉีดยา มีดผ่าตัด เสื้อผ้า ตลอดจนซากสัตว์ หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ซึ่งมาจากห้องตรวจผู้ป่วย เช่น ห้องฉุกเฉิน ห้องปัจจุบันพยาบาล ห้องชันสูตรโรค ห้องผ่าตัด ห้องทันตกรรม ห้องสูติกรรม ห้องจักษุกรรม ห้องโสตศอนาสิกรรม ห้องออร์โธปิดิกส์ หน่วยโลหิตวิทยา หออภิบาลผู้ป่วย หรือสถานที่อื่นๆ ที่สถานพยาบาลจะพิจารณาตามความเหมาะสม

2.2.3 คำจำกัดความมูลฝอยติดเชื้อของ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

ในปี พ.ศ. 2534 คณะอนุกรรมการอนุสัญญาบาเซลฯ ภายใต้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมเรื่องสารพิษ ได้ให้คำจำกัดความของมูลฝอยติดเชื้อว่า หมายถึง สารหรือวัตถุใดที่ไม่ใช้ หรือใช้ไม่ได้ หรือมีส่วนประกอบ หรือถูกเจือปนด้วยสิ่งที่ทำให้เกิดโรค อันอาจก่อให้เกิดอันตรายขึ้นต่อสุขภาพอนามัย และชีวิตมนุษย์ โดยได้แก่ เนื้อเยื่อของชิ้นส่วนอวัยวะต่างๆ และสิ่งขับถ่าย หรือของเหลวจากร่างกายผู้ป่วย (เลือด และผลิตภัณฑ์เลือด) รวมทั้งสิ่งของ หรือเครื่องใช้ที่มีการสัมผัสกับผู้ป่วย ตลอดจนซากสัตว์ หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับสัตว์ทดลอง ซึ่งถูกทอดทิ้งจากสถานพยาบาล สถานประกอบการ หรือสถานที่อื่นๆ

2.2.4 คำจำกัดความขยะติดเชื้อของ ชมรมควบคุมโรคติดเชื้อในโรงพยาบาลแห่งประเทศไทย [2]

ขยะติดเชื้อ คือ ขยะที่มีเชื้อโรค และเป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อได้ ด้วยคำจำกัดความข้างต้นพอจะขยายความได้ว่าขยะต่อไปนี้ คือ ขยะติดเชื้อ

1. วัตถุที่ได้จากร่างกายมนุษย์ ได้แก่ เลือด ส่วนประกอบของเลือด เช่น น้ำเลือด เม็ดเลือดต่างๆ ปัสสาวะ อุจจาระ เสมหะ น้ำลาย สารน้ำอย่างอื่นของร่างกาย ชิ้นเนื้อ และอวัยวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วัสดุในทางการแพทย์ ที่มีการปนเปื้อน หรือสัมผัสกับเลือด และสารน้ำที่ออกจากร่างกายมนุษย์ในข้อ 1 ดังเช่น สำลี ผ้าต่างๆ เข็ม กระบอกฉีดยา มีด ท่อยางต่างๆ และเครื่องมืออื่นๆ ที่ใช้ในการตรวจรักษาผู้ป่วย

3. ขยะจากหน่วยไตเทียม ห้องตรวจศพ ห้องของผู้ป่วยติดเชื้อที่แยกไว้เฉพาะ

4. ขยะที่เกิดจากห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา อันได้แก่ เชื้อโรคต่างๆ อาหารเลี้ยงเชื้อ จานเลี้ยงเชื้อที่ใช้แล้ว เครื่องมือเครื่องใช้ในการถ่ายเชื้อ หรือกวนเชื้อ

5. วัคซีนที่ทำจากเชื้อโรคที่มีชีวิต และภาชนะที่บรรจุ อันได้แก่ วัคซีนป้องกันวัณโรค หัด หัดเยอรมัน โปลีโอ คางทูม วัคซีนไข้รากสาดน้อยชนิดรับประทาน

6. ซาก หรือชิ้นส่วน และสิ่งขับถ่ายของสัตว์ทดลองเกี่ยวกับโรคติดเชื้อ

2.2.5 คำจำกัดความมูลฝอยติดเชื้อของ องค์การอนามัยโลก

องค์การอนามัยโลก ได้จำแนกชนิดของมูลฝอยที่เกิดขึ้นในสถานพยาบาลออกเป็น 8 ประเภท โดยมีรายละเอียดดังนี้

ประเภทที่ 1 มูลฝอยทั่วไป ได้แก่ มูลฝอยที่มีแหล่งกำเนิดมาจากอาคารในส่วนสำนักงาน ที่พักอาศัย ที่นอนของสัตว์ที่ไม่ติดเชื้อ น้ำทิ้งจากการซักผ้า และสิ่งอื่นๆ ซึ่งไม่ต้องมีการจัดการเป็นพิเศษ หรือไม่เป็นอันตรายต่อสุขอนามัย และสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น ถุงพลาสติก กระดาษ แก้ว ไม้ เศษผ้า และเศษอาหาร เป็นต้น

ประเภทที่ 2 มูลฝอยจำพวกกากสารกัมมันตรังสี ได้แก่ ของเสียทั้งที่เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งมีการปนเปื้อนด้วยสารกัมมันตรังสี ที่มาจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของเนื้อเยื่อ หรือน้ำเหลือง และจากการตรวจวิเคราะห์ภายในร่างกายเกี่ยวกับการถ่ายภาพอวัยวะ หรือเนื้องอกในร่างกาย

ประเภทที่ 3 มูลฝอยจำพวกสารเคมี ได้แก่ มูลฝอยที่ประกอบไปด้วย สารเคมีทั้งในรูปของแข็ง ของเหลว และก๊าซที่ต้องทำการทิ้งไป ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการตรวจวินิจฉัย และการทดลองการทำความสะอาด และรวมถึงการทำลายเชื้อต่างๆ มูลฝอยจำพวกสารเคมีนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

3.1 มูลฝอยจำพวกสารเคมีที่เป็นอันตราย จะประกอบไปด้วยสารเคมี ที่มีสมบัติดังต่อไปนี้ คือ

- มีความเป็นพิษ
- มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน (กรด pH < 2.0 และด่าง pH > 12.0)
- สามารถติดไฟได้ในสภาวะปกติ
- มีความสามารถในการทำปฏิกิริยา เช่น การทำปฏิกิริยากับน้ำ อากาศ หรือกับส่วนประกอบภายในขยะเองก็ตาม โดยอาจเกิดปฏิกิริยาขึ้นจากการสัมผัสกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โดยตรง หรือจากการสั่นสะเทือน และการกระทบกระแทก หรือการถูกกระตุ้นด้วยแสง เป็นต้น

- เป็นพิษต่อพันธุกรรม เช่น สารก่อมะเร็ง สารที่ก่อให้เกิดการผิดปกติมาตั้งแต่กำเนิด หรือสารก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพันธุกรรม หรือสารก่อการกลายพันธุ์ ซึ่งอาจได้แก่ ยารักษามะเร็งต่างๆ

3.2 มูลฝอยจำพวกสารเคมีที่ไม่เป็นอันตราย จะประกอบไปด้วย สารเคมีชนิดอื่นๆ ที่นอกเหนือไปจากมูลฝอยที่เป็นอันตราย ได้แก่ กรดอะมิโน น้ำตาล เกลือของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เป็นต้น

ประเภทที่ 4 มูลฝอยจำพวกยา ได้แก่ มูลฝอยประเภทยา และผลิตภัณฑ์ประเภทยาต่างๆ ซึ่งเหลือใช้จากหอพยาบาลผู้ป่วย เช่น ยาที่หกเลอะ ยา และผลิตภัณฑ์ยาที่หมดอายุ หรือยาที่ต้องทิ้งไปเนื่องจากไม่ต้องการอีก หรือมีการปนเปื้อนของเชื้อโรค

ประเภทที่ 5 มูลฝอยพวกภาชนะบรรจุความดัน

ประเภทที่ 6 มูลฝอยจากแผนกพยาธิวิทยา ได้แก่ มูลฝอยที่เป็นพวกเนื้อเยื่อ อวัยวะต่างๆ ของร่างกาย ซากทารก ซากสัตว์ รวมทั้งเลือด และน้ำเหลือง

ประเภทที่ 7 มูลฝอยพวกของมีคม จะประกอบไปด้วยของเสีย ซึ่งอาจจะมีการติดเชื้อหรือไม่ติดเชื้อก็ได้ แต่สามารถที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ มูลฝอยประเภทนี้ ได้แก่ เข็ม กระบอกฉีดยาที่ทำขึ้นจากแก้ว มีดผ่าตัด เลื่อย ใบมีดโกน แก้วแตก ตะปู และสิ่งของอื่นๆ ที่สามารถบาด หรือทิ่มแทงเข้าสู่ผิวหนังได้

ประเภทที่ 8 มูลฝอยติดเชื้อ ได้แก่ มูลฝอยต่างๆ ที่มีการปนเปื้อนของเชื้อโรคเป็นปริมาณ หรือความเข้มข้นที่สามารถก่อให้เกิดการติดต่อของโรคขึ้นได้ เมื่อมีการสัมผัส หรืออยู่ใกล้ชิดกับมูลฝอยนั้น

2.2.6 คำกำจัดความมูลฝอยติดเชื้อของ หน่วยงานรักษาสิ่งแวดล้อมภายในประเทศสหรัฐอเมริกา [5]

ได้ให้ความหมายของคำที่ใช้ในการจัดการของเสียจากสถานพยาบาลไว้อย่างละเอียด โดยได้จำแนกของเสียออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้ คือ

1. Cultures and Stocks หมายถึง เชื้อโรคที่เพาะเลี้ยงขึ้นมา และเก็บรักษาไว้จากการทดสอบยา หรือการทดลองเกี่ยวกับเชื้อโรคในห้องปฏิบัติการ หรือเชื้อโรคที่เพาะเลี้ยง และเก็บรักษาไว้จากการศึกษาวิจัย และจากห้องปฏิบัติการในระดับอุตสาหกรรม รวมทั้งของเสียที่เป็นชิ้นส่วนต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช้แล้วจากการทดลอง วัคซีนที่เสื่อมสภาพแล้ว ภาชนะเลี้ยงเชื้อ และอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการถ่ายเทเชื้อ การเพาะเชื้อ และการผสมเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Pathological Wastes หมายถึง ของเสียติดเชื้อของมนุษย์ ได้แก่ เนื้อเยื่ออวัยวะ ชิ้นส่วนต่างๆ ของร่างกาย ของไหลในร่างกายที่มาจากการผ่าตัด การผ่าศพ หรือจากกรรมวิธีใดๆ ทางการแพทย์ และตัวอย่างต่างๆ ที่เป็นของไหล และภาชนะบรรจุ

3. Human Blood and Blood Products หมายถึง เลือด ผลิตภัณฑ์ของเลือด และสิ่งของต่างๆ ที่มีเลือดมนุษย์หยดใส่ หรือชุ่มด้วยเลือดมนุษย์แต่แห้งแล้ว รวมทั้งน้ำเหลือง พลาสมา และส่วนประกอบอื่นๆ ของเลือด และภาชนะบรรจุซึ่งใช้ หรือประสงค์ที่จะใช้ ไม่ว่ากรณีรักษาเยียวยาผู้ป่วย หรือการทดสอบ หรือการวิเคราะห์ หรือการพัฒนาทางเภสัชกรรม และถุงน้ำเกลือ

4. Sharps หมายถึง ของมีคมที่ใช้เกี่ยวข้องกับการรักษาเยียวยามนุษย์ และสัตว์ในสถานพยาบาล ในห้องปฏิบัติการ ในงานวิจัย หรือในการอุตสาหกรรม รวมทั้งเข็มฉีดยา หลอดฉีดยา (ทั้งมี และไม่มีเข็มฉีดยาติดอยู่) มีดผ่าตัด ใบมีดโกน หลอดบรรจุเลือด เข็ม และภาชนะเลี้ยงเชื้อตลอดจนภาชนะเครื่องแก้วที่แตก หรือไม่แตก ซึ่งอาจมีการสัมผัสกับเชื้อโรค เช่น แผ่นกระจก หรือ แผ่นครอบกระจก

5. Animal Wastes หมายถึง ซากสัตว์ที่ปนเปื้อนเชื้อโรค ชิ้นส่วนของร่างกายสัตว์ ชิ้นเนื้อสัตว์ติดเชื้อที่ติดมาในระหว่างการวิจัย (รวมทั้งงานวิจัยในโรงพยาบาลสัตว์ด้วย) และส่วนต่างๆ จากสิ่งมีชีวิต หรือการทดสอบทางเภสัชกรรม

6. Isolation Wastes หมายถึง ของเสียจากสิ่งมีชีวิต และสิ่งของที่ไม่ใช้แล้ว ซึ่งมีการเปรอะเปื้อนเลือด สิ่งขับถ่าย สิ่งที่ไหลซึมออกจากมนุษย์ที่ป่วย และถูกแยกเดี่ยวไว้เพื่อป้องกันผู้อื่นจากโรคระบาดร้ายแรงบางชนิด หรือจากสัตว์ที่ถูกแยกเดี่ยวไว้ในกรณีเดียวกัน

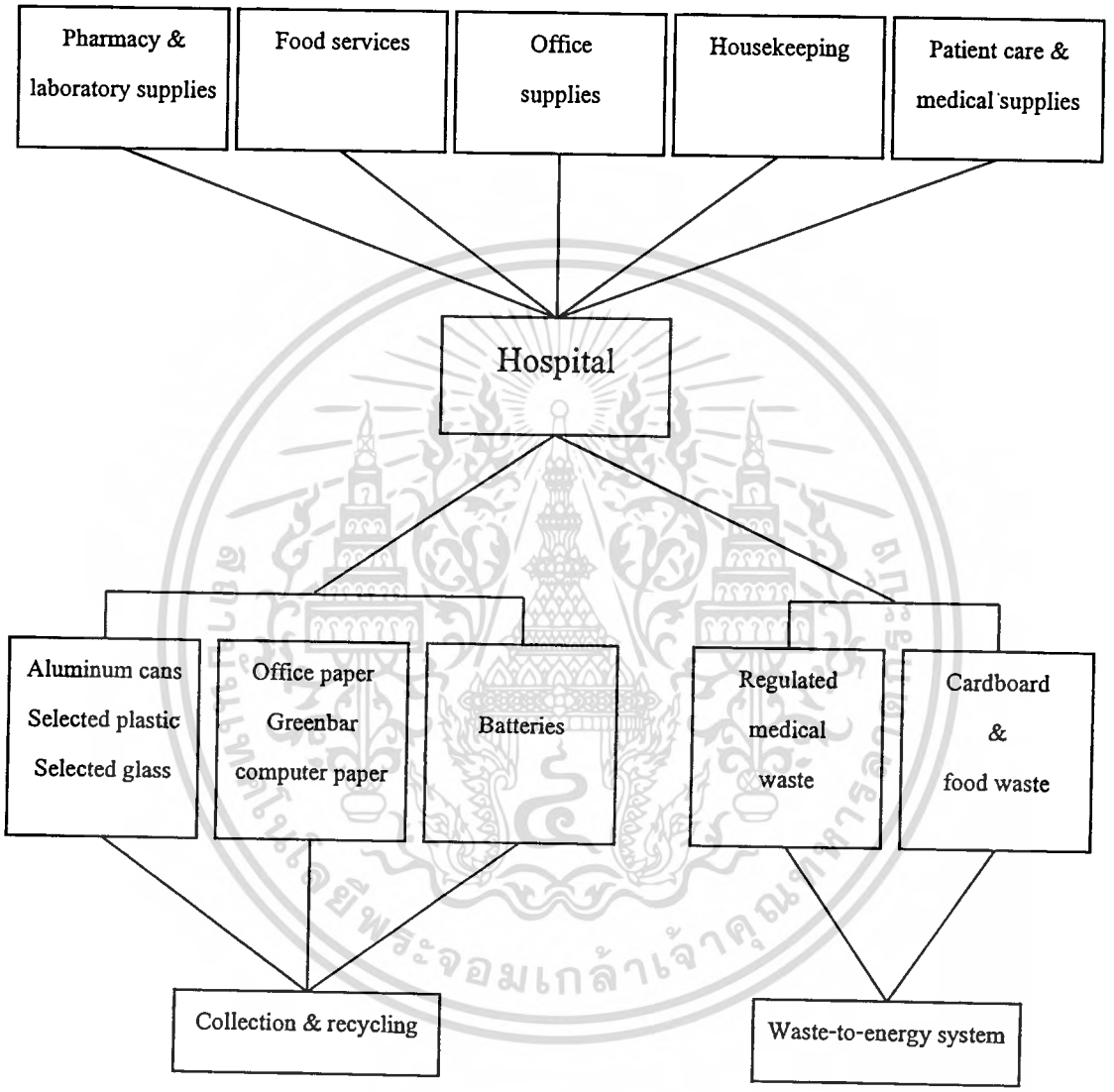
7. Unused Sharps หมายถึง ของมีคมที่ไม่ได้ใช้แล้ว เช่น ของมีคมที่ทิ้งแล้ว เข็มฉีดยา เข็มเย็บแผล เข็มเย็บผ้า หลอดฉีดยา และใบมีดผ่าตัด

ด้วยคำนิยาม และการบ่งชี้ชนิดองค์ประกอบของขยะจากสถานพยาบาล ตามที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ได้ทำให้ทราบถึงส่วนประกอบ ปริมาณ และขอบเขตโดยคร่าวๆ ของขยะกลุ่มนี้กันพอสมควร ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้ว จะพบว่า ขยะกลุ่มนี้เป็นขยะที่มีความเป็นอันตราย โดยอาจสืบเนื่องมาจากการติดเชื้อ หรือมีการปนเปื้อนของสารพิษต่างๆ ในขยะ และส่วนใหญ่มีลักษณะทางกายภาพเป็นของผสมหลากหลายชนิดรวมกัน และปกติมักมีความชื้นสูงมากกว่าขยะจากแหล่งชุมชนทั่วไป

จากลักษณะ และสมบัติที่มีความเป็นอันตรายของขยะจากสถานพยาบาล จึงได้มีการให้ความสำคัญอย่างมากเกี่ยวกับการจัดการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยจะต้องมีการศึกษาวางแนวทางของการจัดการในขั้นตอนต่างๆ อย่างรอบคอบ และระมัดระวังเป็นพิเศษ ซึ่งจากการสืบค้นข้อมูลพบว่า แนวทางที่สำคัญในการจัดการเกี่ยวกับขยะกลุ่มนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ประการคือ 1. ลดความเสี่ยงในการก่อให้เกิดอันตราย และการแพร่กระจายของขยะ และ 2. ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรให้ได้อย่างคุ้มค่า โดยผ่านขบวนการคัดแยกประเภทของขยะก่อนนำไปกำจัด ดังเช่นในรูปที่ 2.1 เพื่อนำขยะส่วนที่ยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีประโยชน์กลับมาใช้ใหม่ (เช่น ขยะจำพวกกระดาษ กระป๋อง โลหะ ขวดพลาสติก และวัสดุอื่นๆ) และยังเป็นการช่วยลดปริมาณของขยะที่ต้องทำการกำจัดอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามในการนำขยะกลับมาใช้ใหม่นั้น ต้องแน่ใจได้ว่าไม่มีการปนเปื้อนของสารพิษ หรือเชื้อโรคใดๆ มากับขยะอย่างแน่นอน [1-8]



ที่มา : Bayfront Medical Center, St Peterburg, Florida. [8]

รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงขั้นตอนของการคัดแยกประเภทขยะจากสถานพยาบาล

2.3 เทคโนโลยีทั่วไปในการบำบัด และ/หรือ การกำจัดขยะจากสถานพยาบาล [1-22]

ปัจจุบันเทคโนโลยีในการบำบัด และ/หรือ การกำจัดขยะจากสถานพยาบาลนั้น ได้ถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงมากขึ้นเรื่อยๆ และยังมีการสร้างเทคโนโลยีใหม่ๆ ซึ่งนอกเหนือไปจากวิธีการเผา และวิธีการฝังกลบที่รู้จักกันดี แต่อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีต่างๆ เหล่านั้น ยังมิใช่ขั้นตอนสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการกำจัดขยะจากสถานพยาบาล และมักมีข้อจำกัดทางเทคโนโลยีที่แตกต่างกันไปอีกด้วย เช่น

1. ไม่สามารถใช้ได้กับขยะทุกประเภทที่มาจากสถานพยาบาล
2. ไม่สามารถลดมวลของขยะลงได้
3. ไม่สามารถเปลี่ยนรูปขยะให้มีลักษณะผิดแผกไปจากเดิมได้ นอกจากจะใช้วิธีการบด หรือตัดเพื่อการย่อยขยะให้มีขนาดที่เล็กลง
4. ไม่สามารถฆ่าเชื้อในขยะจากสถานพยาบาลได้อย่างหมดสิ้น
5. ไม่สามารถทำลายสารเคมีที่มีความเป็นพิษ หรือเป็นอันตรายได้ทั้งหมด

ข้อจำกัดเหล่านี้เป็นรายละเอียดส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในการพิจารณา และตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีในการบำบัด และ/หรือ การกำจัดขยะจากสถานพยาบาล ให้สามารถบรรลุผลได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ สำหรับรายละเอียดในส่วนของเทคโนโลยีการบำบัด และ/หรือ การกำจัดขยะจากสถานพยาบาลแบบต่างๆ เท่าที่ได้มีการศึกษา ค้นคว้า และพัฒนากันมานั้น จากการสืบค้นข้อมูลพบว่า สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆ ตามหลักการ และเทคนิคของการบำบัด และ/หรือ การกำจัดได้ดังนี้ [3,4]

1. กระบวนการทางกลศาสตร์
2. กระบวนการทางความร้อน
3. กระบวนการทางเคมี
4. กระบวนการทางรังสีเทคนิค
5. กระบวนการทางชีวภาพ

2.3.1 กระบวนการทางกลศาสตร์ [3-10]

เป็นกระบวนการที่ใช้ในการเปลี่ยนรูป หรือลักษณะของขยะทางกายภาพ ซึ่งมักมีความหลากหลายให้อยู่ในรูปแบบเดียวกันทั้งหมด เพื่อความสะดวกในการลงมือปฏิบัติกับขยะ และช่วยเสริมประสิทธิภาพให้กับการบำบัด และ/หรือ กำจัดขยะในขั้นตอนต่อไป ให้มีประสิทธิภาพสูงมากยิ่งขึ้น กระบวนการทางกลศาสตร์ที่มักใช้กันอยู่ทั่วไปในการจัดการกับขยะต่างๆ มีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือ วิธีการอัด และวิธีการย่อยขยะ วิธีการอัดขยะนั้น เป็นวิธีการที่ใช้แรงในการอัดขยะที่มีความหนาแน่นต่ำ ลงไปในภาชนะบรรจุ เพื่อเป็นการลดปริมาตร และเพิ่มความหนาแน่นให้กับขยะ สำหรับวิธีการย่อยขยะ ก็คือวิธีการที่ทำให้ขยะเกิดการแตกย่อยทางกายภาพ จนมีขนาดที่เล็กลงกว่าเดิม โดยอาจใช้วิธีการบด หรือตัดขยะให้มีลักษณะเป็นชิ้น เป็นเส้น หรือเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กลง

กระบวนการนี้มิได้ถูกพิจารณาว่าเป็นขบวนการบำบัด หรือกำจัดขยะติดเชื้อจากสถานพยาบาลแต่อย่างใด เนื่องจากวิธีการดังกล่าวไม่สามารถฆ่าเชื้อต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะได้ เพราะเชื้อโรคส่วนใหญ่มักมีขนาดเล็กมากเกินกว่าที่จะสามารถทำการฆ่าเชื้อได้ด้วยกระบวนการนี้ ดังเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อจุลชีพต่างๆ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการนี้อาจเรียกได้ว่า เป็นขบวนการบำบัดขยะขั้นต้นวิธีการหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นขบวนการเสริมให้ขบวนการบำบัด และ/หรือ ขบวนการกำจัดอื่นๆ มีประสิทธิภาพสูงมากยิ่งขึ้น

2.3.2 กระบวนการทางความร้อน [1-22]

เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนสำหรับการกำจัดเชื้อ และสารปนเปื้อนต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะจากสถานพยาบาล โดยจะสามารถทำลายเชื้อในขยะได้อย่างรวดเร็ว ตั้งแต่ระดับอุณหภูมิในช่วงประมาณ 49˚C - 90˚C และเมื่อให้ความร้อนจนมีระดับอุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้นถึง 100˚C จะสามารถฆ่าสิ่งที่มีชีวิตทุกชนิดได้ กระบวนการทางความร้อนนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบด้วยกัน คือ ระบบใช้ความร้อนอุณหภูมิต่ำ และระบบใช้ความร้อนอุณหภูมิสูง สำหรับการบำบัด หรือการกำจัดขยะ ในส่วนของระบบที่ใช้ความร้อนอุณหภูมิต่ำนั้น โดยทั่วไปมักจะใช้ไอน้ำ น้ำร้อน รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า หรือการแผ่รังสีความร้อนจากท่อโลหะร้อน สำหรับเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนในการบำบัดขยะ ซึ่งจะสามารถทำให้ขยะมีอุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้นได้ไม่เกิน 149˚C ณ. ที่ระดับอุณหภูมินี้จะสามารถใช้ฆ่าเชื้อต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะได้ แต่ยังไม่เพียงพอที่จะสามารถทำให้ขยะเกิดการเผาไหม้หรือถูกทำลายได้

2.3.2.1 ระบบใช้ความร้อนอุณหภูมิต่ำ

ได้แก่ วิธีการอบไอน้ำ และวิธีการอบความร้อน เป็นต้น

1. วิธีการอบไอน้ำ เป็นขบวนการบำบัดขยะติดเชื้อวิธีการหนึ่ง ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการฆ่าเชื้อโรคต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะ และของเสียจากห้องทดลองทางชีวภาพต่างๆ ก่อนการนำไปกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ หรือวิธีการอื่นๆ ต่อไป ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ลงมือปฏิบัติงาน และสามารถลดความเสี่ยงของการแพร่กระจายเชื้อต่างๆ ในระหว่างการจัดเก็บและขนส่งขยะไปทำการกำจัด การอบด้วยไอน้ำนี้จะต้องบรรจุขยะ หรือของเสียที่ต้องการฆ่าเชื้อลงในถุงพลาสติก แล้วเรียงลงไปในตะกร้าที่ทำด้วยเหล็ก หรือพลาสติกชนิดโพลีโพรไพลีน จากนั้นจึงนำไปเข้าเครื่องอบด้วยไอน้ำ หรือที่รู้จักกันว่า "เครื่องออโตเครฟ" สำหรับระยะเวลาในการอบขยะด้วยไอน้ำนั้น จะขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบ ปริมาณ ความหนาแน่น ลักษณะของการบรรจุขยะลงในถุงภาชนะ และรวมถึงชนิดของถุงพลาสติก และตะกร้าที่ใช้บรรจุด้วย โดยปัจจัยเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการไหลผ่านขยะได้ของไอน้ำ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่ขยะ จนมีระดับอุณหภูมิสูงขึ้นถึงตามที่ได้กำหนดไว้

สภาวะของการอบด้วยไอน้ำ ที่จะสามารถใช้ฆ่าเชื้อต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะจากสถานพยาบาลให้ได้ถึง 99.999 % นั้น จำเป็นจะต้องมีการควบคุมให้ขยะสามารถมีการสัมผัสกับไอน้ำได้อย่างทั่วถึง โดยไอน้ำนั้นจะต้องมีสภาพอิ่มตัวที่ระดับอุณหภูมิ 121˚C และต้องคงสภาวะเช่นนี้ไว้อย่างน้อย 12 นาที แต่อย่างไรก็ตามได้มีผู้ทำการศึกษาถึงสภาวะดังกล่าว และได้แสดงผลการศึกษาว่า การอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยะด้วยไอน้ำตามอุณหภูมิที่กำหนดนี้ ถึงแม้จะใช้เวลาอบนานถึง 15 - 20 นาที ก็ยังไม่อาจสามารถฆ่าเชื้อต่างๆ ในขยะให้หมดไปได้ ดังนั้นจึงมีผู้ทำการศึกษาอยู่หลายท่าน ที่ได้เสนอให้มีการยืดระยะเวลาของการอบขยะด้วยไอน้ำนี้เพิ่มขึ้นเป็น 45 นาที และขยะจะต้องถูกบรรจุลงในถุงพลาสติก และตะกร้าเหล็กที่ได้ออกแบบไว้ใช้กับเครื่องออโตเคลฟโดยเฉพาะ ทั้งนี้เพื่อให้ไอน้ำสามารถเกิดการไหลผ่านขยะได้อย่างสะดวก ทั่วถึง และมีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างไอน้ำ กับชิ้นขยะอย่างเพียงพอ [3-8]

2. วิธีการอบความร้อน เป็นวิธีการที่อาศัยความร้อนในการอบฆ่าเชื้อขยะ โดยจะมีการควบคุมระดับอุณหภูมิให้สูงเพียงพอ ที่จะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะทั้งหมดได้ แต่ที่ระดับอุณหภูมินี้จะต้องไม่สูงมากจนสามารถทำให้ขยะเกิดการเผาไหม้ได้ วิธีการนี้ปกติมักใช้กับขยะที่เป็นของเหลว และมีปริมาณมากๆ เท่านั้น โดยการนำขยะใส่เข้าไปในห้องอบความร้อน ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิให้สูงขึ้นถึงระดับที่ได้กำหนดไว้ แล้วอบด้วยระยะเวลาที่นานเพียงพอ จะสามารถทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญของเชื้อต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะได้อย่างมีประสิทธิผล

2.3.2.2 ระบบใช้ความร้อนอุณหภูมิสูง หรือขบวนการเผาไหม้ขยะนั่นเอง ขบวนการนี้ปกติมักจะมีระดับอุณหภูมิของการปฏิบัติงานอยู่ในช่วงประมาณ 600 °C ถึงมากกว่า 5500 °C ซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิที่สูงมากเกินพอ สำหรับการทำให้องค์ประกอบของสารอินทรีย์ในขยะ สามารถเกิดการเผาไหม้ขึ้นได้ และทำให้มั่นใจได้ว่าไม่มีสิ่งมีชีวิตชนิดใด ที่จะสามารถหลงเหลือจากขบวนการกำจัดนี้ได้อย่างแน่นอน ดังนั้นขบวนการกำจัดขยะระบบใช้ความร้อนอุณหภูมิสูงนี้ จึงเป็นวิธีการที่สามารถใช้กำจัดเชื้อโรค และสารปนเปื้อนต่างๆ รวมถึงตัวขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยสามารถเปลี่ยนรูปขยะ ให้มีลักษณะที่ผิดแผกไปจากลักษณะดั้งเดิมของมัน คือเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเถ้า ที่มีมวล และปริมาตรน้อยกว่า 10 % ของปริมาณขยะ สำหรับรายเอียดที่นอกเหนือจากนี้จะได้กล่าวถึงในลำดับต่อไป โดยจะเป็นรายละเอียดทั้งในส่วนของหลักการ และการออกแบบในลักษณะต่างๆ กัน [1-22]

2.3.3 กระบวนการทางเคมี [1-9]

เป็นการบำบัดขยะจากสถานพยาบาลขั้นต้น ที่สามารถกระทำได้ง่ายที่สุด โดยการนำสารเคมีที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ มาใช้ผ่านขยะด้วยวิธีการที่เหมาะสมแล้ว จะสามารถทำให้เกิดประสิทธิผลในการฆ่าเชื้อต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะได้ วิธีการนี้จะทำให้สามารถลดความเสี่ยงจากการแพร่กระจายของเชื้อต่างๆ ในระหว่างการจัดเก็บ และขนส่ง ก่อนการนำไปกำจัดในขั้นตอนสุดท้ายด้วยวิธีการเผา หรือวิธีการฝังกลบต่อไปได้ และยังสามารถนำไปใช้ร่วมกับวิธีการย่อยขยะ เพื่อเสริมประสิทธิภาพให้การบำบัดขยะขั้นต้นนี้ดีมากยิ่งขึ้น ในปัจจุบันนอกจากจะได้มีการพัฒนา และคิดค้น สารเคมีชนิดใหม่ๆ ที่มีรูปแบบแตกต่างกันออกไป เพื่อประโยชน์ในการฆ่าเชื้อที่ดียิ่งขึ้นแล้ว ยังได้มีการประยุกต์นำเอาสารเคมีโพลีเมอร์มาใช้ประโยชน์ทางด้านการห่อหุ้มขยะ เพื่อเป็นการป้องกันมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้องค์ประกอบที่เป็นอันตรายในขยะ สามารถเกิดการแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้ สำหรับรูปแบบการใช้สารเคมีเพื่อประโยชน์ทางด้านการฆ่าเชื้อนั้น ได้มีการออกแบบในลักษณะต่างๆ กันดังนี้

2.3.3.1 การใช้สารเคมีในรูปสถานะก๊าซ เป็นวิธีการฆ่าเชื้อในขยะ โดยการควบคุมให้ขยะอยู่ในสภาวะที่ปกคลุมไปด้วยไอของก๊าซพิษ เช่น ก๊าซเอทิลลีนออกไซด์ ก๊าซฟอร์มัลดีไฮด์ และก๊าซโอโซน เป็นต้น ซึ่งได้มีการออกแบบไว้เป็น 2 ลักษณะ คือ แบบที่มีการดูดอากาศออกทางด้านล่างห้องบรรจุขยะ พร้อมกับการปล่อยก๊าซพิษเข้าแทนที่อากาศจากทางด้านบนของห้องบรรจุขยะ และแบบที่มีลักษณะการไหลของอากาศในทิศทางตรงกันข้ามกับแบบแรก ก๊าซพิษที่ถูกปล่อยเข้าสู่ห้องบรรจุขยะจะแทรกซึมลงไปในช่องว่างระหว่างชิ้นขยะ และทำการฆ่าเชื้อต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะได้เหมือนกับการอบด้วยไอน้ำ แต่สิ่งสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาด้วยนั่นก็คือ อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการรั่วไหลของก๊าซพิษเหล่านี้ และความสามารถของก๊าซพิษในการแทรกซึมลงไปในเนื้อขยะ ที่ต้องการจะบำบัดได้ ซึ่งมักเป็นข้อจำกัดให้วิธีการนี้ ไม่สามารถทำการฆ่าเชื้อในของเสียประเภทก้อนเนื้อ หรือชิ้นส่วนอวัยวะต่างๆ ได้

2.3.3.2 การใช้สารเคมีในรูปสถานะของเหลว เป็นวิธีการฆ่าเชื้อ ที่มีความเหมาะสมกับของเสียประเภทที่เป็นของเหลวมากที่สุด แต่ยังคงสามารถใช้กับขยะติดเชื้อที่เป็นของแข็งได้ โดยการใช้สารเคมีฆ่าเชื้อที่อยู่ในรูปของเหลวนำมาชะล้าง หรือเทให้มีการไหลผ่านขยะ หรืออาจนำขยะใส่ลงในภาชนะแล้วทำการผสมคลุกเคล้ากับสารเคมีโดยตรง เพื่อให้สามารถฆ่าเชื้อต่างๆ ในขยะได้ทั่วถึงมากขึ้น สารเคมีฆ่าเชื้อเหล่านี้ส่วนใหญ่มักจะมีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้ด้วย จึงทำให้สามารถทำลายเชื้อโรค และองค์ประกอบบางส่วนของขยะได้ และถ้าหากมีการสัมผัสกับส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกาย ก็สามารถที่จะก่อให้เกิดอันตรายได้เช่นกัน ดังนั้นตามปกติจึงมักจะกระทำโดยการวางขยะลงกับพื้น เพื่อให้แน่ใจว่าสารเคมีนี้สามารถไหลผ่านขยะลงไปได้ และยังเป็นการหลีกเลี่ยงการกำจัดของเหลวที่เหลือจากการชะล้างนี้ได้ด้วย [1,2] สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่ต้องพึงระวังคือ สารเคมีที่ใช้ฆ่าเชื้อนี้มีอยู่หลายชนิดด้วยกันที่มีรายงานพบว่า มีความสามารถในการละลายวัสดุที่เป็นแก้วได้ เช่น สารโซเดียมเปอคอเรต เป็นต้น ดังนั้นจึงควรระมัดระวังในการใช้สารเคมีชนิดนี้กับภาชนะรองรับที่ทำด้วยแก้ว

2.3.4 กระบวนการทางรังสีเทคนิค [3-8]

เป็นวิธีการที่นำเอาสมบัติในการฆ่าเชื้อได้ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงมาประยุกต์ใช้เพื่อการบำบัดขยะจากสถานพยาบาล โดยในปัจจุบันเท่าที่ได้มีการผลิตขึ้นเพื่อจำหน่ายนั้น จะมีการใช้แหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงจาก ธาตุกัมมันตรังสี (เช่น รังสี UV จากธาตุโคบอลท์ 60) และเครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอน หรือเครื่องยิงอิเล็กตรอน เป็นต้น กระบวนการนี้มีข้อได้เปรียบวิธีการอื่นๆ อยู่หลายประการ แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีข้อเสียอยู่ด้วยเช่นกัน ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของการบำบัดขยะด้วยกระบวนการทางรังสีเทคนิค

1. ในกรณีที่กระบวนการนี้ ใช้ธาตุกัมมันตรังสีเป็นแหล่งกำเนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง โดยอาศัยสมบัติของการแผ่รังสีในสถานะที่เป็นไอออนนั้น การบำบัดขยะจะสามารถกระทำได้ โดยไม่มีความจำเป็นที่จะต้องพึ่งพาพลังงาน จากแหล่งกำเนิดพลังงานใดๆ ทั้งสิ้น

2. ไม่มีความจำเป็นต้องใช้อากาศ หรือน้ำในขบวนการ

3. ไม่มีสิ่งตกค้างหลงเหลืออยู่ในเถ้าของขยะ เหมือนกับขบวนการให้ความร้อนแบบที่ใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

4. มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าเชื้อชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะ

ข้อเสียของการบำบัดขยะด้วยกระบวนการทางรังสีเทคนิค

1. ต้องการพื้นที่สำหรับการติดตั้งมาก

2. มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง

3. ผู้ควบคุมเครื่องจำเป็นจะต้องผ่านการฝึกสอนวิธีการควบคุมเครื่อง ก่อนการใช้งานจริง

4. มักประสบปัญหาเกี่ยวกับการกำจัดกากกัมมันตรังสี ในกรณีที่ใช้ธาตุกัมมันตรังสีเป็นแหล่งกำเนิดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง

2.3.5 กระบวนการทางชีวภาพ [3,4]

เป็นวิธีการที่เพิ่งเริ่มมีการนำมาใช้ สำหรับการบำบัดขยะจากสถานพยาบาล โดยผู้ผลิตรายหนึ่งในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีการพัฒนาระบบการใช้เอนไซม์ทางชีวภาพ เพื่อการบำบัดขยะจากสถานพยาบาล โดยได้อธิบายว่าปฏิกิริยาทางชีวภาพนี้ มิใช่จะมีความสามารถแค่เพียงการขจัดสารปนเปื้อนต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะได้เท่านั้น แต่ยังสามารถทำลายองค์ประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ ในขยะได้อีกด้วย จึงทำให้ส่วนที่หลงเหลือออกจากขบวนการ จะมีเพียงองค์ประกอบที่เป็นพลาสติก แก้ว และวัตถุอื่นๆ ที่มีสภาพต้านทานต่อเอนไซม์ที่ใช้

2.4 การบำบัด และการกำจัดขยะจากสถานพยาบาลภายในประเทศไทย [1,2]

ประเทศไทยเพิ่งเริ่มมีการตื่นตัวเกี่ยวกับขยะจากสถานพยาบาลนี้เพียงไม่นาน ดังนั้นวิธีการจัดการต่างๆ รวมถึงการบำบัด และ/หรือ การกำจัดขยะจากสถานพยาบาล จึงยังไม่แพร่หลาย และก้าวหน้าเท่าที่ควรนัก โดยสามารถแบ่งขบวนการบำบัด และ/หรือ กำจัดขยะจากสถานพยาบาลภายในประเทศไทยออกได้เป็น 3 ลักษณะดังนี้คือ

2.4.1 การกำจัดโดยหน่วยงานท้องถิ่นของรัฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังเช่น หน่วยงานของกรุงเทพมหานคร และหน่วยงานท้องถิ่นตามจังหวัดต่างๆ (เช่น หน่วยงานเทศบาล และสุขาภิบาล เป็นต้น) การกำจัดขยะจากสถานพยาบาลโดยหน่วยงานท้องถิ่นตามจังหวัดต่างๆ นั้น ส่วนใหญ่มักจะมีการจัดเก็บ และขนส่งนำไปกองรวมกับขยะอื่นๆ ทั่วไป ในบริเวณที่หน่วยงานท้องถิ่นนั้นๆ ได้จัดเตรียมไว้ เพื่อรอการนำไปกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ หรือวิธีการเผาในขั้นตอนต่อไป ซึ่งในขณะที่รอการกำจัดอยู่นี้ ถ้าหน่วยงานนั้นไม่มีการจัดการที่ถูกต้องและเหมาะสม จะสามารถทำให้เกิดความเสี่ยงในการแพร่กระจายของเชื้อ และ/หรือ สารพิษต่างๆ ในขยะจากสถานพยาบาลนี้ได้ โดยอาจจะแพร่กระจายโดยตรงไปสู่ผู้ที่ลงมือปฏิบัติเกี่ยวข้องกับขยะประเภทนี้ และผู้ที่อาศัยอยู่ในชุมชนละแวกใกล้เคียงได้ หรืออาจจะถูกชะล้างให้สามารถซึมลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินได้ สำหรับในส่วนของขั้นตอนการกำจัดนั้น เป็นที่ทราบกันดีว่าการกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ มักจะประสบปัญหาเกี่ยวกับความจำกัดของปริมาณพื้นที่ ที่จำเป็นต้องใช้ และยังเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นเหม็นฟุ้งกระจายไปสู่ชุมชนละแวกใกล้เคียงได้ จนมีการร้องเรียนเกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้งตามที่เคยเป็นข่าว เนื่องจากการขาดความรับผิดชอบของผู้ประกอบการ ซึ่งมีการจัดการที่ไม่ถูกต้องในการดำเนินการฝังกลบ

การกำจัดขยะจากสถานพยาบาลด้วยวิธีการเผาโดยหน่วยงานท้องถิ่นต่างๆ ส่วนใหญ่จะใช้เตาเผาแบบที่มีอยู่เดิม ซึ่งใช้สำหรับการกำจัดขยะจากแหล่งชุมชนทั่วไป จึงทำให้ขาดความเหมาะสมในการใช้กำจัดขยะจากสถานพยาบาล และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษทางด้านอากาศในระดับที่สูงเกินกว่าระดับมาตรฐาน ดังนั้นจึงมีหน่วยงานบางแห่ง เช่น สำนักงานรักษาความสะอาดของกรุงเทพมหานคร ได้มีการนำเอาเตาเผาที่มีระบบการเผาอันทันสมัย และมีความเหมาะสมในการใช้กำจัดขยะจากสถานพยาบาล มาใช้ในหน่วยงานเพื่อช่วยขจัดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ขยะดังกล่าว โดยได้สั่งเข้ามาจากต่างประเทศเป็นจำนวนทั้งหมด 2 เตา แต่ละเตามีความสามารถในการกำจัดขยะจากสถานพยาบาลได้ถึงวันละ 10 ตัน แต่อย่างไรก็ตามจำนวนเตาเผาที่มีอยู่นี้ ยังไม่เพียงพอที่จะสามารถใช้กำจัดขยะจากสถานพยาบาล ที่เกิดขึ้นทั้งหมดในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลให้หมดทันในแต่ละวันได้ [1,2]

2.4.2 การบำบัด และการกำจัดขยะโดยสถานพยาบาลเอง

เป็นวิธีการจัดการขยะจากสถานพยาบาลที่ถูกต้อง และเหมาะสมที่สุด [1-10] เนื่องจากเจ้าหน้าที่ของสถานพยาบาล ที่มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวข้องกับขยะ มักจะมีความรู้ความเข้าใจในการลงมือปฏิบัติเกี่ยวกับขยะประเภทนี้มากกว่าบุคคลอื่นทั่วไป และยังเป็นการลดความเสี่ยงจากการแพร่กระจายของ องค์ประกอบที่เป็นอันตรายในขยะ ระหว่างขั้นตอนการจัดเก็บ และขนส่งได้อีกทางหนึ่งด้วย การบำบัด และ/หรือ การกำจัดโดยสถานพยาบาลเองนั้น ส่วนใหญ่มักจะใช้กระบวนการทางเคมีเป็นวิธีการบำบัดขยะขั้นต้น และจะสามารถทำการกำจัดได้ด้วยวิธีการเผา หรือวิธีการฝังกลบต่อไป ตามปัจจัยที่เอื้ออำนวยให้หน่วยงานท้องถิ่นนั้นๆ จะสามารถดำเนินการได้ สำหรับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บำบัดขยะด้วยวิธีการอื่นๆ ได้มีการนำมาใช้กันบ้างเช่นกัน แต่ยังมีจำนวนการใช้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เช่น วิธีการอบด้วยความร้อน วิธีการอบด้วยไอน้ำ และวิธีการลำเลียงขยะผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง เป็นต้น

การกำจัดขยะด้วยวิธีการเผาภายในสถานพยาบาลนั้น ส่วนใหญ่ยังคงใช้เตาเผาที่มีการออกแบบ และก่อสร้างไว้นานแล้วจากกรมอนามัย เตาเผานี้มีราคาค่อนข้างถูก ก่อสร้างได้ง่าย และสามารถหาวัสดุก่อสร้างได้จากภายในท้องถิ่น แต่ปัจจุบันพบว่าเตาเผานี้ไม่มีความเหมาะสมแก่การใช้งานแล้ว เนื่องจากมีสภาพที่เก่า และยังเกิดการชำรุด จึงมักก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับกลิ่น และควันในขณะทำการเผาขยะ จนทำให้มีการร้องเรียนจากชุมชนละแวกใกล้เคียงอยู่เป็นประจำ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้มีสถานพยาบาลบางแห่งสั่งนำเข้าเตาเผาขยะจากสถานพยาบาลนี้ มาจากต่างประเทศ ซึ่งมีประสิทธิภาพสามารถกำจัดขยะจากสถานพยาบาลได้ โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาอย่างเช่นที่เป็นอยู่ แต่เตาเผาเหล่านี้ส่วนใหญ่จะมีราคาที่สูงมาก และจะสูงเพิ่มขึ้นตามประสิทธิภาพของเตาเผาที่ต้องการ ส่วนวิธีการฝังกลบพบว่า ประสบปัญหาเช่นเดียวกันกับที่กล่าวในหัวข้อข้างต้น

การเลือกใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือในการบำบัด และ/หรือ การกำจัดขยะจากสถานพยาบาล ที่ทันสมัย และมีประสิทธิภาพสูงนั้น เป็นที่ทราบกันดีว่า จะสามารถช่วยลดปัญหามลพิษจากการกำจัดขยะได้ แต่สถานพยาบาลของรัฐส่วนใหญ่มักมีข้อจำกัดทางด้านเงินทุนในการจัดซื้อจัดหา และรวมถึงค่าใช้จ่ายประจำที่ต้องใช้สำหรับการทำงาน และการบำรุงรักษาอุปกรณ์ หรือเครื่องมือต่างๆ เหล่านี้ ซึ่งจะต้องใช้เงินทุนเป็นจำนวนเงินที่สูงมาก ดังนั้นอุปกรณ์ และเครื่องมือเหล่านี้จึงมีใช้เฉพาะในสถานพยาบาลขนาดใหญ่เท่านั้น ซึ่งส่งผลให้มีจำนวนการใช้เพียงเล็กน้อย ทั้งที่เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสถานการณ์สิ่งแวดล้อมของประเทศไทยในขณะนี้ การแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถกระทำได้ โดยการสร้างเทคโนโลยีการกำจัดขยะขึ้นใช้เองภายในประเทศ ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็น และสมควรได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างยิ่ง ให้มีการดำเนินการได้อย่างเร่งด่วน ก่อนที่ปัญหาจะลุกลามไปมากกว่านี้

2.4.3 การบำบัด และการกำจัดกากกัมมันตรังสี

การบำบัด และการกำจัดกากกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นจากการให้บริการรักษา ด้วยวิธีการทางรังสีเทคนิคแบบต่างๆ โดยทั่วไปสถานพยาบาลภายในประเทศมักจะแยกขยะส่วนนี้ออกเป็นขยะกลุ่มพิเศษ ซึ่งอาจเก็บไว้จนหมดอายุแล้วทิ้ง (เฉพาะประเภทที่มีระยะเวลาครึ่งชีวิตสั้น) หรือส่งไปทำการบำบัด และกำจัดที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ด้วยวิธีการที่ถูกต้อง และเหมาะสมกับชนิดของสารกัมมันตรังสีนั้นๆ ต่อไป

2.5 เทคโนโลยีเตาเผาขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการกำจัดขยะจากสถานพยาบาลที่ถูกต้อง และเหมาะสมตามที่หน่วยงานรักษาสิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกาได้แนะนำไว้นั่นคือ การกำจัดด้วยวิธีการเผา โดยเตาเผาที่ได้รับการออกแบบมาอย่างเหมาะสมกับขยะประเภทนี้ [1-18] เนื่องจากมีข้อได้เปรียบเทคโนโลยีในการบำบัดแบบอื่นๆ อยู่หลายประการ เช่น

1. สามารถลดปริมาตร และมวลของขยะลงได้มากกว่า 90 %

2. สามารถทำลายเชื้อโรคต่างๆ และสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นอันตรายในขยะทั้งหมดได้ โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ถ้าหากมีระบบการเผา และการควบคุมมลพิษทางอากาศที่เหมาะสม

3. สามารถใช้กำจัดขยะ และของเสียได้ทุกประเภท ทั้งในสถานะที่เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

4. ขยะที่สามารถเกิดการเผาไหม้ได้ จะถูกเปลี่ยนรูปให้มีลักษณะผิดแผกไปจากดั้งเดิม คือ เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเถ้า ซึ่งมีสมบัติของความเป็นพิษ และความเป็นอันตรายที่ลดน้อยลง จึงสามารถนำไปกำจัดต่อไปได้ด้วยวิธีการฝังกลบที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ

5. ประหยัดพื้นที่สำหรับการฝังกลบ เนื่องจากเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ของขยะจะมีมวล และปริมาตรลดลงเหลือน้อยกว่า 10 % จากมวล และปริมาตรของขยะก่อนเผา

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 จนถึงปัจจุบัน [3-24] ได้มีความพยายามที่จะศึกษา และพัฒนาเทคโนโลยีการเผาขยะแบบต่างๆ ขึ้นใช้เรื่อยมา เพื่อให้วิธีการเผานี้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้กำจัดของเสียประเภทต่างๆ โดยไม่ส่งผลกระทบใดๆ ทั้งต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นในขบวนการเผาไหม้ขยะ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของการกำจัดขยะด้วยวิธีการเผานี้ โดยจากการศึกษาพบว่า มีสารมลพิษอยู่หลายชนิดด้วยกันที่สามารถเกิดขึ้นได้จากขบวนการเผาไหม้ขยะ เช่น ก๊าซ CO_x SO_x NO_x อนุภาคฝุ่นละออง และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นจากขบวนการเผาไหม้ขยะอย่างไม่สมบูรณ์ สารมลพิษในกลุ่มท้ายสุดนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นสารที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ได้อย่างรุนแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในกลุ่มของ สารประกอบโพลีคลอริเนตต์ไดออกซิน และฟิวแรน (โดยทั่วไปมักใช้คำย่อว่า PCDD และ PCDF ตามลำดับ) ซึ่งเป็นสารที่มีความเป็นอันตราย และสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างรุนแรง ถ้ามีการแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อมต่างๆ ทั่วไป โดยจะสามารถส่งผลให้สิ่งมีชีวิตที่ได้รับสารพิษในกลุ่มนี้เข้าไป มีการเปลี่ยนแปลงทางหน่วยพันธุกรรมเกิดขึ้น ที่บริเวณอวัยวะที่ได้รับสารพิษ หรือที่บริเวณอวัยวะเป้าหมายของสารพิษนั้น จนมีลักษณะที่ผิดแผกไปจากลักษณะดั้งเดิม และเป็นสาเหตุที่อาจจะก่อให้เกิดมะเร็ง ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ หรืออาจก่อให้เกิดความผิดปกติต่อตัวอ่อนในครรภ์ของสิ่งมีชีวิตนั้นขึ้นได้ ปัจจุบันสารพิษในกลุ่มนี้จึงได้รับความสนใจเป็นพิเศษ และได้มีการพยายามที่จะศึกษาถึงกลไกการเกิดปฏิกิริยา และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยต่างๆ ที่ส่งเสริมให้มีสารพิษกลุ่มนี้เกิดขึ้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคิดหาวิธีการแก้ไข หลีกเลี่ยง หรือยับยั้งมิให้สารพิษกลุ่มดังกล่าวสามารถเกิดขึ้นได้เกินระดับมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ [6-19, 24-34]

การที่จะลดปริมาณสารมลพิษชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ขยะ ให้อยู่ในระดับที่ต่ำได้นั้น นอกจากจะต้องใช้เตาเผา และระบบบำบัดอากาศที่ได้รับการออกแบบมาอย่างเหมาะสมกับประเภทของขยะแล้ว ในแต่ละครั้งที่ดำเนินการเผาขยะ ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อการเผาไหม้ขยะนั้นด้วย ดังเช่น องค์ประกอบ สัดส่วน ความชื้น และความหนาแน่นของขยะ โดยอาจจะอาศัยเครื่องมือตรวจวัดค่าปัจจัยต่างๆ หรือจากการประมาณค่าด้วยประสบการณ์ที่เคยควบคุมเตาเผา เพื่อที่จะนำมาใช้ในการประมวลผล สำหรับการปรับสภาวะภายในห้องเผาไหม้ให้มีความเหมาะสมแก่การเผาไหม้ขยะได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นส่วนสนับสนุนให้สามารถลดระดับปริมาณของสารมลพิษชนิดต่างๆ ลงได้อีกทางหนึ่ง เพราะฉะนั้นในการปฏิบัติงานจริงแต่ละครั้งจึงต้องมีการทำบันทึกการปฏิบัติงานของเตาเผา โดยจะมีรายละเอียดทั้งในส่วนของสภาวะการเผาไหม้ขยะและค่าปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับขยะดังที่กล่าว [1-19]

ตารางที่ 2.1 แสดงสมบัติ และสัดส่วนของขยะแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นในสถานพยาบาล

Waste type	Wt%	Generation rate lb/d/bed	Heating value, Btu/lb	Weighted value, Btu/lb
Trash (Class 0 - mostly paper and cardboard)	70	11.9	8500	5950
Plastic	15	2.55	19,500	2,925
Garbage (Class 3 - food wastes)	10	1.70	4,500	450
Pathological (Class 4)	5	0.85	1,000	50
Total	100	17	N/A	9,375

ที่มา : Courtesy of Simonds Manufacturing Corporation [9]

สำหรับในส่วนของการออกแบบเตาเผาให้มีความเหมาะสมกับประเภทของขยะนั้นๆ ส่วนใหญ่จะเลือกพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ของขยะ ที่สามารถใช้เป็นตัวแทนในการแสดงลักษณะ หรือสมบัติโดยรวมของการเผาไหม้ขยะประเภทที่ต้องการเผาได้ โดยทั่วไปปัจจัยพื้นฐานของขยะที่มักนำมาใช้เป็นข้อมูลของการออกแบบเตาเผานั้น คือ ค่าความร้อนโดยรวมจากการเผาไหม้ขยะประเภทนั้นๆ ค่าความร้อนนี้เป็นค่าความร้อนที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ (ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาคายความร้อน) ขององค์ประกอบทั้งหมดในขยะที่สามารถเกิดการเผาไหม้ได้ โดยมีตัวอย่างของค่าความร้อนจากการเผาไหม้ขยะจากสถานพยาบาลชนิดต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 และยังได้แสดงค่าความร้อนจากการเผาไหม้ธาตุที่เป็นเชื้อเพลิง และเชื้อเพลิงโดยทั่วไป ดังในตารางที่ 2.2 [9-11]

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

	Btu/ lb	Btu/ cu ft
Carbon, C	14,093	-
Hydrogen, H_2	61,100	325
Oxygen, O_2	-	-
Nitrogen, N_2	-	-
Carbon Monoxide, CO	4,347	322
Carbon Dioxide, CO_2	-	-
Methane, CH_4	23,879	1,013
Propane, C_3H_8	21,661	2,590
Sulfur, S	3,983	-
Water Vapor, H_2O	-	-
Air	-	-
No.2 Fuel Oil	19,170	-
Gasoline	20,750	-
Kerosene	19,810	-
Sludge Volatiles	8,300	-

หมายเหตุ : Btu/lb x 2.326 = kj/kg ; Btu/cu ft x 37.26 = kj/m^3

ที่มา : [11]

จากที่ได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้นว่า เตาเผาขยะประเภทต่างๆ นั้น ได้มีการพัฒนาปรับปรุงกันเรื่อยมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1950 ดังนั้นระบบ หรือรูปแบบของเตาเผาจึงได้มีการคิดค้น และพัฒนากันไว้หลากหลายลักษณะแตกต่างกันออกไป ซึ่งเป็นการยากที่จะจำแนก หรือจัดแบ่งประเภท และระบบของเตาเผาทั้งหมดให้ชัดเจนลงไปได้ ดังนั้นในที่นี้จึงขออธิบายการออกแบบเตาเผาในลักษณะต่างๆ โดยแบ่งรายละเอียดของการออกแบบไว้เป็น 3 ส่วนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การออกแบบตามลักษณะของเสีย
2. การออกแบบห้องสันดาป
3. การออกแบบสภาวะการปฏิบัติงาน

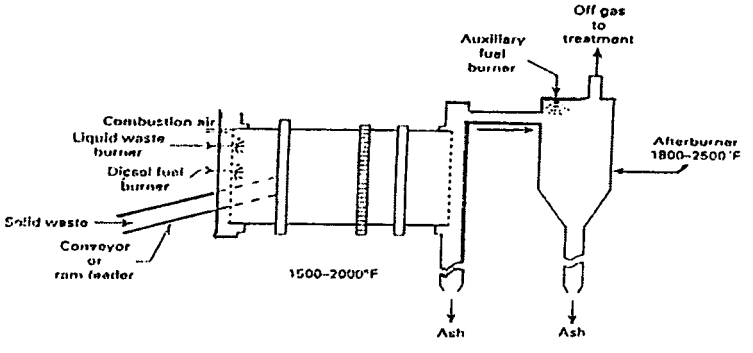
2.5.1 การออกแบบตามลักษณะของเสีย [6-13]

2.5.1.1 การออกแบบตามสถานะของเสียที่ต้องการเผา

1. ของเสียสถานะของแข็ง เช่น ขยะ และกากของเสียจากอุตสาหกรรม และการบำบัด เตาเผาแบบนี้เป็นเตาเผาที่มีลักษณะพื้นฐานเหมือนกับเตาเผาที่ใช้ในการกำจัดของเสียทั่วไป แต่มักมีการออกแบบในรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไป ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการของผู้ออกแบบ

2. ของเสียสถานะของเหลว เช่น ตัวทำลายอินทรีย์ชนิดต่างๆ เป็นต้น เตาเผาแบบนี้ส่วนใหญ่จะมีท่อนำของเหลวสำหรับส่งของเหลวเข้าสู่เตาเผา และจะมีวาล์วควบคุมความปลอดภัยติดตั้งอยู่ด้วย ซึ่งเป็นอุปกรณ์เสริมนอกเหนือจากเตาเผาพื้นฐานทั่วไป และสามารถออกแบบให้มีขนาดที่เล็กลงกว่าเตาเผาของเสียที่เป็นของแข็งได้ นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษา และพัฒนาวิธีการกำจัดของเสียที่เป็นของเหลว โดยการนำมาผสมกับเชื้อเพลิง แล้วทำการพ่นเป็นละอองเข้าสู่ภายในห้องเผาไหม้ ซึ่งมีระดับอุณหภูมิ และปริมาณของออกซิเจนเพียงพอที่จะสามารถทำให้เกิดการเผาไหม้สารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในของเสีย และเชื้อเพลิงได้อย่างสมบูรณ์ ดังในรูปที่ 2.2

3. ของเสียสถานะก๊าซ เช่น ไอระเหยของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่มีสมบัติในการระเหยได้ง่าย เตาเผาของเสียแบบนี้ส่วนใหญ่จะมีขนาดที่เล็กกว่าเตาเผาอื่นๆ ทั่วไป โดยภายในเตาเผานั้นจะมีส่วนประกอบของระบบท่อนำส่งของเสีย ที่เป็นสถานะก๊าซเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ซึ่งได้มีการติดตั้งวาล์วสำหรับการควบคุมระดับปริมาณของก๊าซของเสีย และการควบคุมความปลอดภัยต่างๆ ในขณะปฏิบัติการ เมื่อของเสียนี้ถูกป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ที่มีระดับอุณหภูมิ และปริมาณของอากาศที่สูงพอเหมาะ จะสามารถเกิดการสันดาปขึ้นได้อย่างรวดเร็ว และไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการสันดาปนี้มากนัก



รูปที่ 2.2 แสดงรูปแบบของเตาเผาที่ใช้สำหรับการกำจัดของเสียประเภทสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2 การออกแบบตามประเภทของขยะที่ทำการเผา

ดังเช่น - ขยะจากแหล่งชุมชนทั่วไป

- ขยะจากสถานพยาบาล
- ขยะจากอุตสาหกรรม
- ขยะประเภทกากตะกอน หรือไส้กรองที่เหลือจากขบวนการบำบัดต่างๆ

ด้วยความแตกต่างของขยะในแต่ละประเภทเหล่านี้ ทั้งทางด้านลักษณะ และสัดส่วนขององค์ประกอบต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะ ได้ส่งผลให้การออกแบบเตาเผาสำหรับการกำจัดขยะแต่ละประเภทต้องมีความแตกต่างกันออกไปตามลักษณะ และสมบัติเฉพาะของขยะนั้นๆ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการใช้งานได้มากยิ่งขึ้น โดยทั่วไปเตาเผาขยะแต่ละประเภทนี้ มักจะมีความแตกต่างกันเฉพาะในส่วนของรายละเอียดเพียงบางส่วนเท่านั้น เช่น ลักษณะทางโครงสร้าง และขนาดของเตาเผา หรือระบบของการป้อนขยะเข้าสู่เตาเผา เป็นต้น สำหรับหลักการทำงาน หรือระบบที่ใช้ในการเผาไหม้ขยะนั้นยังคงที่จะสามารถใช้แบบที่เหมือนกันได้ โดยอาจจะมีการดัดแปลงบ้างเล็กน้อยเพื่อให้เหมาะสมกับขยะแต่ละประเภทมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยส่งผลให้ขยะสามารถเกิดการเผาไหม้ขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบใดๆ ทั้งต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม

2.5.2 การออกแบบห้องสันดาป [6-15, 35-43]

2.5.2.1 การออกแบบตามระบบการให้ความร้อน และอุณหภูมิของการปฏิบัติงาน

1. ระบบการให้ความร้อนแบบใช้หัวเผา มีทั้งแบบใช้เชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ และน้ำมัน ระบบการให้ความร้อนแบบนี้สามารถทำอุณหภูมิได้สูงถึง 800 -1200 °C แล้วแต่ขนาดของห้องเผาไหม้ และหัวเผาที่เลือกใช้ การปฏิบัติงานที่ระดับอุณหภูมิดังกล่าวนี้ สามารถใช้วัสดุก่อสร้างเตาเผาที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปได้

2. ระบบการให้ความร้อนแบบใช้ตัวต้านทานความร้อน เป็นระบบการให้ความร้อนที่อาศัยพลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน โดยจะสามารถควบคุมระดับอุณหภูมิให้เป็นไปตามที่ต้องการได้จาก การปรับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าสู่ตัวต้านทานความร้อนนี้ ซึ่งได้ติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งอันเหมาะสมภายในเตาเผา ระดับอุณหภูมิสูงสุดที่ระบบการให้ความร้อนนี้ สามารถกระทำได้ จะขึ้นอยู่กับชนิด และขนาดของตัวต้านทานความร้อนที่นำมาใช้ แต่โดยทั่วไปมักจะใช้ปฏิบัติงานที่ระดับอุณหภูมิไม่เกิน 1,200 °C ดังนั้นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างเตาเผาจึงใช้แบบที่มีอยู่ทั่วไปได้ [9,11]

3. ระบบการให้ความร้อนแบบใช้พลาสมาอุณหภูมิสูง เป็นระบบการให้ความร้อนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานเช่นกัน แต่สามารถทำอุณหภูมิได้สูงกว่าระบบที่ใช้ตัวต้านทานความร้อน โดยอาศัยหลักการจาก กระบวนการการให้พลังงานความร้อนแก่ก๊าซ ทั้งแบบที่เป็นก๊าซชนิดเดียวกันทั้งหมด หรือแบบที่เป็นก๊าซผสม ซึ่งจะสามารถกระทำให้ก๊าซบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะจากสถานะปกติ ไปสู่สถานะไอออน หรือ "พลาสมา" พลาสมาที่ถูกสร้างขึ้นนี้จะมีอุณหภูมิสูงถึง 6,600˚C ซึ่งสามารถกระทำให้ห้องเผาไหม้ที่มีขนาด 30 ฟุต (ความกว้าง) x 50 ฟุต (ความยาว) x 30 ฟุต (ความสูง) มีอุณหภูมิสูงขึ้นได้ถึง 1600˚C ดังนั้น ระบบการให้ความร้อนแบบนี้จึงสามารถใช้ปฏิบัติงานในเตาเผาที่ต้องการใช้ระบบแสล็กกิ้งโหมดได้ แต่อย่างไรก็ตามห้องเผาไหม้ของเตาเผาที่จะใช้กับระบบการให้ความร้อนแบบนี้ได้ จำเป็นจะต้องมีการออกแบบ และก่อสร้างอย่างพิถีพิถันเป็นพิเศษ ตั้งแต่การเลือกใช้วัสดุไปจนถึงวิธีการสำหรับก่อสร้าง เพื่อให้เตาเผามีความคงทนในการปฏิบัติงานที่ระดับอุณหภูมิสูงเช่นนี้ได้ [3,4]

2.5.2.2 การออกแบบตามจำนวนขั้นตอนของขบวนการเผาไหม้ (หรือจำนวนของห้องเผาไหม้) โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบดังนี้ [6-13]

1. แบบห้องเผาไหม้เดี่ยว คือเตาเผาแบบที่มีห้องเผาไหม้ขยะเพียงขั้นตอนเดียว

2. แบบหลายห้องเผาไหม้ คือเตาเผาแบบที่มีห้องเผาไหม้มากกว่าหนึ่งห้องสำหรับขบวนการเผาไหม้ที่มีหลายขั้นตอน

2.5.2.3 การออกแบบตามทิศทางการไหลของอากาศ [9-13]

1. แบบอินไลน์ เป็นเตาเผาที่มีทิศทางการไหลของอากาศภายในเตาเป็นไปแบบทางเดียว คือ มีทางเข้า และทางออกของอากาศอยู่ที่ผนัง ในด้านฝั่งตรงข้ามกันของเตาเผา

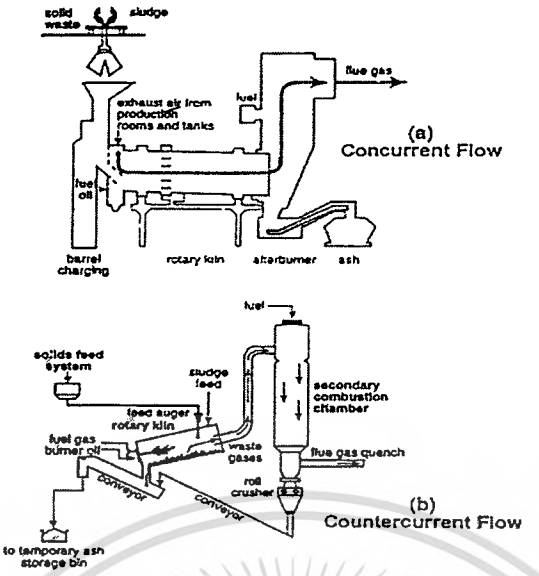
2. แบบรีทอต เป็นเตาเผาที่มีทิศทางการไหลของอากาศเป็นแบบ 2 ทาง คือ มีทางไหลย้อนกลับของอากาศภายในเตาเผาด้วย จึงทำให้เตาเผาแบบนี้มีทิศทางการเข้า และออกของอากาศอยู่ที่ผนังด้านเดียวกันของเตาเผา

2.5.2.4 การออกแบบตามทิศทางการป้อนของเสีย และทิศทางของระบบการให้ความร้อน โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบดังนี้ [9-13]

1. แบบคอนเคอเรนท์ เป็นเตาเผาที่ถูกออกแบบให้มีทิศทางการป้อนขยะเข้าสู่เตาเผา เป็นไปในแนวทางเดียวกันกับทิศทางของระบบการให้ความร้อนภายในเตาเผา ซึ่งจะมีความเหมาะสมกับขยะประเภทที่มีส่วนผสมเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่สามารถระเหยได้ง่าย โดยในขบวนการเผาไหม้ขยะนั้น จะมีการระเหยของสารประกอบเหล่านี้เกิดขึ้นไปพร้อมๆ กับการป้อนขยะเข้าสู่เตาเผา ซึ่งจะเป็นผลให้สารเหล่านี้มีระยะเวลาในการเผาไหม้ภายในเตาเผาได้นานมากยิ่งขึ้น

2. แบบเคาเตอเคอเรนท์ เป็นเตาเผาที่มีความเหมาะสมในการใช้งานกับขยะประเภทที่มีความชื้นสูง คือมีความชื้นมากกว่า 30% โดยถูกออกแบบให้มีทิศทางของการป้อนขยะอยู่ในแนวทางตรงกันข้ามกับทิศทางของระบบการให้ความร้อน เพื่อให้ความร้อนสามารถเกิดการถ่ายเทไปสู่ขยะได้ดียิ่งขึ้น และยังเป็นการช่วยให้ขยะมีระยะเวลาในการเผาไหม้อยู่ภายในเตาเผาได้นานมากขึ้นด้วย โดยได้แสดงรูปแบบของเตาเผาทั้ง 2 แบบนี้ไว้ ดังในรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงรูปแบบของเตาเผาโรตารี่คลินทั้งแบบคอนเคอเรนท์ และเคาเตอร์เคอเรนท์

2.5.2.5 การออกแบบห้องสันดาปตามลักษณะการเคลื่อนที่ [6-13, 36-39]

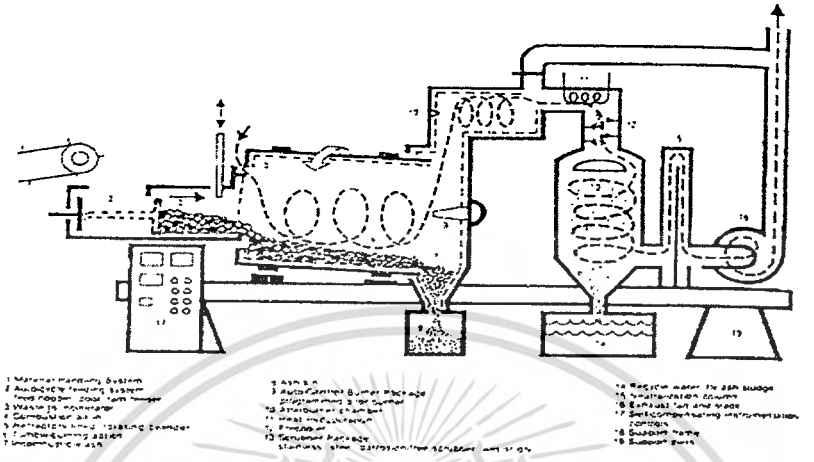
1. แบบห้องเผาไหม้ที่ไม่มีการเคลื่อนที่ เป็นเตาเผาแบบพื้นฐานแบบแรกที่ได้มีการสร้างขึ้นใช้ จึงมีการออกแบบอย่างง่ายๆ ให้ห้องเผาไหม้ขยะมีลักษณะตั้งอยู่กับที่

2. แบบห้องเผาไหม้มีการเคลื่อนที่ในลักษณะหมุน หรืออาจเรียกได้ว่า เป็นเตาเผาแบบโรตารี่คลิน เตาเผาแบบนี้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการกำจัดขยะชนิดต่างๆ เช่น ขยะอันตราย ขยะ และกากจากอุตสาหกรรม และขยะจากแหล่งชุมชนทั่วไป เป็นต้น เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง และสามารถใช้กำจัดขยะ และของเสียได้ทุกชนิดทั้งในรูปสถานะที่เป็นของแข็ง ของเหลว ก๊าซ หรือของแข็งกึ่งเหลว เช่น กากตะกอนต่างๆ อีกทั้งยังสามารถรองรับปริมาณขยะได้มากกว่าระบบการเผาอื่นๆ โดยเป็นผลมาจากการที่ห้องเผาไหม้ขยะได้ถูกออกแบบให้มีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา จึงทำให้ขยะมีการคลุกเคล้ากับอากาศได้ดียิ่งขึ้น ในขณะที่กำลังทำการเผา ซึ่งจะสามารถช่วยให้ขยะเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยได้แสดงตัวอย่างของเตาเผานี้ไว้ดังในรูปที่ 2.4

เตาเผาแบบนี้จะมีการออกแบบให้ห้องเผาไหม้มีรูปทรงเป็นทรงกระบอก และได้อาศัยการเคลื่อนที่ของห้องเผาไหม้ในลักษณะหมุน และเอียงทำมุมกับพื้นระนาบเล็กน้อยคือ ประมาณ 30° จากแนวระดับ เป็นวิธีการสำหรับการคลุกเคล้าขยะกับอากาศภายในห้องเผาไหม้ที่มีระดับอุณหภูมิค่อนข้างสูง เพื่อให้ขยะสามารถเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น ตามปกติห้องเผาไหม้นี้จะถูกออกแบบให้มีอัตราส่วนของ ความยาว : ต่อความกว้าง อยู่ในช่วง 2 : 1 ถึง 5 : 1 และมีผนังทนความร้อนภายในเป็นแบบเรียบ เพื่อให้ชิ้นขยะสามารถเกิดการเคลื่อนไหวคลุกเคล้ากับอากาศได้ง่าย

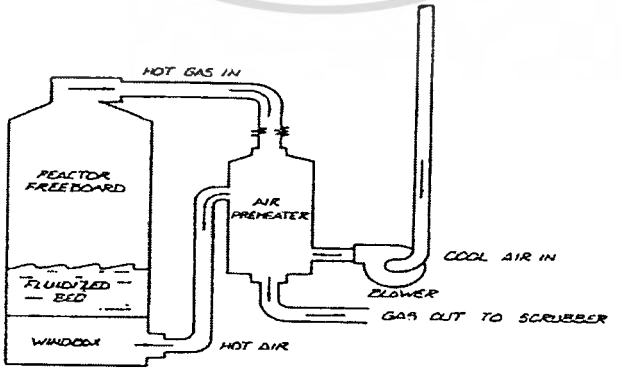
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้น ในขณะที่ห้องเผาไหม้ถูกควบคุมให้เกิดการหมุนเคลื่อนที่ โดยมีความถี่อยู่ในช่วง 3/ 4 ถึง 5/ 2 r/ min. [10]



รูปที่ 2.4 แสดงรูปแบบของเตาเผาแบบโรตารี่คลิน

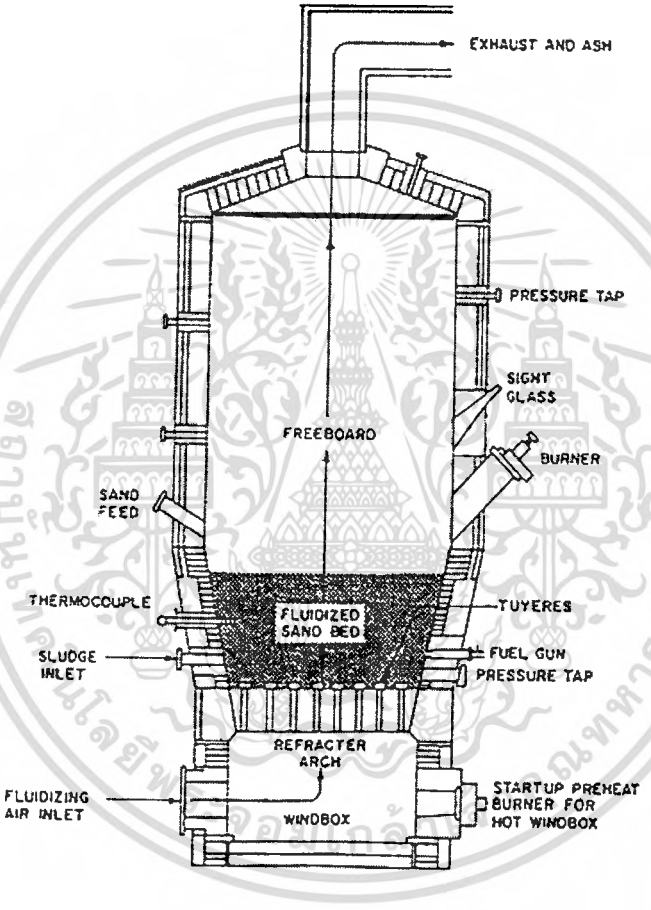
แต่อย่างไรก็ตามเตาเผาที่มีการออกแบบในลักษณะเช่นนี้ ส่วนใหญ่จะเลือกใช้ระบบการเผาไหม้ที่เป็นแบบให้อากาศอย่างมากเกินพอ โดยจะมีการป้อนปริมาณอากาศที่มากเกินพอนี้ เข้าสู่ห้องเผาไหม้ด้วยความเร็วสูง เพื่อช่วยให้การคลุกเคล้าระหว่างขยะกับอากาศเกิดขึ้นได้ดีมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้เตาเผาสามารถกำจัดขยะได้รวดเร็ว และมากขึ้นกว่าเดิม ด้วยเหตุนี้จึงมักพบว่ามีปัญหาเกี่ยวกับมลพิษทางด้านฝุ่นละอองอยู่ในระดับที่สูงมาก ดังนั้นเตาเผาที่มีการออกแบบในลักษณะเช่นนี้ จึงมักมีระบบควบคุมมลพิษทางด้านอากาศเป็นอุปกรณ์เสริมด้วยเสมอ [6-13, 17,18, 40-42]



รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบของเตาเผาแบบใช้ตัวกลางนำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.6 การออกแบบห้องสันดาป โดยประยุกต์ใช้ตัวกลางนำความร้อน [6-13, 43] ได้ถูกพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรก เพื่อใช้สำหรับการฟื้นฟูตัวเร่งปฏิกิริยาของบริษัท Exxon-Corporation ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 จากนั้นจึงได้มีการนำมาใช้เพื่อการกำจัดกากตะกอนอุตสาหกรรมเป็นครั้งแรกในปีค.ศ. 1962 ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในประเทศสหรัฐอเมริกา และมีจำนวนการใช้ที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยจะมีลักษณะของเตาเผา ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.5 และ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงรูปแบบของเตาเผาแบบใช้ตัวกลางนำความร้อน

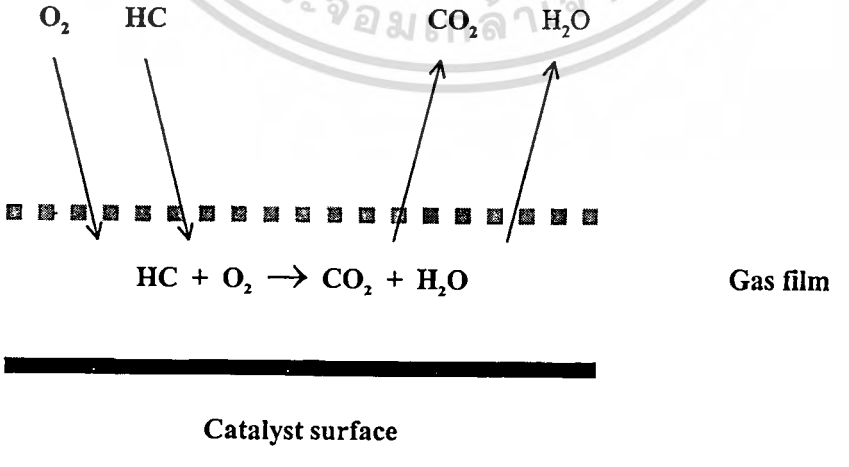
เตาเผาแบบนี้จะมีตัวกลางนำความร้อนบรรจุอยู่ที่บริเวณฐานของเตา โดยตัวกลางนำความร้อนที่จะนำมาใช้นี้จะต้องเป็นวัตถุที่มีสมบัติเฉื่อย และมีลักษณะเป็นอนุภาคทรงกลมขนาดเล็ก เช่น ทราย หรือกรวด เป็นต้น อนุภาคขนาดเล็กนี้จะถูกแรงอัดจากอากาศที่ป้อนเข้าทางด้านล่างของเตาเผาด้วยความเร็วสูง เพื่อให้ตัวกลางนำความร้อนนี้สามารถเกิดการเคลื่อนที่ และฟุ้งกระจายอยู่เหนือพื้นของเตาเผาได้คล้ายกับของไหล และเมื่อมีการป้อนขยะเข้าสู่เตาเผาแล้ว ขยะจะถูกสัมผัส และมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถ่ายเทความร้อนให้อย่างรวดเร็วด้วยตัวกลางนำความร้อน ซึ่งจะเป็นผลให้ขยะสามารถเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ และรวดเร็วกว่าระบบการเผาอื่นๆ อีกทั้งยังมีระดับอุณหภูมิของการปฏิบัติงานที่ต่ำกว่าระบบการเผาไหม้ทั่วไป ตัวกลางนำความร้อนนี้ บางครั้งได้มีการประยุกต์นำเอาตัวเร่งปฏิกิริยามาใช้แทนตัวกลางนำความร้อนประเภทกรวด หรือทรายที่ใช้กันอยู่ทั่วไป เพื่อเป็นการเสริมประสิทธิภาพให้เตาเผามีการเผาไหม้ขยะ ได้อย่างสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจากการที่มีการป้อนปริมาณอากาศในระดับที่สูง จึงมักประสบปัญหาอย่างมากเกี่ยวกับมลพิษทางด้านฝุ่นละออง ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ขยะ และเป็นเหตุให้เตาเผาระบบนี้จำเป็นต้องมีระบบควบคุมมลพิษทางอากาศเป็นอุปกรณ์เสริม เช่นเดียวกับเตาเผาแบบโรตารี่คลิน

2.5.2.7 การออกแบบห้องสันดาป โดยการประยุกต์ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา [9-13, 43]

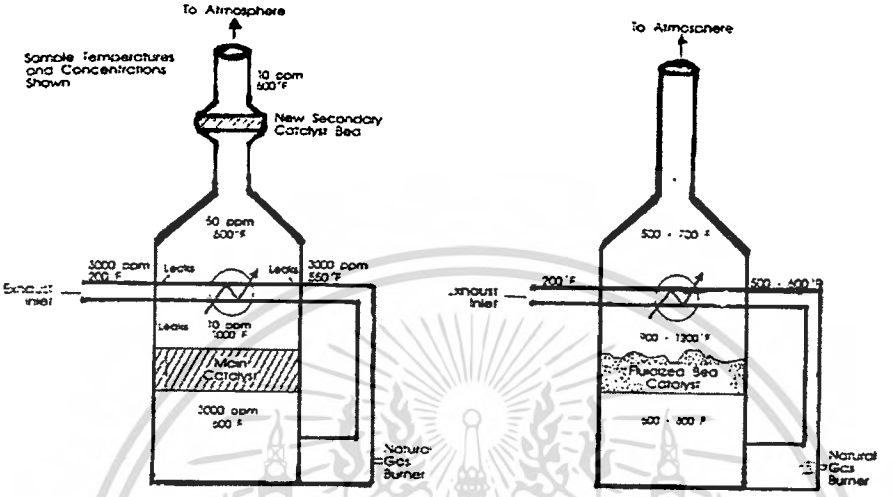
เตาเผาแบบนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1977 [43] โดยมีวัตถุประสงค์ในการลดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ขยะ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเตาเผาที่มีอยู่ ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการติดตั้ง "ตัวเร่งปฏิกิริยายาแบบออกซิเดชั่น" ที่ตำแหน่งอันเหมาะสมภายในเตาเผา ตัวเร่งปฏิกิริยานี้จะมีส่วนช่วยสนับสนุนให้ขยะ และก๊าซที่เกิดขึ้นจากขบวนการเผาไหม้ สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ที่ระดับอุณหภูมิการเผาไหม้ ที่ต่ำกว่าปกติ โดยอาศัยกลไกทางเคมีที่เกิดขึ้นบริเวณผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา ดังในรูปที่ 2.7 ซึ่งจะส่งผลให้มีการใช้จ่ายเชื้อเพลิงเป็นปริมาณที่ลดน้อยลง และยังเป็นการช่วยยืดอายุวัสดุที่เป็นโครงสร้างของเตาเผาได้อีกทางหนึ่งด้วย สำหรับข้อเสียของเตาเผาแบบนี้ ส่วนใหญ่มักจะเกิดขึ้นจากการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานั่นเอง เนื่องจากตามปกติตัวเร่งปฏิกิริยานั้นจะมีอายุการใช้งานที่สั้น และยังมีค่าใช้จ่ายที่สูงมากในการที่จะดำเนินการฟื้นฟูสภาพ หรือเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาใหม่ตามระยะเวลาของการใช้งานที่ได้กำหนดไว้



รูปที่ 2.7 แสดงกลไกทางเคมีที่เกิดขึ้นบริเวณผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปเตาเผาระบบนี้ได้มีการออกแบบไว้เป็น 2 ลักษณะ คือ แบบที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาติดตั้งอยู่กับที่ และแบบมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยการใช้ในลักษณะของตัวกลางนำความร้อนภายในเตาเผา ดังในรูปที่ 2.8 และ 2.9



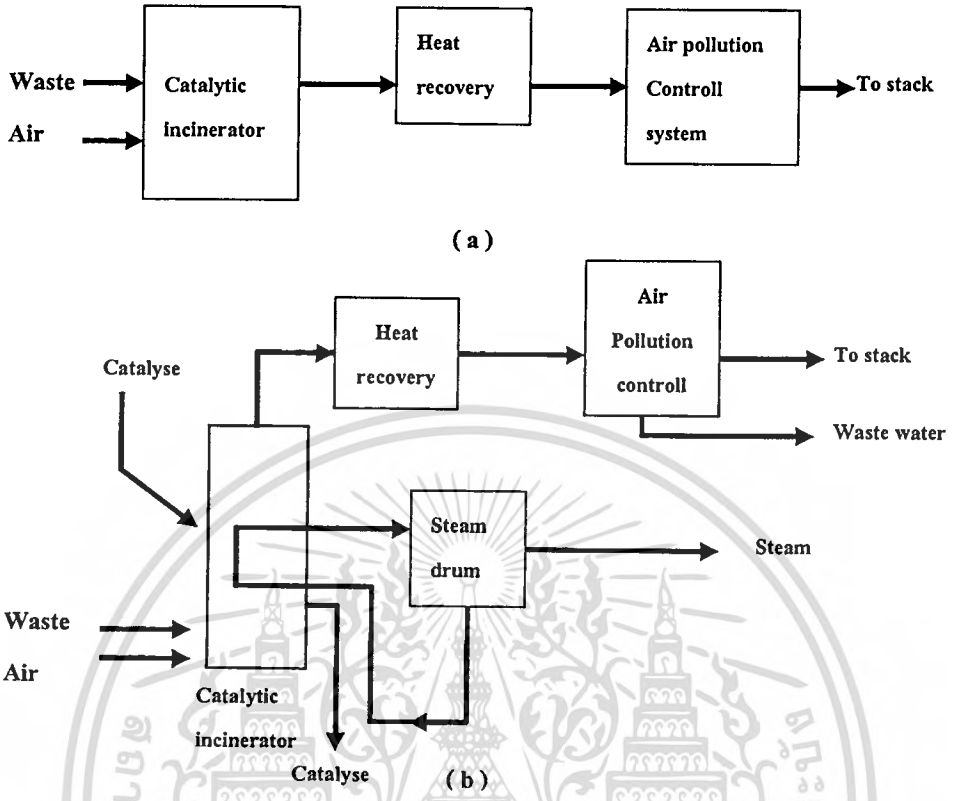
รูปที่ 2.8 แสดงรูปแบบของเตาเผาแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการติดตั้งอยู่กับที่ (a) และแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการเคลื่อนที่ (b) [43]

2.5.3 การออกแบบสภาวะการปฏิบัติงาน [6-16, 19-23]

2.5.3.1 เตาเผาระบบที่ไม่มีการควบคุมปริมาณอากาศภายในห้องเผาไหม้

เป็นเตาเผาระบบแรกที่มีการคิดค้นขึ้นใช้สำหรับการกำจัดขยะ และของเสียชนิดต่างๆ (ในช่วงปี ค.ศ. 1800) จึงมีรูปแบบการก่อสร้างอย่างง่ายๆ และมีขบวนการเผาไหม้ที่ไม่สลับซับซ้อนนัก ด้วยการออกแบบให้มีขบวนการเผาไหม้เพียงขั้นตอนเดียว และทำการป้อนอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ทางช่องเปิดให้อากาศเข้าตรงส่วนล่างของเตาเผา โดยอาศัยการแทนที่ก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงกว่า (ก๊าซภายในห้องเผาไหม้) ด้วยก๊าซที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า (อากาศภายนอกเตาเผา) ซึ่งเป็นผลให้อากาศสามารถเกิดการไหลผ่านเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้เอง โดยไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ใดๆ ในการป้อนอากาศ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าสู่เตาเผาด้วยวิธีการนี้ ยังมีระดับที่ไม่สูงเพียงพอ ที่จะสามารถทำให้ขยะเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ จึงเป็นสาเหตุให้เตาเผาระบบนี้มักประสบกับปัญหาเกี่ยวกับกลิ่น และควันจากการเผาไหม้ขยะอยู่เป็นประจำ ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1950 ได้มีการพัฒนาจากเตาเผาแบบห้องเผาไหม้เดี่ยว ไปเป็นเตาเผาแบบหลายห้องเผาไหม้ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดขยะ และของเสียชนิดต่างๆ ได้ดีขึ้นกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงรูปแบบของเตาเผาแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการติดตั้งอยู่กับที่ (a) และแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการเคลื่อนที่ (b)

2.5.3.2 ระบบที่มีการควบคุมปริมาณอากาศภายในห้องเผาไหม้

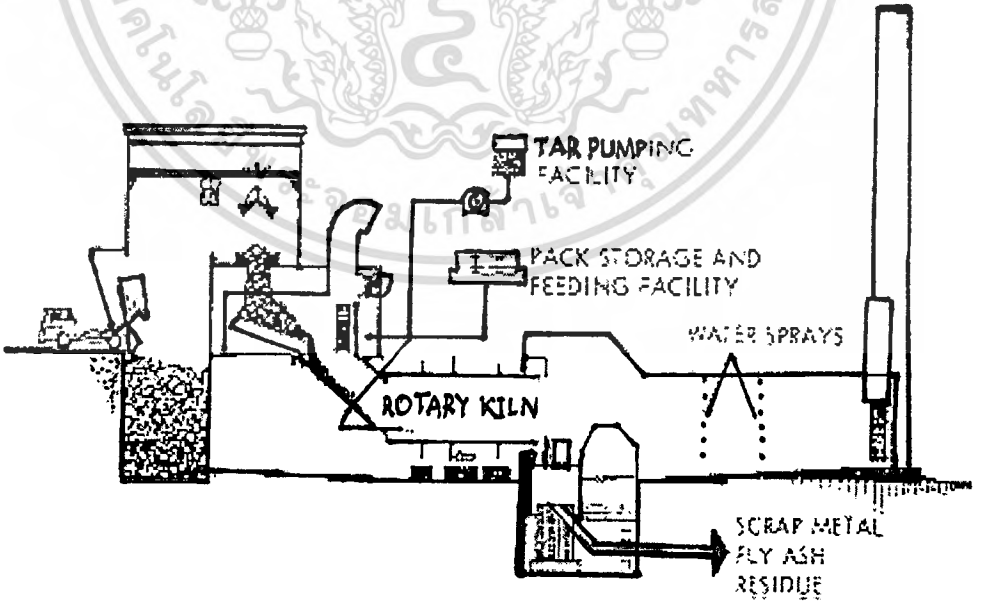
1. แบบควบคุมให้มีปริมาณอากาศอย่างมากเกินพอ (หรือระบบเอ็กเซสแอร์)

เตาเผาระบบนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นประมาณปี ค.ศ.1950 เพื่อใช้กำจัดขยะ และของเสียทั้งในรูปของเหลว ของแข็ง ของเหลวกึ่งแข็ง และอื่นๆ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นเตาเผาแบบหลายห้องเผาไหม้ โดยในขั้นตอนแรกจะเป็นการเผาไหม้ขยะภายในห้องเผาไหม้ ที่มีการควบคุมสภาวะการเผาไหม้ให้มีปริมาณอากาศอย่างมากเกินพอ สำหรับการเผาไหม้ขยะที่มีอยู่ทั้งหมดภายในห้องเผาไหม้ จากนั้นก๊าซที่เกิดขึ้นจากขบวนการเผาไหม้ขยะในขั้นแรกนี้ จะถูกส่งผ่านไปยังห้องเผาไหม้ต่อไป ซึ่งมักจะควบคุมสภาวะการเผาไหม้ให้มีระดับอุณหภูมิ และปริมาณของอากาศที่สูงขึ้นกว่าภายในห้องเผาไหม้แรก แต่อย่างไรก็ตามในขบวนการเผาไหม้ขยะทั้งหมดนี้ ควรมีระดับอุณหภูมิสูงสุดไม่ต่ำกว่า 870 °C เพื่อที่จะสามารถทำลายกลิ่น และควันที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ขยะได้อย่างหมดสิ้น นอกจากนี้ยังสามารถออกแบบให้ทำงานในระบบแสล็กกิ้งโหมดได้อีกด้วย โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

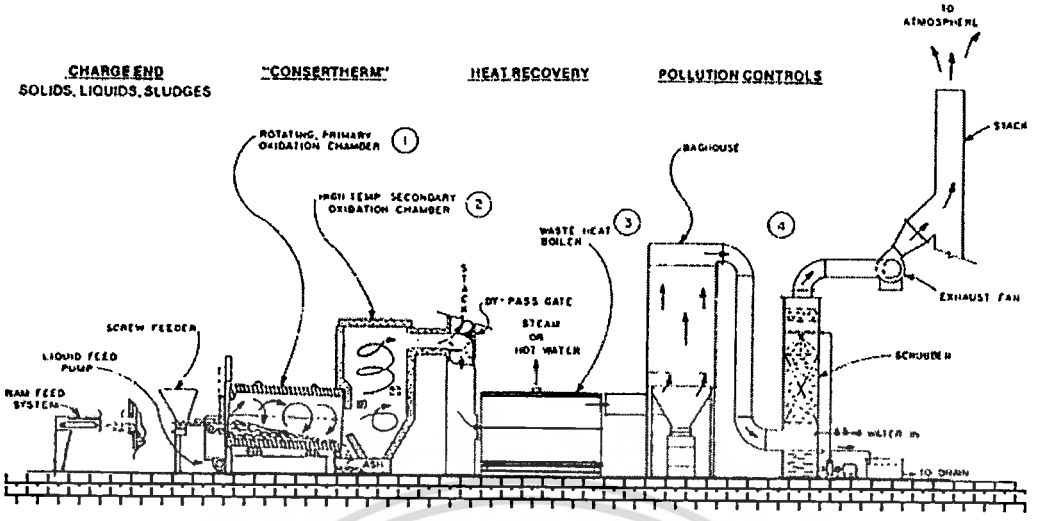
อาศัยแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนสูง ที่สามารถทำอุณหภูมิได้สูงถึง 1,100˚C - 1,650˚C มาใช้ในขบวนการ ซึ่งไม่เพียงแต่จะสามารถเผาไหม้ขยะได้เท่านั้น ยังสามารถทำให้เถ้า หรือสารอนินทรีย์ต่างๆ ที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ขยะเกิดการหลอมเหลวเป็นอนุภาคทรงกลม ที่หมดสภาพจากความเป็นพิษ และสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อไปได้อีก โดยได้มีการศึกษานำมาใช้เป็นส่วนผสมสำหรับการหล่อคอนกรีตแล้ว เป็นต้น

การป้อนอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ให้เพียงพอ สำหรับการทำให้ขยะสามารถเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์นั้น โดยทั่วไปจำเป็นจะต้องทำการป้อนปริมาณอากาศ ให้มีระดับปริมาณของก๊าซออกซิเจนสูงเกินกว่า จุดสมมูลของปฏิกิริยาการเผาไหม้ขยะตามทฤษฎีประมาณ 30 - 40 % จึงจะสามารถทำให้ขยะเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากขบวนการเผาไหม้ขยะโดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพในการใช้จ่ายก๊าซออกซิเจนได้ไม่ถึง 100% (จะได้กล่าวในลำดับต่อไป) ซึ่งจากการที่ต้องมีการป้อนอากาศเป็นปริมาณมาก (มีระดับปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่มากเกินพอ) เข้าสู่ห้องเผาไหม้นี้เอง ได้ส่งผลให้เตาเผาระบบเอ็กเซสแอร์นี้ ต้องประสบปัญหาอย่างหนักเกี่ยวกับมลพิษทางด้านฝุ่นละออง เนื่องจากปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าไปนี้ จะสามารถพัดพาเอาฝุ่นละอองให้เกิดการฟุ้งกระจายออกมาจากห้องเผาไหม้ขยะได้ ดังนั้นเตาเผาระบบนี้จึงมีความจำเป็นต้องใช้ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศร่วมด้วยเสมอ [6-16]



รูปที่ 2.10 แสดงรูปแบบของโรงงานกำจัดขยะที่มีการใช้เตาเผาแบบโรตารี่คลิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงรูปแบบของโรงงานกำจัดขยะที่มีการใช้เตาเผาแบบโรตารี่คลิน

เตาเผาระบบให้อากาศอย่างมากเกินพอนี้ ต่อมาได้มีการพัฒนาออกแบบให้มีลักษณะเป็นเตาเผาแบบโรตารี่คลิน เพื่อเสริมประสิทธิภาพให้สามารถกำจัดขยะได้ในปริมาณที่มาก และรวดเร็วยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการง่าย และสะดวกต่อการป้อนขยะ และการจัดเก็บเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ขยะ นอกจากนั้นยังได้มีการพัฒนาให้สามารถกำจัดขยะได้อย่างต่อเนื่อง และลดปัญหาทางด้านมลพิษต่างๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำมาใช้เป็นรูปแบบของโรงงานกำจัดขยะโดยทั่วไป ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.10 และ 2.11

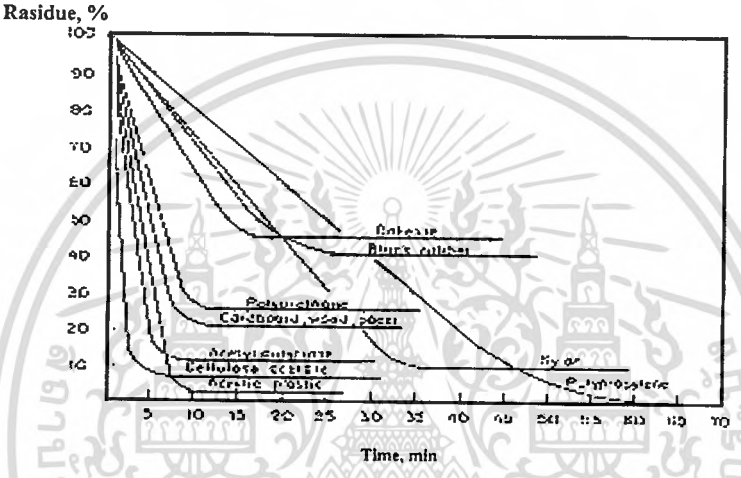
2. แบบควบคุมให้มีปริมาณอากาศต่ำกว่าจุดสมมูล (ระบบสตาฟแอร์ หรือระบบไพโรไลซิส) [6-13, 19-23]

ระบบการเผาไหม้นี้เริ่มมีการนำมาใช้เป็นขบวนการกำจัดขยะอุตสาหกรรม มาตั้งแต่ปลายปี ค.ศ.1960 โดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นเตาเผาแบบ 2 ห้องเผาไหม้ ซึ่งขยะจะถูกป้อนเข้าสู่ภายในห้องเผาไหม้แรก ที่มีการควบคุมสภาวะการเผาไหม้ให้มีระดับอุณหภูมิอยู่ในช่วง 500 - 600 °C และมีระดับปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ต่ำกว่าจุดสมมูลของปฏิกิริยาการเผาไหม้ขยะ จึงทำให้การป้อนปริมาณอากาศเข้าสู่ภายในห้องเผาไหม้มีระดับที่ต่ำกว่าระบบเอ็กเซสแอร์มาก ซึ่งจะเป็นผลให้มีการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองต่างๆ อยู่ในระดับที่ต่ำด้วยเช่นกัน ดังนั้นในเตาเผาระบบนี้จึงสามารถลดปัญหามลพิษทางด้านฝุ่นละอองได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามการที่ควบคุมให้มีปริมาณอากาศต่ำกว่าจุดสมมูลนี้ จะทำให้การเผาไหม้ของขยะต้องใช้ระยะเวลาที่มากขึ้นด้วย

การควบคุมสภาวะการเผาไหม้ของขยะภายในห้องเผาไหม้แรก ให้มีระดับปริมาณของก๊าซออกซิเจนต่ำกว่าจุดสมมูลของปฏิกิริยาการเผาไหม้ขยะนี้ ได้ส่งผลให้ขยะเกิดการเผาไหม้ได้อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่สมบูรณ์ และมีการแยกสลายทางโครงสร้างระดับโมเลกุลในองค์ประกอบของขยะที่สามารถเกิดการเผาไหม้ได้ โดยสสารที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่จะเกิดการแยกสลายออกเป็นสสารที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดเล็กชนิดต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่ยังคงมีสมบัติในการเผาไหม้ได้ เช่น ก๊าซ CH_4 CO_x SO_x NO_x อนุภาคคาร์บอน และสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ดังนั้นในขั้นตอนแรกของขบวนการเผาไหม้ขยะนี้ จึงอาจกล่าวได้ว่าเป็นเพียงขั้นตอนการเปลี่ยนรูปสถานะขององค์ประกอบขยะ จากสถานะเดิมที่เป็นของแข็ง หรือของเหลวจะถูกเปลี่ยนให้ไปอยู่ในรูปสถานะก๊าซ โดยในการเปลี่ยนรูปนี้จะมีผลขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ (ดังในรูปที่ 2.12) และการควบคุมสภาวะภายใน



รูปที่ 2.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับปริมาณของวัตถุชนิดต่างๆ จากการไพโรไลซิสที่ระดับอุณหภูมิ 425 °C (ที่มา : Courtesy of Midland-Rose Corporation)

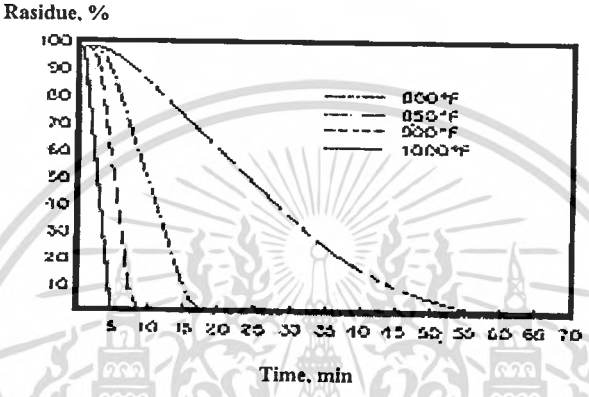
ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบของก๊าซผลิตผลจากขบวนการไพโรไลซิสที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ

Gas composition	Pyrolytic temperature, ° F			
(percent by volume)	900	1200	1500	1700
Carbon monoxide	33.6	30.5	34.1	35.3
Carbon dioxide	44.8	31.8	20.6	18.3
Hydrogen	5.6	16.5	28.6	32.4
Methane	12.5	15.9	13.7	10.5
Ethane	3.0	3.1	0.8	1.1
Ethylene	0.5	2.2	2.2	2.4
Heating value (HHV), Btu/st ft^3	312	403	392	385

ที่มา : [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องเผาไหม้ เช่น ระยะเวลา ระดับอุณหภูมิ (ดังตารางที่ 2.3 และรูปที่ 2.13) และปริมาณของอากาศภายในห้องเผาไหม้ เป็นต้น สำหรับส่วนที่หลงเหลือจากขบวนการนี้จะเป็นเถ้า ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นสารประกอบอนินทรีย์ชนิดต่างๆ (ดังตารางที่ 2.4) และยังอาจมีสารประกอบอินทรีย์ประเภทที่มีจุดเดือดสูงๆ หลงเหลืออยู่บ้างเป็นปริมาณเล็กน้อย (char) โดยได้แสดงสัดส่วนของสารผลิตผลในแต่ละสถานะ ที่ได้จากขบวนการไพโรไลซิสขยะที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ ไว้ ดังตารางที่ 2.5



รูปที่ 2.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับปริมาณของสารโพลีโพรไพลีน จากการไพโรไลซิสที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ (ที่มา : Courtesy of Midland-Rose Corporation)

ตารางที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบของเถ้า ที่หลงเหลือจากขบวนการไพโรไลซิส

Component	Weight Percent
FeO	9.0
Fe_2O_3	1.7
MnO	0.7
SiO_2	63.1
$CaCO_3$	1.6
CaO	13.7
Al_2O_3	9.2
TiO_2	0.1

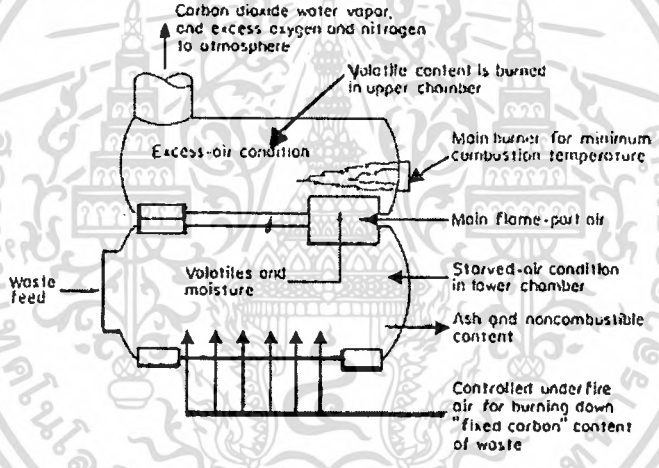
ที่มา : Union Carbide Corp., South Charleston, Va. [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงปริมาณสมดุลมวลของผลิตผลทั้งหมด ที่ได้จากขบวนการไพโรไลซิสขยะที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ

Temperature, °F	Wastes, lb	Gases, lb	Pyroligneous acids and tars, lb	Char, lb	Mass accounted for, lb
900	100	12.33	61.08	24.71	98.12
1200	100	18.64	59.18	21.80	99.62
1500	100	23.69	59.67	17.24	100.59
1700	100	24.36	58.70	17.67	100.73

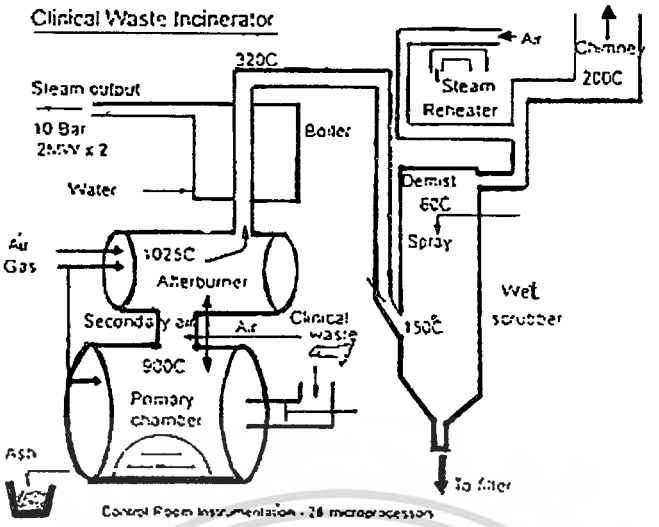
ที่มา : [44]



รูปที่ 2.14 แสดงรูปแบบ และการควบคุมสภาวะภายในเตาเผาระบบไพโรไลซิส

ก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมดในขั้นตอนแรกนี้ จะถูกส่งผ่านไปยังห้องเผาไหม้ที่สอง ซึ่งมีการควบคุมสภาวะให้มีความเหมาะสมแก่การเผาไหม้ก๊าซต่างๆ เหล่านี้ได้อย่างสมบูรณ์ โดยถ้าหากควบคุมให้มีระดับอุณหภูมิอยู่ในช่วง 1,000 - 1,200 °C และมีการป้อนปริมาณอากาศในระดับที่สูงเกินกว่าจุดสมมูลของปฏิกิริยาการเผาไหม้ก๊าซดังกล่าวนี้ อยู่ในช่วง 140 - 200 % แล้ว จะสามารถส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการทำลายก๊าซนี้ได้สูงถึง 99.9999 % [9] ซึ่งได้สรุปขั้นตอน และการควบคุมสภาวะภายในห้องเผาไหม้ทั้งสองส่วนนี้ไว้ ดังในรูปที่ 2.14 และ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงรูปแบบ และการควบคุมสภาวะภายในเตาเผาระบบไพโรไลซิส

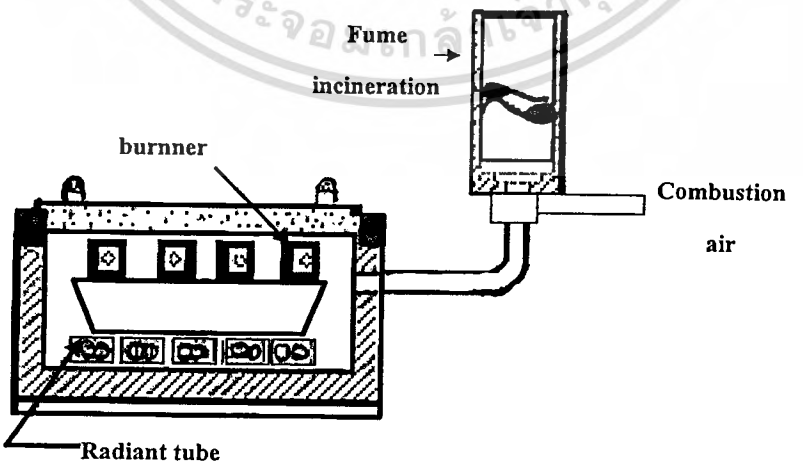
การควบคุมสภาวะการเผาไหม้ให้มีระดับปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ต่ำกว่าจุดสมมูลนั้น ในหนังสือบางเล่ม หรือเอกสารบางฉบับได้มีการอธิบายไว้ในความหมายที่ใกล้เคียงกัน โดยอาจใช้ชื่อเรียกที่แตกต่างกันออกไป เช่น ระบบไพโรไลซิส ระบบเทอร์มัลดีคอมโพสชิชั่น ระบบ เดสตักทีฟดิสทิลเลชั่น และระบบสตาฟแอร์ เป็นต้น จึงอาจทำให้เกิดความสับสนว่าเป็นระบบการเผาไหม้ที่แตกต่างกัน โดยที่จริงแล้วระบบการเผาไหม้ทั้งหมดนี้ล้วนมีความหมาย และคำจำกัดความที่ใกล้เคียงกันมาก แต่จะมีความแตกต่างกันบ้างเพียงเล็กน้อย โดยในส่วนของระบบไพโรไลซิสที่แท้จริง ระบบเทอร์มัลดีคอมโพสชิชั่น และระบบเดสตักทีฟดิสทิลเลชั่นนั้น จะอาศัยกระบวนการการให้ความร้อนแบบทางอ้อม เช่น การแผ่รังสีความร้อนจากท่อโลหะร้อน สำหรับเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนภายในขบวนการ และจะปราศจากการให้อากาศ หรือก๊าซออกซิเจนที่จำเป็นสำหรับการเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.16 ส่วนระบบสตาฟแอร์นั้น จะมีการใช้กระบวนการการให้ความร้อนแบบทางตรง เช่น หัวเผาก๊าซ และน้ำมัน เป็นต้น และได้มีการเพิ่มระบบของการป้อนอากาศเข้าสู่ภายในห้องเผาไหม้ โดยจะควบคุมให้มีการป้อนปริมาณอากาศอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าจุดสมมูลของการเผาไหม้ ซึ่งจะเป็นผลให้มีการเผาไหม้ได้รวดเร็วมากขึ้น และมีความเหมาะสมในการใช้กำจัดขยะมากกว่าระบบการเผาไหม้แบบอื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน [9] (โดยได้แสดงรายละเอียดของระบบการเผาไหม้ในแต่ละแบบไว้ ดังในตารางที่ 2.6) ด้วยเหตุนี้ในเตาเผาขยะส่วนใหญ่ที่มีการควบคุมปริมาณอากาศให้ต่ำกว่าจุดสมมูลนั้น จึงเป็นเตาเผาระบบสต๊าฟแอร์ แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้สอดคล้องกับการอธิบายในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ในที่นี้จึงขอเรียกเตาเผาที่มีลักษณะดังที่กล่าวนี้ว่า "เตาเผาระบบไพโรไลซิส"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงความแตกต่างของผลิตผล ที่ได้จากขบวนการเผาไหม้ในแบบต่างๆ

Process	Gaseous phase to afterburner	Solid-phase residue	Use
Classic pyrolysis (indirecly heated)	Volatilized & decompose feed materials	Char / Ash	Product recovery
Direct-fired pyrolysis	Volatilized & decompose feed materials with burner flue products	Char / Ash	Energy recovery and destruction of hazardous waste
Starve-air gasification	Partially oxidized, volatilized & decompose feed materials plus burner flue products	Char / Ash	Retard combustion rate
Excess-air combustion	Mostly burned combustion products	Ash	Direct incineration

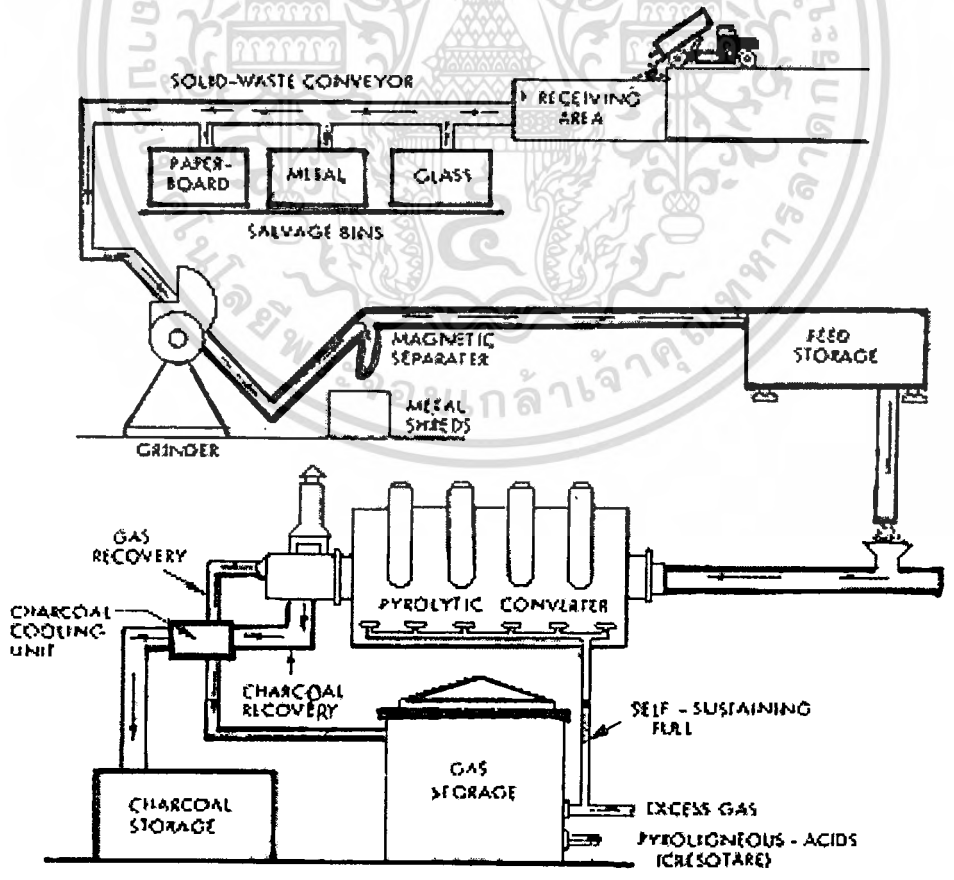
ที่มา : [9]



รูปที่ 2.16 แสดงรูปแบบของเตาเผาระบบไพโรไลซิสที่แท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขบวนการไพโรไลซิสที่แท้จริงนั้น แต่เดิมได้ถูกคิดค้นขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในการเปลี่ยนรูปสถานะของเชื้อเพลิง จากรูปสถานะเดิมที่เป็นของแข็ง เช่น ถ่านหิน ให้เปลี่ยนกลับไปอยู่ในรูปสถานะก๊าซ และของเหลวที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีค่าความร้อนจากการเผาไหม้ที่สูงขึ้น และสามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย และสะดวกมากกว่าการใช้เชื้อเพลิงในรูปเดิมที่เป็นถ่านหิน [6-13] นอกจากนั้นในปัจจุบันยังได้มีการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ขบวนการดังกล่าวนี้ ให้สามารถเกิดประโยชน์ได้มากขึ้นกว่าเดิม โดยได้มีการทดลองปรับเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบ จากเดิมที่เคยเป็นถ่านหินได้เปลี่ยนมาใช้เป็นเศษไม้และเศษพืชชนิดต่างๆ แทน ซึ่งจะให้ผลิตผลจากขบวนการเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูงกว่า ผลิตผลที่ได้จากการไพโรไลซิสถ่านหิน โดยจะมีค่าความร้อนจากการเผาไหม้อยู่ในระดับที่สูงกว่า และยังก่อให้เกิดมลพิษจากการเผาไหม้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าอีกด้วย ผลิตผลที่ได้นี้มีการใช้ชื่อเรียกว่า“ ไบโอแมส ” ไบโอแมสจะมีลักษณะเป็นของเหลวเนื้อเดียวกันสีดำเข้ม ซึ่งสามารถทำการจัดเก็บ ขนส่ง และนำไปใช้งานได้ง่าย และสะดวกมากกว่าการใช้เชื้อเพลิงในรูปเดิม คือเศษไม้ และเศษพืชชนิดต่างๆ ที่เป็นของผสม และมีปริมาตรค่อนข้างสูง อีกทั้งยังมีค่าความร้อนจากการเผาไหม้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าด้วย

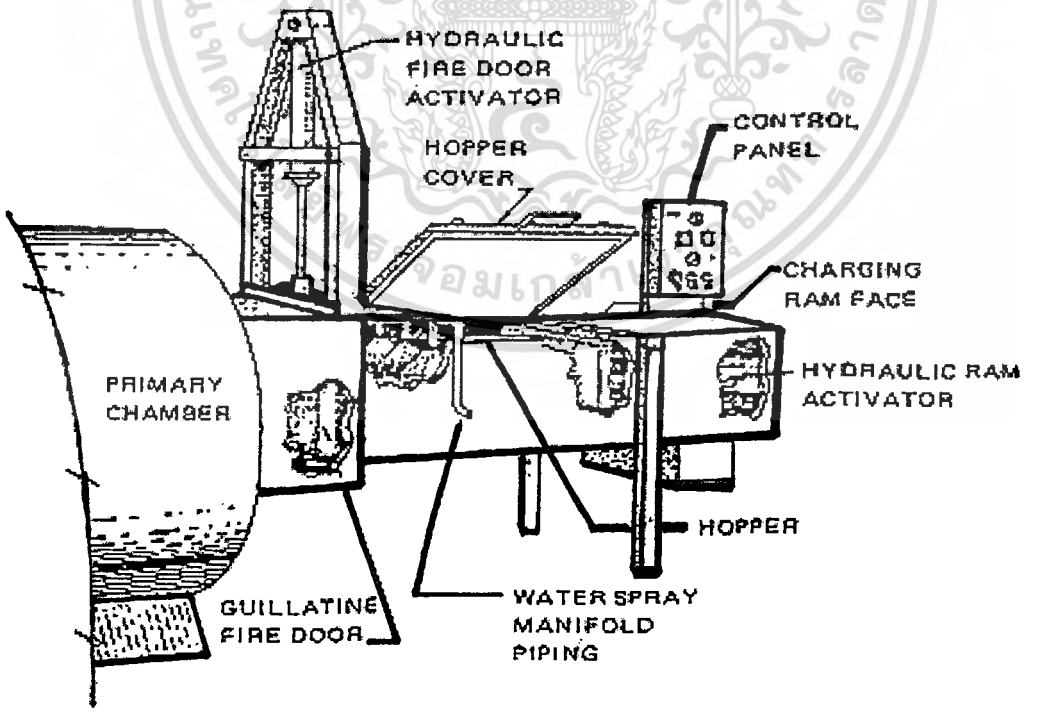


รูปที่ 2.17 แสดงรูปแบบเตาเผาระบบไพโรไลซิส พร้อมขบวนการกักเก็บก๊าซเชื้อเพลิงไว้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาเมื่อได้มีการนำขบวนการนี้มาใช้ในการกำจัดขยะ จึงได้มีการดัดแปลงขบวนการไพโรไลซิสนี้ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น โดยได้มีการปรับเปลี่ยนมาใช้กระบวนการการให้ความร้อนแบบทางตรง (เช่น การใช้หัวเผาก๊าซ หรือน้ำมัน) และยังได้เพิ่มระบบของการป้อนอากาศเข้าสู่ภายในห้องเผาไหม้ โดยจะให้ปริมาณของอากาศในระดับที่ต่ำกว่าจุดสมมูล เพื่อให้การเผาไหม้ของขยะเกิดขึ้นได้รวดเร็วมากขึ้นกว่าเดิม ในส่วนของผลิตผลที่ได้จากการไพโรไลซิสขยะนี้ สามารถทำการกักเก็บไว้ใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับเชื้อเพลิงชนิดไบโอแมส โดยการแยกส่วนของเชื้อเพลิงที่สะอาดนำมาใช้งาน ดังขบวนการในรูปที่ 2.17 แต่ถ้าหากไม่ต้องการกักเก็บก๊าซเหล่านี้ไว้ใช้ ก็สามารถทำการกำจัดได้ด้วยวิธีการเผาไหม้ดังที่กล่าว [9,10]

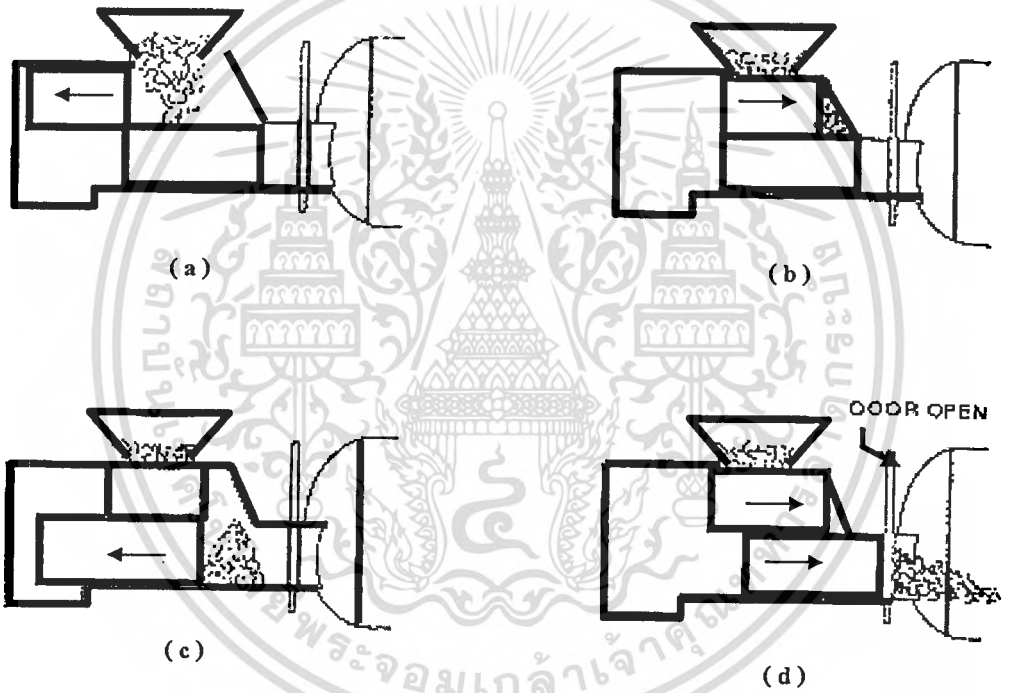
เตาเผาระบบไพโรไลซิสนี้ได้มีการพัฒนาให้สามารถเผาของเสียได้อย่างต่อเนื่องเช่นกัน โดยอาศัยอุปกรณ์เสริมสำหรับการป้อนขยะ ที่ได้ออกแบบขึ้นมาโดยเฉพาะกับเตาเผาระบบไพโรไลซิส ซึ่งมีห้องเผาไหม้ขยะที่ถูกควบคุมให้มีปริมาณของอากาศอยู่ในระดับ ที่ต่ำกว่าจุดสมมูลของการเผาไหม้ และมีระดับความดันที่เป็นลบน้อยๆ (เป็นสูญญากาศเล็กน้อย คือจะอยู่ในช่วงระดับความดัน (- 0.10) ถึง 0.10 in. H_2O หรือ (- 2.5) ถึง 2.5 kPa) เพื่อการป้องกันก๊าซที่เกิดขึ้นจากการไพโรไลซิส ไม่ให้รั่วไหลออกจากห้องเผาไหม้ โดยอุปกรณ์เสริมนี้จะมีรูปแบบของโครงสร้าง และกลไกในการทำงาน ซึ่งสามารถช่วยป้องกันก๊าซภายนอก (อากาศ) และก๊าซภายในห้องเผาไหม้ (ก๊าซที่



รูปที่ 2.18 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์ป้อนขยะที่ใช้สำหรับเตาเผาระบบไพโรไลซิส

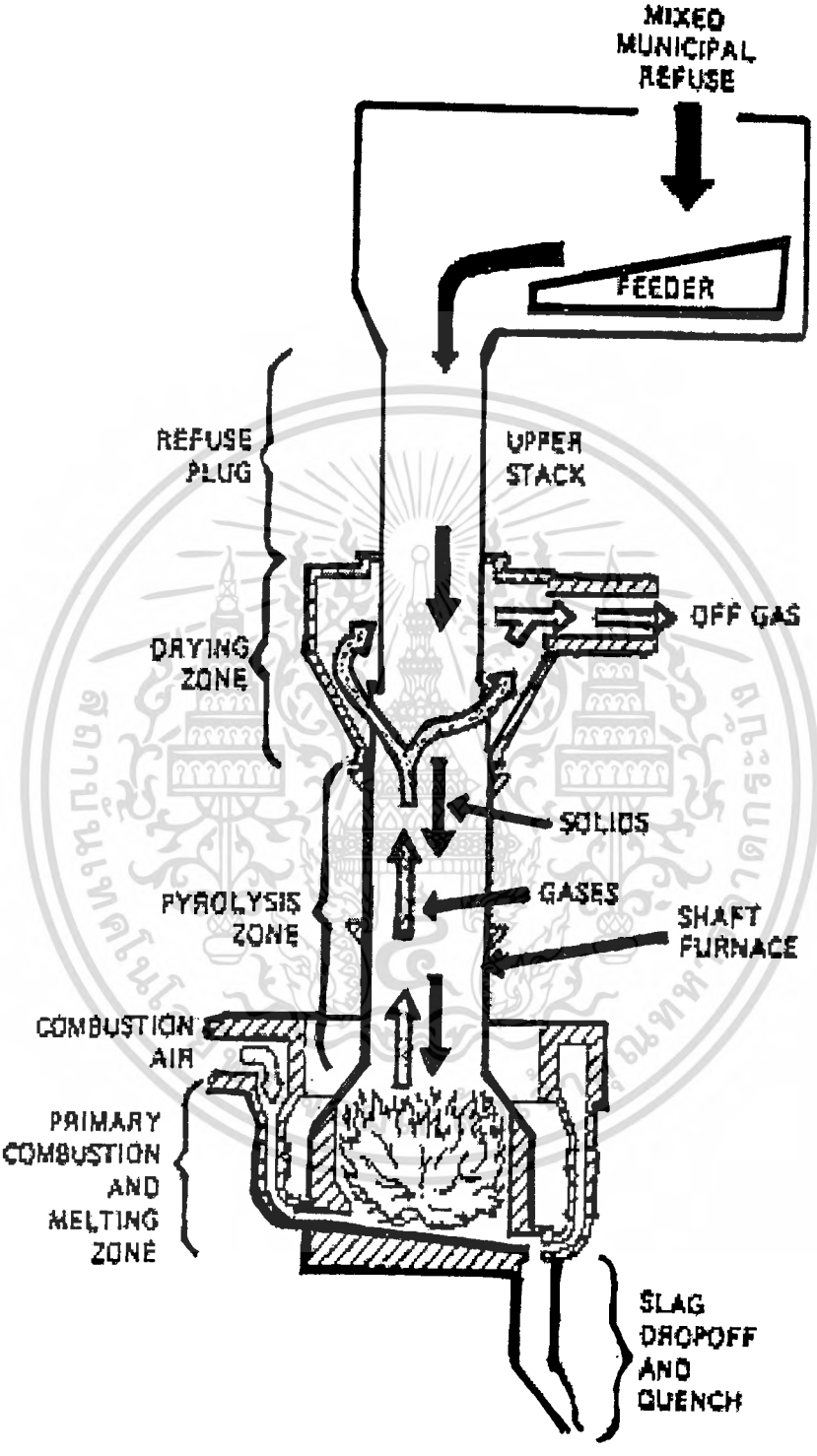
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีสมบัติเป็นเชื้อเพลิง) ไม่ให้มีการผสมกันเกิดขึ้นในขณะทำการป้อนขยะเข้าสู่ภายในห้องเผาไหม้ เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นจาก การลุกไหม้อย่างรวดเร็วของก๊าซภายในห้องเผาไหม้เมื่อมีการผสมเข้ากับอากาศ และเพื่อเป็นการรักษาสภาวะของการเผาไหม้ขยะ จากปริมาณของอากาศภายนอกที่ไม่ต้องการ [9-11] โดยได้แสดงตัวอย่างของอุปกรณ์ และรูปแบบกลไกในการทำงานไว้ ดังในรูปที่ 2.18 และ 2.19 สำหรับการออกแบบเตาเผาระบบนี้ ในลักษณะอื่นๆ ได้มีตัวอย่างแสดงไว้ดังในรูปที่ 2.20 - 2.22 ตามลำดับ



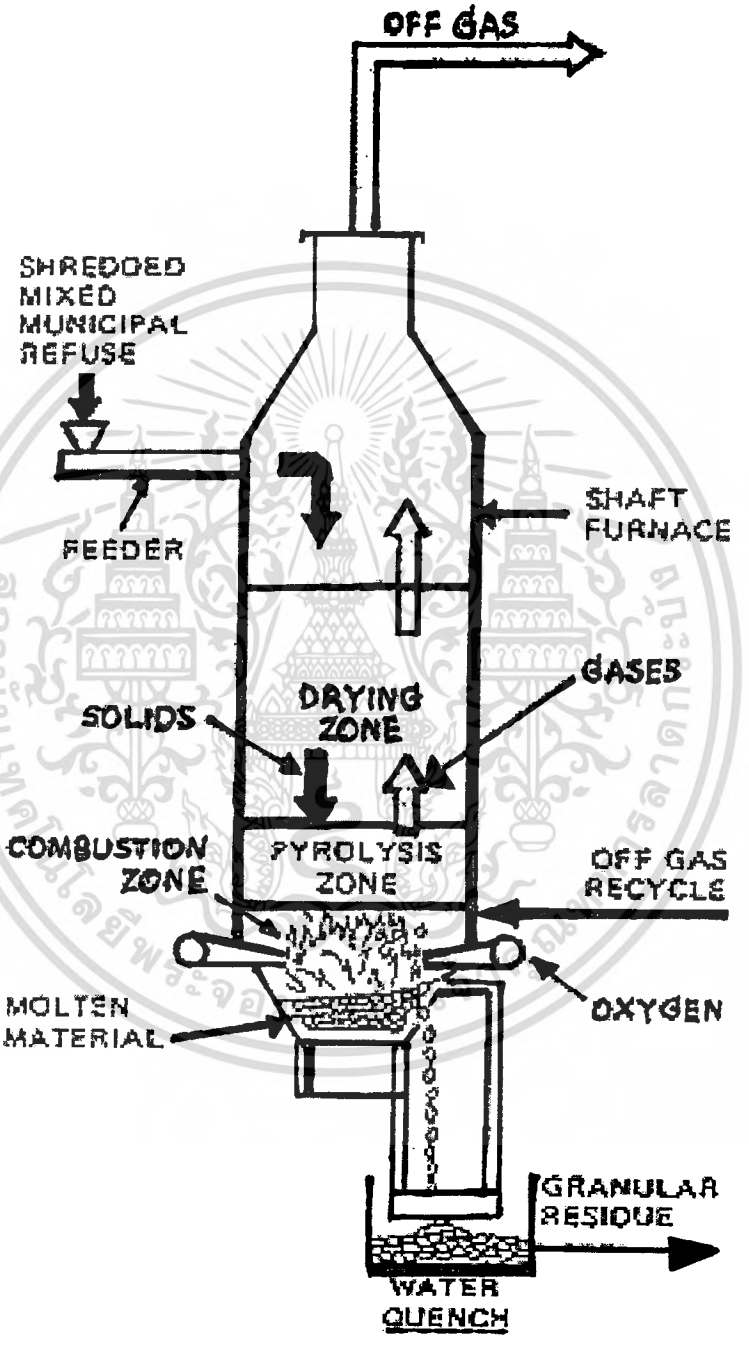
รูปที่ 2.19 แสดงกลไกในการทำงานของอุปกรณ์ป้อนขยะที่ใช้สำหรับเตาเผาระบบไพโรไลซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



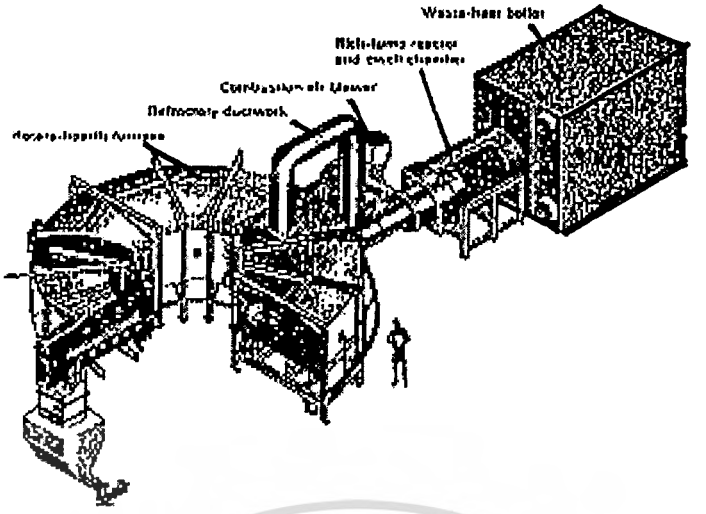
รูปที่2.20 แสดงรูปแบบเตาเผาระบบไพโรไลซิส แบบ Torrax reactor (ที่มา : Andco-Torrax Corp.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงรูปแบบเตาเผาระบบไพโรไลซิส แบบ Purox reactor (ที่มา : Union Carbide Corp., Charleston, W. Va.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 แสดงรูปแบบเตาเผาระบบไพโรไลซิส แบบ Rotary-hearth pyrolyzer (Courtesy of Midland-Ross Corporation)

ข้อดี และข้อเสียของเตาเผาแบบควบคุมปริมาณอากาศต่ำกว่าจุดสมมูลนั้น ได้สรุปรายละเอียดไว้ ดังนี้ [6-13]

ข้อดี

1. เป็นขบวนการเผาไหม้ของเสียที่ใช้อุณหภูมิต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับขบวนการเผาไหม้แบบอื่นๆ จึงทำให้วัสดุที่เป็นโครงสร้างภายในเตาเผามีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

2. ก่อให้เกิดสารมลพิษในระดับที่ต่ำกว่าระบบการเผาอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารมลพิษประเภทฝุ่นละออง และสารมลพิษในกลุ่มของสารประกอบไดออกซิน

3. การควบคุมสภาวะการเผาไหม้ของขบวนการเผานี้ สามารถกระทำได้ง่าย เนื่องจากระบบการเผานี้เป็นปฏิกิริยาชนิดดูดความร้อน จึงสามารถควบคุมสภาวะการเผาไหม้ขยะได้จากการจ่ายปริมาณเชื้อเพลิง หรือพลังงานในรูปอื่นเข้าสู่ห้องเผาไหม้ทั้งสองส่วน หรือจากการควบคุมปริมาณการป้อนอากาศเข้าสู่ภายในห้องเผาไหม้ ซึ่งมีส่วนควบคุมการทำงานที่แยกออกจากกันอย่างชัดเจน

4. องค์ประกอบคาร์บอนในของเสียทั้งของแข็ง และของเหลวจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสถานะของก๊าซ ที่มีค่าความร้อนจากการเผาไหม้สูงขึ้น ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ในรูปของเชื้อเพลิง โดยไอของก๊าซในส่วนที่สามารถเกิดการควบแน่นได้ จะสามารถนำกลับมาใช้ได้อีกในรูปของน้ำมันดิน สำหรับไอของก๊าซที่ไม่เกิดการควบแน่นจะมีค่าความร้อนจากการเผาไหม้ที่สูงกว่า จึงสามารถนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูงได้ต่อไป

5. สามารถลดปริมาตรของเสียลงได้มากกว่า 90 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

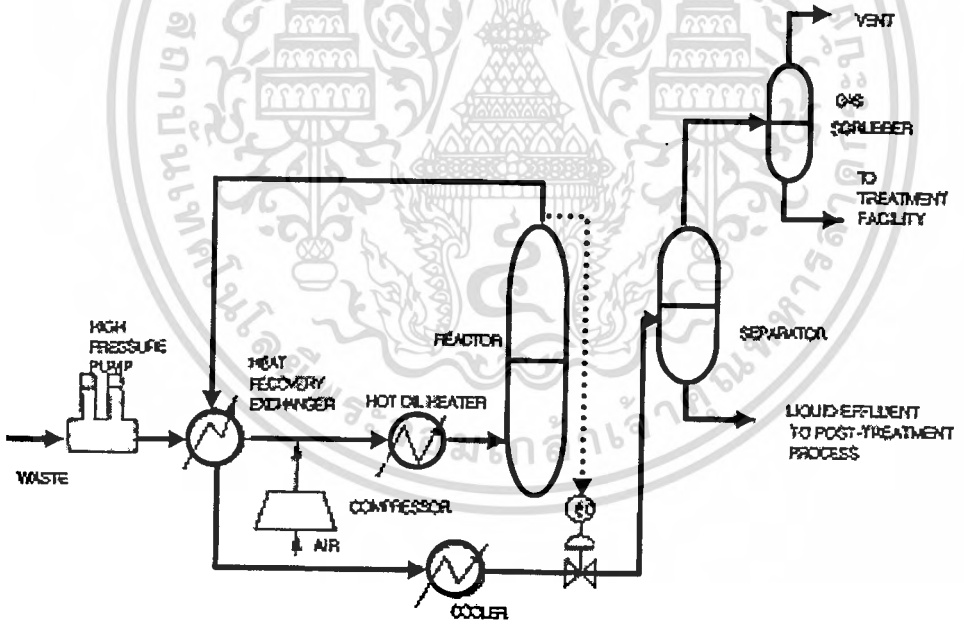
6. ส่วนที่เหลือจากขบวนการไพโรไลซิสจะเป็นของแข็งที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งปราศจากเชื้อ และอยู่ในรูปที่มีความเสถียร จึงไม่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปได้อีก โดยมีส่วนประกอบหลักเป็นสารประกอบอนินทรีย์ และมีสารประกอบอินทรีย์ที่มีจุดเดือดสูงๆ เป็นส่วนประกอบรวมอยู่บ้างในปริมาณเล็กน้อย

ข้อเสีย

1. เนื่องจากระบบการเผานี้เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน จึงทำให้สิ้นเปลืองระยะเวลาและเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ขยะมากกว่าระบบการเผาไหม้แบบให้ปริมาณอากาศอย่างมากเกินพอ

2. ขบวนการเผาไหม้นี้ไม่สามารถที่จะนำพลังงานที่อยู่ในรูปของขยะ ไปใช้ได้ทั้งหมด เนื่องจากพลังงานบางส่วนยังเหลืออยู่ในรูปของสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ยาก

3. ก๊าซที่เหลือจากขบวนการเผาไหม้ขยะนี้ ยังมีความจำเป็นต้องได้รับการบำบัดด้วยอุปกรณ์บำบัดอากาศที่เหมาะสม



รูปที่ 2.23 แสดงรูปแบบของระบบการสันดาปแบบเปียก

2.5.3.3 ระบบการสันดาปแบบเปียก หรือระบบเว็ตแอร์ออกซิเดชั่น [9,44]

เป็นวิธีการบำบัดขั้นต้นสำหรับของเสียประเภทสารละลาย ซึ่งมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่เป็นพิษเจือปน ก่อนที่จะนำไปบำบัดต่อไปด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพ หรือระบบอื่นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสม วิธีการบำบัดนี้จะมีหลักการในการทำงาน โดยจะควบคุมสภาวะของการสันดาปภายในห้องทำปฏิกิริยา ให้มีระดับความความดัน ~ 10 Mpa และมีปริมาณของอากาศที่สูงพอเหมาะ ดังขั้นตอนในรูปที่ 2.23 ซึ่งจะทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นขึ้นได้ที่ระดับอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ โดยไม่สร้างปัญหาเกี่ยวกับมลพิษทางด้านอากาศ และยังมีประสิทธิภาพสูงในการทำลายองค์ประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ ได้เกือบทั้งหมดด้วย ดังนั้นสารละลายที่ผ่านขั้นตอนของการบำบัดนี้แล้ว จึงสามารถนำไปทำการบำบัดต่อไปได้อย่างปลอดภัย ด้วยวิธีการที่ง่าย และสะดวกมากขึ้น

2.6 เตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควัน

เมื่อพิจารณาจากรายละเอียดในหัวข้อข้างต้นที่ได้กล่าวถึงรูปแบบ และระบบของเตาเผาในแบบต่างๆ จะพบว่าระบบการเผาไหม้แบบให้ปริมาณอากาศที่ต่ำกว่าจุดสมมูล หรือระบบไพโร-ไลซิสนั้น เป็นระบบที่สามารถช่วยลดปัญหาทางด้านการก่อสารมลพิษต่างๆ จากการเผาไหม้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด เนื่องจากในเตาเผาระบบนี้จะมีการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองต่างๆ ภายในห้องเผาไหม้อยู่ในระดับที่ต่ำ จึงเป็นผลให้ฝุ่นละอองเหล่านี้ไม่สามารถถูกพัดพาให้ฟุ้งกระจายออกจากห้องเผาไหม้ ไปพร้อมกับกระแสก๊าซได้ ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดปริมาณของสารมลพิษประเภทฝุ่นละอองได้โดยตรงแล้ว จากการศึกษายังได้พบว่า ด้วยจุดเด่นประการนี้จะช่วยให้สามารถลดปริมาณของสารมลพิษประเภทสารประกอบไดออกซิน และฟิวแรนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ได้อีกด้วย [9,10, 14-19, 27-30] สารประกอบไดออกซิน และฟิวแรนนี้เป็นสารมลพิษที่มีความเป็นอันตรายสูง ซึ่งมักจะเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ขยะต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขยะจากสถานพยาบาล จะพบว่ามีเกิดขึ้นมากกว่าขยะประเภทอื่นๆ [7,8, 14-18] ด้วยเหตุนี้การออกแบบเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควันในโครงการวิจัยครั้งนี้ จึงได้เลือกใช้ระบบการเผาไหม้ภายในเตาเผาเป็นระบบไพโรไลซิส ซึ่งจะมีความเหมาะสมอย่างยิ่งในการใช้กำจัดขยะจากสถานพยาบาล เพราะจากจุดเด่นของระบบการเผาไหม้นี้ยังช่วยให้สามารถกำจัดเชื้อโรคชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะได้อย่างหมดสิ้น โดยที่เชื้อโรคเหล่านั้นไม่สามารถเกิดการฟุ้งกระจาย และเล็ดลอดออกจากห้องเผาไหม้ที่มีระดับอุณหภูมิภายในที่สูงกว่า 600 °C ได้ [7-9]

สารมลพิษทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากขบวนการเผาไหม้ขยะนั้น มีอยู่หลายประเภทด้วยกัน ดังเช่น สารมลพิษประเภทฝุ่นละออง (ได้แก่ ฝุ่นละอองทั่วไป และฝุ่นละออง หรือไอของสารโลหะหนักชนิดต่างๆ) สารมลพิษประเภทก๊าซที่มีสมบัติเป็นกรด (เช่น ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น) สารมลพิษประเภทก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และสารมลพิษประเภทสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่างๆ (เช่น สารประกอบไดออกซิน และฟิวแรน เป็นต้น) สารมลพิษเหล่านี้ถ้าหากมีการปล่อยออกสู่บรรยากาศทั่วไป ในระดับปริมาณที่สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ จะสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่างๆ ตามมาได้อย่างรุนแรง โดยอาจจะเป็นผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระทบต่อสุขภาพอนามัยของสิ่งมีชีวิต หรืออาจเป็นผลกระทบให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสภาวะแวดล้อมต่างๆ ขึ้นได้ ดังเช่น ปรากฏการณ์เรือนกระจก และปรากฏการณ์สภาพภูมิอากาศโลกปรวนแปร หรือที่รู้จักกันดีว่าเป็นปรากฏการณ์ EL-NINO เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมปริมาณของสารมลพิษต่างๆ เหล่านี้ให้อยู่ในระดับที่มาตรฐานกำหนดไว้ ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลได้พบว่า สามารถที่จะควบคุมได้จากปัจจัยสำคัญทั้ง 4 ส่วน ดังต่อไปนี้ [6-14, 45-47]

- องค์ประกอบของขยะที่ต้องการเผา
- การออกแบบของเตาเผาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน
- สภาวะของการปฏิบัติงาน
- อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ

2.6.1 องค์ประกอบของขยะที่ต้องการเผา

โดยที่จริงแล้วสารมลพิษต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ขยะนั้น ล้วนมีแหล่งที่มาจากองค์ประกอบของขยะที่ถูกเผาด้วยกันทั้งสิ้น ด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนแปลงชนิด หรือสัดส่วนขององค์ประกอบต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะ จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิด และสัดส่วนของสารมลพิษต่างๆ ที่เกิดขึ้นด้วย นอกจากนั้นยังได้ส่งผลต่อสมบัติโดยรวมต่างๆ ของขยะให้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมด้วยเช่นกัน ดังเช่น ค่าความชื้น ค่าความหนาแน่น และค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของขยะ เป็นต้น สมบัติโดยรวมต่างๆ ของขยะนี้ จะมีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับสภาวะการเผาไหม้ของขยะ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการควบคุมชนิด และระดับปริมาณของสารมลพิษต่างๆ ที่เกิดขึ้นนี้ด้วย ดังนั้นในการเผาขยะถ้าหากมีการควบคุมองค์ประกอบ สัดส่วน และปริมาณของขยะที่ต้องการเผาในแต่ละครั้งให้มีความคงที่ และเหมาะสมกับความสามารถของเตาเผาที่ใช้แล้ว จะช่วยให้สามารถลดปริมาณของสารมลพิษต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้อีกทางหนึ่งด้วย [6-16, 46-47]

2.6.2 การออกแบบของเตาเผาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

โดยทั่วไปก่อนการปฏิบัติงานของเตาเผาในแต่ละครั้งจะมีการตรวจสอบ และเตรียมความพร้อมของเตาเผา และอุปกรณ์ต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบทั้งหมด เพื่อให้แน่ใจว่าเตาเผาที่จะใช้ในการปฏิบัติงานนั้นยังอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ และพร้อมที่จะปฏิบัติงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นวิธีการที่จะสามารถช่วยลดปัญหาการก่อสารมลพิษต่างๆ จากการเผาไหม้ได้ในระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามสิ่งที่สำคัญที่สุดคือ เตาเผาที่ใช้ในการปฏิบัติงานนั้นจะต้องได้รับการออกแบบมาอย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับประเภทของขยะที่ต้องการเผา จึงจะสามารถลดปัญหาเกี่ยวกับสารมลพิษต่างๆ ที่เกิดขึ้นนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [14,15,35] ดังเช่น การออกแบบเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควันให้มีระบบการเผาไหม้เป็นแบบสตาฟแอร์นั้น จะช่วยให้สามารถลดปัญหาเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับสารมลพิษประเภทฝุ่นละอองต่างๆ รวมถึงสารมลพิษประเภทสารประกอบไดออกซิน และฟิวแรนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้น [14-18, 25-28, 46, 48]

สารประกอบไดออกซิน และฟิวแรนนี้ได้ถูกค้นพบเป็นครั้งแรกในปี 1977 โดยกลุ่มผู้ทำงานของ Hutzinger ในเมือง Amsterdam ซึ่งได้มีการศึกษาพบว่าสารมลพิษดังกล่าวนี้ จะมีเป็นองค์ประกอบอยู่ในเถ้าต่างๆ ที่ปลิวออกมาจากเตาเผาขยะจากแหล่งชุมชนที่ตั้งอยู่ในเมือง Amsterdam จากนั้นจึงได้มีการพยายามที่จะศึกษา และขยายผลการวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับสารมลพิษในกลุ่มนี้กันเรื่อยมา โดยสามารถสรุปลำดับขั้นตอนของการศึกษาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้ดังนี้ [28]

- ตามหลักการทางทฤษฎี และจากการศึกษาทดลองสามารถสรุปได้ว่า ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสถานะก๊าซนั้น ไม่สามารถเป็นผลให้มีสารประกอบ PCDDs/PCDFs เกิดขึ้นได้ แต่ปฏิกิริยาการรวมรูปกันขึ้นเป็นสารประกอบ PCDD/PCDF โดยสารตั้งต้นในสถานะก๊าซนั้น จะสามารถเกิดปฏิกิริยาขึ้นได้บนพื้นผิวของวัตถุตัวกลางที่มีสถานะเป็นของแข็ง(ปฏิกิริยามีลักษณะเป็น heterogeneous reaction)

- จากการทดลองในห้องปฏิบัติการได้แสดงผลว่า สารประกอบ chloro phenol และสารตั้งต้นชนิดอื่นๆ รวมถึงองค์ประกอบของคาร์บอนในเถ้า จะมีการทำปฏิกิริยารวมรูปกันเกิดขึ้นบนพื้นผิวของเถ้าที่กำลังฟุ้งกระจายออกจากเตาเผา โดยจะมีการเร่งปฏิกิริยาเกิดขึ้นจากส่วนประกอบที่เป็นเกลือ และออกไซด์ของโลหะชนิดต่างๆ ในเถ้า ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าสารประกอบเหล่านี้ ปกติมักจะมีสมบัติในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ด้วย จึงเป็นส่วนที่ช่วยสนับสนุนให้สารตั้งต้นสามารถทำปฏิกิริยารวมรูปกันขึ้นเป็นสารประกอบ PCDD/PCDF ได้บนพื้นผิวของเถ้า โดยทั่วไปสารประกอบออกไซด์ และเกลือของโลหะ ที่มักพบเป็นส่วนประกอบอยู่ในเถ้านั้น จะได้แก่ copper chloride ($CuCl_2$) copper oxide (CuO) copper sulfate ($CuSO_4$) ferric oxide (Fe_2O_3) zinc oxide (ZnO) nickel oxide (NiO) และ aluminum oxide (Al_2O_3) จากการศึกษาสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งหมดนี้ ได้พบว่าสารประกอบ copper chloride มีสมบัติเป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาดังกล่าวได้ดีที่สุด

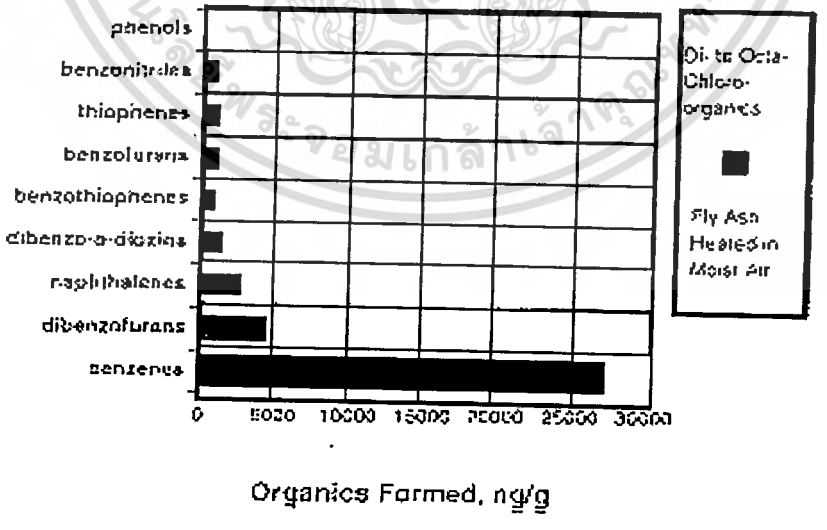
- สารตั้งต้นในสถานะก๊าซของสารประกอบ PCDD/PCDF เช่น สารประกอบ chloro phenol และสารประกอบอื่นๆ อาจจะมีแหล่งที่มาจากการแยกสลายทางโครงสร้างของวัตถุที่เป็นขยะด้วยความร้อน หรือจากผลิตผลของการเผาไหม้ขยะอย่างไม่สมบูรณ์ด้วยระดับอุณหภูมิที่สูง หรืออาจเป็นผลิต ผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่ระดับอุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะมีการรวมรูปกันขึ้นขององค์ประกอบที่เป็นสารคาร์บอนในเถ้า ที่กำลังฟุ้งกระจายออกจากเตาเผา (ซึ่งจะมีระดับอุณหภูมิต่ำกว่าภายในห้องเผาไหม้) สารตั้งต้นจากแหล่งที่มาต่างๆ นี้ จะสามารถเกิดปฏิกิริยารวมรูปกันขึ้นเป็นสารประกอบ PCDD/PCDF ได้ โดยการทำปฏิกิริยากันบนพื้นผิวของวัตถุตัวกลางที่เหมาะสม และมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะเป็นของแข็ง เช่น เถ้า (เพื่อประโยชน์ในการควบแน่น ดูดซับ หรือปลดปล่อยสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา) ปฏิกิริยานี้มีชื่อเรียกว่า ปฏิกิริยา De Novo reaction

- ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ De Novo synthesis reaction นี้ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ โดยการนำเถ้าไปเผาด้วยเตาเผาทั่วไปภายในห้องทดลอง เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยา De Novo synthesis จะต้องอาศัยปัจจัยอื่นๆ มาเป็นส่วนประกอบด้วย คือ จะต้องมีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่ระดับอุณหภูมิต่ำ ของสารคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในเถ้าที่ฟุ้งกระจาย ซึ่งจะให้ผลิตผลเป็นสารประกอบ biaryl ring structure สำหรับใช้เป็นสารตั้งต้นของสารประกอบ PCDD/PCDF และจะต้องมีไอออนของโลหะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจะสามารถให้ธาตุคลอรีนที่จำเป็นสำหรับการรวมรูปกันขึ้นเป็นสารประ กอบ PCDD/PCDF ได้ด้วย ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่ระดับอุณหภูมิต่ำนั้นสามารถถูกเร่งปฏิกิริยาได้ด้วยไอออนของโลหะ หรือ activated carbon ที่มักพบว่ามีเป็นองค์ประกอบอยู่ในเถ้านี้ด้วยเช่นกัน ส่วนธาตุคลอรีนที่จำเป็นสำหรับปฏิกิริยา (oxy)-chlorination reaction อาจจะได้มาจาก metal chloride หรือจากในกระแสก๊าซ

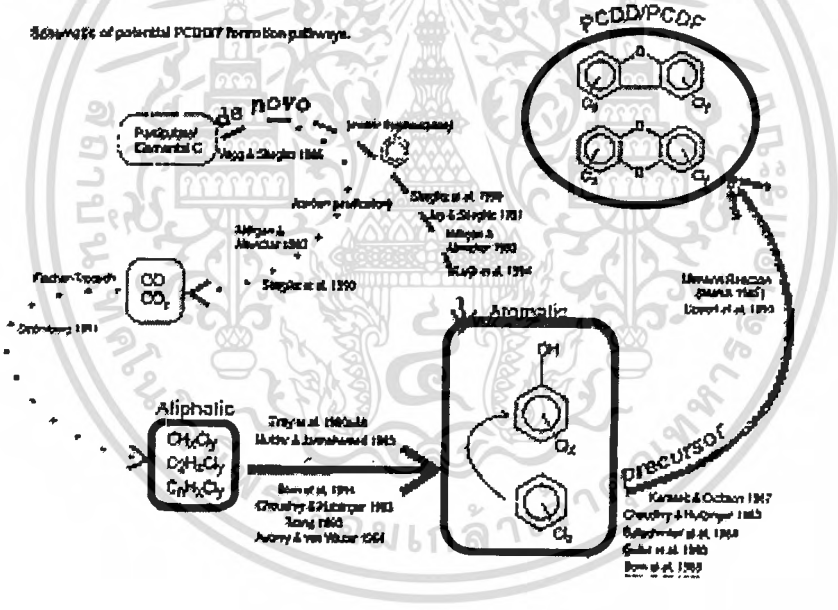
- จากการทดลองในห้องปฏิบัติการได้พบว่า ปริมาณของสารประกอบ PCDD/PCDF ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ขยะนั้นจะมีผลขึ้นอยู่กับ (1) ระดับอุณหภูมิความร้อนที่เถ้าได้รับ (2)ระดับปริมาณ และรูปแบบของสารคาร์บอนที่มีอยู่ในเถ้า (3) ปริมาณของโลหะ Cu และโลหะที่มีสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่นๆ และ (4) ปริมาณความเข้มข้นของ H_2O, O_2, และ HCl ที่มีอยู่ในกระแสก๊าซเผาไหม้



รูปที่ 2.24 แสดงปริมาณของสารประกอบอินทรีย์คลอลีนชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขบวนการสังเคราะห์ de Novo synthesis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปฏิกิริยาสังเคราะห์ De Novo synthesis reaction ได้ก่อให้เกิดสารประกอบ chloro - organic compound ชนิดต่างๆ ขึ้น ได้แก่ (1) สารประกอบในกลุ่มของ chlorophenols, chloro-benzonitriles, chloro-thiophenes, chloro-benzofurans, chloro-benzothiophenes (2) สารประกอบในกลุ่ม PCDDs, PCDDs-napthalenes และ (3) สารประกอบในกลุ่ม PCDFs, PCDFs-benzenes ดังในรูปที่ 2.24 โดยสามารถสรุปขั้นตอนของการเปลี่ยนรูปจากสารตั้งต้นไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ ในปฏิกิริยา de Novo Synthesis ตามลำดับขั้นตอนของการค้นพบ ได้ดังในรูปที่ 2.25 [27] ซึ่งจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการได้ระบุว่า [28] ปฏิกิริยานี้จะสามารถเกิดขึ้นได้ดีในช่วงระดับอุณหภูมิประมาณ 250 °C ถึง 600 °C แต่ถ้าหากมีระดับอุณหภูมิที่สูงเกินกว่า 600 °C แล้ว สารประกอบ chloro-organic เหล่านี้จะถูกทำลายไปได้อย่างรวดเร็ว และถ้าหากมีระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 250 °C แล้ว จะส่งผลให้มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาอยู่ในระดับที่ต่ำมาก

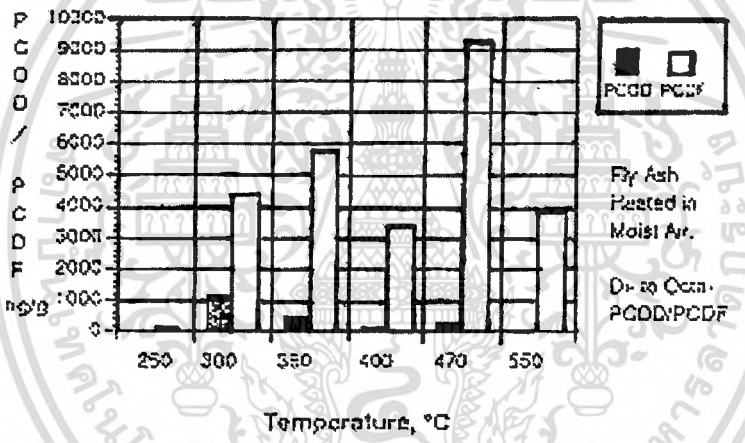


รูปที่ 2.25 แสดงขั้นตอนของการเปลี่ยนรูปจากสารตั้งต้นไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ ในปฏิกิริยา de Novo Synthesis ตามลำดับขั้นตอนของการค้นพบ

- สารประกอบในกลุ่ม PCDDs และ PCDFs สามารถแบ่งออกได้เป็นกลุ่มละ 8 แบบด้วยกัน คือ mono-, di-, tri-, tetra-, penta-, hexa-, hepta-, และ octa- ซึ่งในแต่ละแบบนั้น จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกันออกไปตามระดับอุณหภูมิ โดยจากการทดลองของ Schwartz et. al. [44] ได้แสดงผลว่าสารประกอบในแบบ di- ถึง octa-PCDDs จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงสุด ที่ระดับอุณหภูมิประมาณ 300 °C ส่วนสารประกอบในแบบ di- ถึง octa-PCDFs จะมีอัตราการเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาสูงสุด ที่ระดับอุณหภูมิประมาณ 470 °C ดังในรูปที่ 2.26 โดยในช่วงระดับอุณหภูมิประมาณ 300 °C ถึงต่ำกว่า สารประกอบในกลุ่ม PCDD และ PCDF นี้ มักจะอยู่ในรูปของแบบ tetra- ถึง octa- ได้มากกว่า 50 % แต่ที่ระดับอุณหภูมิประมาณ 350 °C ถึงมากกว่า มักจะพบในรูปของแบบ di- และ tri- ได้มากกว่า 50% แต่อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปในการศึกษา หรือการประเมินผลกระทบจากสารประกอบในกลุ่ม PCDD และ PCDF นี้ มักจะเลือกพิจารณาจากตัวแทนของกลุ่มที่อยู่ในรูปแบบ tetra- ถึง octa- เท่านั้น เนื่องจากมีความเสี่ยงสูงในการก่อให้เกิดอันตรายได้มากกว่าในรูปแบบอื่นๆ และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่นั้น มักทำการศึกษา และแสดงผลที่ได้เฉพาะสารในรูปแบบดังกล่าวเท่านั้น โดยจะแสดงผลการวัดปริมาณของสารในรูปแบบ tetra- ถึง octa- นี้ ในรูปของค่า TEQ (Toxic Equivalency factors) ซึ่งได้หมายถึงปริมาณของสารประกอบ PCDD และPCDF ที่เกิดขึ้นทั้งหมด



รูปที่ 2.26 แสดงผลของระดับอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา de Novo formation

เมื่อพิจารณาอย่างละเอียดแล้วจะเห็นได้ชัดเจนว่า สารประกอบไดออกซิน และฟิวแรนนี้ จะมีกลไกการเกิดที่เกี่ยวพันกันอย่างใกล้ชิดกับเถ้า และฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายออกจากเตาเผา ด้วยเหตุนี้ถ้าหากสามารถลดปริมาณของฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายออกจากเตาเผา ให้อยู่ในระดับที่ต่ำลงได้แล้ว จะส่งผลให้สามารถลดปริมาณการเกิดของสารมลพิษประเภทสารประกอบไดออกซินและฟิวแรนได้ด้วยเช่นกัน [14-18, 25-28, 46,48]

2.6.3 สภาวะของการปฏิบัติงาน [6-18]

สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นอันตราย ซึ่งอาจมีเป็นส่วนประกอบอยู่ในขยะที่ป้อนเข้าสู่เตาเผา หรือถูกสร้างขึ้นในขณะที่ทำการเผาไหม้ขยะนั้น สามารถที่จะทำลายให้หมดสิ้นได้ ถ้าหากมีการควบคุมสภาวะการเผาไหม้ได้อย่างเหมาะสม ดังเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีระดับอุณหภูมิการเผาไหม้ที่สูงเพียงพอ
- มีปริมาณของอากาศที่สูงเพียงพอ สำหรับเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์
- มีการคลุกเคล้ากันระหว่างเชื้อเพลิง (ขยะ) และอากาศได้เป็นอย่างดี
- และมีระยะเวลาในการเผาไหม้ที่นานเพียงพอ เป็นต้น

สภาวะการเผาไหม้ขยะนี้ โดยทั่วไปจะถูกกำหนดขึ้นโดยผู้ที่ได้ทำการออกแบบเตาเผานั้น ซึ่งมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบ และการทำงานของเตาเผาเป็นอย่างดี ด้วยเหตุนี้ผู้ควบคุมการปฏิบัติงานของเตาเผาจึงควรที่จะศึกษา และปฏิบัติตามคำแนะนำในการใช้งานอย่างเคร่งครัด เพื่อให้การปฏิบัติงานของเตาเผา มีประสิทธิภาพในการทำงานได้สูงสุดตามที่ได้ออกแบบไว้ และยังเป็นการช่วยลดปัญหามลพิษทางด้านอากาศ ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ขยะได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเตาเผาได้มีการใช้งานไประยะหนึ่งแล้ว อาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะการเผาไหม้ภายในเตาเผาได้ และเป็นผลให้เตาเผามีประสิทธิภาพในการทำงานที่ลดต่ำลง ดังนั้นการปรับเปลี่ยนค่าปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือมีผลต่อการควบคุมสภาวะการเผาไหม้ภายในเตาเผานั้น (ดังเช่น ระดับอุณหภูมิ และความดันภายในห้องเผาไหม้ ปริมาณของอากาศที่ไหลผ่านห้องเผาไหม้ และอัตราการป้อนขยะ เป็นต้น) จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น และสามารถกระทำได้ตามความเหมาะสม เพื่อให้เตาเผามีประสิทธิภาพในการใช้งานได้เช่นเดิม โดยจะต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญ และมีความรู้ความเข้าใจเป็นอย่างดีเกี่ยวกับ วิธีการควบคุมการปฏิบัติงาน และระบบต่างๆ ของเตาเผาที่มีความสัมพันธ์กันทั้งหมด [8-16]

ถึงแม้ว่าการติดตามตรวจสอบหาปริมาณของสารประกอบ PCDD/PCDF ที่ปล่อยออกจากเตาเผา จะไม่สามารถกระทำได้อย่างต่อเนื่องก็ตาม แต่ปัจจัยต่างๆ ของการปฏิบัติงานที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปริมาณการเกิดของสารประกอบ PCDD/PCDF นั้น ยังสามารถที่จะทำการติดตามตรวจสอบ และควบคุมได้อย่างต่อเนื่อง ดังเช่น การควบคุมให้มีการจำกัดปริมาณการปล่อยสารคาร์บอนมอนอกไซด์ หรือการควบคุมระดับอุณหภูมิของก๊าซ ก่อนป้อนเข้าสู่เครื่องควบคุมอนุภาคฝุ่นละออง เป็นต้น นอกจากนั้นยังสามารถทำการติดตามตรวจสอบความทึบแสง และปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในกระแสก๊าซที่ปล่อยออกมาจากเตาเผาอย่างต่อเนื่อง เพื่อที่จะใช้เป็นผลในการยืนยันสภาวะการปฏิบัติงานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษที่ระยะเวลาต่างๆ ได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามในแต่ละปี หรือช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม ควรมีการทดสอบหาปริมาณของสารประกอบ PCDD/PCDF ที่เกิดขึ้นจากเตาเผาในสภาวะการปฏิบัติงานตามปกติ เพื่อที่จะใช้ในการเปรียบเทียบผล และเป็นการตรวจสอบสภาวะการปฏิบัติงาน และค่าปัจจัยต่างๆ ที่ได้ถูกกำหนดไว้แล้วนั้น ว่าจะเป็นผลให้การปฏิบัติงานของเตาเผามีประสิทธิภาพเหมือนเช่นเดิมหรือไม่ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการควบคุม และปรับสภาวะการปฏิบัติงานของเตาเผาให้มีความเหมาะสมต่อไป [28]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ [6-13, 40-42, 49-51]

โดยทั่วไปอุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศนั้นได้หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการทำความสะอาด หรือบำบัด ก๊าซที่เกิดขึ้นจากขบวนการเผาไหม้ขยะ ให้มีปริมาณของสารมลพิษอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ก่อนที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศแบบพื้นฐานสำหรับเตาเผานั้นมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ [34]

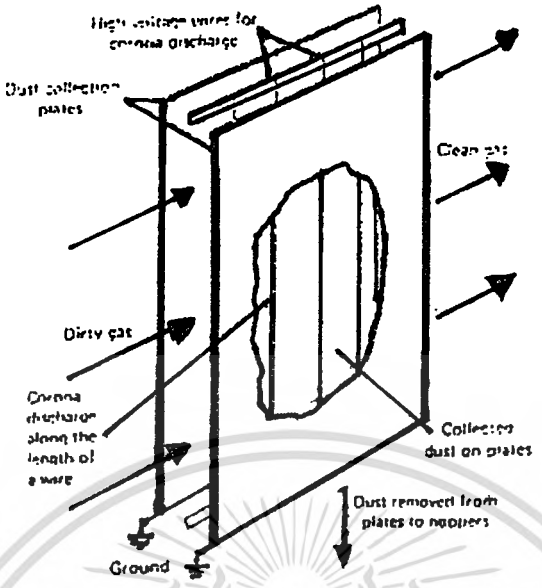
- อุปกรณ์ควบคุมอนุภาคฝุ่นละออง
- อุปกรณ์ควบคุมก๊าซที่มีสมบัติเป็นกรด
- อุปกรณ์ควบคุมก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ NO_x

2.6.4.1 อุปกรณ์ควบคุมอนุภาคฝุ่นละออง

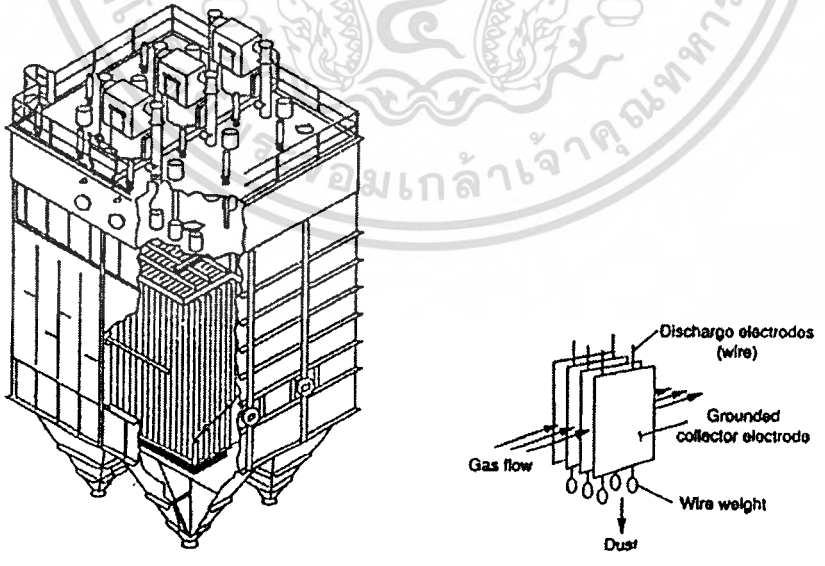
อนุภาคฝุ่นละอองจะประกอบไปด้วยอนุภาคของแข็งที่ไม่เผาไหม้ และอนุภาคที่เกิดขึ้นจากการควบแน่นของก๊าซ ซึ่งปกติมักจะมีขนาดที่เล็ก และสามารถแขวนลอยได้ในก๊าซ ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ ควันก็เป็นรูปหนึ่งของอนุภาคฝุ่นละอองที่เราสามารถมองเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า แต่ยังมีสสารอื่นๆ อีกมากมายที่อยู่ในรูปของอนุภาคฝุ่นละออง เช่น ไอระเหิด และอนุภาคของโลหะหนักชนิดต่างๆ และสารประกอบอินทรีย์ที่ยังเผาไหม้ไม่หมด โดยในขณะที่อยู่ภายในห้องเผาไหม้นั้นสารบางชนิดอาจจะมีรูปสภานะเป็นก๊าซอยู่ แต่เมื่อผ่านออกมาจากห้องเผาไหม้แล้ว ระดับอุณหภูมิของก๊าซจะลดต่ำลงเรื่อยๆ จนสามารถเกิดการควบแน่นขึ้นได้ และกลายเป็นอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก

การควบคุมปริมาณของอนุภาคฝุ่นละออง ประเภทสารโลหะหนักชนิดต่างๆ ให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ไม่สามารถที่จะกระทำได้ โดยการใช้อุปกรณ์ควบคุมอนุภาคฝุ่นละอองเพียงอย่างเดียว ดังเช่น สารปรอท ซึ่งมีระดับอุณหภูมิของการระเหยกลายเป็นไอ และการควบแน่นที่ต่ำกว่าโลหะหนักชนิดอื่นๆ มาก จึงเป็นผลให้ปรอทส่วนใหญ่มีสถานะเป็นก๊าซที่ระดับอุณหภูมิทั่วไปภายในเตาเผา และอุปกรณ์ควบคุมมลพิษแบบต่างๆ (ระดับอุณหภูมิภายในอุปกรณ์ควบคุมมลพิษโดยทั่วไปจะประมาณ 180 - 450 ∘C) ดังนั้นการใช้อุปกรณ์ควบคุมอนุภาคฝุ่นละอองที่มีประสิทธิภาพสูง ก็ไม่สามารถทำการจำกัดปริมาณการปล่อยสารปรอทนี้ได้ แต่ในทางกลับกันถ้าหากเป็นสารตะกั่ว ซึ่งมีระดับอุณหภูมิของการระเหยกลายเป็นไอ และการควบแน่นที่สูงกว่าของสารปรอท จะส่งผลให้อุปกรณ์ควบคุมอนุภาคฝุ่นละอองมีประสิทธิภาพในการควบคุมสารตะกั่ว ได้ดีมากกว่าการใช้กับสารปรอท แต่อย่างไรก็ตามภายในขบวนการควรมีการควบคุมอุณหภูมิของกระแสก๊าซให้ลดต่ำลงก่อนที่จะเข้าสู่อุปกรณ์ควบคุมอนุภาคฝุ่นละออง เพื่อให้สารมลพิษมีการควบแน่นเกิดขึ้นมากที่สุด และสามารถถูกควบคุมได้ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอนุภาคฝุ่นละออง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 แสดงรูปแบบของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์แบบแผ่น และลวด



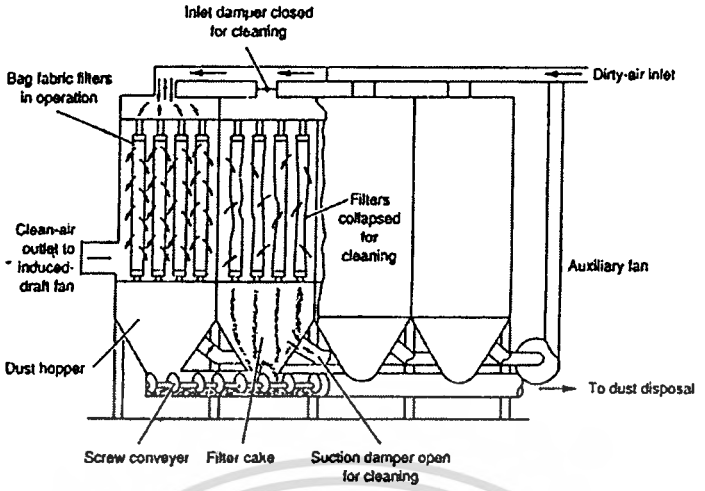
รูปที่ 2.28 แสดงการทำงานของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ควบคุมอนุภาคฝุ่นละอองแบบพื้นฐานที่มีใช้กันทั่วไปในเตาเผารุ่นใหม่ๆ มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ 1. เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์ 2. เครื่องดักอนุภาคแบบใช้ตัวกลางเส้นใย โดยเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์นั้นจะมีลักษณะดังในรูปที่ 2.27 ซึ่งมีหลักการทำงานโดยการประจุขั้วไฟฟ้าให้กับอนุภาคฝุ่นละอองชนิดต่างๆ ที่ผ่านเข้ามายังอุปกรณ์ควบคุม จากนั้นจึงทำการดักจับอนุภาคฝุ่นละอองนี้ ด้วยแผ่นตัวนำที่มีการต่อเข้ากับขั้วไฟฟ้าที่มีประจุตรงข้ามกับของอนุภาคฝุ่นละออง ซึ่งจะเป็นผลให้อนุภาคฝุ่นละอองมีการเกาะสะสมตัวอยู่บนแผ่นตัวนำได้ ด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าที่มีขั้วต่างกัน ดังในรูปที่ 2.28 เมื่ออนุภาคฝุ่นละอองมีการเกาะสะสมตัวอยู่บนแผ่นตัวนำมากขึ้นแผ่นตัวนำนี้จะถูกเคาะ หรือสั่นเป็นระยะเพื่อให้ฝุ่นละอองได้มีการหลุดร่วงลงไปสู่ถังเก็บอนุภาคฝุ่นละออง สำหรับประสิทธิภาพของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์นี้ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายประการ เช่น พื้นที่ผิวสัมผัสของแผ่นตัวนำ ความเร็วของกระแสก๊าซที่ไหลผ่านอุปกรณ์ธรรมชาติ และขนาดของอนุภาคฝุ่นละออง และรวมถึงระดับอุณหภูมิ และความชื้นของกระแสก๊าซด้วย [40-42, 51] เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์นี้จัดว่าเป็นอุปกรณ์ที่สามารถใช้ควบคุมอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้อย่างมีประสิทธิภาพแบบหนึ่ง ซึ่งสามารถใช้ปฏิบัติงานได้ที่ระดับอุณหภูมิสูงๆ และยังมีระยะเวลาการใช้งานที่ยาวนานกว่าเครื่องดักอนุภาคแบบใช้ตัวกลางเส้นใย

สำหรับเครื่องดักอนุภาคแบบใช้ตัวกลางเส้นใย จะมีลักษณะดังในรูปที่ 2.29 ซึ่งได้อาศัยหลักการทำงานเช่นเดียวกันกับ การใช้ถุงผ้ากรองอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กออกจากสารละลาย แต่อุปกรณ์นี้ได้ถูกออกแบบขึ้นใช้ในการกรองอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กชนิดต่างๆ ออกจากกระแสก๊าซ โดยถุงผ้าที่นำมาใช้นั้นจะทำขึ้นจากเส้นใยคุณสมบัติพิเศษที่มีความทนทานเหนือกว่าผ้าธรรมดาทั่วไปมาก และยังสามารถทนความร้อนได้อีกด้วย ซึ่งในส่วนของการออกแบบเครื่องมือนั้น สามารถที่จะออกแบบให้มีจำนวนถุงผ้าได้มากตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการของผู้ออกแบบ โดยในหนึ่งเครื่องอาจมีจำนวนถุงผ้าได้ตั้งแต่สิบถุงจนถึงเป็นพันถุง และยังสามารถออกแบบให้มีการทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ต้องหยุดพักเพื่อทำความสะอาดถุงผ้าเมื่อมีอนุภาคฝุ่นละอองสะสมอยู่เป็นปริมาณมากขึ้น ด้วยการเพิ่มระบบของเครื่องสั่นถุงผ้า หรือระบบใช้อากาศแรงดันสูงเป่าเข้าสู่ถุงผ้าในทิศทางที่สวนกับทิศทางการไหลของอากาศ ในขณะทำงานปกติ ดังในรูปที่ 2.29 เครื่องดักอนุภาคแบบใช้ตัวกลางเส้นใยนี้ ถึงแม้ว่ามีหลักการทำงานที่ง่าย แต่ในการทำงานเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับวิธีการอื่นๆ แล้ว จะพบว่าวิธีการนี้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมปริมาณอนุภาคฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กต่างๆ รวมทั้งอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กประเภทสารประกอบอินทรีย์ และสารโลหะหนักชนิดต่างๆ ได้ดีกว่าเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์ สำหรับข้อเสียคือถุงผ้าที่ใช้ในการกรองอากาศนี้ ไม่สามารถที่จะทนความร้อนสูงมากๆ ได้ ดังนั้นการใช้งานกับเตาเผาจึงจำเป็นต้องมีการลดระดับอุณหภูมิของกระแสก๊าซ ก่อนส่งผ่านเข้าสู่อุปกรณ์นี้

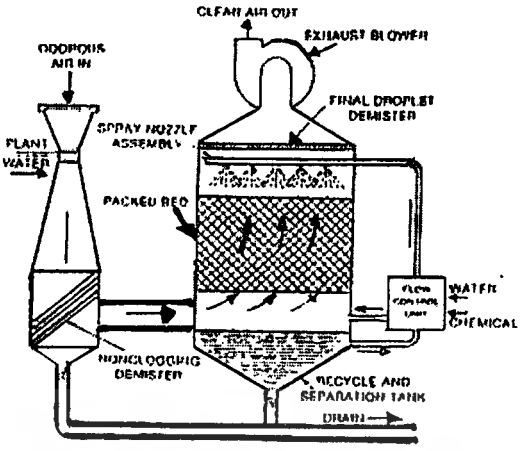
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 แสดงรูปแบบของเครื่องดักอนุภาคแบบใช้ตัวกลางเส้นใย และวิธีการทำความสะอาดแบบใช้อากาศแรงดันสูง

อุปกรณ์ควบคุมอนุภาคฝุ่นละอองอีกแบบหนึ่งที่มีการนำมาใช้ร่วมกับเตาเผากันอย่างกว้างขวางนั่นคือ เครื่องดักอากาศระบบเปียก หรืออาจเรียกทับศัพท์ได้ว่า เว็ตสครับเบอร์ โดยจะมีลักษณะดังในรูปที่ 2.30 อุปกรณ์นี้มีหลักการทำงานโดยใช้น้ำ หรือสารละลายของเหลวเป็นตัวกลางในการดักจับอนุภาคฝุ่นละออง และก๊าซชนิดต่างๆ ที่สามารถละลายได้ในตัวกลางของเหลวนั้น ซึ่งจะมีการฉีดพ่นให้เป็นละอองฝอยในแนวทางที่สวนกันกับ แนวทางการไหลของอากาศ เพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส และช่วยให้เกิดการสัมผัสกันระหว่างอนุภาคของเหลวกับ อนุภาคฝุ่นละออง และก๊าซได้ดีมากยิ่งขึ้น อุปกรณ์นี้ถึงแม้ว่าจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมอนุภาคฝุ่นละอองที่ต่ำกว่าอุปกรณ์ใน 2 แบบแรก แต่ยังมีจุดเด่นที่เหนือกว่าอุปกรณ์ทั้ง 2 อย่างมาก ตรงที่มีความสามารถในการดักจับสารมลพิษชนิดอื่นๆ ที่อยู่ในสถานะก๊าซได้อีกด้วย ดังเช่น ก๊าซที่มีสมบัติเป็นกรด และก๊าซที่มีสมบัติเป็นพิษชนิดต่างๆ โดยการเลือกใช้สารละลายที่เหมาะสมในการเป็นตัวทำละลายก๊าซแต่ละชนิดที่ต้องการ ซึ่งจะมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับชนิดของสารมลพิษ และสารละลายที่นำมาใช้ รวมถึงการออกแบบอุปกรณ์นี้ด้วย แต่อย่างไรก็ตามจากการใช้น้ำ หรือสารละลายของเหลวมาเป็นตัวกลางในการดักจับอนุภาคฝุ่นละออง และก๊าซมลพิษชนิดต่างๆ นั้น ได้ส่งผลให้มีน้ำเสียเกิดขึ้นจากขบวนการนี้เป็นปริมาณมาก ซึ่งจำเป็นจะต้องได้รับการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ หรือสิ่งแวดล้อมอื่นต่อไป เพื่อป้องกันมิให้สารมลพิษในน้ำเสียนี้สร้างปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาได้อีก [7-13, 49-51]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 แสดงรูปแบบของเครื่องดักอากาศระบบเปียก

2.6.4.2 อุปกรณ์ควบคุมก๊าซที่มีสมบัติเป็นกรด

ก๊าซที่มีสมบัติเป็นกรด ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ และก๊าซไฮโดรเจนฟลูออไรด์ เป็นต้น ก๊าซเหล่านี้ไม่สามารถทำการควบคุมได้ด้วยเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์ และเครื่องดักอนุภาคตัวกลางเส้นใย แต่สามารถที่จะควบคุมได้โดยใช้เครื่องดักอากาศ หรือที่เรียกกันว่า เครื่องสครับเบอร์ ซึ่งจะมีทั้งที่เป็นระบบเปียก (เช่นเดียวกับในรูปที่ 2.30) ระบบกึ่งแห้ง และระบบแห้ง โดยเมื่อมีการส่งผ่านกระแสก๊าซเข้าสู่เครื่องดักอากาศนี้แล้ว กระแสก๊าซจะถูกทำให้มีสมบัติเป็นกลางด้วยการฉีดพ่นปูนขาว (CaO) หินปูน ($CaCO_3$) หรือสารประกอบอัลคาไลน์อื่นๆ เข้าสู่กระแสก๊าซ ซึ่งในเครื่องดักอากาศระบบเปียกนั้น ปูนขาวนี้จะถูกฉีดพ่นออกมาในรูปของสารละลาย แต่ถ้าหากเป็นเครื่องดักอากาศระบบกึ่งแห้งจะใช้ปูนขาว หรือหินปูนฉีดพ่นออกมาในรูปของสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงมากขึ้น และเมื่อสารละลายนี้มีการระเหยน้ำออกไปหมดแล้วจะกลายไปเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กที่แห้ง สำหรับเครื่องดักอากาศระบบแห้งจะมีการใช้ปูนขาวหรือหินปูนที่ถูกบดให้เป็นผงละเอียดแล้ว นำมาพ่นเข้าสู่กระแสก๊าซในรูปของฝุ่นแป้งที่มีอนุภาคขนาดเล็ก [28,52]

จากการที่เครื่องดักอากาศระบบเปียกได้มีการใช้น้ำ หรือสารละลายเป็นตัวกลางในการดักจับสารมลพิษต่างๆ ในกระแสก๊าซนั้น ได้ส่งผลให้อุปกรณ์นี้สามารถทำการดักจับก๊าซ และอนุภาคฝุ่นละอองได้พร้อมๆ กับการลดอุณหภูมิของก๊าซให้ต่ำลงด้วย (จะลดลงเหลือประมาณ 450˚C ในเครื่องดักอากาศระบบแห้ง และประมาณ 250˚C ในเครื่องดักอากาศระบบเปียก) เมื่อระดับอุณหภูมิของก๊าซลดต่ำลงจะเป็นผลให้ก๊าซบางส่วน (ซึ่งนอกเหนือจากก๊าซที่สามารถละลายได้ในสารละลาย) สามารถเกิดการควบแน่นขึ้นได้ เช่น ไอของโลหะหนักบางชนิด และสารประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินทรีย์ต่างๆ เป็นต้น ก๊าซที่สามารถเกิดการควบแน่นได้นี้ จะมีการเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในรูปของอนุภาคของเหลว และของแข็งที่มีขนาดเล็ก ซึ่งสามารถดักจับได้ในภายหลังด้วยเครื่องควบคุมอนุภาคที่มีประสิทธิภาพสูง วิธีการนี้ถ้ามีการตรวจสอบ และควบคุมระดับอุณหภูมิของก๊าซให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมอยู่เสมอ ก่อนป้อนเข้าสู่เครื่องควบคุมอนุภาคฝุ่นละออง จะสามารถมีประสิทธิภาพในการควบคุมสารโลหะหนักชนิดต่างๆ ได้มากกว่า 99 % ยกเว้นสารปรอท เพราะสารปรอทจะมีระดับอุณหภูมิการควบแน่นที่ต่ำกว่าโลหะอื่นมาก สำหรับวิธีการที่จะสามารถใช้ดักจับสารปรอทให้ได้อย่างมีประสิทธิผลนั้น มีอยู่ 2 เทคนิคด้วยกัน คือ 1. การใช้ activated carbon ในการดูดซับไอของสารปรอท และ 2. การใช้สาร sodium sulfide (Na_2S) ที่เป็นผลึกของแข็ง นำมาละลายน้ำแล้วฉีดพ่นเข้าสู่กระแสก๊าซภายในเครื่องดักอากาศระบบเปียก สาร sodium sulfide นี้จะเข้าทำปฏิกิริยากับสารปรอทในสถานะก๊าซทั้งในรูป $Hg^{\circ}_{(v)}$ และ $Hg^{2+}_{(v)}$ แล้วให้ผลิตผลเป็นสารประกอบของปรอทที่มีสถานะเป็นของแข็ง [mercury sulfide (HgS)] ซึ่งสามารถดักจับได้ด้วยเครื่องควบคุมอนุภาคฝุ่นละออง วิธีการนี้จะมีประสิทธิภาพในการควบคุมสารปรอทได้ถึง 65 - 90 % สำหรับการใช้ activated carbon ในการดูดซับไอของสารปรอทนั้น สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การนำไปฉีดพ่นเข้าสู่กระแสก๊าซในรูปของแป้งที่มีอนุภาคขนาดเล็ก แล้วจึงดักจับภายหลังด้วยเครื่องควบคุมอนุภาคฝุ่นละออง หรืออาจนำ activated carbon มาบรรจุเป็นแผ่นกรองที่ติดตั้งอยู่กับที่ เพื่อใช้กรองไอปรอทออกจากกระแสก๊าซ [28, 40-42, 53-57]

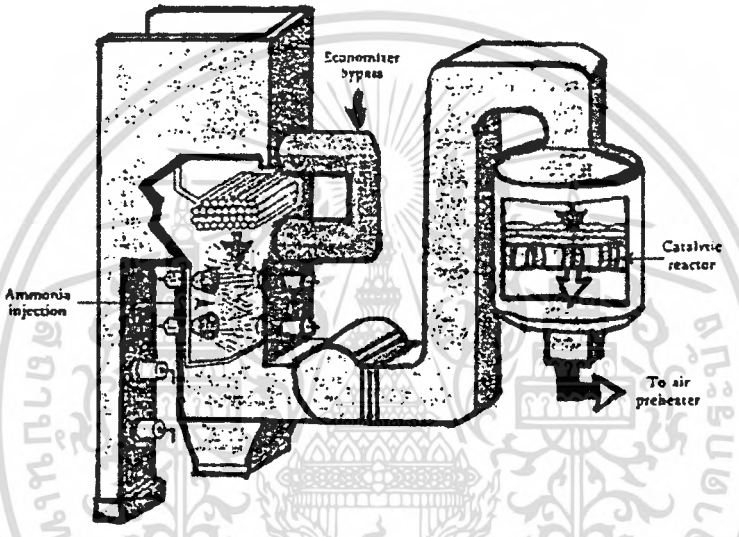
2.6.4.3 เครื่องควบคุมก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) [40-42, 58-60]

อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศเท่าที่กล่าวมาแล้วนี้ ไม่สามารถที่จะใช้ควบคุมปริมาณของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่มีอยู่ในกระแสก๊าซเผาไหม้ได้ แต่ในอดีตที่ผ่านมานั้นจะใช้วิธีการควบคุม ด้วยการปรับสภาวะของห้องเผาไหม้ขยะให้มีความเหมาะสม โดยจะต้องมีระดับอุณหภูมิ และปริมาณของอากาศอยู่ในระดับที่ไม่สูง หรือต่ำจนเกินไป เนื่องจากก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้ เป็นผลิตผลที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของก๊าซไนโตรเจน (N_2) ซึ่งตามปกติจะมีเป็นส่วนประกอบอยู่ในอากาศทั่วไป (ที่ป้อนเข้าสู่เตาเผา) ประมาณ 79 % โดยปริมาตร และสามารถที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นขึ้นได้ ที่ระดับอุณหภูมิประมาณ 1000 °C ดังนั้นสภาวะของการเผาไหม้ขยะที่มีความเหมาะสม นั่นคือ จะต้องมีระดับอุณหภูมิในการเผาไหม้ขยะ ที่ไม่สูงจนเกินไป ($\leq$ 1000 °C) และมีการป้อนปริมาณของอากาศอยู่ในระดับที่เพียงพอสำหรับการเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้อย่างสมบูรณ์เท่านั้น

ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ และวิธีการต่างๆ สำหรับการควบคุมปริมาณของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่มีอยู่ในกระแสก๊าซเผาไหม้ โดยจะสามารถแบ่งวิธีของการควบคุมออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (ดังในรูปที่ 2.31) และแบบที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ในการเกิดปฏิกิริยารีดักชั่นที่จำเพาะกับก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ [Selective Catalytic Reduction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(SCR) and Selective Noncatalytic Reduction (SNCR)] ในแบบที่ไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานั้น สามารถกระทำได้โดยการใช้สารละลายแอมโมเนีย NH_3 หรือยูเรียฉีดพ่นเป็นละอองฝอยเข้าสู่บริเวณต่างๆ ภายในเตาเผา หรืออาจฉีดพ่นเข้าสู่กระแสก๊าซเผาไหม้ได้โดยตรง ในขณะที่ก๊าซกำลังไหลผ่านออกจากห้องเผาไหม้ เพื่อให้สารละลายแอมโมเนีย หรือยูเรียได้เข้าทำปฏิกิริยารีดักชั่นกับก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ แล้วเปลี่ยนไปเป็นผลิตผลในรูปของก๊าซไนโตรเจน N_2 ที่มีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ วิธีการนี้จะให้ประสิทธิภาพในการควบคุมประมาณ 60 - 75 % สำหรับแบบที่อาศัยตัวเร่งปฏิกิริยานั้น จะใช้สารละลายแอมโมเนียฉีดพ่นเข้าสู่เตาเผา เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นใน



รูปที่ 2.31 แสดงรูปแบบของขบวนการ Selective catalytic reduction (SCR)

การทำปฏิกิริยา กับก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ซึ่งจะมีการทำปฏิกิริยากันเกิดขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา แล้วเปลี่ยนไปเป็นผลิตผลในรูปของก๊าซไนโตรเจน และน้ำ (H_2O) ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้มีการนำมาใช้กันนั้น ได้แก่ สารประกอบออกไซด์ของธาตุโลหะทรานซิชั่นชนิดต่างๆ (เช่น ธาตุ Co, Fe, Ni, V และ W) ธาตุโลหะผสม (เช่น โลหะผสมระหว่างธาตุวานาเดียม และไททาเนียม) สารประกอบซีโอไลท์ (zeolites) และธาตุโลหะที่มีค่า (เช่นธาตุ Pt และ Pd) ซึ่งส่วนใหญ่มักจะมีการออกแบบให้มีลักษณะของรูปร่าง เป็นแบบที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสสูง เช่น แบบแผ่นโลหะรังผึ้ง แบบแผ่นโลหะที่มีร่องคล้ายหวี หรือแบบแผ่นโลหะธรรมดา เป็นต้น และมีระดับอุณหภูมิของการปฏิบัติงานอยู่ในช่วง 250 - 450 °C ซึ่งจะสามารถให้ประสิทธิภาพในการควบคุมได้สูงถึง 75 - 90 % แล้วแต่ความเหมาะสมของสภาวะการปฏิบัติงาน และการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

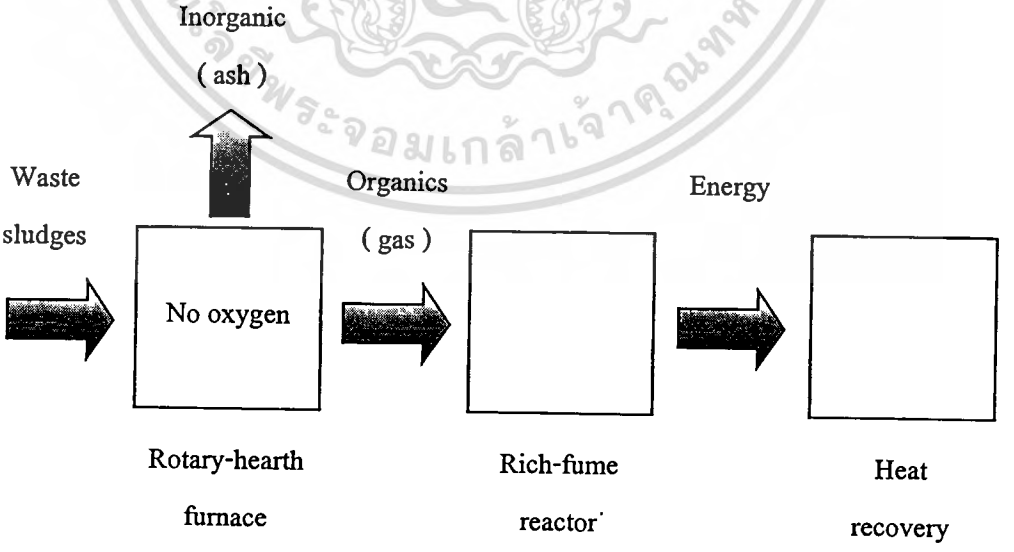
แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ ยังคงสามารถปฏิบัติงานได้จนถึงระดับอุณหภูมิประมาณ 800 - 1,100 °C แต่จะให้ประสิทธิภาพในการควบคุมได้เพียง 60 % เท่านั้น [58,59]

นอกจากวิธีที่กล่าวมาแล้ว ล่าสุดได้มีการพัฒนาวิธีการควบคุมปริมาณก๊าซ NO_x โดยการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอออกไซด์ฉีดพ่นเข้าสู่กระแสก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ เมื่อสารละสายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ถูกระเหยจนหมดอย่างรวดเร็วด้วยระดับอุณหภูมิที่สูงของกระแสก๊าซ จึงเป็นผลให้เกิดการแตกตัวกลายเป็น ไฮดรอกซิลแรดิคอล (HO*) ที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาสูง และสามารถที่จะเป็นตัวออกซิไดซ์ก๊าซ NO ให้เปลี่ยนไปเป็นก๊าซ NO_2 HNO_2 และ HNO_3 ในที่สุด ซึ่งผลิตผลในขั้นท้ายสุดที่ได้นี้ จะเป็นกรดไนตริกที่มีสมบัติในการละลายน้ำได้ดียิ่งกว่าก๊าซ NO มาก จึงสามารถทำการแยกออกจากกระแสก๊าซเผาไหม้ได้โดยง่าย ด้วยการใช้เครื่องดักอากาศระบบเปียก [60]

2.7 หลักการทางทฤษฎี และการคำนวณ

2.7.1 ขบวนการไพโรไลซิส [6-13, 19-23]

ขบวนการไพโรไลซิส เป็นขบวนการที่สามารถส่งผลให้องค์ประกอบที่เป็นสารคาร์บอนต่างๆ ในขยะ หรือของเสียอื่นๆ ทั้งในรูปที่เป็นของเหลว และของแข็ง เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปสถานะ และ/หรือ การแยกสลายทางโครงสร้าง กลายไปเป็นผลิตผลในสถานะก๊าซชนิดต่างๆ โดยการให้ความร้อนภายใต้สภาวะที่ปราศจากก๊าซออกซิเจน หรือมีเป็นปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังขั้นตอนในรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 แสดงรูปแบบของขบวนการเผาไหม้สองขั้นตอน ภายในเตาเผาระบบไพโรไลซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขบวนการไพโรไลซิสนี้จะมีปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ เกิดขึ้นอย่างมากมาย โดยในขั้นตอนแรกจะเป็นปฏิกิริยาจากการแยกสลายทางโครงสร้าง ขององค์ประกอบที่เป็นสารคาร์บอนชนิดต่างๆ ในขยะ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้เป็นปฏิกิริยาชนิดดูดความร้อน จึงทำให้ง่ายแก่การควบคุมสภาวะการปฏิบัติงานของขบวนการ โดยควบคุมได้จากการจ่ายปริมาณของเชื้อเพลิง หรือพลังงานความร้อนที่ให้แก่ระบบ แต่สำหรับขบวนการเผาไหม้แบบให้อากาศอย่างมากเกินพอ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาชนิดคายความร้อนนั้น จะสามารถทำการควบคุมระดับอุณหภูมิของการปฏิบัติงานได้จากการปรับเปลี่ยนปริมาณของอากาศที่มากเกินพอ และอัตราของการป้อนขยะ ซึ่งเป็นวิธีที่ยากแก่การควบคุมสภาวะของการปฏิบัติงานให้มีความแน่นอน และบ่อยครั้งที่เป็นผลให้ระดับอุณหภูมิของการปฏิบัติงานมีการแกว่งตัวออกจากในช่วงที่เหมาะสม

จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนแรก จะให้ผลิตผลปฐมภูมิเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดต่างๆ ที่มีขนาดโครงสร้างโมเลกุลเล็กลง และส่วนใหญ่อยู่ในสถานะที่เป็นก๊าซ ซึ่งอาจจะสามารถเกิดปฏิกิริยาการจัดเรียงอะตอมภายในโครงสร้างโมเลกุลขึ้นใหม่ หรืออาจเกิดปฏิกิริยาพอ-ลิเมอไรเซชั่นขึ้น กลายไปเป็นผลิตผลทุติยภูมิชนิดต่างๆ ต่อไปได้ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้มักมีกลไกการเกิดที่สลับซับซ้อนเป็นอย่างมาก และยังมีผลขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระยะเวลา และระดับอุณหภูมิของการทำปฏิกิริยา องค์ประกอบของขยะ และผลของตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ ภายในระบบ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามสามารถแสดงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นโดยรวมของขบวนการไพโรไลซิสนี้ ได้ด้วยสมการเคมี ดังตัวอย่างของการไพโรไลซิสสารประกอบอินทรีย์โดยทั่วไป และสารประกอบเซลลูโลส รวมถึงการไพโรไลซิสก๊าซมีเทน ภายใต้สภาวะที่มีระดับปริมาณของก๊าซออกซิเจนแตกต่างกัน ดังในสมการเคมีที่ (1) - (4) ตามลำดับ [14, 26]

ของเสียอินทรีย์ → สารระเหย + เถ้า + น้ำมันดิน

organic waste → volatiles (organic and H_2O) + ash + char (nonvolatile carbonaceous) ..... (1)

$$C_6H_{10}O_5 \rightarrow CH_4 + 2\,CO + 3\,H_2O + 3\,C \quad \text{..... (2)}$$

$$CH_{4\,(gas)} + O_{2\,(gas)} \rightarrow C_{(soot)} + 2\,H_2O_{(vapor)} + \text{heat} \quad \text{..... (3)}$$

$$CH_{4\,(gas)} + 1.5\,O_{2\,(gas)} \rightarrow CO_{(gas)} + 2\,H_2O_{(vapor)} + \text{heat} \quad \text{..... (4)}$$

ผลิตผลส่วนใหญ่ที่ได้จากขบวนการไพโรไลซิสจะอยู่ในรูปของก๊าซ และของเหลว (ซึ่งเกิดขึ้นจากก๊าซที่สามารถเกิดการควบแน่นได้ เมื่อมีระดับอุณหภูมิลดต่ำลงหลังจากถูกส่งผ่านออกจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องเผาไหม้) ที่มีสมบัติในการเผาไหม้ได้ จึงสามารถกักเก็บไว้ใช้เป็นเชื้อเพลิงต่อไปได้อีก ดังเช่น ก๊าซมีเทน CH_4 และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ CO ซึ่งเป็นผลิตผลจากการไพโรไลซิส สารประกอบเซลลูโลส ในสมการเคมีที่ 2 สำหรับส่วนที่หลงเหลือจากขบวนการไพโรไลซิสนั้น ส่วนใหญ่จะมีสถานะเป็นของแข็ง และของเหลว โดยจะมีส่วนประกอบหลักเป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ และยังอาจมีสารประกอบอินทรีย์ชนิดที่ไม่สามารถระเหยได้ หรือระเหยได้ยาก หลงเหลืออยู่เป็นองค์ประกอบบ้างในปริมาณเล็กน้อย เช่น น้ำมันดิน(char) จากผลิตผลในสมการเคมีที่ (1) และอนุภาคของธาตุคาร์บอน (เขม่า) จากผลิตผลในสมการเคมีที่ (2) และ (3) ตามปกติแล้วปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขบวนการไพโรไลซิสขยะนั้น มักจะมีความหลากหลาย และมีกลไกการเกิดที่ซับซ้อนกว่านี้มากนัก จึงเป็นผลให้ผลิตผลที่เกิดขึ้นจากขบวนการมีความหลากหลายด้วยเช่นกัน โดยจะมีผลิตผลที่ได้เป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ ตั้งแต่ชนิดที่มีโครงสร้างอย่างง่ายไปจนถึงชนิดที่มีโครงสร้างซับซ้อนมากๆ ซึ่งได้แสดงตัวอย่างรายชื่อของสารผลิตผลที่เกิดขึ้นจากขบวนการไพโรไลซิสยางรถยนต์เก่า ทั้งในสถานะก๊าซ และของเหลวไว้ ดังในตารางที่ 2.7 และ 2.8 ตามลำดับ [56]

ตารางที่ 2.7 แสดงตัวอย่างรายชื่อสารผลิตผล (สถานะก๊าซ) ที่ได้จากการไพโรไลซิสยางรถยนต์เก่า

Compound	Relative concentration (mol %)				Elution times
	Run 5	Run 6	Run 7	Run 8	(min)
1. Methane	9.31	12.23	13.00	22.05	3.63
2. Ethane	1.65	4.68	5.89	16.02	4.46
3. Ethylene	1.40	0.81	1.38	2.08	5.54
4. Propane	3.37	8.56	9.45	11.66	7.97
5. Propylene	1.74	2.05	3.03	5.27	12.02
6. Isobutane	6.75	17.77	12.66	7.72	14.46
7. n-Butane	0.87	3.12	3.30	3.82	15.34
8. 2-Butene , trans	1.62	2.04	1.77	2.17	19.18
9. 1-Butene	0.85	0.97	1.10	1.40	19.50
10. Isobuthylene	29.20	11.10	15.57	7.46	20.05
11. 2-Butene , cis	1.13	1.42	1.26	1.50	20.78
12. 2,2-Dimethylpropane	0.62	0.89	0.97	0.61	21.26
13. 2-Nethylbutane	3.68	12.62	7.79	6.39	22.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 (ต่อ)

Compound	Relative concentration (mol %)				Elution times
	Run 5	Run 6	Run 7	Run 8	(min)
14. n-Pentane	0.18	0.55	0.89	0.68	23.48
15. 1,3-Butadiene	0.36	0.04	0.17	0.15	24.09
16. 3-Methyl-1-butene	0.24	0.37	0.32	0.32	26.18
17. 2-Methyl-2-butene	19.89	9.83	10.14	6.65	26.69
18. Ethylcyclopropane	n.i.[a]	0.20	0.24	0.22	26.93
19. 1,2-Demethylcyclo-propane, cis	6.87	4.45	3.74	2.85	17.14
20. 2-Methyl-1-pentene	0.12	0.26	0.43	0.28	29.38
21. 2-Methylpentane	0.25	0.50	0.57	0.29	30.13
22. 3-Methylpentane	0.17	0.43	0.50	0.24	30.31
23. Methylpentane	3.58	0.20	0.80	0.67	30.87
24. n-Hexane	n.i.	0.11	0.29	n.i.	31.02

[a] Not identified in this run.

ที่มา : [21]

ตารางที่ 2.8 แสดงตัวอย่างรายชื่อสารผลิตผล (สถานะของเหลว) ที่ได้จากการไพโรไลซิสยางรถยนต์เก่า

Number	Compound	Elution times (min)	Percentage of identification by GC-MS
1.	Isobutane	3.60	47
2.	2-Butene[b]	-	-
3.	Isopentane	3.66	76
4.	n-Pentane	3.68	47
5.	Trans-1,2-Dimenthylcyclo-propane	3.69	97
6.	3-Methyl-1-butene	3.71	86
7.	2-Methyl-2-butene	3.71	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 (ต่อ)

Number	Compound	Elution times (min)	Percentage of identification by GC-MS
8	cis-1,2-Dimenthylcyclo-propane	3.71	58
9	2-Methylpentane	3.76	80
10	3-Mettylpentane	3.79	78
11	2,4-Dimethylpentane	3.86	64
12	5-Methyl-1-hexene	3.90	78
13	1,2-Dimethyl-3-methylene-cyclopropane	3.94	87
14	3-Ethylpentane	3.97	74
15	3-Methylhexane	4.02	64
16	trans-1,2-Dimethylcyclo-pentane	4.03	64
17	2-Heptene	4.05	81
18	3-Methyl-1-hexene	4.05	72
19	cis-1,2-Dimethylcyclopentane	4.05	62
20	3,3-Dimenthyl-1-,4-pentadiene	4.12	72
21	1,5-Dimenthylcyclopentene	4.13	76
22	Menthylcyclohexane	4.18	80
23	4,4-dimenthylcyclopentene	4.25	72
24	3-Menthylcyclohexane	4.26	81
25	Methylbenzene[a]	4.36	95
26	1,4-Dimenthylcyclohexane	4.40	90
27	1-Ethyl-3-Methylcyclopentane	4.45	90
28	trans-1,2-Dementhylcyclo-hexane	4.56	81
29	Ethylcyclohexane	4.74	72
30	Ethylbenzene[a]	4.91	90
31	1,3-Dimenthylpenzene	4.93	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 (ต่อ)

Number	Compound	Elution times (min)	Percentage of identification by GC-MS
32	1,2-Dimenthylbenzene	5.21	90
33	1-Methylethylbenzene	5.39	72
34	Propylbenzene[a]	-	-
35	1,2,3-Trimethylbenzene	5.00	59
36	1-Ethyl-4-methylbenzene	6.18	53
37	cis-1-Methyl-4-(1-methylethyl) cyclohexane	6.26	72
38	4-Methyl-1-(1-methylethyl) cyclohexane[b]	-	-
39	2,4,4-Trimethyl-2-pentene	6.41	87
40	2-Ethyl-1-3-dimethylbenzene	6.81	68
41	1-Methyl-3-(1-methylethyl) benzene	6.82	87
42	1-Methyl-2-(1-methylethyl) benzene	6.83	91
43	2-Ethyl-1,3-dimethylbenzene	6.98	90
44	4-Ethyl-1,2-dimethylbenzene	7.00	64
45	Indan[a]	-	-
46	Bultyibenzene[a]	7.54	100
48	1-Methyl-4-Propylbenzene[b]	-	-
49	4-Ethenyl-1,2-dimethyl-benzene[b]	-	-
50	(2-Methyl-2-propenyl)benzene	-	-
51	Decahydonaphthalene[b]	-	-
52	1,2,3,4-Tetrahydronaphthalene (tetralin)[a]	12.1	100
53	Naphthalene[a]	13.0	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 (ต่อ)

Number	Compound	Elution times (min)	Percentage of identification by GC-MS
54	1-Methyl-1,2,3,4-tetrahydro-naphthalene[b]	-	-
55	6-Methyl-1,2,3.4-tetrahydro-naphthalene	-	-
56	1-Methylnaphthalene	18.4	80
57	2-Methylnaphthalene[b]	-	-
58	5-Ethyl-1,2,3,4-tetrahydro-naphthalene	18.6	72
59	3,4-Dihydro-1(2H)-naphtha-lene[b]	-	-
60	2-Ethylnaphthalene[b]	-	-
61	2,3,5-Trimethyldecane[b]	-	-
62	1,7-Dimethylnaphtlene[b]	-	-
63	Undecane[b]	-	-
64	1,2-Dimethylnaphthalene[b]	-	-
65	Pentadecane	23.1	98
66	6-(1,1-Dimethylethyl)-1,2,3,4-tetrahydronaphthalene	23.2	93
67	2-(1,1-Dimethylethyl)-1,2,3,4-tetrahydronaphthalene	23.4	86
68	1,1-Dimethylindan	24.1	72
69	Hexadecane[a]	25.3	91
70	Heptadecane	27.0	93
71	Docosane	31.0	98
72	1-Octyl-1,2,3,4-tetrahydro-naphthalene	37.1	72
73	1,2,3,7,8,9-Hexahydroperylene	37.5	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 (ต่อ)

Number	Compound	Elution times (min)	Percentage of identification by GC-MS
74	1',2',3',4',5,6,7,8-Octahydro-1,2'-binaphthalene	38.2	80

[a] Compounds identified also by analysis of standards mixtures by GC-FID.

[b] Less abundant compounds identified by analysis with a different GC-MS apparatus.

ที่มา : [21]

ผลิตผลที่ได้จากการไพโรไลซิสนี้สามารถทำการกักเก็บไว้ใช้ต่อไปได้อีก แต่อย่างไรก็ตาม ในเตาเผาขยะขนาดเล็กโดยทั่วไป ที่ได้มีการผลิตขึ้นเพื่อจำหน่ายนั้น มักจะทำการกำจัดผลิตผลที่เกิดขึ้นนี้ด้วยวิธีการเผาในขั้นตอนต่อไป เพื่อเป็นการตัดขั้นตอนที่ยุ่งยากของการกักเก็บก๊าซเหล่านี้ไว้ใช้ อีกทั้งยังเป็นการทำให้เตาเผาขยะระบบนี้มีขนาดที่กระทัดรัด และสามารถทำการเคลื่อนย้ายได้สะดวกมากขึ้น สำหรับการกำจัดก๊าซผลิตผลที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการเผานั้น ถ้าหากมีการควบคุมสภาวะการเผาไหม้ให้มีระดับอุณหภูมิ และปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่สูงพอเหมาะแล้ว จะสามารถส่งผลให้ก๊าซเหล่านี้เกิดการเผาไหม้ขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ โดยถ้าควบคุมให้มีระดับอุณหภูมิอยู่ในช่วง 1,000 - 1,200 °C และมีระดับปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่สูงเกินกว่าจุดสมมูลประมาณ 40 - 100 % แล้ว จะส่งผลให้การกำจัดก๊าซเหล่านี้มีประสิทธิภาพได้สูงถึง 99.9999 % [7-10]

2.7.2 ทฤษฎี และการคำนวณเกี่ยวกับปฏิกิริยาการเผาไหม้ [9-13]

ตามทฤษฎีทางเคมีของการเผาไหม้ได้อธิบายไว้ว่า การเผาไหม้หมายถึง การที่สารนั้นถูกออกซิไดซ์ (ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน) อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะได้รับผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารประกอบออกไซด์ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในสารนั้นออกมา เช่น การเผาไหม้ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (เชื้อเพลิง) จะได้ผลิตผลขั้นสุดท้ายเป็นก๊าซคาบอนไดออกไซด์ กับน้ำ รวมทั้งพลังงานความร้อนและพลังงานแสง เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาชนิดคายความร้อน และเรียกความร้อนที่เกิดขึ้นนี้ว่า "ความร้อนจากการเผาไหม้" สำหรับในทางปฏิบัติแล้วขบวนการเผาไหม้นั้น จะมีกลไกของขบวนการที่สลับซับซ้อน อันจะนำไปสู่การเกิดปฏิกิริยาทางเคมี การถ่ายเทมวล และการถ่ายเทความร้อน ซึ่งสามารถทำการควบคุมได้จากการจ่ายปริมาณของเชื้อเพลิง และอากาศเข้าสู่บริเวณที่มีการทำปฏิกิริยากันเกิดขึ้น และจากการควบคุมอัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากระบบ โดยถ้าระบบมีอัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากระบบมากกว่า อัตราการคายความร้อนของปฏิกิริยาที่ระบบได้รับแล้ว จะเป็นผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยา และระดับอุณหภูมิของการเผาไหม้มีระดับที่ลดต่ำลง ส่วนในสภาวะสมดุลซึ่งมีอัตราการสร้าง และการสูญเสียความร้อนที่เท่ากัน จะส่งผลให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเกิดปฏิกิริยา และระดับอุณหภูมิของการเผาไหม้มีระดับที่คงที่ แต่ในทางกลับกันถ้าความร้อนภายในระบบมีอัตราการสร้างขึ้นที่สูงกว่า อัตราการสูญเสียแล้ว ย่อมส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยา และระดับอุณหภูมิของการเผาไหม้มีระดับที่สูงเพิ่มขึ้น

ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมให้การเผาไหม้เกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง นั่นคือ อัตราการถ่ายเทมวลเข้าและออกจากบริเวณที่ใช้ทำปฏิกิริยา โดยเชื้อเพลิง และก๊าซออกซิเจน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการทำปฏิกิริยานี้ จะต้องถูกถ่ายเทเข้าครอบคลุมสู่บริเวณที่ใช้ทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว และเมื่อได้ทำปฏิกิริยากันเสร็จสิ้นแล้ว ผลิตผลที่เกิดขึ้นจะต้องถูกถ่ายเทออกจากบริเวณที่ใช้ทำปฏิกิริยาทันที เพื่อไม่ให้ส่งผลรบกวนกับการทำปฏิกิริยาที่กำลังจะเกิดขึ้นต่อไป ตามปกติแล้วเชื้อเพลิงในรูปสถานะที่เป็นของเหลว และของแข็งนั้น จะมีอัตราการถ่ายเทมวลสารอยู่ในระดับที่ต่ำมาก จึงไม่สามารถเกิดการเผาไหม้ขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากจะถูกเปลี่ยนสถานะให้กลายไปเป็นก๊าซก่อนเท่านั้น ถึงจะมีอัตราการถ่ายเทมวลสารได้รวดเร็วเพียงพอที่จะสามารถรักษาระดับของการเผาไหม้ให้เกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง

ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในขบวนการเผาไหม้นี้ สามารถแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ด้วยสมการเคมี ดังเช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของสารประกอบมีเทนด้วยก๊าซออกซิเจนบริสุทธิ์ ในสมการเคมีที่ 5

$$CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O \quad \text{..... (5)}$$

จากสมการเคมีนี้ได้แสดงให้เห็นว่า ก๊าซ O_2 2 โมล จะทำปฏิกิริยากันพอดีกับก๊าซ CH_4 1 โมล (ทางด้านซ้ายของสมการ) แล้วเปลี่ยนไปเป็นผลิตผลในรูปของก๊าซ CO_2 1 โมล และ H_2O 2 โมล (ทางด้านขวาของสมการ) ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่าสมการเคมีนี้เป็น "สมการเคมีสมดุล" เนื่องจากทั้งชนิด และจำนวนของธาตุต่างๆ ทั้งหมดที่มีในสมการทางด้านซ้ายนั้น จะมีเท่ากันกับทางด้านขวาของสมการทุกประการ โดยในแต่ละด้านของสมการนี้ จะมีธาตุคาร์บอน (C) อยู่ 1 อะตอม ธาตุไฮโดรเจน (H) 4 อะตอม และธาตุออกซิเจน (O) 4 อะตอม

โดยทั่วไปรายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้าง และธรรมชาติทางเคมีของวัตถุทั้งหมด ที่มีเป็นส่วนประกอบอยู่ในขยะนั้น มักจะมีความหลากหลายซับซ้อนมาก และบ่อยครั้งที่ไม่สามารถทราบถึงในรายละเอียดส่วนนี้ได้ทั้งหมด ดังนั้นในการพิจารณา และการคำนวณเกี่ยวกับปฏิกิริยาการเผาไหม้ของขยะ จึงจำเป็นต้องมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

- ธาตุไฮโดรเจนทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำ H_2O ในสถานะก๊าซ

$$H_2 + 1/2\,O_2 \rightarrow H_2O \quad \text{..... (6)}$$

- ธาตุคลอไรด์ หรือฟลูออไรด์ทั้งหมด จะถูกเปลี่ยนไปเป็น สารประกอบไฮโดรเจนคลอไรด์ HCI หรือไฮโดรเจนฟลูออไรด์ HF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ธาตุคาร์บอนทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนไปเป็น สารประกอบคาบอนไดออกไซด์ CO_2

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad \text{..... (7)}$$

- ธาตุซัลเฟอร์ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนไปเป็น สารประกอบ SO_2

$$S + O_2 \rightarrow SO_2 \quad \text{..... (8)}$$

- ธาตุโลหะอัลคาไลน์ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนไปเป็น สารประกอบไฮดรอกไซด์ เช่น

$$2Na + O + H \rightarrow 2NaOH \quad \text{..... (9)}$$

$$2K + O + H \rightarrow 2KOH \quad \text{..... (10)}$$

- ธาตุโลหะอื่นๆ จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ สารประกอบออกไซด์ เช่น

$$2Cu + O \rightarrow 2CuO \quad \text{..... (11)}$$

$$4Fe + 3O \rightarrow 2Fe_2O_3 \quad \text{..... (12)}$$

- ธาตุไนโตรเจนทั้งหมดจากในขยะ เชื้อเพลิง และอากาศ จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของโมเลกุลธาตุอะตอมคู่ คือ ก๊าซ N_2

ตารางที่ 2.9 แสดงองค์ประกอบของอากาศโดยทั่วไป

Air Composition	By Weight	By Volume
Oxygen in air	0.2315	0.21
Nitrogen in air	0.7685	0.79
Air to oxygen	4.3197	4.7619
Air to nitrogen	1.3012	1.2658
Oxygen to nitrogen	0.3012	0.2658
Nitrogen to oxygen	3.3197	3.7619
Molecular weight. average	28.9414	

ที่มา : [10]

ตามปกติแล้วก๊าซออกซิเจนที่ใช้สำหรับการเผาไหม้นั้น จะมีแหล่งที่มาจากอากาศโดยทั่วไป ซึ่งจะมีส่วนประกอบหลักเป็นก๊าซออกซิเจนอยู่ประมาณ 21 % และก๊าซไนโตรเจนอีกประมาณ 79 % โดยปริมาตร นอกจากนั้นในอากาศยังมีไอน้ำ ก๊าซฮีเลียม ก๊าซคาบอนไดออกไซด์ และส่วนประกอบอื่นๆ ด้วย แต่เนื่องจากมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงทำให้การคำนวณโดยทั่วไปมักจะพิจารณาส่วนผสมของอากาศว่ามีเฉพาะแค่เพียง ก๊าซออกซิเจน และก๊าซไนโตรเจนเท่านั้น โดยได้แสดงปริมาณ และสัดส่วนในอากาศของก๊าซทั้งสองนี้ไว้ ดังในตารางที่ 2.9 ด้วยเหตุนี้จึงเป็นผลให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในปฏิกิริยาเคมีของการเผาไหม้โดยทั่วไป จำเป็นต้องมีก๊าซไนโตรเจนเข้าร่วมในปฏิกิริยาด้วยเสมอ ดังเช่น ในปฏิกิริยาการเผาไหม้ของธาตุคาร์บอน ซึ่งต้องมีก๊าซไนโตรเจน N_2 เป็นจำนวน 3.76 โมเลกุล ต่อจำนวนก๊าซออกซิเจน O_2 1 โมเลกุลเข้าร่วมทำปฏิกิริยาด้วยเสมอ ดังสมการเคมีที่ 13

$$C + O_2 + 3.76\,N_2 \rightarrow CO_2 + 3.76\,N_2 + \text{heat} \quad \text{..... (13)}$$

ก๊าซไนโตรเจน และสารตั้งต้นที่มากเกินพอ ซึ่งไม่ได้มีการทำปฏิกิริยากันเกิดขึ้นนั้น จะถูกจัดว่าเป็นวัตถุเฉื่อยภายในระบบ เพราะนอกจากจะไม่เป็นผลให้ภายในระบบมีระดับความร้อนเพิ่มมากขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้ระบบต้องสูญเสียความร้อนไปในการทำให้ก๊าซดังกล่าว มีระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นจนเท่ากับระดับอุณหภูมิของการทำปฏิกิริยาภายในระบบด้วย

สมการเคมีที่ (13) นี้ เป็นสมการเคมีสมดุลที่แสดงปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ของธาตุคาร์บอนกับก๊าซออกซิเจนในอากาศ ซึ่งจะมีผลรวมน้ำหนักโมเลกุลทางด้านซ้ายมือของสมการ เท่ากับทางด้านขวามือ โดยได้แสดงการคำนวณไว้ในสมการเคมีที่ (14) ดังนี้

$$\begin{array}{ccccccc} 12.01 & 3200 & 28.02 & & 44.01 & 28.02 & \\ C & + O_2 + & 3.76\,N_2 & \rightarrow & CO_2 & + 3.76\,N_2 & \text{..... (14)} \\ 12.01 & 32.00 & 105.36 & & 44.01 & 105.36 & \\ 1.00 & 2.66 & 8.77 & & 3.66 & 8.77 & \end{array}$$

ในบรรทัดแรกของสมการสมดุลเป็นน้ำหนักโมเลกุลของสสารแต่ละชนิดในปฏิกิริยา (g/ mol) ส่วนในบรรทัดที่ 2 เป็นชนิด และจำนวนโมลของสสารที่เข้าร่วมทำปฏิกิริยา ในบรรทัดที่ 3 ของสมการจะแสดงน้ำหนัก (g/ mol) ทั้งหมดของสสารแต่ละชนิดที่เข้าทำปฏิกิริยา ซึ่งจะมีผลรวมในด้านซ้ายมือ เท่ากับด้านขวามือของสมการคือ 12.01 + 32.00 + 105.36 = 149.37 และ 44.01 + 105.36 = 149.37

สำหรับบรรทัดสุดท้ายจะเป็นสัดส่วนของสสารแต่ละชนิด ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของธาตุคาร์บอนที่เข้าทำปฏิกิริยา ซึ่งจะมีผลรวมในแต่ละด้านของสมการเท่ากันด้วยเช่นกัน คือ 1.00 + 2.66 + 8.77 = 12.43 และ 3.66 + 8.77 = 12.43

จากสัดส่วนน้ำหนักของสารแต่ละชนิด ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของธาตุคาร์บอน ได้แสดงให้ทราบว่า การเผาไหม้ของธาตุคาร์บอน 1 g (หรือ 1 หน่วยน้ำหนัก) นั้น จะต้องการใช้ก๊าซออกซิเจน O_2 เป็นปริมาณ 2.66 g จากปริมาณอากาศ 2.66 + 8.77 = 11.43 g แล้วจะให้ผลิตผลเปลี่ยนเป็นก๊าซ CO_2 3.66 g และก๊าซ N_2 8.77 g รวมเป็นผลิตผลทั้งหมด (3.66 + 8.77)g = 12.43 g

สำหรับปฏิกิริยาการเผาไหม้ของก๊าซไฮโดรเจนในสมการเคมีที่ (15) ก็สามารถใช้วิธีการคำนวณในแบบเดียวกันได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.02	32.00	18.02		18.02	28.02	
$2H_2$	+ O_2 +	3.76 N_2	$\rightarrow$	2 H_2O	+ 3.76 N_2	..... (15)
4.04	32.00	105.36		35.04	105.36	
1.00	7.92	16.08		8.92	26.08	

จากสมการเคมีสมดุลนี้ได้แสดงว่า การเผาไหม้ก๊าซไฮโดรเจน 1 g จำเป็นจะต้องใช้ก๊าซออกซิเจน O_2 7.92 g จากปริมาณอากาศทั้งหมด (7.92 + 26.08) g = 34.00 g แล้วจะให้ผลิตผลเป็นน้ำ H_2O 8.92 g และก๊าซไนโตรเจน 26.08 g ดังนั้นผลิตผลที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ทั้งหมดจึงรวมเป็น (8.92 + 26.08) g = 35.00 g

2.7.3 จุดสมมูลของปฏิกิริยาการเผาไหม้ [9-13]

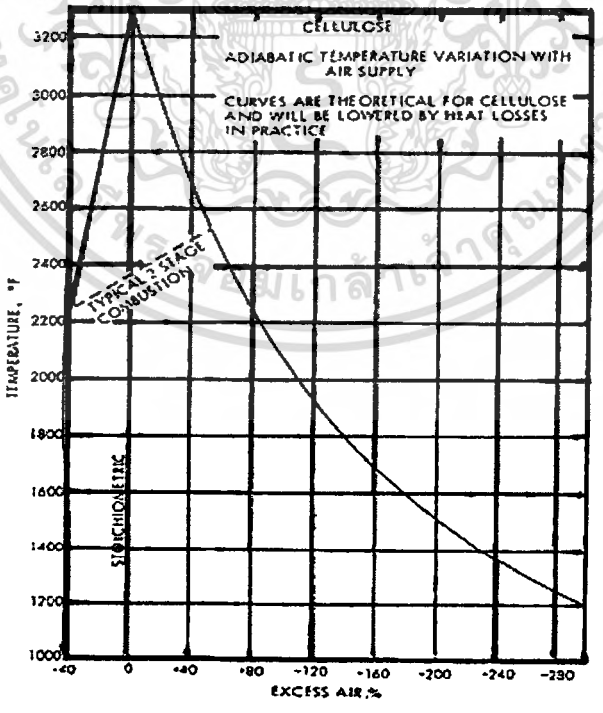
ในสมการเคมีที่ (14) และ (15) นี้ เป็นตัวอย่างของปฏิกิริยาการเผาไหม้ ที่มีปริมาณของก๊าซออกซิเจนเท่ากับจุดสมมูลของการเผาไหม้พอดี โดยสังเกตได้จาก ในปฏิกิริยาจะมีการใช้ก๊าซออกซิเจนทั้งหมดไปในการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีอยู่ได้จนหมดสิ้นพอดี และจะไม่มีก๊าซออกซิเจนอิสระหลงเหลือออกจากปฏิกิริยานี้เลย สภาวะของการเผาไหม้เช่นนี้ เรียกว่า สภาวะของการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะมีปริมาณของก๊าซออกซิเจนทั้งหมดคิดเป็น 100 เปอร์เซนต์ หรือมีปริมาณมากเกินกว่าจุดสมมูลเท่ากับศูนย์เปอร์เซนต์ สำหรับปริมาณของอากาศที่จุดสมมูลนั้นจะหมายถึงปริมาณของอากาศที่มีองค์ประกอบของก๊าซออกซิเจน เท่ากับจุดสมมูลของการเผาไหม้พอดี (น้ำหนักของอากาศที่จุดสมมูล = น้ำหนักของก๊าซออกซิเจนที่จุดสมมูล + น้ำหนักของก๊าซไนโตรเจน) โดยจากการคำนวณในปฏิกิริยาที่ (14) และ (15) จะพบว่ามีปริมาณของอากาศที่จุดสมมูลคิดเป็น 11.43 g / 1 g ธาตุ C และ 34.00 g / 1 g ธาตุ H ตามลำดับ

ปริมาณของอากาศที่จุดสมมูล ซึ่งได้จากการคำนวณในปฏิกิริยาการเผาไหม้ตามทฤษฎีนั้น จะเป็นปริมาณของอากาศที่น้อยที่สุด ที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ โดยอาศัยขบวนการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้จ่ายก๊าซออกซิเจนที่มีอยู่เพื่อการเผาไหม้ได้ทั้ง 100 % ซึ่งก๊าซออกซิเจนทั้งหมดในอากาศที่ป้อนเข้าไปจะมีการปะทะ และเข้าทำปฏิกิริยากับพื้นผิวสัมผัสของเชื้อเพลิงได้อย่างทั่วถึงเต็ม 100 % แล้วเกิดการลุกไหม้ขึ้นได้ทันที การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นผลให้ก๊าซออกซิเจนทั้งหมดในอากาศที่ป้อนเข้าไป ถูกใช้ไปในการเผาไหม้ได้จนหมดพอดี และจะไม่มีก๊าซออกซิเจนอิสระหลงเหลือออกจากปฏิกิริยาเลย แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติแล้ว ขบวนการเผาไหม้โดยทั่วไปจะสามารถเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ต่อเมื่อมีการป้อนอากาศเป็นปริมาณที่สูงเกินกว่าจุดสมมูลของการเผาไหม้ตามทฤษฎีเท่านั้น เนื่องจากขบวนการเผาไหม้โดยทั่วไปมีประสิทธิภาพในการใช้จ่ายก๊าซออกซิเจนสำหรับการเผาไหม้ได้ไม่ถึง 100 % หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ขบวนการเผาไหม้โดยทั่วไปมีประสิทธิภาพในการผสมคลุกเคล้าอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ากับเชื้อเพลิงได้ไม่ดีเพียงพอ โดยในการเผาไหม้ของก๊าซเชื้อเพลิงทั่วไปนั้น จะต้องการปริมาณของอากาศที่สูงเกินกว่าจุดสมมูลของการเผาไหม้อย่างน้อย 5 เปอร์เซนต์ จึงจะสามารถเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ แต่สำหรับขยะ หรือของเสียประเภทกากตะกอนที่มีความชื้นสูง ปริมาณอากาศที่ต้องการอาจจะสูงเกินกว่าจุดสมมูลถึง 100 - 200 %

ระดับปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้นั้น นอกจากจะส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ขยะตามที่กล่าวแล้ว ยังมีผลโดยตรงต่อระดับอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการปฏิบัติงานของเตาเผาให้มีประสิทธิภาพ โดยสามารถอธิบายความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างระดับปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ กับระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ได้ดังในรูปที่ 2.33 ซึ่งจะสังเกตได้ว่าระดับอุณหภูมิของห้องเผาไหม้จะมีระดับสูงสุด เมื่อมีการให้ปริมาณของอากาศเท่ากับจุดสมมูลพอดี และจะลดต่ำลงเมื่อมีการให้ปริมาณของอากาศที่มากเกินกว่าจุดสมมูล เนื่องจากค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่จุดสมมูล เป็นค่าความร้อนสูงสุดที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงนั้นๆ และจะมีระดับที่คงที่เมื่อปริมาณของเชื้อเพลิงคงที่ แต่อย่างไรก็ตามความร้อนนี้สามารถถูกพาออกจากระบบได้ด้วย ปริมาณของอากาศที่ไม่ได้ใช้ทำปฏิกิริยา (ตัวพาความร้อน) ซึ่งจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของอากาศที่สูงเกินกว่าจุดสมมูล ดังนั้นในการให้ปริมาณอากาศที่สูงเกินกว่าจุดสมมูล จึงส่งผลให้ห้องเผาไหม้มีระดับอุณหภูมิที่ลดต่ำลง



รูปที่ 2.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิ และปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าสู่เตาเผาเมื่อกำหนดให้ค่าความร้อนภายในระบบคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 ปริมาณของอากาศที่มากเกินพอ [9-13]

เตาเผาโดยทั่วไปมักจะถูกออกแบบให้มีอัตราการป้อนปริมาณอากาศ ในระดับที่สูงเกินกว่าจุดสมมูลอยู่ในช่วงปริมาณที่จำเพาะ ซึ่งถ้าหากสภาวะของการปฏิบัติงานไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดแล้ว จะเป็นผลให้การปฏิบัติงานของเตาเผามีประสิทธิภาพที่ลดต่ำลง โดยถ้ามีปริมาณของอากาศต่ำกว่าในช่วงที่กำหนดแล้ว จะเป็นผลให้มีระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้สูงขึ้นเกินกว่า ระดับอุณหภูมิของการปฏิบัติงานที่ได้ถูกออกแบบไว้ ซึ่งจะทำให้การเผาไหม้ของขยะ และของเสียเป็นไปได้อย่างไม่สมบูรณ์ แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินกว่าในช่วงที่กำหนด จะเป็นผลให้ระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ลดต่ำลง และจำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงเป็นปริมาณที่มากขึ้น เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิของการปฏิบัติงานให้สูงเพิ่มขึ้นเท่าเดิม ด้วยเหตุนี้ปริมาณของอากาศที่มากเกินพอ จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการควบคุมการปฏิบัติงานของเตาเผาให้มีประสิทธิภาพ

เมื่อกำหนดให้ความร้อนภายในระบบมีค่าคงที่

เมื่อมีการให้ปริมาณของอากาศที่มากเกินพอ ย่อมเป็นผลให้ปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่จุดสมมูลมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นด้วย โดยสามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงนี้ได้จากสมการเคมีที่ 16 ซึ่งเป็นตัวอย่างปฏิกิริยาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเบนซีน C_6H_6 ในสภาวะที่มีปริมาณของก๊าซออกซิเจนเท่ากับจุดสมมูลของการเผาไหม้พอดี

78.12	32.00	28.02		44.01	18.02	28.02	
C_6H_6 +	7.5 O_2 +	(7.5 + 3.76) N_2	→	6CO_2 +	3 H_2O +	28.20N_2	.... (16)
78.12	240.00	790.16		264.06	54.06	790.16	
1.00	3.07	10.11		3.38	0.69	10.11	

จากการคำนวณในสมการเคมีที่ 16 นี้ ได้แสดงปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่จุดสมมูลของปฏิกิริยาไว้เป็น 3.07 g/ g C_6H_6 หรือ 7.5 mol/mol C_6H_6 ดังนั้นถ้าต้องการปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่มากเกินกว่าจุดสมมูล 20 % แล้ว จะต้องเพิ่มปริมาณของก๊าซออกซิเจนเข้าไปในปฏิกิริยานี้อีก 7.5 x 20/100 = 1.5 mol รวมเป็น 9 mol ซึ่งจะเป็นผลให้ในปฏิกิริยามีการเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

78.12	32.00	28.02		44.01	18.02	32.00	28.02	
C_6H_6 +	(7.5+1.5) O_2 +	(9x3.76) N_2	→	6CO_2 +	3H_2O +	1.5O_2 +	33.64 N_2	..(17)
78.12	288.00	948.20		264.06	54.06	48.00	948.20	
1.00	3.69	12.14		3.38	0.69	0.62	12.14	

อีกตัวอย่างของการคำนวณ นั่นคือ ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของเซลลูโลส ($C_6H_{10}O_5$) ในสภาวะที่มีปริมาณของก๊าซออกซิเจนเท่ากับจุดสมมูล ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยสมการเคมีที่ 18 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

162.16	32.00	28.02		44.01	18.02	28.02	
$C_6H_{10}O_5$ +	$6O_2$ +	(6 x 3.76) N_2	→	6 CO_2 +	5 H_2O +	22.56 N_2	.. (18)
162.16	192.00	632.13		264.06	90.10	632.13	
1.00	1.19	3.90		1.63	0.56	3.90	

ปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่จุดสมมูลของปฏิกิริยานี้ จะเท่ากับ 6 mol O_2/ mol ($C_6H_{10}O_5$) ดังนั้นถ้าต้องการให้มีปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่สูงเกินกว่าจุดสมมูล 150 % แล้ว จะต้องเพิ่มปริมาณก๊าซออกซิเจนเข้าไปในปฏิกิริยานี้อีก 6 x 150/100 = 9 mol รวมเป็นปริมาณทั้งหมด (6 + 9) = 15 mol ดังในสมการเคมีที่ (19)

162.16	32.00	28.02		44.01	18.02	32.00	28.02	
$C_6H_{10}O_5$ +	(6+9) O_2 +	(15 x 3.76) N_2	→	6CO_2 +	5H_2O +	9O_2 +	56.40N_2	.... (19)
162.16	480.00	1580.33		264.06	90.10	288.00	1580.33	
1.00	2.69	9.75		1.63	0.56	1.77	9.75	

จากตัวอย่างการคำนวณในปฏิกิริยาเคมีทั้งสองนี้ ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการให้ปริมาณของอากาศที่มากเกินพอเพิ่มเข้าไปในปฏิกิริยา จะเป็นผลให้มีปริมาณของก๊าซ O_2 และ N_2 หลงเหลือออกจากปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น ส่วนก๊าซ CO_2 และ H_2O ยังคงมีปริมาณที่คงที่ เนื่องจากเชื้อเพลิงที่เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยามิได้มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณเกิดขึ้น โดยทั่วไปปริมาณของก๊าซต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ภายในกระแสก๊าซเผาไหม้นั้น โดยทั่วไปมักจะแสดงในรูปที่เป็น เปอร์เซนต์ของสัดส่วนก๊าซที่มีอยู่ภายในกระแสก๊าซเผาไหม้ ดังเช่นการแสดงปริมาณสัดส่วนของก๊าซ O_2 และ CO_2 จากสมการเคมีที่ผ่านมา เป็นรูปแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. สัดส่วนของก๊าซ O_2 หรือ CO_2 โดยน้ำหนัก ภายในกระแสก๊าซทั้งหมด
2. สัดส่วนของก๊าซ O_2 หรือ CO_2 โดยน้ำหนัก ภายในกระแสก๊าซที่แห้ง
3. สัดส่วนของก๊าซ O_2 หรือ CO_2 โดยปริมาตร ภายในกระแสก๊าซทั้งหมด
4. สัดส่วนของก๊าซ O_2 หรือ CO_2 โดยปริมาตร ภายในกระแสก๊าซที่แห้ง

โดยจากสมการเคมีที่ 16 ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเผาไหม้ของสารประกอบเบนซีน ในสภาวะที่มีปริมาณของก๊าซออกซิเจนเท่ากับจุดสมมูล (หรือมีปริมาณของอากาศที่มากเกินพอเท่ากับ 0 %) จะมีสัดส่วนของก๊าซ O_2 และ CO_2 โดยน้ำหนัก และปริมาตรเป็นดังนี้

น้ำหนักของกระแสก๊าซทั้งหมด = 3.38 g CO_2 + 0.69 g H_2O + 10.11 g N_2

= 14.18 g

น้ำหนักของกระแสก๊าซที่แห้ง = 3.28 g CO_2 + 10.11 g N_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 13.49 g

ปริมาตรของกระแสก๊าซทั้งหมด = 6 CO_2 + 3 H_2O + 28.20 N_2

= 37.20 mol

ปริมาตรของกระแสก๊าซที่แห้ง = 6 CO_2 + 28.20 N_2

= 34.20 mol

เนื่องจากปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นในสภาวะที่มีปริมาณของก๊าซออกซิเจนเท่ากับจุดสมมูลพอดี ดังนั้นจึงไม่มีก๊าซออกซิเจนหลงเหลืออยู่ในกระแสก๊าซที่ปล่อยออกมาจากเตาเผาเลย

ปริมาณของก๊าซ O_2 ทั้งหมดภายในกระแสก๊าซเผาไหม้ = 0 %

ปริมาณของก๊าซ CO_2 ทั้งหมดภายในกระแสก๊าซเผาไหม้ = (3.38 g, 6 mol)

สัดส่วนโดยน้ำหนักของก๊าซ CO_2 ภายในกระแสก๊าซทั้งหมด = 3.38 x 100 /14.18

= 23.84 %

สัดส่วนโดยน้ำหนักของก๊าซ CO_2 ภายในกระแสก๊าซที่แห้ง = 3.38 x 100 / 13.49

= 25.06 %

สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซ CO_2 ภายในกระแสก๊าซทั้งหมด = 6.00 x 100/ 37.20

= 16.13 %

สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซ CO_2 ภายในกระแสก๊าซที่แห้ง = 6.00 x 100/ 34.20

= 17.54 %

สำหรับในสมการเคมีที่ 17 ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีปริมาณของอากาศมากเกินกว่าจุดสมมูล 20% จะมีสัดส่วนของก๊าซ O_2 และ CO_2 โดยน้ำหนัก และปริมาตรเป็นดังนี้

น้ำหนักของกระแสก๊าซทั้งหมด = 3.38 g CO_2 + 0.69 g H_2O + 0.62 g O_2 + 12.14 g N_2

= 16.83 g

น้ำหนักของกระแสก๊าซที่แห้ง = 3.38 g CO_2 + 0.62 g O_2 + 12.14 g N_2

= 16.14 g

ปริมาตรของกระแสก๊าซทั้งหมด = 6 CO_2 + 3 H_2O + 1.5 O_2 + 33.64 N_2

= 44.34 mol

ปริมาตรของกระแสก๊าซที่แห้ง = 6 CO_2 + 1.5 O_2 + 33.84 N_2

= 41.34 mol

ปริมาณของก๊าซ O_2 ทั้งหมดภายในกระแสก๊าซ = (0.62 g, 1.5 mol)

สัดส่วนโดยน้ำหนักภายในกระแสก๊าซทั้งหมด = 0.62 x 100 / 16.83 = 3.68 %

สัดส่วนโดยน้ำหนักภายในกระแสก๊าซที่แห้ง = 0.62 x 100 / 16.14 = 3.84 %

สัดส่วนโดยปริมาตรภายในกระแสก๊าซทั้งหมด = 1.5 x 100 / 44.34 = 3.38 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัดส่วนโดยปริมาตรภายในกระแสก๊าซที่แห้ง = 1.5 x 100 / 41.34 = 3.63 %

ปริมาณของก๊าซ CO_2 ทั้งหมดภายในกระแสก๊าซ = (3.38 g , 6 mol)

สัดส่วนโดยน้ำหนักภายในกระแสก๊าซทั้งหมด = 3.38 x 100 / 16.83 = 20.08 %

สัดส่วนโดยน้ำหนักภายในกระแสก๊าซที่แห้ง = 3.38 x 100 / 16.14 = 20.94 %

สัดส่วนโดยปริมาตรภายในกระแสก๊าซทั้งหมด = 6 x 100 / 44.34 = 13.53 %

สัดส่วนโดยปริมาตรภายในกระแสก๊าซที่แห้ง = 6 x 100 / 41.34 = 14.51 %

จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ของสารประกอบเซลลูโลสในสภาวะที่มีปริมาณของก๊าซ O_2=100 % (สมการเคมีที่ 18) สามารถนำมาคำนวณได้ด้วยวิธีการเดียวกัน คือ

ปริมาณของก๊าซ O_2 ทั้งหมดภายในกระแสก๊าซ = 0 %

ปริมาณของก๊าซ CO_2 ทั้งหมดภายในกระแสก๊าซ = (1.63 g, 6 mol)

สัดส่วนโดยน้ำหนักของก๊าซ CO_2 ภายในกระแสก๊าซทั้งหมด = 1.63 x 100/ 6.9 = 26.77 %

สัดส่วนโดยน้ำหนักของก๊าซ CO_2 ภายในกระแสก๊าซที่แห้ง = 1.63 x 100/ 5.53 = 29.48 %

สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซ CO_2 ภายในกระแสก๊าซทั้งหมด = 6 x 100/ 33.56 = 17.88 %

สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซ CO_2 ภายในกระแสก๊าซที่แห้ง = 6 x 100/ 28.56 = 21.01%

สำหรับสมการเคมีที่ 19 ซึ่งมีปริมาณของอากาศมากเกินกว่าจุดสมมูล 150 % หรือคิดเป็นปริมาณของอากาศทั้งหมดเท่ากับ 250 % จะมี

สัดส่วนโดยน้ำหนักของก๊าซ O_2 ภายในกระแสก๊าซทั้งหมด =1.77x100/ 13.71 = 12.91%

ภายในกระแสก๊าซที่แห้ง =1.77x100/ 13.15 = 13.46%

สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซ O_2 ภายในกระแสก๊าซทั้งหมด = 9 x 100/ 76.40 = 11.78%

ภายในกระแสก๊าซที่แห้ง = 9 x 100/ 71.40 = 12.61%

สัดส่วนโดยน้ำหนักของก๊าซ CO_2 ภายในกระแสก๊าซทั้งหมด =1.63x100/13.71= 11.89%

ภายในกระแสก๊าซที่แห้ง =1.63x100/13.15 = 12.40%

สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซ CO_2 ภายในกระแสก๊าซทั้งหมด =6 x 100/ 76.40 = 7.85%

ภายในกระแสก๊าซที่แห้ง = 6 x 100/ 71.40 = 8.40%

การวิเคราะห์หาปริมาณของก๊าซต่างๆ ภายในกระแสก๊าซเผาไหม้นั้น โดยส่วนมากจะใช้การแสดงปริมาณในรูปที่เป็น เปอร์เซนต์สัดส่วนโดยปริมาตรภายในกระแสก๊าซที่แห้ง เพื่อให้สอดคล้อง และง่ายต่อการแปลผลข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งจะต้องทำการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตรของก๊าซที่สนใจภายใต้สภาวะของกระแสก๊าซเผาไหม้ที่แห้ง [9,10] โดยจากการคำนวณที่ผ่านมา ได้แสดงปริมาณของก๊าซ O_2 และ CO_2 ในรูปของเปอร์เซนต์สัดส่วนโดยปริมาตร ภายในกระแสก๊าซที่แห้ง ไว้ดังในตารางที่ 2.10 จากข้อมูลในตารางเมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่า สัดส่วนของก๊าซออกซิเจนภายในกระแสก๊าซเผาไหม้นั้น จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของอากาศที่มากเกินพอมีระดับที่สูงขึ้น เพราะปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่มากเกินพอนั้นไม่ได้ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาด้วย จึงมีให้ปรากฏขึ้นอยู่ภายในกระแสก๊าซเผาไหม้ที่ปล่อยออกมาจากเตาเผา แต่สำหรับก๊าซ CO_2 นั้นจะพบว่ามีสัดส่วนปริมาณอยู่ภายในกระแสก๊าซเผาไหม้ลดต่ำลง เมื่อเพิ่มปริมาณของอากาศที่มากเกินพอ เนื่องจากก๊าซ CO_2 ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้นั้นยังคงมีปริมาณที่เท่าเดิม แต่จากการที่เพิ่มปริมาณของอากาศที่มากเกินพอเข้าไป จึงเป็นผลให้ความเข้มข้น (หรือปริมาณสัดส่วน) ของก๊าซ CO_2 ภายในกระแสก๊าซเผาไหม้ ถูกเจือจางได้ด้วยปริมาณของอากาศที่เพิ่มขึ้นนี้

ตารางที่ 2.10 แสดงปริมาณของก๊าซ O_2 และ CO_2 ในรูปเปอร์เซนต์สัดส่วนโดยปริมาตร ภายใต้สภาวะกระแสก๊าซที่แห้ง จากการคำนวณที่ผ่านมา

	Benzene		Cellulose	
	0% excess air	20% excess air	0% excess air	150% excess air
O_2	0	3.63 %	0	12.61 %
CO_2	17.54 %	14.51 %	21.01 %	8.4 %

ที่มา : [10]

โดยทั่วไปภายในเตาเผาจะมีการติดตั้งเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณก๊าซออกซิเจน หรือก๊าซคาบอนไดออกไซด์อยู่ด้วย ในบริเวณทางออกของกระแสก๊าซเผาไหม้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์สภาวะของการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นภายในเตาเผา หรือนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าปัจจัยอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน ดังเช่น การคำนวณหาปริมาณของอากาศที่มากเกินพอ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันกับ ปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่หลงเหลือออกจากปฏิกิริยา ตามที่ได้อธิบายไว้แล้วในการคำนวณที่ผ่านมาข้างต้น โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นนี้ได้ด้วยวิธีการคำนวณอย่างง่าย ดังต่อไปนี้

$$\text{Percent excess air} = [\, O_2 / (21 - O_2) \times 100\,\% \,]$$

เมื่อ O_2 คือ เปอร์เซนต์สัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซออกซิเจน ภายในกระแสก๊าซที่แห้ง ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ปริมาณที่บริเวณทางออกของกระแสก๊าซเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น ในการคำนวณที่ผ่านมาของสมการเคมีที่ 17 ซึ่งมีการให้ปริมาณของอากาศมากเกินกว่าจุดสมมูล = 20 % และมีสัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซออกซิเจน ภายในกระแสก๊าซเผาไหม้ที่แห้งคิดเป็น = 3.63 %

เมื่อคำนวณกลับโดยใช้สูตร Percent excess air $= [O_2 / (21 - O_2) \times 100\%]$

$= [3.63\% / (21 - 3.63\%) \times 100\%]$

$= 20.89\ \%$

ตัวอย่างจากสมการเคมีที่ 19 ซึ่งมีการให้ปริมาณของอากาศมากเกินกว่าจุดสมมูล = 150 % และมีสัดส่วนโดยปริมาตรของก๊าซออกซิเจน ภายในกระแสก๊าซเผาไหม้ที่แห้งคิดเป็น = 12.61%

เมื่อคำนวณกลับโดยใช้สูตร Percent excess air $= [O_2 / (21 - O_2) \times 100\ \%]$

$= [12.61\% / (21 - 12.61\%) \times 100\%]$

$= 150.29\%$

จากตัวอย่างการคำนวณทั้งสองนี้ ได้แสดงให้เห็นว่าการหาปริมาณของอากาศที่มากเกินพอจากปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่มีอยู่ภายในกระแสก๊าซเผาไหม้นี้ เป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมและสะดวกต่อการปฏิบัติงานจริง อีกทั้งยังให้ผลที่มีความถูกต้องใกล้เคียงกับค่าที่เป็นจริงมาก

2.8 อุปกรณ์ และส่วนประกอบของเตาเผา [11]

2.8.1 พัดลมป้อนอากาศ

พัดลมป้อนอากาศ จะมีหน้าที่หลักในการทำงานอยู่ด้วยกัน 2 ประการ คือ 1. ทำหน้าที่เป็นตัวป้อนอากาศเข้าสู่เตาเผาเพื่อใช้ในการเผาไหม้ขยะ ซึ่งจะต้องให้การผสมคลุกเคล้ากับขยะได้เป็นอย่างดี และเพื่อใช้ในการควบคุมระดับอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ 2. ทำหน้าที่ในการถ่ายเทก๊าซเผาไหม้ออกจากเตาเผา หน้าที่ทั้ง 2 ประการนี้จะมีความสัมพันธ์กันกับระดับอุณหภูมิ ความดัน และปริมาณของอากาศภายในห้องเผาไหม้ด้วย จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมให้มีความเหมาะสมหรือเป็นไปตามที่ได้ถูกออกแบบไว้

พัดลมที่ใช้นี้มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบ centrifugal fan และแบบ axial fan ในแบบ centrifugal fan นั้น ยังแยกย่อยออกเป็นแบบต่างๆ ตามรูปร่างของใบพัด โดยอาจจะเป็นใบพัดแบบ forward curve แบบ backward curve หรือแบบ radial ซึ่งจะมีความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังเช่น เมื่อต้องการอากาศที่มีความดันคงที่ในทุกๆ ปริมาตรของอากาศ เพื่อใช้สำหรับควบคุมการเผาไหม้นั้น การใช้พัดลมที่มีใบพัดแบบ radial จะมีความเหมาะสมมากที่สุด แต่สำหรับการใช้งานในหน้าที่ของการดูดอากาศ เพื่อการถ่ายเทก๊าซเผาไหม้ที่เกิดขึ้น พัดลมที่มีใบพัดแบบ backward curve จะมีความเหมาะสมในการใช้งานมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 หัวเผาให้ความร้อน

หัวเผาให้ความร้อน เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในเตาเผาระบบไพโรไลซิส เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขบวนการไพโรไลซิส เป็นปฏิกิริยาชนิดดูดความร้อน จึงจำเป็นต้องมีการให้ความร้อนเพื่อใช้ในการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งจะมีอัตราการเกิดของปฏิกิริยาที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น และความร้อนที่ขบวนการจะได้รับทั้งหมดนั้น จะมีผลขึ้นอยู่กับการทำงานของหัวเผาเพียงอย่างเดียว และด้วยเหตุนี้จึงทำให้สามารถควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยา และสภาวะการเผาไหม้ภายในเตาเผาระบบไพโรไลซิสนี้ได้ จากการควบคุมปริมาณของเชื้อเพลิง และอากาศที่จ่ายเข้าสู่หัวเผา ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย และมีความแน่นอนในการควบคุมมากกว่า วิธีการควบคุมของเตาเผาระบบอื่นๆ

ระบบของหัวเผาที่ได้มีการออกแบบไว้ใช้กับเตาเผานั้น มีอยู่หลายระบบด้วยกัน ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในหัวเผาแต่ละระบบ เช่น ระบบที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเตา ระบบที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นของเสียประเภทน้ำมัน ระบบที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (ได้แก่ น้ำมันโซล่า และน้ำมันก๊าด) และระบบที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้มีการออกแบบระบบของหัวเผาให้สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด เช่น หัวเผาระบบที่สามารถใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งชนิดก๊าซ และน้ำมัน

หัวเผานี้จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ อุปกรณ์วัดระดับเชื้อเพลิง อุปกรณ์ควบคุมการไหลของเชื้อเพลิง ระบบ และอุปกรณ์ควบคุมอัตราส่วนระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ วาล์วปิดเปิดน้ำมัน วาล์วลดความดัน ระบบจุดการเผาไหม้ อุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ และควบคุมความปลอดภัย และแผงควบคุมการทำงานของหัวเผา

2.8.3 ช่อง ปิด/เปิด อากาศ

ช่อง ปิด/เปิด อากาศ เป็นอุปกรณ์ที่มีกลไกในการควบคุมการไหลของก๊าซทั้งภายในเตาเผา และอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ เช่น อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และอุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศ เป็นต้น โดยจะมีลักษณะการทำงานคล้ายกับวาล์ว แต่จะแตกต่างกันตรงที่วาล์วนั้นจะใช้สำหรับควบคุมการไหลของของเหลว ช่องปิด/เปิดอากาศนี้จะมีอยู่ด้วยกัน 5 แบบ คือ แบบ butterfly แบบ guillotine แบบ multi-blade แบบ pop (floating) และแบบ radial vane (vortex) ดังในรูปที่ 2.34 - 2.38 ตามลำดับ ช่องปิด/เปิดอากาศแต่ละแบบนี้ จะมีความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป ตัวอย่างเช่น แบบ butterfly damper จะมีข้อดีในการปิดกั้นก๊าซทั้งหมดได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่จะมีประสิทธิภาพในการควบคุมให้ก๊าซไหลผ่านที่ระดับต่ำกว่า 50% ได้ไม่ดีนัก แต่สำหรับแบบ multi vane damper นั้น จะมีความเหมาะสมอย่างมากในการใช้ควบคุมการไหลของกระแสก๊าซ ที่ต้องการความแน่นอนในการปรับระดับของการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

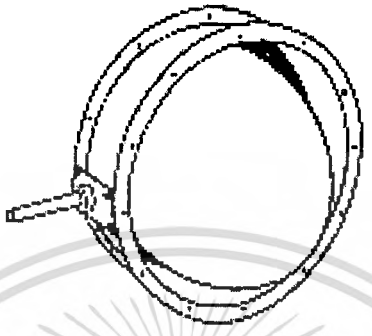
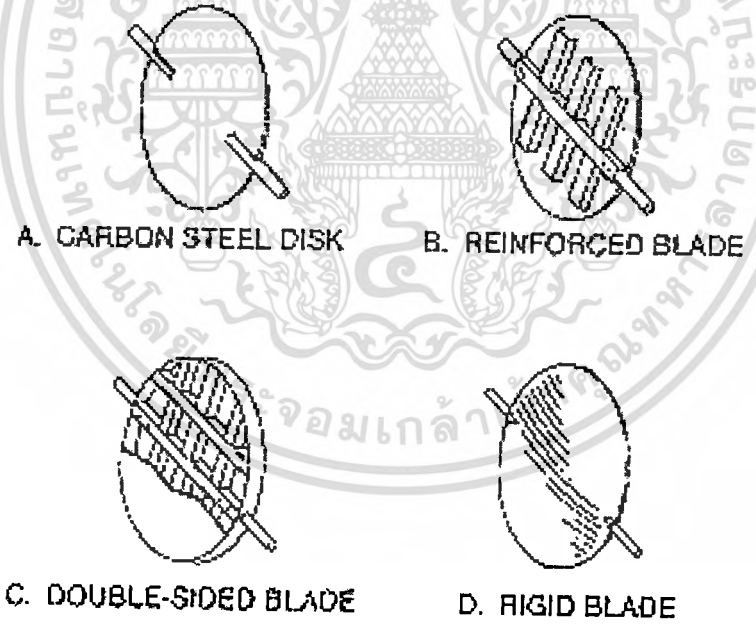
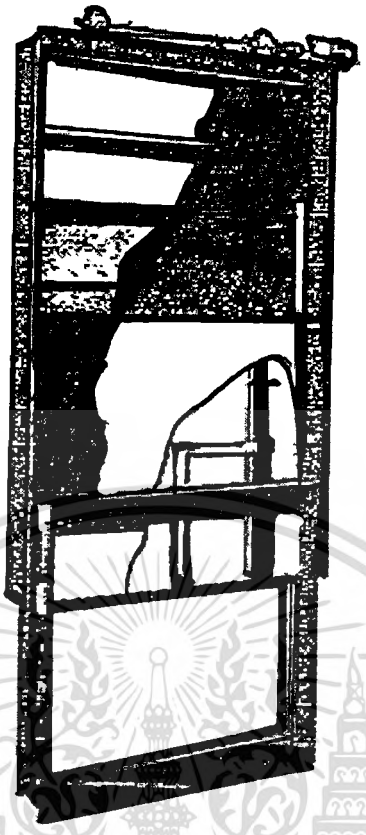


Figure 4.7—Typical butterfly damper.

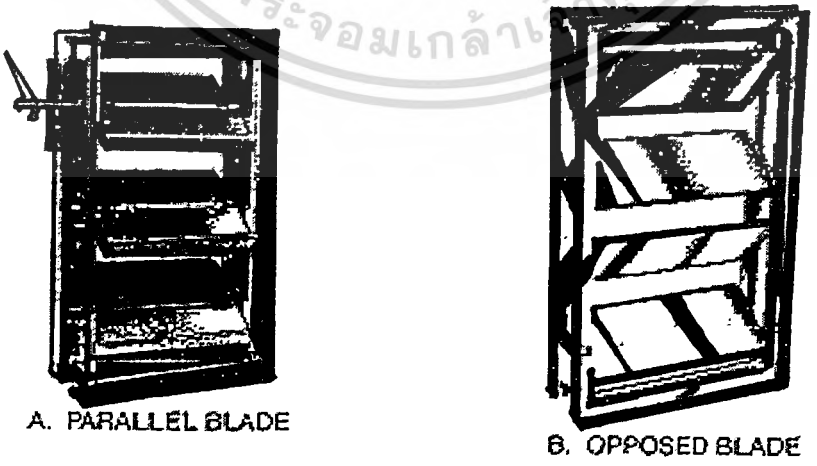


รูปที่ 2.34 **แสดงรูปแบบของช่อง ปิด/เปิด แบบ** Butterfly damper blade configurations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

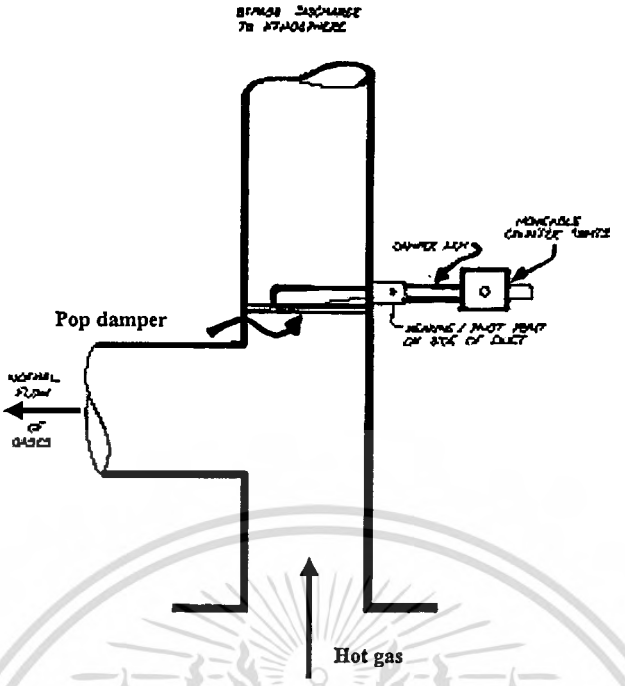


รูปที่ 2.35 แสดงรูปแบบของช่อง ปิด/เปิด แบบ metal blade guillotine damper

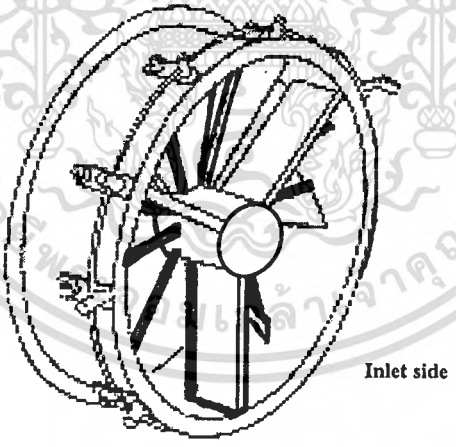


รูปที่ 2.36 แสดงรูปแบบของช่อง ปิด/เปิด แบบ multi-blade damper

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.37 แสดงรูปแบบของช่อง ปิด/เปิด แบบ pop damper



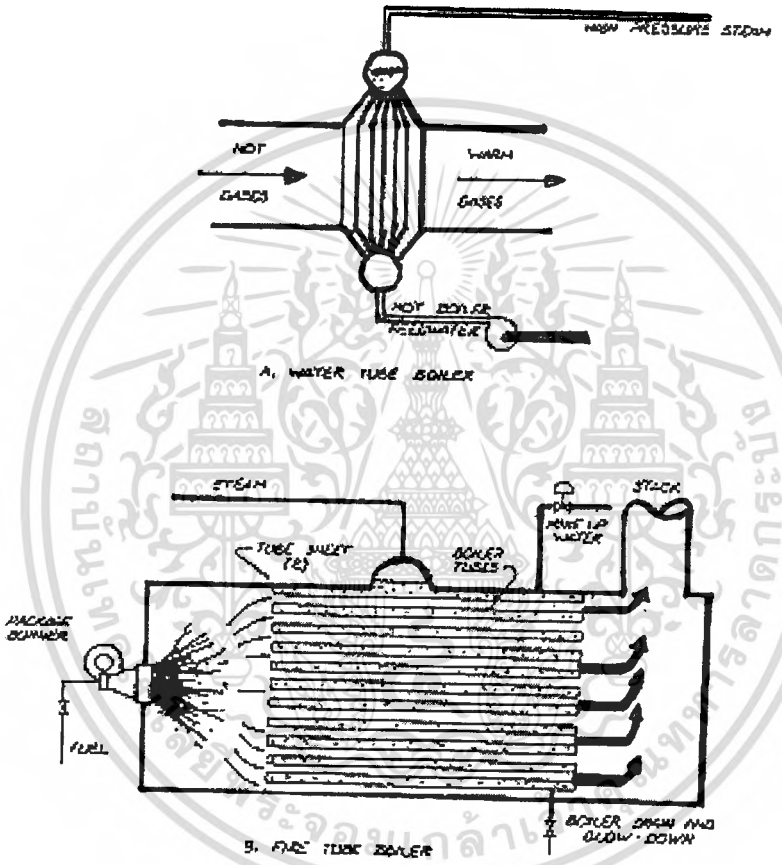
รูปที่ 2.38 แสดงรูปแบบของช่อง ปิด/เปิด แบบ radial vane damper

2.8.4 ระบบการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่

ขบวนการเผาไหม้โดยทั่วไปนั้น จะเป็นผลให้มีความร้อนเกิดขึ้น ถ้าความร้อนนี้มิได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ใดๆ แล้ว จะถูกปล่อยทิ้งไปกับกระแสก๊าซเผาไหม้ที่ร้อนโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นในเตาเผาขนาดใหญ่ที่มีความร้อนเกิดขึ้นเป็นปริมาณมาก จึงมักมีส่วนประกอบของระบบการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

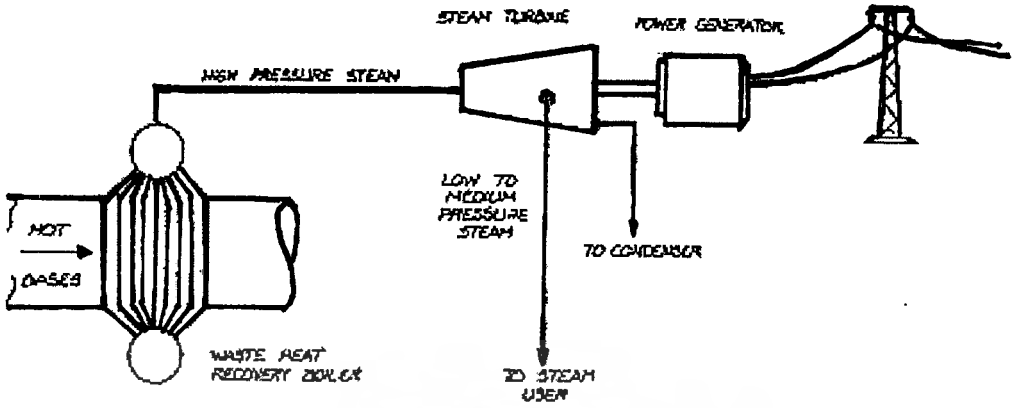
นำความร้อนจากกระแสก๊าซเผาไหม้กลับมาใช้ใหม่ด้วย เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์จากขบวนการนี้ได้อย่างเต็มที่ และยังเป็นการช่วยลดต้นทุนของการปฏิบัติงานได้อีกด้วย สำหรับวิธีการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่นั้น โดยทั่วไปจะต้องอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งจะมีลักษณะที่แตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของการนำความร้อนไปใช้ ได้แก่ 1. การใช้ผลิตไอน้ำ 2. การใช้ผลิตน้ำร้อน และ 3. การใช้ผลิตอากาศร้อน



รูปที่ 2.39 แสดงรูปแบบของ water tube boiler และ fire tube boiler

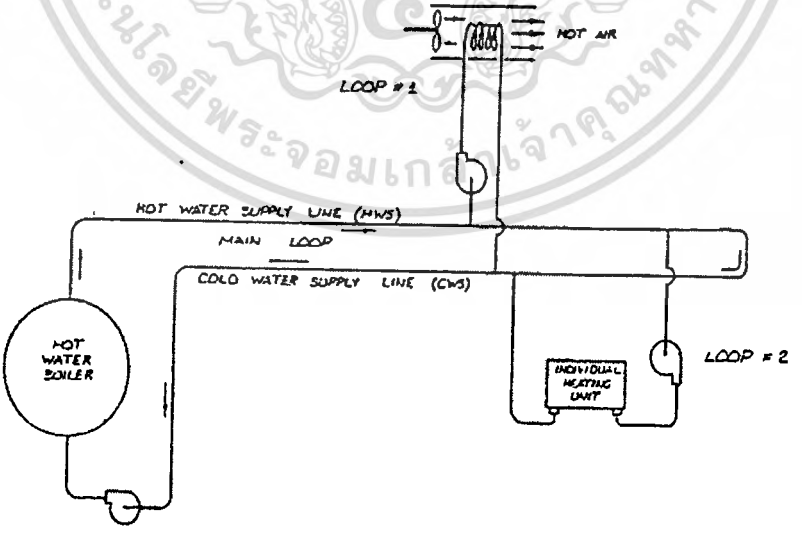
2.8.4.1 การใช้ผลิตไอน้ำ อุปกรณ์จะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบ fire-tube และแบบ water-tube boiler ดังในรูปที่ 2.39 โดยไอน้ำที่ได้นี้จะสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ทางด้านต่างๆ ได้ ดังเช่น การใช้ฆ่าเชื้ออุปกรณ์ และเครื่องมือทางการแพทย์ และการใช้บำบัดขยะติดเชื้อ หรือการใช้ย่อยขยะประเภทกากตะกอนต่างๆ นอกจากนั้นยังสามารถใช้ไอน้ำที่ได้นี้ ในการขับเคลื่อนกังหันของพัดลมป้อนอากาศ พัดลมดูดอากาศ ปั๊มขนาดใหญ่ และรวมถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ถ้าหากไอน้ำที่ได้มีกำลังในการผลิตที่สูงเพียงพอ ดังขบวนการในรูปที่ 2.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



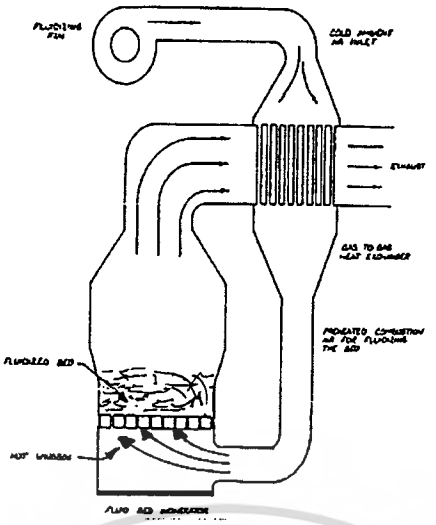
รูปที่ 2.40 แสดงรูปแบบของขบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากไอน้ำที่ได้

2.8.4.2 การใช้ผลิตน้ำร้อน ตามปกติแล้วจะผลิตขึ้นเพื่อใช้แจกจ่ายเข้าสู่แหล่งชุมชนของประเทศที่มีอากาศหนาวต่างๆ โดยน้ำร้อนที่ผลิตได้นี้จะมีระดับอุณหภูมิอยู่ในช่วง 120 - 200 °C ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระยะทาง และจำนวนการใช้ของชุมชนนั้นๆ สำหรับตัวอย่างอื่นของการนำน้ำร้อนที่ได้ไปใช้นั้น ได้แสดงไว้ดังในรูปที่ 2.41



รูปที่ 2.41 แสดงรูปแบบการผลิตอากาศร้อนจากน้ำร้อนที่ได้ โดยใช้ระบบ two pipe hot water distribution system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 แสดงรูปแบบการนำเอาอากาศร้อนที่ได้ มาใช้สำหรับการเผาไหม้ขยะ

2.8.4.3 การใช้ผลิตอากาศร้อน อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตนี้ จะมีลักษณะใกล้เคียงกันกับอุปกรณ์ในแบบข้างต้น แต่จะแตกต่างกันตรงที่อุปกรณ์นี้ จะใช้สำหรับการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซ กับอากาศเท่านั้น สำหรับอากาศร้อนที่ได้นั้น โดยทั่วไปมักจะนำไปใช้ประโยชน์ในการอบแห้งขยะก่อนที่จะทำการเผาไหม้ เพื่อลดปริมาณการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง ที่ต้องใช้ในการเผาไหม้ขยะ หรืออาจใช้เป็นอากาศป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เพื่อให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น ดังในรูปที่ 2.42

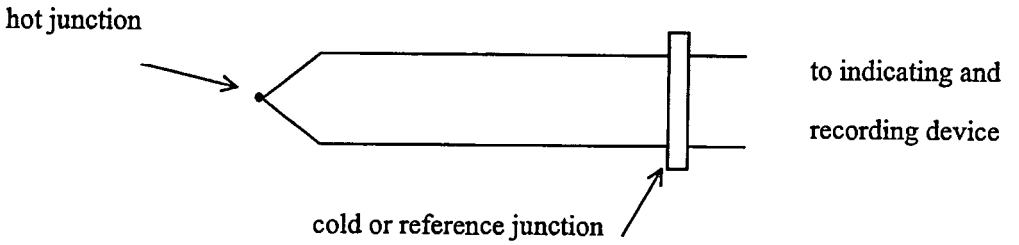
2.8.5 อุปกรณ์ และเครื่องมือตรวจวัดค่าปัจจัยต่างๆ

2.8.5.1 อุปกรณ์วัดระดับอุณหภูมิ การวัดระดับอุณหภูมินี้ นับว่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมาก ต่อการควบคุมการปฏิบัติงานของเตาเผาให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะสามารถตรวจวัดได้จากอุปกรณ์ที่เรียกว่า เทอร์มอคับเปิล (thermocouple) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการตรวจวัดระดับอุณหภูมิในช่วงที่สูงเกินกว่า 540 ˚C

เทอร์มอคัปเปิลนี้ ทำงานโดยอาศัยหลักการพื้นฐานจาก เมื่อมีการให้ความร้อนที่จุดเชื่อมต่อของโลหะ 2 ชนิดที่แตกต่างกันแล้ว จะส่งผลให้มีความต่างศักย์เกิดขึ้นระหว่างขั้วโลหะทั้ง 2 เป็นปริมาณน้อยๆ ซึ่งสามารถทำการวัดค่าได้ และค่าความต่างศักย์ที่วัดได้นี้ จะมีความสัมพันธ์กันกับระดับอุณหภูมิที่จุดเชื่อมต่อของโลหะทั้ง 2 โดยได้แสดงตัวอย่างของอุปกรณ์ไว้ ดังในรูปที่ 2.43

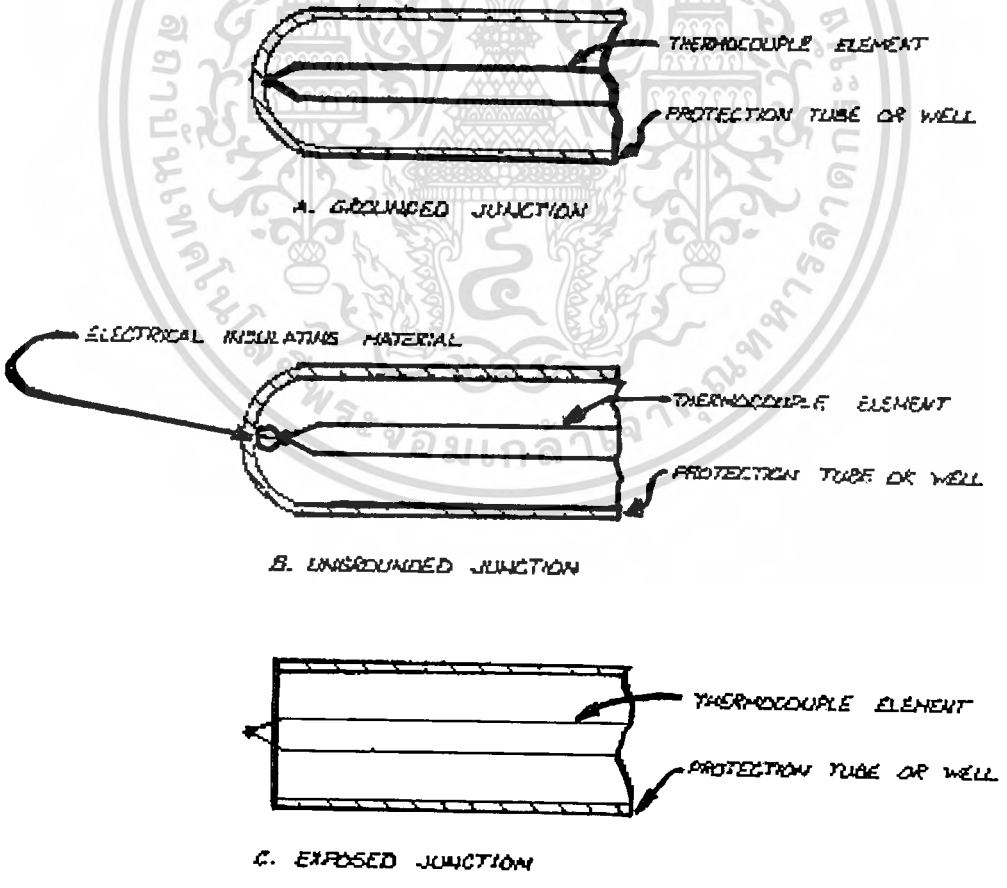
การที่เทอร์มอคัปเปิลจะสามารถแสดงผลความแตกต่าง ของระดับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริงได้อย่างถูกต้องนั้น จะต้องสร้างขึ้นจากลวดโลหะ 2 ชนิดที่มีความเหมาะสมกัน เช่น เทอร์มอคัปเปิลแบบ type K ซึ่งสร้างขึ้นด้วยลวดโลหะ alloy chromel และ alloy alumel จะสามารถให้ค่าความต่างศักย์ ที่มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับระดับอุณหภูมิที่จุดเชื่อมต่อของลวดโลหะทั้ง 2 ตั้งแต่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.43 แสดงรูปแบบของเทอร์มอคับเปิล

ช่วงระดับอุณหภูมิ (-190)˚C ถึง 1370˚C และได้ส่งผลให้การวัดระดับอุณหภูมิด้วยเทอร์-มอคับเปิลแบบนี้ มีความถูกต้องสูงในช่วงระดับอุณหภูมิดังกล่าว แต่ถ้าหากต้องการวัดระดับอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงที่นอกเหนือจากนี้ การใช้ลวดโลหะคู่อื่นอาจมีความเหมาะสมในการใช้งานที่ดีกว่า โดยสามารถพิจารณาได้จากข้อมูลในตารางที่ 2.11 ซึ่งได้แสดงรายละเอียดในส่วนต่างๆ ของเทอร์มอคับเปิลในแต่ละแบบไว้ ดังนี้



รูปที่ 2.44 แสดงลักษณะของเทอร์มอคับเปิลในแต่ละแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 แสดงรายละเอียดของเทอร์มอคับเปิลในแต่ละแบบ

Type	Usable Temperature range	Advantages	Restrictions
Type J (Iron-constantan)	-300° to 1600°F (-180° to 870°C)	Comparatively inexpensive. Suitable for continuous service to 1600°F (870°C) in neutral or reducing atmospheres.	Maximum upper limit in oxidizing atmosphere is 1400°F (760°C), because of the oxidation of the iron. Protection tubes should be used above 900°F (480°C). Protection tubes should always be used in a contaminating medium.
type K (Nickel, chromium-nickel, aluminum)	0° to 2500°F (0° to 1370°C)	Suitable for oxidizing atmospheres. In higher temperature ranges, provides a more mechanically and thermally rugged unit than platinum or rhodium-platinum, and longer life than iron-constantan.	Especially vulnerable to reducing atmospheres, requiring substantial protection when used.
Type T (Copper-constantan)	-300° to 700°F (-180° to 370°C)	Resists atmospheric corrosion. Applicable in reducing or oxidizing atmospheres below 600° F (320°C). Stability makes it useful at subzero temperatures.	Copper oxidizes above 600°F (320°C)
Type E (nickel, chromium-constantan)	-300° to 1600°F (-180° to 870°C)	Has high thermoelectric power. Both elements are highly corrosion resistant, permitting use in oxidizing atmospheres. Does not corrode at subzero temperatures	Stability is unsatisfactory reducing atmospheres.
Type S (Platinum, 10% rhodium-platinum)	0° to 2700°F (0° to 1480°C)	Usable in oxidizing atmospheres. Provides a higher usable range than Type K.	Easily contaminated in other than oxidizing atmospheres.
Type R (Platinum, 13% rhodium-Platinum)	0° to 2700°F (0° to 1480°C)	Frequently more practical than noncontact pyrometers. Has high conformity to published calibration data.	
Type B (Platinum, 30% rhodium-platium, 6% rhodium)	1600° to 3100°F (870° to 1700°C)	Better stabilly then Type S or R. Increased mechanical strength. Usable at higher temperatures than Type S or R. Reference-Junction compensation is not required if junction temperature does not exceed 150°F (170°C)	Available in standard grade only. High-temperature limit requires the use of alumina insulators and protection tupes. Easily contaminated in other than oxidizing atmospheres.

ที่มา : [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์มอคัปเปิลที่ได้มีการผลิตขึ้นเพื่อใช้กับเตาเผานั้น ได้มีการออกแบบไว้เป็น 3 ลักษณะ คือ แบบ unground แบบ ground และแบบ exposed ดังในรูปที่ 2.44 โดยในแบบ unground จะถูกออกแบบมาให้มีความแข็งแรงทนทานมากที่สุด เพราะจะมีการแยกจุดเชื่อมต่อของโลหะออกจากท่อที่ใช้หุ้มป้องกันดังในรูป แต่จากจุดเด่นนี้ได้เป็นผลให้เทอร์มอคัปเปิลในแบบ unground มีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิได้ช้ากว่าในแบบอื่นๆ ส่วนในแบบ expose นั้นจะมีการตอบสนองต่อระดับอุณหภูมิได้รวดเร็วที่สุด แต่อาจชำรุดเสียหายได้ง่ายที่สุดด้วย และสำหรับแบบ ground จะเป็นแบบที่นิยมที่สุด เพราะได้รวมข้อได้เปรียบจากเทอร์มอคัปเปิลทั้ง 2 แบบไว้ในตัว

2.8.5.2 อุปกรณ์วัดระดับความดันภายในเตาเผา ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการควบคุมขบวนการที่เกิดขึ้นภายในเตาเผา ตลอดจนอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงต่างๆ และยังเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่สำคัญอื่นๆ ด้วย ดังเช่น ระดับปริมาณของอากาศที่มากเกินพอ ระดับอุณหภูมิ และระดับปริมาณการปล่อยกระแสก๊าซเผาไหม้ออกจากเตาเผา การวัดระดับความดันนี้โดยทั่วไปจะวัดในหน่วย in. H_2O หรือ kPa ภายใต้สภาวะการทำงานของเตาเผา และมักต้องการความถูกต้องแม่นยำที่สูงมาก ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้อุปกรณ์วัดความดันที่มีความเหมาะสมแก่การวัดนี้ด้วย โดยตามปกติแล้วที่ใช้กันทั่วไปในเตาเผาจะมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ แบบ bourdon tube แบบ bellow และแบบ diaphragm ซึ่งจะมีหลักการพื้นฐานในการวัด โดยอาศัยความแตกต่างระหว่าง ระดับความดันบรรยากาศ กับระดับความดันภายในเตาเผา

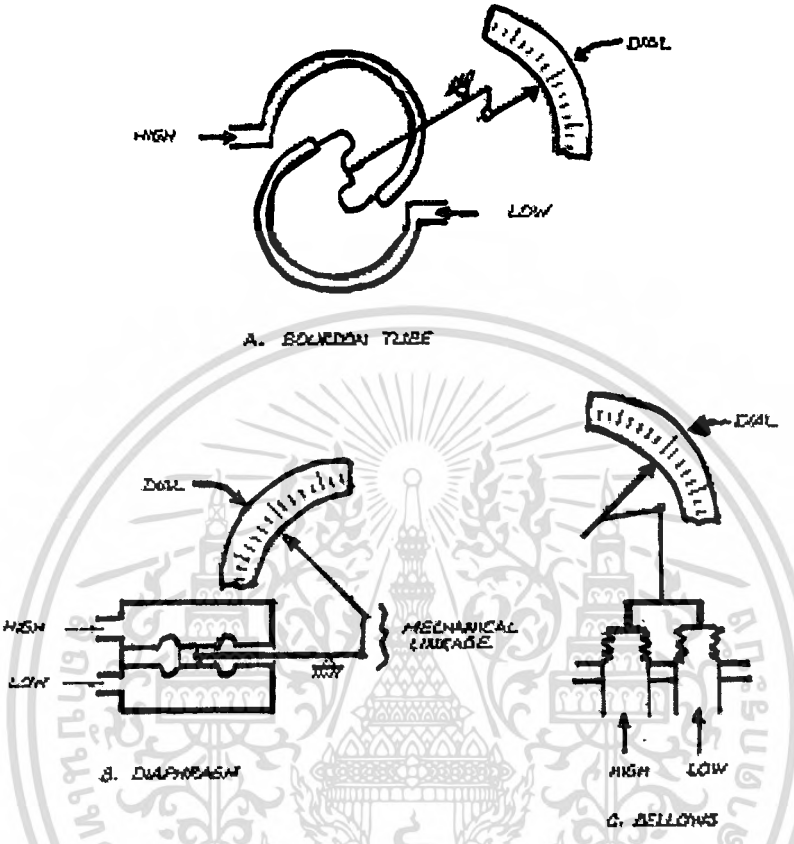
แบบ bourdon tube นั้น จะมีลักษณะเป็นท่อโค้ง 2 อันเกี่ยวกันไว้ และท่อโค้งนี้จะสามารถยืดได้เมื่อมีระดับความดันเพิ่มขึ้น ซึ่งในการวัดระดับความดันจะอาศัยการบ่งชี้จากท่อทั้งสองนี้ เป็นตัวบอกความแตกต่างของระดับความดันภายในท่อทั้ง 2 นี้ โดยภายในท่อหนึ่งจะมีระดับความดันเท่ากับภายนอกเตาเผา (ระดับความดันบรรยากาศ) และอีกท่อหนึ่งจะมีระดับความดันเท่ากับภายในเตาเผา ซึ่งเมื่อติดสเกล และเข็มวัดเข้ากับจุดเชื่อมต่อของท่อทั้ง 2 ที่สามารถเคลื่อนไหวได้จากการยืด และหดของท่อ ดังในรูปที่ 2.45 จะทำให้สามารถบอกถึงระดับความแตกต่าง ของความดันภายใน และภายนอกเตาเผาได้

แบบ bellow จะมีลักษณะเป็นท่อ 2 อัน ซึ่งตามปกติมักจะทำขึ้นจากโลหะ โดยท่อจะมีการปิดปลายทางด้านหนึ่งไว้ เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ขึ้นได้เมื่อมีระดับความดันเพิ่มมากขึ้น และจะมีการวางไว้คู่กัน แล้วต่อเข็มบ่งชี้ความดันเข้ากับปลายท่อที่ปิดทั้ง 2 ดังในรูปที่ 2.45 ซึ่งจะทำให้สามารถบอกระดับความดันที่แตกต่างกันจากท่อทั้งสองนี้ได้เช่นกัน และเมื่อระดับความดันลดลง ปลายท่อทั้ง 2 จะถูกดึงกลับไปที่จุดเริ่มต้นได้ด้วยสปริงขนาดเล็ก

แบบ diapragm จะมีลักษณะเป็นจานโลหะ ที่ผลิตขึ้นให้มีการหักเหจำเพาะกับระดับความดันที่เกิดขึ้น โดยจะมีทั้งแบบจานเดี่ยว และจานคู่ สำหรับในแบบจานเดี่ยวจะบอกระดับความดันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างจากด้านทั้ง 2 ของจาน ซึ่งจะมีการหักเหเกิดขึ้นในทิศทางของด้านที่มีระดับความดันต่ำกว่า และสามารถต่อเข้ากับเข็มบ่งชี้ เพื่อบอกระดับความดันได้เช่นเดียวกันกับแบบจานคู่ ดังรูปที่ 2.45



รูปที่ 2.45 แสดงรูปแบบอุปกรณ์ตรวจวัดความแตกต่างของระดับความดัน ในแต่ละแบบ

จากอุปกรณ์วัดระดับความดันทั้ง 3 แบบนี้ แบบ double diaphragm จะมีจำนวนการใช้ในเตาเผามากที่สุด เนื่องจากมีความถูกต้องสูงในช่วงระดับความดันของการปฏิบัติงานภายในเตาเผา ซึ่งมักจะถูกควบคุมให้มีระดับความดันอยู่ในช่วงที่เป็นลบเสมอ คือ อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง -5 in.H_2O (หรือ 0 ถึง -1.2 kPa) เพราะก๊าซเผาไหม้ที่เกิดขึ้นภายในเตาเผานั้น จำเป็นต้องมีการถ่ายเทออกจากเตาเผาอยู่ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน เพื่อมิให้เกิดการสะสมตัวอยู่ภายในเตาเผา จนเป็นเหตุให้มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่ลดต่ำลง หรือมีระดับความดันภายในเตาเผาที่สูงเพิ่มขึ้น จนอาจก่อให้เกิดอันตรายขึ้นได้ ด้วยเหตุนี้เตาเผาโดยทั่วไปจึงมีสภาวะการปฏิบัติงานภายในเตาเผาอยู่ในช่วงระดับความดันที่เป็นลบน้อยๆ อยู่เสมอ

2.8.5.3 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซออกซิเจนในกระแสก๊าซ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุม และติดตามตรวจสอบสภาวะการเผาไหม้ และปริมาณของอากาศที่มากเกินพอ ในเตาเผาแบบต่างๆ โดยใช้อุปกรณ์นี้ในการวัดหาปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ไม่ได้ถูกใช้ไปโดยขบวนการเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหม้ ซึ่งจะหลงเหลืออยู่ภายในกระแสก๊าซที่ปล่อยออกมาจากเตาเผา และทำการควบคุมให้มีระดับอยู่ในช่วงที่เหมาะสมตามที่เตาเผานั้นได้ถูกออกแบบไว้ เพื่อให้การปฏิบัติงานของเตาเผามีประสิทธิภาพได้สูงสุด และยังสามารถใช้ช่วยลดการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงได้อีกด้วย โดยการควบคุมปริมาณของอากาศที่มากเกินพอให้อยู่ในระดับที่ต่ำที่สุด ที่จะสามารถทำให้เกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณของก๊าซออกซิเจนจะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบการวิเคราะห์โดยแยกกระแสก๊าซออกมา (extractive oxygen analyzer) และแบบการวิเคราะห์โดยติดตั้งอยู่กับที่ (in-situ oxygen analyzer)

แบบการวิเคราะห์โดยแยกกระแสก๊าซออกมานั้น เป็นเครื่องมือวิเคราะห์หาปริมาณของก๊าซออกซิเจนภายในกระแสก๊าซเผาไหม้ โดยการแยกกระแสก๊าซออกมาทำการวิเคราะห์ภายนอก ซึ่งโดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบเป็นดังนี้ 1. หัวเก็บตัวอย่างอากาศในปล่องของเตาเผา 2. ตัวกรองหยาบ 3. ท่อส่งผ่านก๊าซ 4. ปั๊มดูดอากาศตัวอย่าง 5. ระบบแยกความชื้น 6. ตัวกรองละเอียด 7. เครื่องมือวิเคราะห์ 8. ระบบการเทียบค่าที่วัดได้ และ 9. เครื่องบันทึกข้อมูล นอกจากนี้ยังอาจมีระบบการไล่อากาศเพื่อใช้ในกรณีที่เกิดการอุดตันภายในอุปกรณ์วิเคราะห์ อันเนื่องมาจากอนุภาคฝุ่นละอองในกระแสก๊าซเผาไหม้

แบบการวิเคราะห์โดยการติดตั้งอยู่กับที่ เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นให้สามารถหาปริมาณของก๊าซออกซิเจนภายในกระแสก๊าซเผาไหม้ๆ ได้โดยตรง โดยจะมีการติดตั้งไว้ที่ข้างปล่องควันของเตาเผาอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้สามารถติดตามตรวจสอบความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในขณะทำการปฏิบัติงานได้ทุกระยะ นอกจากนั้นวิธีการนี้ยังไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายในกระแสก๊าซ และสามารถทำการวิเคราะห์ได้แม้ขณะที่มีฝุ่นละอองอยู่ภายในกระแสก๊าซเผาไหม้ แต่ถ้าหากในกระแสก๊าซมีความชื้นอยู่ด้วยอาจจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมือนี้บ้าง จึงควรพิจารณาในการนำเครื่องมือนี้ไปใช้ สำหรับส่วนประกอบของเครื่องมือนี้จะประกอบไปด้วย ตัวกรอง ส่วนวิเคราะห์ข้อมูล หัววัด ส่วนแปลงข้อมูล และส่วนบันทึกข้อมูล นอกจากนี้ยังควรมีระบบไล่อากาศด้วยเช่นกัน

2.8.5.4 เครื่องติดตามตรวจสอบความทึบแสง เป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถใช้ติดตามตรวจสอบการปล่อยสารมลพิษออกจากเตาเผานี้ได้อย่างต่อเนื่อง และช่วยให้สามารถควบคุมสภาวะการปฏิบัติงานของเตาเผาให้มีประสิทธิภาพได้สูงสุด โดยเครื่องมือนี้จะอาศัยหลักการพื้นฐานจากการส่งผ่านของแสง จากด้านหนึ่งของปล่องควันผ่านไปยังกระแสก๊าซ หรือกลุ่มควัน ซึ่งแสงอาจจะมีการถูกดูดซับ หรือถูกทำให้กระเจิงได้ด้วยอนุภาคฝุ่นละอองภายในกลุ่มควันนี้ และเป็นผลให้แสงที่ส่งผ่านเข้าสู่เครื่องตรวจวัดระดับความเข้มแสงที่อยู่ในฝั่งตรงข้ามของปล่องควัน มีระดับความเข้มแสงที่ลดต่ำลง เปอร์เซนต์ความเข้มแสงที่ลดลงนี้ เรียกว่า เปอร์เซนต์ความทึบแสงของกระแสก๊าซ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซนต์การส่งผ่านของแสง เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซนต์การส่งผ่านของแสง = 100% - เปอร์เซนต์ความทึบแสง

จากความสัมพันธ์นี้ได้แสดงว่า ถ้ากระแสก๊าซมีความทึบแสงเป็น 100% แล้ว จะมีการส่งผ่านของแสงเป็น 0% แต่ถ้าไม่มีความทึบแสงแล้ว จะเป็นผลให้มีการส่งผ่านของแสงเป็น 100%

เครื่องวัดระดับการส่งผ่านของแสงนี้ จะมีทั้งระบบที่มีทางผ่านเดี่ยว (single-pass system) และระบบที่มีทางผ่านคู่ (double-pass system) โดยในระบบทางผ่านเดี่ยวนั้นจะมีหลอดไฟฟ้าที่ให้ลำแสง และเครื่องตรวจวัดแสงอยู่ในฝั่งที่ตรงข้ามกันของปล่องควัน ซึ่งมักจะมีราคาที่ไม่แพง แต่จะมีความยุ่งยากมากในการปรับค่าศูนย์ และการเทียบผลข้อมูลที่ได้ สำหรับแบบทางผ่านคู่นั้นจะสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ได้ โดยจะมีหลอดไฟให้ลำแสงอยู่ในส่วนเดียวกันกับเครื่องตรวจวัดแสง ซึ่งจะ อาศัยการตรวจวัดแสงจากการสะท้อนของกระจก ที่ติดอยู่ในฝั่งตรงข้ามของปล่องควัน

2.9 สภาวะการปฏิบัติงาน และการควบคุมเตาเผาระบบไพโรไลซิส [9-11]

2.9.1 การเริ่มปฏิบัติงานจากสภาวะปกติ (cold start-up)

จุดประสงค์ของการเริ่มปฏิบัติงานจากสภาวะปกติ คือ การเพิ่มระดับอุณหภูมิของเตาเผาจากระดับอุณหภูมิปกติไปจนถึงระดับอุณหภูมิประมาณ 500 °C ตรงบริเวณที่ร้อนที่สุดภายในเตาเผา เพื่อไล่ความชื้นทั้งหมดออกจากเตาเผา โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นแก่อิฐทนไฟที่เป็นวัสดุในการก่อสร้างเตาเผา การเริ่มปฏิบัติงานจากสภาวะปกตินี้มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ แบบแรกจะเป็นการเริ่มปฏิบัติงานของเตาเผาที่เพิ่งเริ่มนำมาใช้งานเป็นครั้งแรก ส่วนแบบที่สองจะเป็นการเริ่มปฏิบัติงานของเตาเผาที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว การเริ่มปฏิบัติงานของเตาเผาทั้ง 2 แบบนี้ จะมีขั้นตอนที่เหมือนกันทั้งหมด แต่จะแตกต่างกันตรงอัตราของการเพิ่มระดับอุณหภูมิ จากระดับอุณหภูมิปกติถึงระดับอุณหภูมิสุดท้าย โดยในการเริ่มปฏิบัติงานของเตาเผาที่เพิ่งนำมาใช้งานนั้น
จะมีอัตราของการเพิ่มระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า เตาเผาที่ได้ผ่านการใช้งานมาแล้ว เพื่อให้โครงสร้างของเตาเผาส่วนที่เป็นปูน และอิฐทนไฟเกิดการรวมตัวกันได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

ก่อนการเริ่มปฏิบัติงานของเตาเผาแต่ละครั้ง ควรได้มีการตรวจสอบสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ชิ้นต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของเตาเผาให้เป็นอย่างดีเสียก่อน โดยอุปกรณ์ทุกชิ้น จะต้องอยู่ในสภาวะที่ใช้งานได้ และมีสภาวะการทำงาน (ปิด/ เปิดเครื่อง) ที่เตรียมพร้อมสำหรับการปฏิบัติงาน ซึ่งได้แสดงตัวอย่างของการเตรียม สภาวะการทำงานของอุปกรณ์หลักไว้ ดังในตารางที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 แสดงการเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบในเตาเผา ก่อนการเริ่มปฏิบัติงาน

Step	Function	Action
1	Main eletrical power	On
2	Instrument air supply	On
3	Plant water supply	Open Valve
4	Fluel supply to incinerator	Open Valve
5	Control panel power	On
6	Emergency bypass damper	Closed
7	Combustion air blower	On
8	Water supply to waste gas scrubber	On
9	Induced draft fan (set draft controller to maintain a draft of -0.1")	On

Note : in. H_2O x 0.2488 = 1 kPa

ที่มา : [11]

2.9.2 สภาวะเตรียมพร้อมปฏิบัติงาน (stand - by)

สภาวะเตรียมพร้อมปฏิบัติงานได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบ cold stand-by และแบบ hot stand-by โดยในแบบ cold stand-by นั้น จะหมายถึง สภาวะที่อุปกรณ์ทั้งหมดของเตาเผาได้ปิดการทำงานลงเป็นที่เรียบร้อย และมีระดับอุณหภูมิภายในเตาเผาเท่ากับระดับอุณหภูมิของอากาศภายนอกเตาเผา ที่สภาวะนี้จะสามารถทำการบำรุงรักษา และซ่อมแซมชิ้นส่วนภายในต่างๆ ของเตาเผาที่เกิดการชำรุดได้ สำหรับแบบ hot stand-by จะหมายถึง สภาวะที่มีการเปิดให้หัวเผาทำงาน เพื่อเพิ่มระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เปล่า (ยังไม่มีการป้อนขยะเข้าสู่ห้องเผาไหม้) ให้สูงขึ้นกว่าระดับอุณหภูมิปกติตามที่ได้กำหนด คือประมาณ 300 °C แล้วทำการรักษาระดับอุณหภูมินี้ไว้ให้คงที่ จุดประสงค์ของการเตรียมสภาวะแบบ hot stand-by นั่นคือ เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ให้มีระดับที่สูงเพียงพอ ที่จะสามารถเริ่มต้นการปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นกับอิฐทนไฟ และส่วนประกอบต่างๆ ภายในเตาเผา (จากการเพิ่มระดับอุณหภูมิที่รวดเร็วเกินไป) และยังเป็นการป้องกันการดูดซับความชื้นของอิฐทนไฟได้อีกด้วย

2.9.3 การเริ่มปฏิบัติงานจากสภาวะเตรียมพร้อม (Warm Start-up)

จุดประสงค์ในการปฏิบัติงาน คือ การทำระดับอุณหภูมิภายในเตาเผาให้สูงเพิ่มขึ้น จากสภาวะ hot stand-by จนกระทั่งมีระดับอุณหภูมิสูงขึ้นเท่ากับระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ เพื่อ

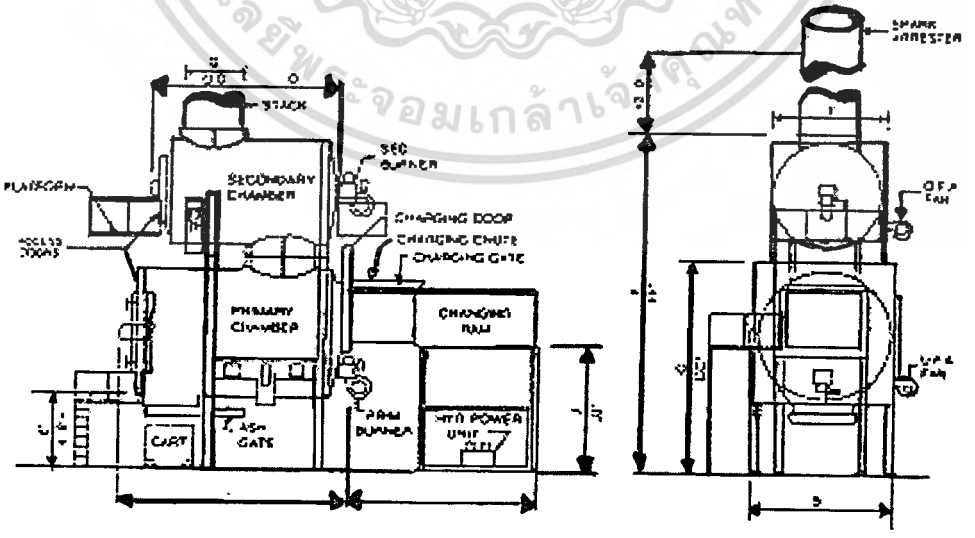
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้แน่ใจว่าสามารถไล่ความชื้นทั้งหมดออกจากเตาเผาได้ และเป็นการเตรียมพร้อมสำหรับการเริ่มเผาไหม้ขยะ

2.9.4 การป้อนขยะเข้าสู่ห้องเผาไหม้

ภายหลังจากขั้นตอนของการเริ่มปฏิบัติงานของเตาเผาเสร็จสิ้นแล้ว เตาเผาจะอยู่ในสภาวะที่เตรียมพร้อมสำหรับการเผาไหม้ขยะ และสามารถทำการป้อนขยะเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้ทันที โดยอาจจะเลือกใช้ระบบการป้อนขยะเป็นแบบต่อเนื่อง หรือแบบเติมทีละครั้งได้ตามความเหมาะสม สำหรับระบบการป้อนขยะแบบต่อเนื่องของเตาเผาระบบไพโรไลซิสนั้น จะต้องมีการออกแบบให้สามารถทำการป้อนขยะเข้าสู่เตาเผาได้ โดยมีการรั่วไหลของอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้เป็นปริมาณที่น้อยที่สุด เพื่อป้องกันการรบกวนสภาวะการเผาไหม้ของขบวนการไพโรไลซิส จากปริมาณของอากาศที่ไม่ต้องการ ซึ่งจะสามารถรั่วไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้ในขณะที่ทำการเปิดประตูเตาเผาเพื่อป้อนขยะ โดยได้แสดงตัวอย่างของเตาเผาระบบไพโรไลซิสพร้อมอุปกรณ์การป้อนขยะไว้ ดังในรูปที่ 2.46

ในการป้อนขยะเข้าสู่เตาเผานี้ จะต้องมีการควบคุมอัตราการป้อนขยะให้มีความเหมาะสมกับเตาเผาที่ใช้ด้วย เพื่อให้การปฏิบัติงานของเตาเผามีประสิทธิภาพในการทำงานได้สูงสุด โดยในการควบคุมนี้ จะขึ้นอยู่กับการตัดสินใจเฉพาะตัวของผู้ควบคุมเตาเผา ซึ่งได้อาศัยหลักเกณฑ์ทั้งจากประสบการณ์ ที่เคยควบคุมการปฏิบัติงานของเตาเผากับขยะประเภทต่างๆ และจากเอกสารคู่มือของเตาเผาที่ใช้

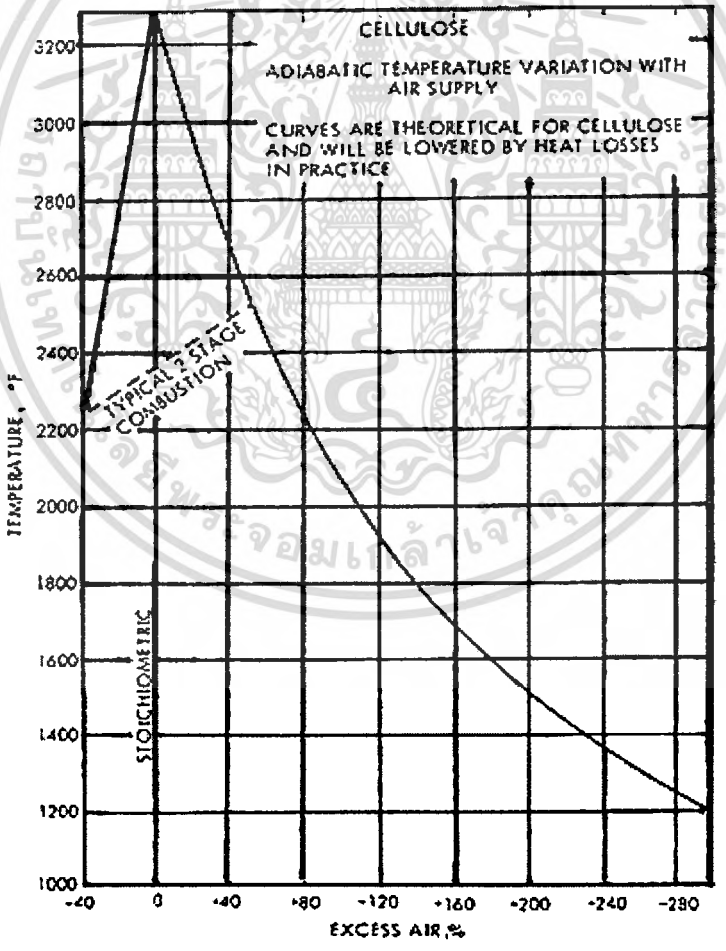


รูปที่ 2.46 แสดงรูปแบบของเตาเผาระบบไพโรไลซิส พร้อมอุปกรณ์การป้อนขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.5 สภาวะการเผาไหม้ขยะแบบ Autogeneouus Operation

เป็นสภาวะการปฏิบัติงานที่สามารถรักษาระดับการเผาไหม้ให้เกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ต้องอาศัยเชื้อเพลิงช่วยแต่อย่างใด ในการที่จะเกิดสภาวะการเผาไหม้แบบ Autogeneous Operation นี้ได้ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยทั้งทางด้านขยะ และระบบของเตาเผา โดยขยะนั้นจะต้องมีค่าความร้อนจากการเผาไหม้ที่สูงเพียงพอ สำหรับการระเหยความชื้นที่มีอยู่ในขยะ และสำหรับการใช้จุด ให้เกิดการเผาไหม้ของขยะขึ้น ส่วนปัจจัยทางด้านระบบของเตาเผา คือ เตาเผาที่ใช้จะต้องเป็นเตาเผาระบบให้อากาศอย่างมากเกินพอเท่านั้น เพราะในขบวนการเป็นปฏิกิริยาชนิดคายความร้อน ซึ่งจะมีความร้อนเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ขยะสูงมากเพียงพอ ที่จะสามารถรักษาระดับของการเผาไหม้ให้เกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง สำหรับเตาเผาระบบไพโรไลซิส จะมีปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นชนิดดูดความร้อน ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนแก่ขบวนการ ตลอดการปฏิบัติงานของเตาเผา ดังนั้นจึงไม่สามารถทำการควบคุมให้เกิดสภาวะดังกล่าวนี้ขึ้นได้



รูปที่ 2.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิ และปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าสู่เตาเผา เมื่อกำหนดให้ความร้อนภายในระบบมีค่าคงที่ (ซ้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.6 สภาวะการเผาไหม้ขยะแบบ Non-autogeneous Operation

เป็นสภาวะการปฏิบัติงานของเตาเผา ที่สามารถรักษาระดับของการเผาไหม้ขยะให้เกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง และมีระดับที่คงที่ โดยการใช้เชื้อเพลิงช่วยในการให้ความร้อนที่จำเป็น สำหรับการรักษาระดับของการเผาไหม้ขยะให้คงที่ ซึ่งปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้นี้ จะขึ้นอยู่กับค่าความชื้นและค่าความร้อนจากการเผาไหม้ขยะ ที่ทำการเผา

สภาวะการเผาไหม้แบบ Non-autogeneous นี้ สามารถปฏิบัติได้ทั้งในเตาระบบไพโรไลซิส และระบบให้อากาศอย่างมากเกินพอ สำหรับเตาเผาระบบไพโรไลซิส ซึ่งมีสภาวะการปฏิบัติงานตามที่ได้กล่าวไว้แล้วนั้น การควบคุมสภาวะของห้องเผาไหม้จะมีความแน่นอน และง่ายต่อการควบคุม มากกว่าเตาเผาแบบให้อากาศอย่างมากเกินพอ เพราะนอกจากจะมีความแน่นอนในการควบคุมระดับอุณหภูมิ ด้วยการควบคุมการจ่ายปริมาณของเชื้อเพลิงแล้ว ยังสามารถควบคุมได้จากการป้อนปริมาณของอากาศเข้าสู่ภายห้องเผาไหม้ โดยระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้นั้น จะแปรผันตามปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ และจะมีความสัมพันธ์กันกับระดับปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าไป ตามที่ได้แสดงไว้ ดังในรูปที่ 2.33 (ซ้ำ)

2.9.7 การควบคุมระดับอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ ด้วยปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าสู่เตาเผา

จากรูปที่ 2.33 นี้ จะสามารถสังเกตุได้ว่าในช่วงของระดับปริมาณอากาศ ที่ต่ำกว่าจุดสมมูลนั้น จะมีการเพิ่มขึ้นของระดับอุณหภูมิ และอัตราการเกิดปฏิกิริยา ต่อเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าสู่เตาเผา เนื่องจากปริมาณของอากาศที่เพิ่มขึ้น ยังสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้เพิ่มขึ้นได้อีก จึงส่งผลให้มีความร้อนเกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้เพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นในการควบคุมระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้แรก ซึ่งมีสภาวะการเผาไหม้แบบให้ปริมาณอากาศต่ำกว่าจุดสมมูลอยู่ในช่วงที่กำหนด ด้วยวิธีของการควบคุมปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าสู่เตาเผานั้น สามารถปฏิบัติได้ดังนี้

- เมื่อมีระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้นมากเกินไป ให้ทำการลดปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้
- เมื่อมีระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ลดต่ำลงเกินไป ให้ทำการเพิ่มปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้

ก๊าซที่เกิดขึ้นจากขบวนการไพโรไลซิสในห้องเผาไหม้แรก จะถูกส่งผ่านไปทำการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ภายในห้องเผาไหม้ที่สอง ซึ่งมีการควบคุมสภาวะการเผาไหม้ ที่แตกต่างไปจากในห้องเผาไหม้แรก โดยจะมีการให้ปริมาณอากาศอย่างมากเกินพอ คือ มีการป้อนปริมาณของอากาศเข้าสู่เตาเผาอยู่ในช่วงระดับประมาณ 140 - 200 % ของปริมาณอากาศที่จุดสมมูล ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้การควบคุมระดับอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่ 2 ด้วยวิธีการควบคุมปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้นั้น มีวิธีการที่แตกต่างไปจากห้องเผาไหม้แรก โดยมีรายละเอียดเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อมีระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เพิ่มขึ้นมากเกินไป ให้ทำการเพิ่มปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้
- เมื่อมีระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ลดต่ำลงเกินไป ให้ทำการลดปริมาณของอากาศที่ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ และการสร้างเตาเผาขยะแบบไร้กลิ่นไร้ควัน

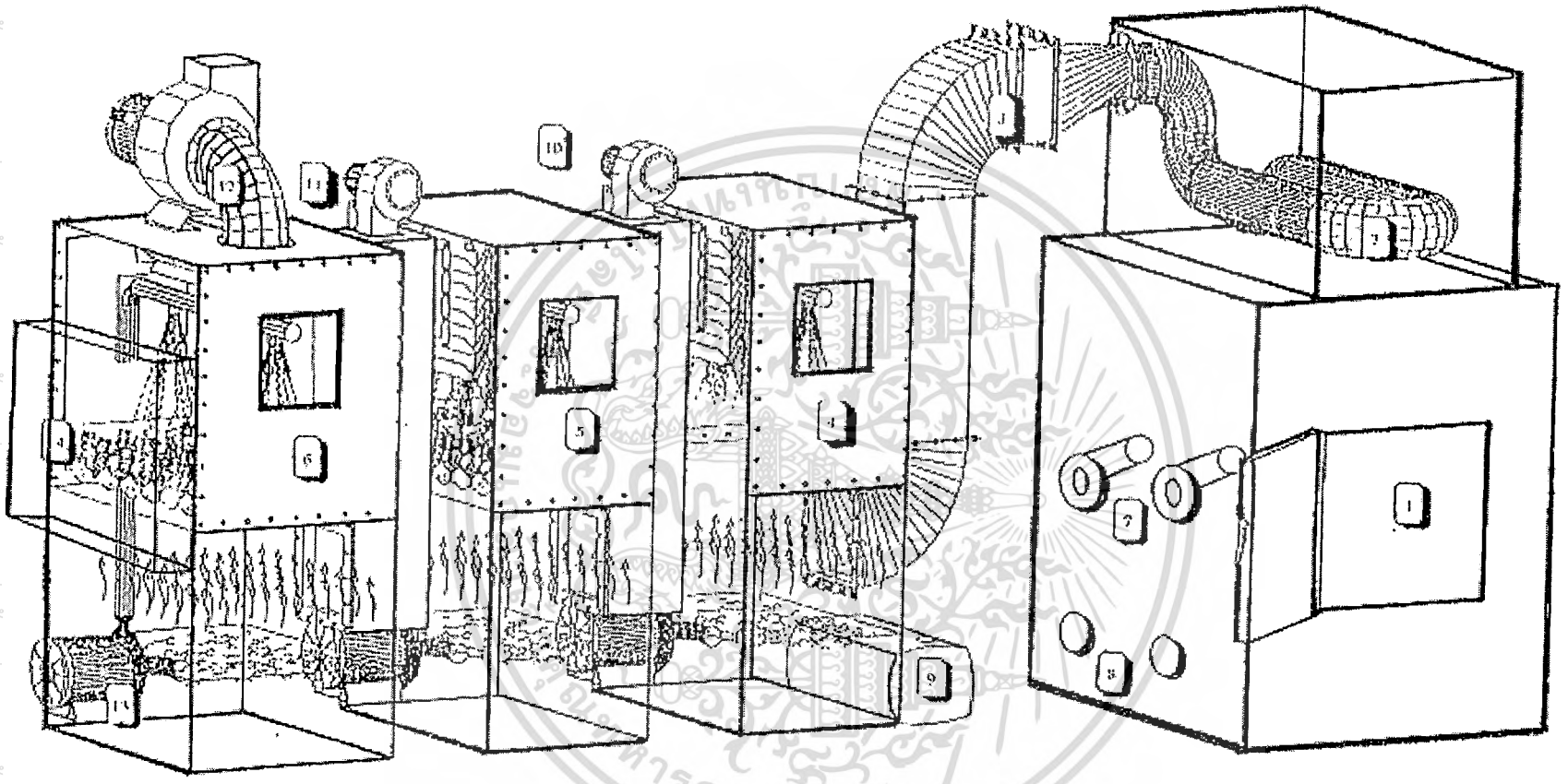
ในการดำเนินการศึกษาออกแบบ และก่อสร้างเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควันนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อการกำจัดขยะจากสถานพยาบาล โดยไม่ส่งผลกระทบกับสิ่งมีชีวิต และสภาพแวดล้อมต่างๆ เป็นสำคัญ ดังนั้นระยะเวลา และปริมาณของเนื้องานทั้งหมดที่ต้องดำเนินการ จึงขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเตาเผาที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนของการดำเนินการทั้งหมดออกได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ

1. การดำเนินการศึกษาออกแบบ และก่อสร้างเครื่องต้นแบบของเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควัน และเครื่องดักอากาศระบบเปียก โดยได้มีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์อย่างง่ายนำมาใช้เป็นส่วนประกอบ
2. การดำเนินการศึกษา และพัฒนาประสิทธิภาพของเตาเผาต้นแบบ
3. การดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาทั้ง 2 แบบ

3.1 การดำเนินการในส่วนที่ 1

เตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควัน (เครื่องต้นแบบ) และเครื่องดักอากาศระบบเปียกที่ได้ดำเนินการสร้างขึ้นนั้นจะมีรูปแบบ ดังในรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงรูปแบบของเตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควัน (เครื่องต้นแบบ) และเครื่องดักอากาศระบบเปียกที่ได้ดำเนินการสร้างขึ้น

3.1.1 ส่วนประกอบของเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก

มีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

1. ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง
2. ห้องเผาไหม้ที่สอง
3. ท่อน้ำส่งก๊าซเผาไหม้ เข้าสู่ห้องลดระดับอุณหภูมิของก๊าซ
4. ห้องลดระดับอุณหภูมิของก๊าซ
5. เครื่องดักอากาศระบบเปียกห้องที่หนึ่ง
6. เครื่องดักอากาศระบบเปียกห้องที่สอง
7. หัวเผาน้ำมันดีเซล
8. ช่องป้อนอากาศเข้าสู่เตาเผา
9. ถังน้ำมันดีเซล
10. พัดลมควบคุมการไหลของกระแสก๊าซ ตัวที่ 1
11. พัดลมควบคุมการไหลของกระแสก๊าซ ตัวที่ 2
12. พัดลมควบคุมการไหลของกระแสก๊าซ ตัวที่ 3
13. ปั๊มน้ำควบคุมการไหลของสารละลายภายในห้องลดระดับอุณหภูมิ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก
14. แผงควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 รายละเอียดของเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงรายละเอียดของเตาเผาต้นแบบ

รายละเอียดของเตาเผา	
1. วัสดุในการก่อสร้าง	ห้องเผาไหม้ของเตาเผาจะสร้างขึ้นด้วยอิฐทนไฟ ซึ่งมีสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนได้อย่างดี โดยจะมีทั้งอิฐชนิดหนัก และชนิดเบา (ชนิด B_6 และ C_2) ตามความเหมาะสมของการใช้งานในบริเวณตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาเผา
2. ห้องเผาไหม้ที่ 1	
ขนาดภายนอก (กว้าง x ยาว x สูง)	150 cm x 122 cm x 150 cm
ขนาดภายใน (กว้าง x ยาว x สูง)	97 cm x 124 cm x 126 cm
ปริมาตรภายใน	1.4 m^3
อุปกรณ์ให้ความร้อน	หัวเผาน้ำมันดีเซล (ซึ่งได้ประยุกต์ขึ้นใช้เอง โดยการนำเอาหัวฉีด และปั๊มน้ำมันจากเครื่องยนต์ดีเซลเก่ามาใช้เป็นส่วนประกอบ)
3. ห้องเผาไหม้ที่ 2	
ขนาดภายนอก (กว้าง x ยาว x สูง)	46 cm x 128 cm x 26.5 cm
ขนาดภายใน (กว้าง x ยาว x สูง)	∅ = 15 cm ยาว 60 cm จำนวน 4 ท่อน
ปริมาตรภายใน	0.042 m^3
อุปกรณ์ให้ความร้อน	ตัวต้านทานไฟฟ้า (ซึ่งใช้ลวดให้ความร้อน Kanthal AF ขนาด 2 mm นำมาพันรอบท่อส่งก๊าซชนิดเซรามิกซ์ทนความร้อน ซึ่งมีลักษณะ และรูปแบบดังในรูปที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงรายละเอียดของห้องลดระดับอุณหภูมิ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก

รายละเอียดของห้องลดระดับอุณหภูมิ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก	
1. ห้องลดระดับอุณหภูมิ	
ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง)	65 cm x 100 cm x 170 cm
ปริมาตร	1.1 m^3
ระบบ	ระบบใช้น้ำฉีดพ่นเป็นละอองฝอย ในทิศทางที่สวนกับกระแสก๊าซเผาไหม้
2. เครื่องดักอากาศระบบเปียกห้องที่ 1	
ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง)	65 cm x 100 cm x 170 cm
ปริมาตร	1.1 m^3
ระบบ	ระบบใช้น้ำฉีดพ่นเป็นละอองฝอย ในทิศทางที่สวนกับกระแสก๊าซเผาไหม้ โดยมีตัวกลางเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างก๊าซกับของเหลว บรรจุอยู่ภายในอุปกรณ์ด้วย
3. เครื่องดักอากาศระบบเปียกห้องที่ 2	
ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง)	82 cm x 100 cm x 170 cm
ปริมาตร	1.4 m^3
ระบบ	เหมือนกับเครื่องดักอากาศระบบเปียกห้องที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบภายในเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงการเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบภายในเตาเผาต้นแบบ

อุปกรณ์	สภาวะ
	เปิด
1. สวิทช์ไฟฟ้าหลัก	
2. สวิทช์แผงควบคุมไฟฟ้า	เปิด
3. พัดลมป้อนอากาศ	เปิด
4. หัวเผาน้ำมันดีเซล	เปิด
5. ตัวต้านทานไฟฟ้า	เปิด
6. วาล์วส่งน้ำมันเข้าสู่หัวเผา	เปิด
7. ช่องถ่ายเทอากาศฉุกเฉิน	ปิด

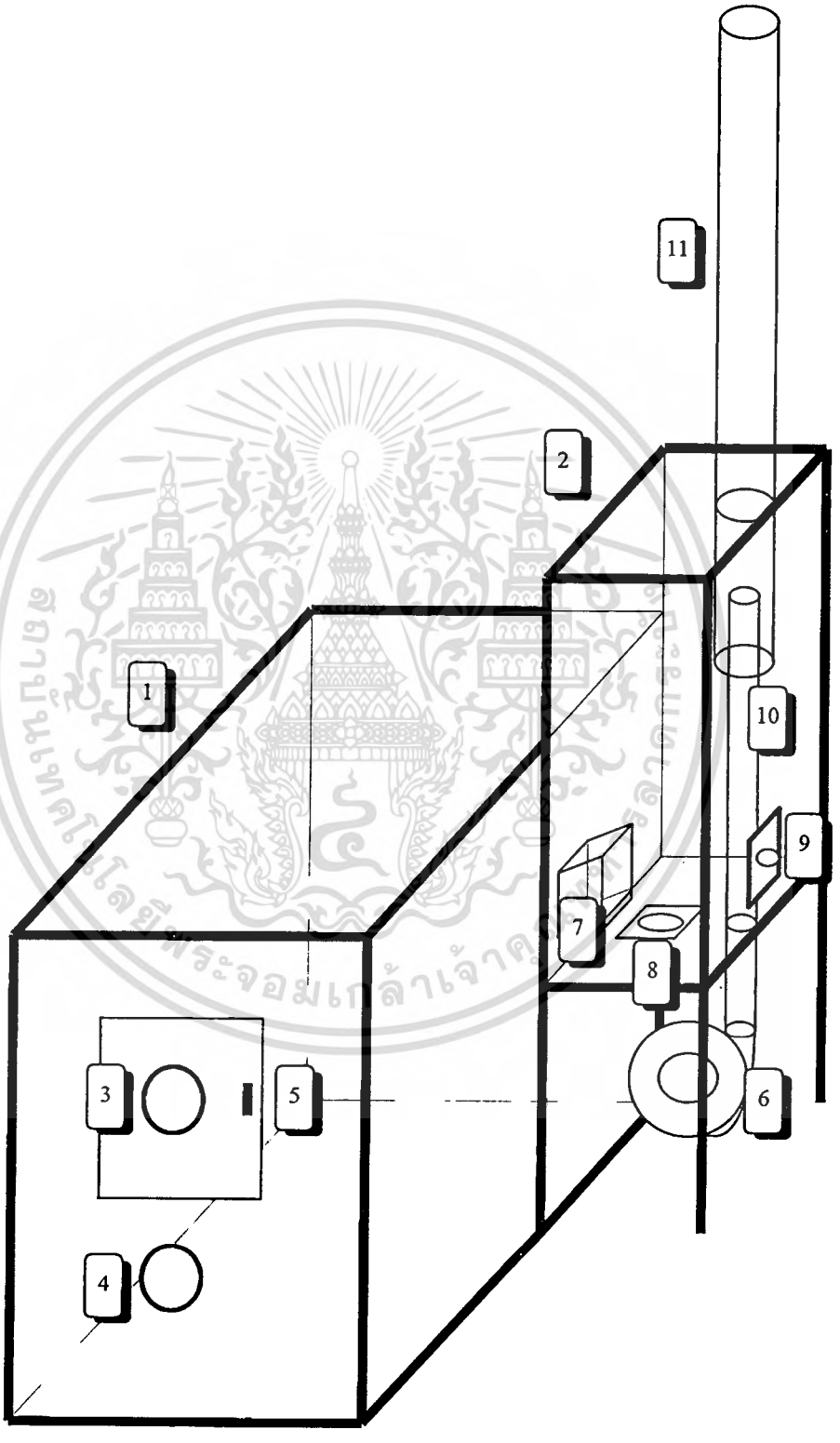
ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงการเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบภายในห้องลดระดับอุณหภูมิ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก

อุปกรณ์	สภาวะ
1. สวิทช์ไฟฟ้าหลัก	เปิด
2. สวิทช์แผงควบคุมไฟฟ้า	เปิด
3. ปั๊มน้ำแรงดันสูง	เปิด
4. พัดลมดูดอากาศ	เปิด
5. ช่องถ่ายเทอากาศฉุกเฉิน	ปิด
6. วาล์วส่งน้ำเข้าสู่หัวพ่นน้ำ	เปิด
7. วาล์วส่งน้ำเข้าสู่ปั๊มน้ำ	เปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การดำเนินการในส่วนที่ 2

เตาเผาขยะโรงพยาบาลแบบไร้กลิ่นไร้ควันซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบนั้น ได้มีการพัฒนาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพที่ดีมากขึ้นกว่าเดิม โดยเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ จะมีรูปแบบดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.2 ดังนี้



รูปที่ 3.2 แสดงรูปแบบของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ส่วนประกอบของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

มีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

1. ห้องเผาไหม้ที่ 1
2. ห้องเผาไหม้ที่ 2
3. ช่องใส่หัวเผา (เล็ก) ตัวที่ 1
4. ช่องใส่หัวเผา (เล็ก) ตัวที่ 2
5. ประตูห้องเผาไหม้ที่ 1
6. พัดลมป้อนอากาศแรงดันสูง
7. ช่องส่งผ่านก๊าซระหว่างห้องเผาไหม้ที่ 1 และ 2
8. ช่องใส่หัวเผา (ใหญ่)
9. ประตูห้องเผาไหม้ที่ 2
10. ท่อป้อนอากาศ
11. ปล่องควันของเตาเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 รายละเอียดของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงรายละเอียดของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

	รายละเอียดของเตาเผา
1. วัสดุในการก่อสร้าง	อิฐทนไฟ
2. ห้องเผาไหม้ที่ 1	
ขนาด และปริมาตร	เท่าเดิม
อุปกรณ์ให้ความร้อน	หัวเผาน้ำมันดีเซล (เล็ก) เป็นหัวเผาน้ำมันดีเซลที่มีการผลิตขึ้น เพื่อใช้งานกับเตาเผาโดยตรง ซึ่งได้นำมาใช้แทนหัวเผาที่ใช้อยู่เดิม พร้อมกับเปลี่ยนตำแหน่งที่ติดตั้งของหัวเผานี้ ให้มาอยู่ทางด้านหน้าของเตาเผา
อัตราการสิ้นเปลือง (น้ำมันดีเซล)	4 ลิตร/ ชั่วโมง/ หัวเผา
3. ห้องเผาไหม้ที่ 2	
ขนาดภายนอก (กว้าง x ยาว x สูง)	60 cm x 60 cm x 152 cm
ขนาดภายใน (กว้าง x ยาว x สูง)	45 cm x 45 cm x 137 cm
ปริมาตรภายใน	0.277 m^3
อุปกรณ์ให้ความร้อน	หัวเผาน้ำมันดีเซล (ใหญ่)
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล	14.29 ลิตร/ ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ ที่เป็นส่วนประกอบภายในเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงการเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ ที่เป็นส่วนประกอบภายในเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

อุปกรณ์	สภาวะ
1. สวิทช์ไฟฟ้าหลัก	เปิด
2. สวิทช์แผงควบคุมไฟฟ้า	เปิด
3. พัดลมป้อนอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ที่ 2	เปิด
4. หัวเผา (เล็ก) ตัวที่ 1	เปิด
ตัวที่ 2	เปิด
5. หัวเผา (ใหญ่)	เปิด
6. วาล์วส่งน้ำมันเข้าสู่หัวเผา	เปิด
7. ช่องป้อนอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ที่ 1	เปิด
8. ช่องถ่ายเทอากาศฉุกเฉิน	ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผา

3.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก

ตารางที่ 3.7 ตารางการทดสอบเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก

ขั้นตอนการทดสอบ	รายละเอียด
1. เตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ ที่เป็นส่วนประกอบภายในเตาเผา	พัดลมป้อนอากาศ อุปกรณ์ให้ความร้อน (ทั้งระบบที่ที่ใช้หัวเผา และระบบที่ใช้ตัวต้านทานไฟฟ้า) แผงควบคุมไฟฟ้า และฯลฯ
2. เตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ ที่เป็นส่วนประกอบภายในห้องลดระดับอุณหภูมิ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก	ปั้มน้ำแรงดันสูง พัดลมดูดอากาศ หัวพ่นน้ำ แหล่งจ่ายน้ำ แผงควบคุมการทำงาน และฯลฯ
3. ทดสอบการเผาขยะ	1. ใช้ขยะเป็นกระดาษ และหญ้าแห้ง 2. ใช้ขยะเป็นเศษไฟเบอร์กล๊าส

3.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

ตารางที่ 3.8 ตารางการทดสอบเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

ขั้นตอนการทดสอบ	รายละเอียด
1. เตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ ที่เป็นส่วนประกอบภายในเตาเผา	พัดลมป้อนอากาศ อุปกรณ์ให้ความร้อน (หัวเผาน้ำมันดีเซลทั้งหมด) แผงควบคุมไฟฟ้า และฯลฯ
2. ทดสอบอัตราการไหลของอากาศ	โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอัตราการไหลของอากาศภายในเตาเผา แล้วทำการวัดอัตราการไหลของอากาศที่เกิดขึ้นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

ขั้นตอนการทดสอบ	รายละเอียด
3. ทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของหัวเผาทั้ง 2 ขนาด	ทั้งในสภาวะบรรยากาศทั่วไป และในสภาวะของการทำงานปกติภายในเตาเผา
4. ทดสอบการเผาขยะ	1. ขยะประเภทกระดาษ และหญ้าแห้ง 1.1 วิเคราะห์ผลการเผาไหม้ จากการสังเกตที่ระยะห่างจากเตาเผา 10 เมตร 2. ขยะโรงพยาบาลสังเคราะห์ที่มีความชื้นประมาณ 30% โดยการชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน และบันทึกผล 2.1 วิเคราะห์ผลการเผาไหม้ จากการสังเกตที่ระยะห่างจากเตาเผา 10 เมตร 2.2 วิเคราะห์ผลการเผาไหม้ ด้วยเครื่องวิเคราะห์คุณภาพก๊าซจากการเผาไหม้ ยี่ห้อ testo รุ่น 350 ซึ่งได้ติดตั้งอยู่ที่บริเวณทางออกของกระแสก๊าซเผาไหม้ 2.3 บันทึกการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาเผาตลอดการทดสอบ 2.4 บันทึกน้ำหนักของเถ้า ที่หลงเหลือจากการทดสอบ
5. ทดสอบอัตราการเผาไหม้ของขยะ	บันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ขยะโรงพยาบาลสังเคราะห์ ที่มีความชื้นประมาณ 30% โดยใช้ขยะที่มีน้ำหนักเป็น 5, 10, 15 และ 20 ก.ก. ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดสอบเตาเผาขยะแบบไร้กลิ่นไร้ควัน

4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก

ขยะที่ใช้ทดสอบ	ผลการทดสอบ
1. กระดาษ และหญ้าแห้ง	- มีควัน และละอองน้ำฟุ้งกระจายออกจากปล่องของเครื่องดักอากาศระบบเปียกเป็นปริมาณมาก - ในขณะทดสอบควัน และก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ ได้มีการรั่วไหลออกมาจากห้องเผาไหม้ทั้ง 2 เป็นปริมาณมาก โดยเฉพาะในขณะที่มีการเพิ่มอัตราการป้อนอากาศเข้าสู่เตาเผา ซึ่งได้เป็นผลให้เกิดมีเปลวไฟลุกไหม้ขึ้นตามรอยรั่วต่างๆ ที่มีก๊าซเผาไหม้รั่วไหลออกมา - มีกลิ่นจากควัน และน้ำมันที่เกิดการเผาไหม้ได้ไม่หมดฟุ้งกระจายอยู่ทั่วบริเวณทดสอบ - ไม่สามารถควบคุมระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่ 2 ให้เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยจะมีระดับอุณหภูมิที่แกว่งตัวอยู่ในช่วงประมาณ 200 - 300°C - การควบคุมสภาวะการเผาไหม้ทั้งหมดภายในห้องเผาไหม้ที่ 1 และ 2 ไม่เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ และไม่สามารถที่จะควบคุมให้มีสภาวะการทำงานที่คงที่ได้ - ขยะที่ใช้ในการทดสอบไม่สามารถเกิดการเผาไหม้ได้หมด
2. ไฟเบอร์กล๊าส	- ให้ผลการทดสอบเช่นเดียวกับการเผากระดาษ และหญ้าแห้ง แต่ควัน และกลิ่นที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของไฟเบอร์กล๊าสนั้นจะมีปริมาณ และความรุนแรงของกลิ่นที่มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

4.2.1 ผลการทดสอบอัตราการไหลของอากาศ

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการวัดอัตราการไหลของอากาศ ที่ไหลผ่านช่องใส่หัวเผาเล็กบริเวณด้านหน้าของห้องเผาไหม้ที่ 1

เปอร์เซ็นต์ของการป้อนอากาศเข้าสู่เตาเผา (%)	ความเร็วอากาศที่ไหลผ่านช่องใส่หัวเผาเล็ก (m/s)	อัตราการไหลของอากาศ ($10^{-2}m^3/s$)	อัตราการไหลของอากาศ รวมทั้ง 2 ช่อง ($10^{-2}m^3/s$)
พัดลมป้อนอากาศ 100%	11.00	8.64	17.28
พัดลมป้อนอากาศ 50%	8.00	6.29	12.58
พัดลมป้อนอากาศ 100% พัดลมของหัวเผา 100%	1.00	0.79	1.58
พัดลมป้อนอากาศ 100% พัดลมของหัวเผา 0%	6.00	4.71	9.42
พัดลมป้อนอากาศ 100% พัดลมของหัวเผา (เปอร์เซนต์ที่เหมาะสม)	5.00	3.93	7.86

หมายเหตุ : โดยจะเปิดให้มีการทำงานของพัดลมป้อนอากาศ และหัวเผาใหญ่ภายในห้องเผาไหม้ที่ 2 เท่านั้น

: ขนาดของช่องใส่หัวเผาเล็ก $\varnothing = 10$ cm พื้นที่หน้าตัด = $78.57\ cm^2 = 7.86 \times 10^{-3}\ m^2$

: เปอร์เซ็นต์การป้อนอากาศเข้าสู่เตาเผา เป็นเปอร์เซ็นต์สัมพัทธ์ของการ ปิด/เปิด ช่องทางไหลของอากาศภายในพัดลมป้อนอากาศ และพัดลมของหัวเผาใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการวัดอัตราการไหลของอากาศ ที่ไหลผ่านช่องนำส่งก๊าซระหว่างห้องเผาไหม้ที่ 1 และ 2

เปอร์เซ็นต์ของการป้อนอากาศเข้าสู่เตาเผา (%)	ความเร็วอากาศที่ไหลผ่านช่องนำส่งก๊าซ (m/s)	อัตราการไหลของอากาศผ่านช่องนำส่งก๊าซ ($10^{-2}m^3/s$)
พัดลมป้อนอากาศ 100%	6.00	17.28
พัดลมป้อนอากาศ 50 %	4.40	12.67
พัดลมป้อนอากาศ 100% พัดลมของหัวเผา 100%	0.55	1.58
พัดลมป้อนอากาศ 100% พัดลมของหัวเผา 0%	3.20	9.22
พัดลมป้อนอากาศ 100% พัดลมของหัวเผา (เปอร์เซ็นต์ที่เหมาะสม)	2.70	7.78

หมายเหตุ : โดยจะเปิดให้มีการทำงานของพัดลมป้อนอากาศ และหัวเผาใหญ่ภายในห้องเผาไหม้ที่ 2 เท่านั้น

: ขนาดของช่องนำส่งก๊าซมีพื้นที่หน้าตัด = 16 cm x 18 cm = 288 cm^2 = 2.88 x 10^{-2} m^2

: เปอร์เซ็นต์การป้อนอากาศเข้าสู่เตาเผา เป็นเปอร์เซ็นต์สัมพัทธ์ของการ ปิด/เปิด ช่องทางไหลของอากาศภายในพัดลมป้อนอากาศ และพัดลมของหัวเผาใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของหัวเผา

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของหัวเผา

สภาวะ	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (ลิตร/ช.ม/หัวเผา)		หมายเหตุ
	หัวเผาใหญ่	หัวเผาเล็ก	
1. ทดสอบที่สภาวะบรรยากาศ	14.29	4	- บันทึกระยะเวลา ในการใช้จ่ายเชื้อเพลิง ตามปริมาณที่ได้กำหนดไว้
2. ทดสอบที่สภาวะการทำงานจริงภายในเตาเผา	ปริมาณการใช้น้ำมันรวมทั้งสิ้นประมาณ 18 - 22.29 ลิตร/ช.ม.		- เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงของเตาเผา จำเป็นต้องมีการ ปิด/เปิด สภาวะการทำงานของหัวเผาเล็กทั้ง 2 ตลอดการปฏิบัติงาน เพื่อควบคุมระดับอุณหภูมิ และอัตราการไหลของอากาศภายในห้องเผาไหม้ที่ 1 และ 2 ด้วยเหตุนี้จึงได้แสดงผลของการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของหัวเผาทั้ง 2 นี้ เป็นปริมาณที่อยู่ในช่วงดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการเผาไหม้ขยะ

4.2.3.1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการเผาขยะ ด้วยวิธีการสังเกตที่ระยะห่างจากเตาเผา 10 เมตร

1. ขยะ : กระดาษ และหญ้าแห้ง

- สามารถควบคุมสภาวะการเผาไหม้ของขยะได้
- ไม่เกิดกลิ่น และควันจากการเผาไหม้ของขยะ โดยการสังเกตที่ระยะห่างจากเตาเผา 10 เมตร
- สามารถทำการเผาไหม้ขยะได้จนหมดสิ้น

2. ขยะ : ขยะโรงพยาบาลสังเคราะห์

- สามารถควบคุมสภาวะการเผาไหม้ของขยะได้
- ไม่เกิดกลิ่น และควันจากการเผาไหม้ของขยะ จากการสังเกตที่ระยะห่างจากเตาเผา 10 เมตร
- สามารถทำการเผาไหม้ขยะได้จนหมดสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการเผาไหม้ขยะโรงพยาบาลสังเคราะห์ ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพก๊าซจากการเผาไหม้ ยี่ห้อ testo รุ่น 350 ซึ่งได้ติดตั้งอยู่ที่บริเวณทางออกของกระแสก๊าซเผาไหม้ ให้ผลการวิเคราะห์ดังในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพก๊าซจากการเผาไหม้ ที่บริเวณทางออกของกระแสก๊าซ

พารามิเตอร์	รายละเอียด	หมายเหตุ
อัตราการไหลอากาศสัมพัทธ์ (%)	10% 25% 50%	เป็นเปอร์เซ็นต์สัมพัทธ์ของการปิด/เปิด ช่องทางไหลของอากาศภายในพัดลมป้อนอากาศ
อุณหภูมิ (C°)	762.4 759.3 740.8	
NO (ppm)	79.0 138.0 55.0	
NO_2 (ppm)	0 0 0	ไม่มีหัววัดก๊าซ NO_2
SO_2 (ppm)	7.0 36.0 12.0	
O_2 (% vol)	6.4 8.0 10.7	
CO (ppm)	51.0 153.0 240.0	
CO_2 (% vol)	10.7 9.6 7.6	
Eff net. (%)	60.7 55.9 47.8	
Eff Gross (%)	57.2 52.7 45.0	
เปอร์เซ็นต์ของอากาศที่มากเกินพอ (%)	44.2 61.9 104.1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

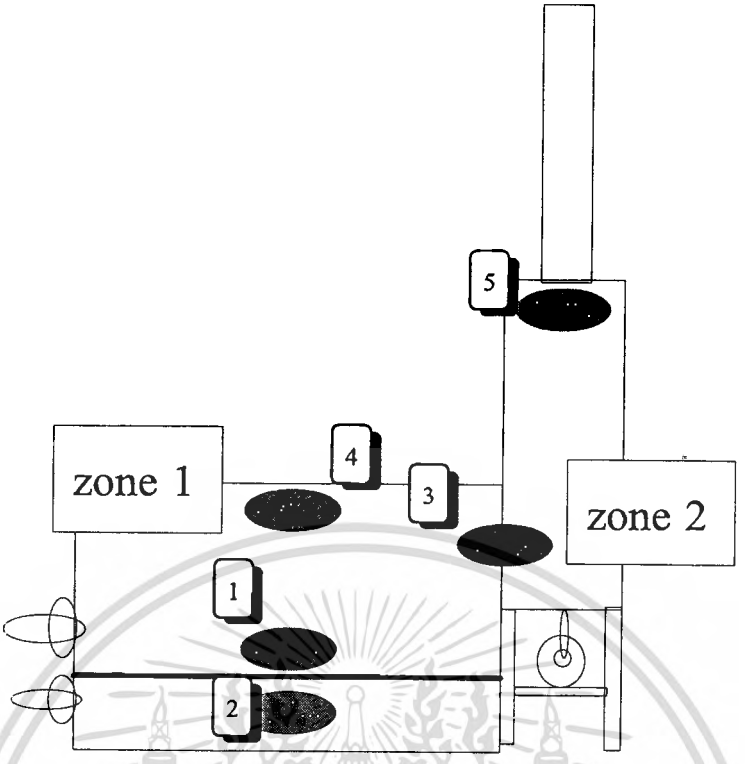
4.2.3.3 ผลการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิ ที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาเผาตลอดการทดสอบ ได้แสดงผลไว้ดังในตารางที่ 4.6

- ขยะ : ขยะโรงพยาบาลสังเคราะห์
- น้ำหนักขยะที่ใช้ทดสอบ = 6.0 ก.ก.
- มีองค์ประกอบของน้ำ = 2.0 ก.ก.
- ค่าความชื้นของขยะ = 33.3 %
- น้ำหนักเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ = 543 กรัม

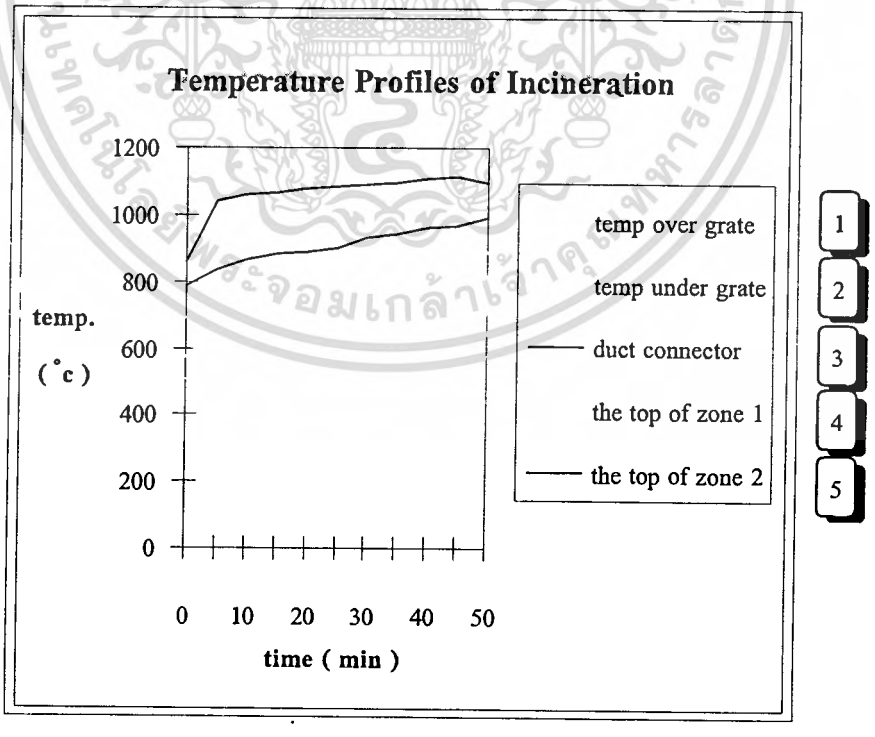
ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิ ที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาเผาตลอดการทดสอบ

time	temp over grate	temp under grate	Temp in duct connector	the top of zone 1	the top of zone 2
(min.)	(C^{o})	(C^{o})	(C^{o})	(C^{o})	(C^{o})
0	688	505	788	574	858
5	760	553	835	648	1043
10	801	592	868	674	1057
15	813	608	886	684	1067
20	841	634	892	692	1077
25	854	656	904	700	1086
30	865	667	929	693	1091
35	878	683	946	706	1097
40	885	696	961	711	1108
45	886	706	971	721	1112
50	888	727	991	722	1097

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งจุดตรวจวัดระดับอุณหภูมิที่บริเวณต่างๆ ภายในเตาเผา



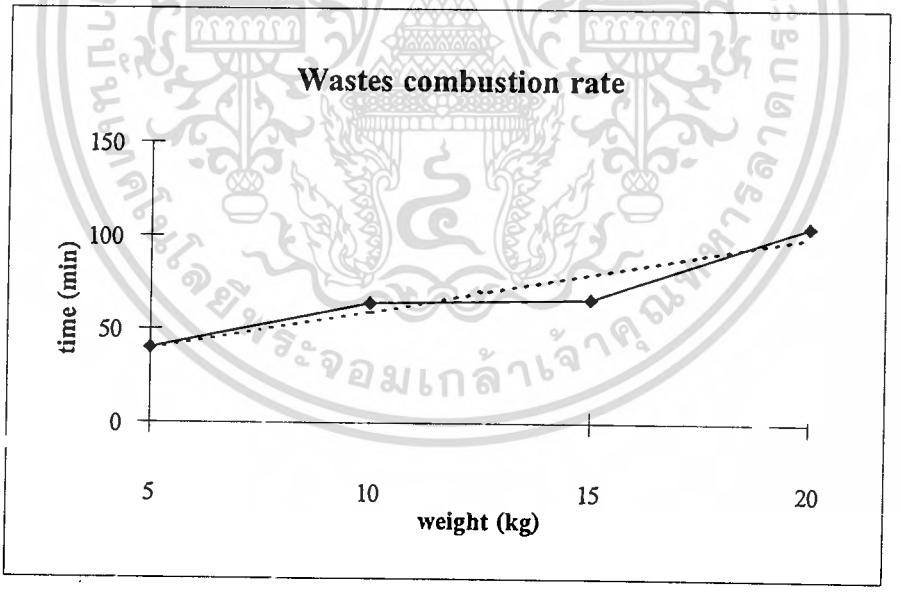
รูปที่ 4.2 แผนภูมิรูปภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิ ที่บริเวณตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาเผาขณะทำการทดสอบการเผาขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.4 ผลการทดสอบอัตราการเผาไหม้ขยะโรงพยาบาลสังเคราะห์ ที่มีความชื้นประมาณ 30% โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงผลการทดสอบอัตราการเผาไหม้ของขยะโรงพยาบาลสังเคราะห์ ที่มีความชื้นประมาณ 30% โดยน้ำหนัก

น้ำหนักของขยะ (ก.ก.)	ระยะเวลาในการเผาไหม้ขยะ (นาที)
5	40 นาที
10	64 นาที
15	66 นาที
20	105 นาที



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงอัตราการเผาไหม้ขยะที่มีความชื้นประมาณ 30 % ด้วยเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

จากในรูปที่ 4.3 นี้ จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟมาตรฐานมีความชันเท่ากับ 60/15 นาที/ก.ก ซึ่งแสดงว่าเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ มีอัตราสูงสุดในการเผาไหม้ขยะโรงพยาบาลสังเคราะห์ที่มีความชื้นประมาณ 30 % โดยน้ำหนัก เป็น 15 ก.ก./ ช.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาต้นแบบที่ได้มีการติดตั้งพร้อมกับเครื่องดักอากาศระบบเปียกนั้น ได้แสดงผลออกมาอย่างไม่เป็นที่น่าพอใจ โดยจากผลการทดสอบได้บ่งชี้ว่าขยะที่ใช้ในการทดสอบมีการเผาไหม้ได้อย่างไม่สมบูรณ์ อันเนื่องมาจากระบบการทำงานที่ล้มเหลวภายในเตาเผาต้นแบบ ซึ่งสามารถแบ่งการพิจารณาออกได้เป็น 3 ประเด็นด้วยกัน คือ

1. เกิดความผิดพลาดขึ้นในระบบควบคุมการไหลของก๊าซเผาไหม้ภายในเตาเผา
2. ระบบการป้อนอากาศ และระบบการให้ความร้อนมีการทำงานที่ไร้ประสิทธิภาพ
3. ผนังของห้องเผาไหม้มีรอยรั่ว และรอยร้าวต่างๆ เกิดขึ้น

ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องมีการดำเนินการในส่วนที่ 2 เพื่อดำเนินการปรับปรุง และพัฒนาเตาเผาต้นแบบให้มีประสิทธิภาพในการทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าการทดสอบเตาเผาต้นแบบนี้จะให้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ แต่ก็เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ทราบถึงข้อบกพร่อง และข้อผิดพลาดประการต่างๆ ทั้งจากในส่วนของการออกแบบ และการก่อสร้างเตาเผา ซึ่งสามารถที่จะนำไปใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาปรับปรุงเตาเผาต้นแบบได้ต่อไป และที่สำคัญคือข้อมูลในส่วนนี้จะไม่สามาถพบได้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ โดยทั่วไป

สำหรับการดำเนินการในส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นขั้นตอนการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาเผาต้นแบบนั้น ได้มีการปรับปรุงระบบการป้อนอากาศภายในเตาเผาทั้งหมด และเปลี่ยนระบบการให้ความร้อนจากเดิม ไปเป็นหัวเผาน้ำมันดีเซลที่มีการผลิตขึ้นเพื่อการใช้งานกับเตาเผาโดยตรง นอกจากนั้นยังได้ทำการออกแบบ และก่อสร้างห้องเผาไหม้ที่ 2 ขึ้นใหม่ และเปลี่ยนตำแหน่งให้ไปอยู่ทางด้านข้างของเตาเผา ดังในรูปที่ 3.2

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาที่พัฒนาขึ้นนี้ ได้แสดงผลออกมาเป็นที่น่าพอใจมาก โดยในการทดสอบด้วยขยะที่มีความชื้นประมาณ 30% นั้น จากการสังเกตุที่ระยะห่างจากเตาเผา 10 เมตร ตลอดการทดสอบไม่พบว่ามีกลิ่น และควันจากการเผาไหม้ถูกปล่อยออกมาจากปล่องของเตาเผา และสามารถที่จะทำการกำจัดขยะนี้ได้อย่างหมดสิ้น (โดยลดปริมาตรของขยะลงได้มากกว่า 90% และไม่มีชิ้นส่วนของขยะในสภาพเดิมหลงเหลืออยู่เลย) ซึ่งจากการทดสอบอัตราการเผาไหม้สูงสุดของขยะดังกล่าวได้แสดงผลออกมาเป็น 15 ก.ก / ช.ม. โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันอยู่ในช่วง 18 - 22.29 ลิตร/ ช.ม. สำหรับข้อเสียของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้นนี้คือ ยังมีค่าใช้จ่ายในการลงทุน และการปฏิบัติงานที่สูงมากเมื่อเทียบกับปริมาณของขยะที่สามารถทำการกำจัดได้ ด้วยเหตุนี้เตาเผาที่ได้พัฒนา

ขึ้นนี้ จึงอาจจะยังไม่คุ้มสำหรับการลงทุนเพื่อผลิตขึ้นใช้ หรือจำหน่าย นอกจากจะได้รับการปรับปรุงในส่วนของระบบควบคุมการปฏิบัติงาน และระบบการป้อนอากาศภายในเตาเผาให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานให้ต่ำลงได้อีก แต่อย่างไรก็ตามเตาเผาที่ได้ดำเนินการสร้างขึ้นในโครงงานวิจัยนี้ เมื่อเทียบกับเตาเผาในระบบ และขนาดเดียวกันที่สั่งซื้อมาจากต่างประเทศแล้ว ยังนับว่ามีราคาที่ถูกกว่าหลายเท่าตัวมาก อีกทั้งยังให้ประสิทธิภาพทางด้านการรักษาสิ่งแวดล้อมได้ใกล้เคียงกัน โดยอาศัยขบวนการเผาไหม้ขยะที่ปราศจากกลิ่น และควันเช่นเดียวกัน ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการพัฒนาอีกก้าวหนึ่งของเทคโนโลยีทางด้านเตาเผาที่ได้มีการศึกษา ออกแบบ และสร้างขึ้นโดยคนไทยทั้งหมด

นอกจากการทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาแล้ว ยังได้มีการศึกษาถึงผลของปัจจัยต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสภาวะการปฏิบัติงานของเตาเผา ดังเช่น อัตราการไหลของกระแสก๊าซภายในเตาเผา ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ขยะ เป็นต้น ซึ่งได้แสดงรายละเอียดของผลการศึกษาทั้งหมดนี้ไว้ดังในบทที่ 4 ที่ผ่านมา โดยจากการทดสอบอัตราการไหลของอากาศที่บริเวณภายนอก และภายในเตาเผานั้น พบว่าให้ผลการทดสอบในแต่ละเงื่อนไขที่ตรงกัน ซึ่งจะให้ผลรวมอัตราการไหลของกระแสก๊าซสูงสุด เมื่อเปิดให้มีการทำงานของพัดลมหลักในเตาเผาเท่านั้น และจะมีระดับที่ลดต่ำลง เมื่อมีการทำงานของพัดลมในหัวเผาต่างๆ ร่วมด้วย เนื่องจากอัตราการไหลของกระแสก๊าซภายในเตาเผานี้จะมีผลขึ้นอยู่กับ ผลรวมปริมาณอากาศทั้งหมดที่ไหลเข้าสู่เตาเผาในจุดต่างๆ ทั้งจากระบบการป้อนอากาศ และการรั่วไหลของอากาศภายนอก

จากการติดตามตรวจสอบระดับอุณหภูมิ ณ. จุดตำแหน่งต่างๆ ภายในเตาเผา พบว่ามีระดับอุณหภูมิสูงสุดในการเผาไหม้เป็นไปตามเกณฑ์ที่ได้ถูกออกแบบไว้ จึงทำให้สามารถกำจัดขยะที่มีความชื้นสูงรวมทั้งเชื้อโรคชนิดต่างๆ ได้อย่างหมดสิ้น ($> 600\ ^{\circ}C$) และสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพก๊าซเผาไหม้เบื้องต้นด้วยเครื่องมือวิเคราะห์แบบยกเคลื่อนที่ได้นั้น ได้แสดงผลออกมาอยู่ในเกณฑ์ที่ได้มาตรฐาน แต่อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์คุณภาพก๊าซเผาไหม้ที่ได้นี้ เป็นเพียงผลการทดสอบในเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งยังมีรายละเอียดไม่เพียงพอ ที่จะสามารถใช้ยืนยันประสิทธิภาพในการทำงานของเตาเผานี้ได้อย่างชัดเจน โดยจะต้องมีการทดสอบเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ผลในการบ่งชี้ประสิทธิภาพของเตาเผาที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น แต่เนื่องจากในการดำเนินการทดสอบนี้ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือทดสอบเฉพาะสำหรับการศึกษาในแต่ละส่วนที่สนใจ ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้ล้วนมีราคาที่สูงมาก และยังจำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือทดสอบนี้อีกด้วย สำหรับการจ้างให้บริษัทเอกชนเข้ามาดำเนินการทดสอบนั้นในแต่ละครั้งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นเงินจำนวนมาก และเพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่สมบูรณ์อาจจะต้องทำการทดสอบเป็นจำนวนที่มากครั้ง ดังนั้นจึงเป็นเหตุให้เกิดข้อจำกัดทางด้านเงินทุนสำหรับการดำเนินการในโครงงานวิจัยนี้ ซึ่งเป็นโครงงานวิจัยขนาดใหญ่ที่ต้องใช้เงินลงทุนเป็นจำนวนที่สูงมากอยู่แล้ว และประกอบกับการที่มีข้อจำกัดทางด้านเวลา โดยเป็นผลมาจากการมีผู้ดำเนินการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้เพียงคนเดียว จึงจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานที่มากเป็นพิเศษ ด้วยเหตุนี้จึงไม่สามารถดำเนินการดังกล่าวให้เป็นผลสมบูรณ์ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เตาเผาที่ได้สร้างขึ้นนี้ควรได้รับการติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจวัดค่าปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้เป็นการถาวร เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมการปฏิบัติงานของเตาเผาให้มีความถูกต้อง และแม่นยำมากยิ่งขึ้น

1.1 เครื่องวัดระดับอุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหลของกระแสก๊าซภายในเตาเผา ซึ่งมีการแสดงผลเป็นแบบตัวเลข และติดตั้งรวมกันไว้ที่แผงควบคุมการทำงานของเตาเผา

1.2 เครื่องตรวจวัดระดับปริมาณของก๊าซ O_2 CO และ CO_2 ในกระแสก๊าซเผาไหม้ ดังเช่น เครื่องอินฟาเรดก๊าซอะนาไลเซอร์

1.3 เครื่องตรวจวัดระดับการส่องผ่านของแสงในกระแสก๊าซเผาไหม้

2. เพื่อเป็นการยืนยันถึงประสิทธิภาพในการทำงานที่แท้จริงของเตาเผานี้ ควรมีการทดสอบ และวิเคราะห์คุณภาพของกระแสก๊าซเผาไหม้ที่ปล่อยออกมาจากปล่องของเตาเผา ด้วยกระบวนการ และขั้นตอนในการทดสอบที่ได้มาตรฐาน และมีการยอมรับจากสถาบันสากลต่างๆ ทั่วไป ดังเช่น การวิเคราะห์หาปริมาณของสารมลพิษชนิดต่างๆโดยทั่วไป ดังต่อไปนี้

2.1 ปริมาณของก๊าซ Cl_2 และ HCl

2.2 ปริมาณของก๊าซ SO_x

2.3 ปริมาณของก๊าซ NO_x

2.4 ปริมาณของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้งหมด ในกระแสก๊าซเผาไหม้ ซึ่งถ้าเป็นไปได้ควรได้รับการวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบไดออกซิน และฟิวแรนด้วย

2.5 ปริมาณของสารโลหะหนักทั้งหมด ในกระแสก๊าซเผาไหม้

2.6 ถ้าหากนำไปใช้ในการกำจัดขยะติดเชื้อต่างๆ ควรได้รับการวิเคราะห์หาปริมาณของเชื้อจุลชีพชนิดต่างๆ ที่อาจหลงเหลืออยู่ในกระแสก๊าซเผาไหม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อจุลชีพชนิดที่สามารถทนความร้อนที่ระดับอุณหภูมิสูงๆ ได้ แต่อย่างไรก็ตามเชื้อต่างๆ โดยทั่วไปจะไม่สามารถทนความร้อนที่มีระดับอุณหภูมิสูงได้เกิน 500 °C)

3. นอกจากนั้นยังควรมีการวิเคราะห์หาปริมาณของสารโลหะหนัก และสารประกอบอินทรีย์ที่มีหลงเหลืออยู่ในเถ้า ภายหลังจากเสร็จสิ้นการทดสอบลงแล้ว

4. สำหรับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนา และการปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาเผาที่ได้สร้างขึ้นนี้ ได้แทรกรายละเอียดปนไปในเนื้อหาของบทสรุปข้างต้นนี้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมอนามัย. 2539. *แนวทางการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ*. กรุงเทพฯ : กองอนามัยสิ่งแวดล้อม.
2. สมหวัง ด่านชัยวิจิตร, บรรณาธิการ. 2537. *ขยะติดเชื้อ การเก็บ ขนส่ง และการทำลาย*. กรุงเทพฯ : ชมรมควบคุมโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล.
3. Doucet, L.G. and P.E. Dee. 1994. *"The Latest Developments in Alternative and Emerging Medical Waste Treatment Technologies." Presented at the 4 th National Symposium on Health Care Safety and the Environment Lake Buena Vista, Florida of the American Hospital Association*. New York.
4. Wilson, R.J. 1994. *"Alternative Medical Waste Treatment Technologies : EPRI Status Sheets." EPRI (Electric Power Research Institute)'s Northeast Regional Community Environmental Center*. New York : Manhattan College.
5. EPA Office of Solid Waste. 1986. *EPA Guide for Infectious Waste Management. EPA/ 530-SW-86-014, NTIS/ PB 86-199130*. New York : EPA Office of Solid Waste.
6. ธเรศ ศรีสถิตย์. 2537. "เตาเผามูลฝอยติดเชื้อ." *จุลสารสถาวะแวดล้อม*. ปีที่ 13 (6) : 15-27.
7. Lee, C.C. and G.L. Huffman. 1996. "Medical Waste Management / Incineration". *J. Hazard & Mater.* 1996 (48) : 1-30.
8. Medical Waste Committee (WT-3) Technical Council Air & Waste Management Association. 1994. "Medical Waste Disposal." *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 1994 (44) : 1176-1179.
9. Freeman, H.M. 1989. *Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal*. New York : Mc Graw-Hill, U.S.A.
10. Brunner, C.R. 1991. *Handbook of Incineration Systems*. New York : Mc Graw-Hill, U.S.A.
11. Freeman, H.M. 1990. *Hazardous Waste Minimization*. New York : Mc Graw-Hill, U.S.A.
12. Rao, C.S. 1991. *Environmental Pollution Control Engineering*. New Delhi : Wiley Eastern, India.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Water Pollution Control Federation. 1988. *Incineration.* New York : Automated Graphic System, U.S.A.

14. Swithenbank, J. et. al. 1997. "Research Investigations at the Municipal and Clinical Waste Incinerators in Sheffield, UK." *Environmental Progress*, 1997, 16(1) : 65-81.

15. Nasserzadeh, V. et. al. 1993. "Three-dimensional Mathematical Modeling of the Sheffield Clinical Incinerator, Using Computational Fluid Dynamics and Experimental Data." *J. Inst, Energy.* 1993 (66) : 169-179.

16. Glasser, H. and Chang, D.P.Y. 1991. "An Analysis of Biomedical Waste Incineration." *J. Air Waste Manage. Assoc.* 1991 (41) : 1180-1188

17. Opiatowski, A.J. 1993. "On-Site Small-Scale Medical Waste Incineration : Public Opposition & Influence on Permitting." New Jersey : Merck.

18. Blizard, G.F. and R.J. Tidona. 1993. "Design , Installation and Start-Up of a Rotary Kiln Hospital Waste Incineration System with Heat Recovery and SDA/FF APC System." New Jersey : Therm, All, Inc.

19. Heckman, R.A. 1994. "Destructive Distillation an Environmentally Benign Waste Management Technology." *Extr. Process. Treat. Minimization Wastes 1994, Proc. Int. Symp.* 1994 : 487-98.

20. Wey, Ming-Yen and others. 1995. "The Autothermal Pyrolysis of Waste Tires." *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 1995 (45) : 855-863.

21. Murena, F. et. al. 1996. "Hydrogenative Pyrolysis of Waste Tires." *J. Hazard. Mater.* 1996 (50) : 79-98.

22. Murena, F. et. al. 1996. "Hydrogenative Pyrolysis of Waste Tyres : Kinetic Analysis." *J. Hazard. Mater.* 1996 (50) : 143-156.

23. Cozzani et. al. 1997. "Influence of Gas-Phase Reactions on the Product Yields Obtained in the Pyrolysis of Polyethylene." *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1997 (36) : 342-348.

24. Mohr, K. et. al. 1995. "Behaviour of PCDD under Pyrolysis Conditions." *Organohalogen Compounds.* 1995 (23) : 393-396.

25. Altwicker, Elmar R. 1996. "Formation of PCDD/F in Municipal Solid Waste Incinerator : Laboratory and Modeling Studies." *J. Hazard. Mater.* 1996 (47) : 137-161.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26. Hunt, G.T. and B.E. Maisel. 1995. "Atmospheric Concentrations of PCDDs/PCDFs, PAHs and No_2-PAHs in Fresno, California During Winter Months." *Organohalogen Compounds.* 1995 (24) : 55-57.

27. Karasek, Francis W. 1995 "An Overview of Dioxin Formation in Combustion Processes." *Organohalogen Compounds.* 1995 (23) : 315-317.

28. Kilgroe, James D. 1996. "Control of Dioxin, Furan and Mercury Emissions from Municipal Waste Combustors." *J. Hazard. Mater.* 1996 (47).

29. Sidhu, S. and B. Dellinger. 1995. "Investigation of Mechanism of Formation of PCDD/F in Cement Kilns." *Organohalogen Compounds.* 1995 (23) : 371-373.

30. You, Jiann-Hwa et. al. 1996. "Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH_s) and Mutagenicity in Air Emissions fron the Two-Stage Incineration of Polystyrene with Various Metallic Salt Additives." *J. Hazard. Mater.* 1996 (48) : 69-82.

31. Fangmark, Ingrid et. al. 1993. "Influence of Combustion Parameters on the formation of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins, Dibenzofurans, Benzenes, and Biphenyls and Polyaromatic Hydrocarbons in a Pilot Incinerator." *Environ. Sci. Technol.* 1993 (27) : 1602-1610.

32. Fangmark, Ingrid et. al. 1994. "Influence of Postcombustion Temperature Profiles on the Formation of PCDDs , PCDFs, PCBzs and PCBs in a Pilot Incinerator." *Environ. Sci. Technol.* 1994 (28) : 624-629.

33. Baukal, C.E. et. al. 1994. "PCB Cleanup Using an Oxygen/ Fuel-Fired Mobile Incinerator." *Environmental Progress.* 1994, 13(3) : 188-191.

34. Kreisz, S. et. al. 1995. "Technical Plastics as PCDD/F Absorbers." *Organohalogen Compound.* 1995 (23) : 443-446.

35. Nasserzadeh, V. et. al. 1994. "Effects of High Speed Jets and Internal Baffles on the Gas Residence Times in Large Municipal Incinerators." *Environmental Progress.* 1994, 13(2) : 124-133.

36. Hart, John R. 1994. "Comparison of Emissions from Burning Hazardous Waste in a Dry-Process Cement Kiln with Emissions from Burning Conventional Fossil Fuels." *J. Hazard & Mater.* 1994, 11(1) : 193-199.

37. Jakway, A.L. et. al. 1996. "Three-Dimensional Numerical Modeling of a field-Scale Rotary Kiln Incinerator." *Environ. Sci. Technol.* 1996 (30) : 1699-1712.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

38. Kim, Irene. 1994. "Incinerators & Cement Kilns Face Off." *Chemical Engineering.* 1994 : 41-45.

39. Jakway, A.L. et. al. 1995. "In Situ Velocity Measurements from an Industrial Rotary Kiln Incinerator." *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 1995 (45) : 877-885.

40. Lund, F.H. 1971. *Industrial Pollution Control Handbook.* New York : Mc Graw Hill.

41. Noyes, R. 1991. *Handbook of Pollution Control Process.* New Jersey : Noyes.

42. Wark, K. and Cecil F. Warner. 1981. *Air Pollution Its Origin and Control.* 2 nd ed. New York : Harper & Son.

43. Err, Jeff. 1993. "The Use of a Secondary Catalyst Bed to Increase Incinerator Destruction Efficiency." *Environmental Progress.* 1993, 12 (4) : 243-245.

44. Jackman, A.P. and Robert L.P. 1991. *Hazardous Waste Treatment Technology.* New Jersey : Noyes.

45. Smith, Douglas. et. al. 1994. "Incinerator Risk Assessments : Change is in the Air." *Chemical Engineering.* 1994 : 26-30.

46. Turnberg, W.L. and K.E. Kelly. 1995. "Health Effects of Medical Waste Incineration." Levue and Seatlle, WA. U.S.A.

47. Santarsiero, A. and M. Ottaviani. 1991. "Heavy Metals in Residue from Hospital Solid Waste Incineration." Rome, Italy : Instituto Superiore di Sanita.

48. Lee, Wen-Jhy. et. al. 1993. "Chemical Structures of Fuel-Rich and Fuel-Lean Flames of $CHCl_3$ / CH4 Mixtures." *Environ. Sci. Technol.* 1993 (27) : 949-960.

49. วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ. 2536. *มลภาวะอากาศ.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

50. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และคณะ. 2540. "วิธีการคำนวณออกแบบระบบบำบัดฝุ่น โดยการฉีดละอองน้ำ." *วิศวกรรมสาร.* ปีที่ 50 (2) : 64-73.

51. สมศรี จงรุ่งเรือง และเบญจวรรณ โชคพิพัฒนผล. 2540. "อุปกรณ์ลดปริมาณอนุภาคในแก๊สไอเสีย." *วิศวกรรมสาร.* ปีที่ 50 (5) : 67-72.

52. Deuster, E.V. et. al. 1994. "Cleaning of Flue Gas From Solid Waste Incinerator Plants by Wet / Semi-Dry Process." *Environmental Progress.* 1994, 13(2) : 149-153.

53. Carroll, G.J. and R.C. Thurnau. 1995. "Mercury Emissions from a Hazardous Waste Incinerator Equipped with a State-of-The-Art Wet Scrubber." *Air & Waste Manage. Assoc.* 1995 (45) : 730-736.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54. Chan, Chris et. al. 1996. "The Behaviour of Selected Heavy Metals in MSW Incineration Electrostatic Precipitator Ash during Roasting with Chlorination agents." *J. Hazard. Mater.* 1996 (50) : 1-13.

55. Cowley, R.J. et. al. 1994. "Development and Execution of a Metals Pretest Program for a Hazardous Waste Incinerator." *Hazard & Mater.* 1994, 11(1) : 31-51.

56. Hinshaw, G.D. 1994. "Behavior and Control of Metals in a Hazardous Waste Incinerator." *Hazard & Mater.* 1994, 11(1) : 93-109.

57. Owens, T.M. and Pratim Biswas. 1996. "Reactions Between Vapor Phase Lead Compounds and In Situ Generated Silica Particles at Various Lead-Silicon Feed Ratios : Applications to toxic Mattal Capture in Combustons." *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 1996 (46) : 530-538.

58. Gullett, B.K. et. al. 1994. "NO_X Removal with Combined Selective Catalytic Reduction and Selective Noncatalytic Reduction : Pilot-Scale Test Results." *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 1994 (44) : 1188-1194.

59. Heck, R.M. et. al. 1994. "Operating Characteristics and Commercial Operating Experience with High Temperature SCR NO_x Catalyst." *Environmental Progress.* 1994, 13(4) : 221-225.

60. Kasper, J.M. et. al. 1996. "Control of Nitrogen Oxide Emissions by Hydrogen Peroxide-Enhanced Gas-Phase Oxidation of Nitric Oxide." *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 1996 (46) : 127-133.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ข้อปฏิบัติในการจัดการมูลฝอยติดเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมดูแลมูลฝอยติดเชื้อดังกล่าวนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการควบคุม และป้องกันอันตรายอันจะเกิดจากการแพร่กระจายของเชื้อโรคจากมูลฝอยดังกล่าว ซึ่งถือเป็นหน้าที่รับผิดชอบของผู้เป็นแหล่งต้นตอของมูลฝอยดังกล่าว อันได้แก่ สถานพยาบาล และคลินิคต่างๆ ที่จะต้องให้ความสำคัญ และระมัดระวัง โดยจะต้องดำเนินการให้เป็นไปตามระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมดูแลดังกล่าว ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนหลักในทางปฏิบัติได้ดังนี้คือ

1. การเก็บ
2. การเคลื่อนย้ายและการรวบรวม
3. การขนส่ง
4. การทำลายเชื้อและการกำจัด

โดยทั้งนี้มีหลักเกณฑ์แนวทางในการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนคือ

1. การเก็บ

มีหลักเกณฑ์ให้ถือปฏิบัติดังนี้ คือ

1.1 ให้มีการแยกมูลฝอยติดเชื้อตามคำจำกัดความดังกล่าวออกจากมูลฝอยชนิดอื่นๆ

1.2 การเก็บแยกให้กระทำตรงแหล่งเกิดของมูลฝอย ห้ามมิให้เก็บรวมและนำมาแยกภายหลัง เพราะอาจทำให้เชื้อแพร่กระจายได้

1.3 ภาชนะรองรับมูลฝอยติดเชื้อที่นำมาใช้ควรมีลักษณะที่เหมาะสมเป็นดังนี้

1.3.1 ถุงพลาสติก

1. ทำด้วยวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษ และเหมาะสม เช่น ถุงพลาสติกที่มีความทนทานต่อการรับน้ำหนัก ทนต่อสารเคมี มีความเหนียว ไม่ฉีกขาดได้ง่าย สามารถกันน้ำได้ และไม่รั่วซึม

2. สีของถุงใส่มูลฝอยติดเชื้อจะต้องมีลักษณะเด่นชัด และมีคำเตือนเฉพาะเช่นควรเป็นสีแดงสด ทึบแสง และพิมพ์คำเตือน "มูลฝอยติดเชื้ออันตราย" สีดำอยู่ใต้รูปหัวกระโหลกไขว้

3. ขนาดของถุงควรมีหลายขนาดให้เลือกใช้ และมีความจุเพียงพอสำหรับการบรรจุมูลฝอยติดเชื้อได้ไม่เกิน 1 วัน

4. ให้ทำการบรรจุมูลฝอยติดเชื้อได้ประมาณสามในสี่ของถุง แล้วผูกมัดปากถุงให้แน่นด้วยเชือก

1.3.2 กล่อง หรือภาชนะที่ใช้บรรจุมูลฝอยติดเชื้อประเภทของมีคม เช่น เข็ม มีด เศษแก้ว ฯลฯ จะต้องทำด้วยวัสดุที่แข็งแรง และทนทานต่อการแทงทะลุ เช่น พลาสติกแข็ง กระดาษแข็ง หรือโลหะ โดย

1. ทำจากวัสดุที่มีความทนทาน และมีความเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ฝากล่องหรือถังสามารถปิดได้มิดชิด และป้องกันการรั่วไหลของของเหลวภายในถัง และสามารถยก หรือเทได้โดยสะดวกโดยไม่มีการสัมผัสกับมูลฝอยติดเชื้อที่อยู่ภายใน

3. สีของภาชนะดังกล่าวจะต้องมีลักษณะเด่นชัด และมีคำเตือนเฉพาะ เช่น ควรใช้สีดำทั้งตัวถัง และฝาถัง มีรูปหัวกระโหลกไขว้ โดยมีข้อความ"มูลฝอยติดเชื้ออันตราย" หรือ"ห้ามนำกลับมาใช้อีก" หรือ"ห้ามเปิด"

1.4 การเก็บมูลฝอยในถุงไม่ควรให้มีปริมาณ หรือน้ำหนักมากจนเกิดการทำให้ถุงขาดทะลุ หรือมัดปิดฝาถุงไม่ได้

1.5 เมื่อบรรจุมูลฝอยได้ประมาณสามในสี่ของถุงแล้ว ให้มัดปากถุงให้แน่นด้วยเชือกแล้ววางไว้ที่มุมใดมุมหนึ่งของห้องเพื่อรอการขนย้าย

2. การเคลื่อนย้าย และการรวบรวม

ขั้นตอนในการเคลื่อนย้ายมูลฝอยเพื่อที่จะรวบรวมนำไปทำลายนั้น เป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญอย่ามาก สำหรับสถานบริการขนาดใหญ่ที่มีจุดให้บริการ หรือจุดกำเนิดมูลฝอยอยู่หลายจุด โดยมีแนวทางให้ดำเนินการเป็นดังนี้

2.1 ควรมีการชี้แจง และอบรมบุคลากรที่รับผิดชอบในหน้าที่นี้ ตลอดจนมีระบบการกำกับดูแล ดังเช่น

2.1.1 การแต่งกายจะต้องสวมถุงมือยางหนา มีผ้ากันเปื้อน และรองเท้าบู๊ททำด้วยยางตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน

2.1.2 ปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างถูกวิธี เช่น ตรวจดูถุงมูลฝอยก่อนเคลื่อนย้ายว่าถุงไม่รั่ว คอถุงผูกเชือกเรียบร้อย ยก และวางอย่างนุ่มนวล และจัดการกับมูลฝอยที่ตกหล่นอย่างถูกวิธี

2.1.3 เมื่อเสร็จสิ้นภาระกิจให้ถอดถุงมือ และชุดปฏิบัติการ แล้วนำไปฆ่าเชื้ออย่างถูกวิธี

2.1.4 อาบน้ำทันทีหลังเสร็จภาระกิจประจำวัน

2.2 รถเข็นสำหรับขนเคลื่อนย้ายมูลฝอย ควรจะต้องมีข้อกำหนดคือ

2.2.1 เป็นรถที่ใช้ขนมูลฝอยติดเชื้อเท่านั้น ห้ามนำไปใช้ในกิจการอื่น

2.2.2 ทำด้วยวัสดุที่ทำความสะอาดง่าย ผิวเรียบ ไม่มีแง่มุมอันจะเป็นแหล่งหมักหมมของเชื้อโรค และควรมีช่องระบายน้ำ

2.2.3 ควรมีผนังทึบ และมีฝาปิดเพื่อป้องกันสัตว์ และแมลงเข้าไปในรถ

2.3 สถานที่เก็บกักมูลฝอยติดเชื้อควรมีลักษณะ ดังนี้

2.3.1 ควรอยู่แยกจากอาคารอื่น และถ้าสถานบริการมีเตาเผาควรจะตั้งอยู่ใกล้กับที่ตั้งของเตาเผา แต่ถ้าไม่มีเตาเผาควรเป็นสถานที่ที่อยู่ใกล้ และสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 มีขนาดเพียงพอที่จะรวบรวมมูลฝอยได้อย่างน้อยสองวัน

2.3.3 ควรมีคำเตือนสำหรับสถานที่เก็บกักมูลฝอย

2.3.4 ควรมีลักษณะโปร่งโล่งไม่อับชื้น หรือร้อนจัดจนเกินไป

2.3.5 หน้าต่าง ประตูเข้า และออกควรแยกออกจากกัน และช่องใต้หลังคาควรมีมุ้งลวดกันแมลงเข้าไป ประตูควรมีความกว้างพอให้สะดวกสำหรับการปฏิบัติงาน ซึ่งควรปิดอยู่เสมอ และควรมีกุญแจล็อคด้วย

2.3.6 ผนัง และพื้นควรเรียบ และสามารถระบายน้ำได้ดี

2.3.7 มีลานสำหรับล้างรถเข็นอยู่ติดกับประตูทางออก

2.4 การเคลื่อนย้ายมูลฝอยติดเชื้อ

2.4.1 ควรขนตามเวลาที่กำหนด โดยมีเส้นทางการขนส่งที่แน่นอน

2.4.2 ให้ดำเนินการด้วยความระมัดระวัง และนุ่มนวล โดยห้ามโยน และลากถุงมูลฝอย

2.4.3 ระหว่างเดินทางไปยังสถานที่กักเก็บ ห้ามแวะ หรือพักที่ใด

2.4.4 เมื่อมีมูลฝอยตกหล่นระหว่างทางห้ามหยิบด้วยมือเปล่า และควรใช้คีมเหล็ก หรือหยิบด้วยถุงมือยางหนาแล้วเก็บใส่ถุงมูลฝอยติดเชื้ออีกใบ สำหรับมูลฝอยประเภทสารละลายให้ซับด้วยกระดาษแล้วทิ้งกระดาษลงถุงมูลฝอยติดเชื้อ จากนั้นจึงลาดด้วยยาฆ่าเชื้อก่อนเช็ดถูตามปกติ

2.4.5 เมื่อเสร็จภาระกิจในแต่ละวันให้ล้างรถขนมูลฝอย และทำการฆ่าเชื้อด้วยยาฆ่าเชื้อ

3. การขนส่ง

ในการปฏิบัติงานโดยทั่วไปของสถานบริการหลายแห่งนั้น ไม่สามารถมีอุปกรณ์กำจัดเชื้อเป็นของตนเองได้ ดังนั้นจึงต้องมีการใช้บริการร่วมกัน ดังเช่น จากการให้บริการของราชการส่วนท้องถิ่น หรือของสถานบริการอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียง และฯลฯ ซึ่งจำเป็นต้องมีการขนส่งมูลฝอยติดเชื้อไปยังสถานที่ที่ให้บริการ โดยจะใช้มาตรการในการควบคุมเช่นเดียวกันกับการเคลื่อนย้ายมูลฝอยในสถานบริการ แต่จะต้องเพิ่มความระมัดระวังเกี่ยวกับการตกหล่นของถุง หรือกล่องมูลฝอย โดยเฉพาะในบริเวณถนนหลวง และสำหรับการดำเนินการเมื่อมีการตกหล่นของมูลฝอยดังกล่าวนั้น จะมีมาตรการโดยทั่วไปดังนี้ คือ

3.1 รถขนมูลฝอยติดเชื้อ ควรใช้เฉพาะขนมูลฝอยติดเชื้อเท่านั้น

3.2 รถขนควรมีลักษณะเฉพาะ เช่น สามารถควบคุมระดับอุณหภูมิได้ และมีสัญลักษณ์ และคำเตือนให้รู้ว่าเป็นรถขนมูลฝอยติดเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ต้องมีมาตรการในการป้องกันการรั่วไหล ตกหล่น และการแก้ไขเหตุฉุกเฉินในกรณีที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นในระหว่างการขนส่ง เช่น มีป้ายระบุเลขรหัสของรถ ชื่อสถานที่ และหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่สามารถติดต่อขอความช่วยเหลือได้ เป็นต้น

3.4 การทำลายเชื้อ และการกำจัด

เนื่องจากปัจจุบันสภาพสังคมที่อยู่กันอย่างแออัดโดยเฉพาะในเขตเมือง ดังนั้นการดำเนินการใดๆ ย่อมจะต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ โดยถ้าหากมูลฝอยติดเชื้อนี้ไม่ได้รับการดูแลที่ถูกวิธีแล้วย่อมสามารถก่อให้เกิดอันตรายขึ้นได้อย่างมาก สำหรับในการทำลายมูลฝอยติดเชื้อให้หมดไปโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมนั้น ถือเป็นหน้าที่ของสถานบริการหรือเจ้าของกิจการที่จะต้องติดต่อ หรือจัดการอย่างหนึ่งอย่างใด เพื่อนำเอามูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมในหน่วยงานของตนไปทำลายอย่างถูกวิธี ซึ่งจะมีแนวทางในการจัดการดังต่อไปนี้

3.4.1 การทำลายเชื้อ

มูลฝอยติดเชื้อหากได้รับการทำลายเชื้อโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง ซึ่งทางกระทรวงสาธารณสุขได้มีการรับรองแล้วนั้น ให้ถือว่ามูลฝอยติดเชื้อดังกล่าวมิใช่มูลฝอยติดเชื้ออีกต่อไป และสามารถดำเนินการในลักษณะของมูลฝอยทั่วไปได้ สำหรับในการทำลายเชื้อตามวิธีมาตรฐานสากล โดยทั่วไปจะมีการดำเนินการได้อยู่หลายวิธี ได้แก่

1. การเผา เป็นการทำลายมูลฝอย และเชื้อต่างๆ ให้หมดไป โดยจะมีส่วนที่หลงเหลืออยู่เป็นขี้เถ้า ซึ่งจะต้องนำไปกำจัดต่อไปที่บริเวณพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย
2. การอบไอน้ำ เป็นการฆ่าเชื้อวิธีหนึ่ง ซึ่งวิธีนี้จะมีมูลฝอยคงเหลืออยู่ในปริมาณที่คงที่ หรือเพิ่มมากขึ้นจากการที่มีความชื้นของไอน้ำหลงเหลืออยู่ในมูลฝอย
3. การใช้สารเคมี
4. การใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ไมโครเวฟ) เป็นวิธีการใหม่ ซึ่งได้ผลดีพอสมควร
5. วิธีการอื่น ๆ

วิธีการเหล่านี้จะมีข้อดี และข้อด้อยที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม โดยพิจารณาได้จากรายละเอียดของแต่ละวิธี ที่มีการผ่านความเห็นชอบจากกระทรวงสาธารณะสุข และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องแล้ว

3.4.2 จะเห็นได้ว่ามูลฝอยติดเชื้อมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับการทำลายเชื้อก่อนที่จะนำไปกำจัดด้วยวิธีการปกติ ถึงแม้ว่าจะใช้วิธีการกำจัดมูลฝอยที่สามารถทำการฆ่าเชื้อ และแปลสภาพของมูลฝอยได้ทันทีก็ตาม (ดังเช่น วิธีการเผา เป็นต้น) เพราะเชื้อต่างๆ อาจเกิดการแพร่กระจายในขณะที่ทำการขนส่ง หรือจัดเก็บรวบรวมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาม พรบ. การสาธารณสุข 2535 ได้มอบหมายให้การกำจัดมูลฝอยนี้ เป็นหน้าที่ของส่วนราชการในท้องถิ่น โดยในการดำเนินงานนั้นได้มีทางเลือกสำหรับการดำเนินการเกี่ยวกับการทำลายเชื้อและมูลฝอยเป็นดังนี้

1. ส่วนราชการในท้องถิ่นเป็นผู้ดำเนินการเอง โดยจัดให้มีระบบการทำลายเชื้อและการกำจัดกาก สำหรับให้บริการในส่วนของท้องถิ่นนั้นๆ

2. ส่วนราชการในท้องถิ่นได้มอบหมายให้ผู้หนึ่งผู้ใดเข้ามาดำเนินการแทน หรืออาจให้สถานบริการนั้นๆ ดำเนินการด้วยตนเองตามความเหมาะสม และศักยภาพ เช่น อาจใช้วิธีการนึ่งมูลฝอยฆ่าเชื้อก่อน จากนั้นจึงกำจัดกากที่เหลือให้ปราศจากเชื้อ

3. ให้เอกชนดำเนินการขออนุญาตเพื่อเข้ามาดำเนินการ โดยให้เก็บค่าบริการจากสถานบริการ

หมายเหตุ ไม่ว่าจะมีการดำเนินการโดยใช้เทคนิคใดๆ จะต้องเป็นไปตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ และสอดคล้องกับมาตราฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

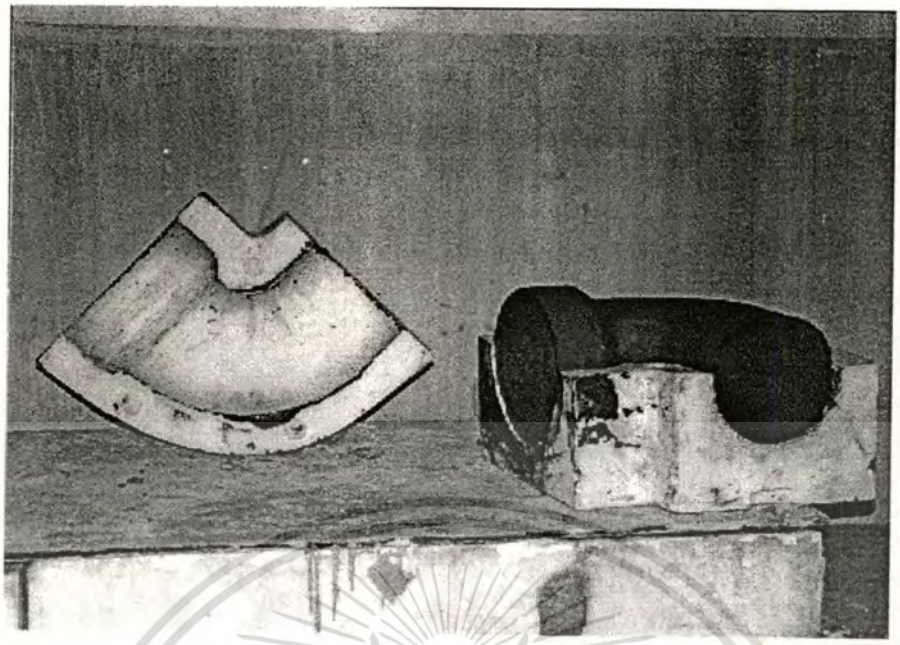
ประมวลภาพถ่ายแสดงขั้นตอนการก่อสร้างห้องเผาไหม้ที่ 2 ของเตาเผาต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

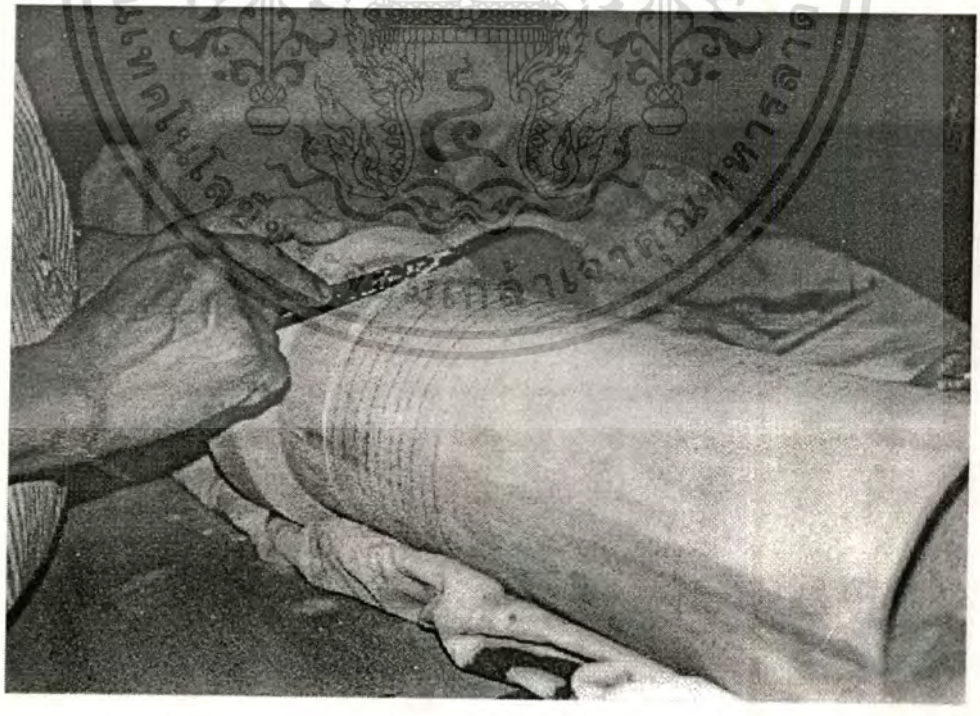
รูปที่ ข-1 แสดงลักษณะของแม่แบบที่ใช้ในการขึ้นรูปท่อเซรามิกทนความร้อน

รูปที่ ข-2 แสดงการขึ้นรูปท่อเซรามิกทนความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

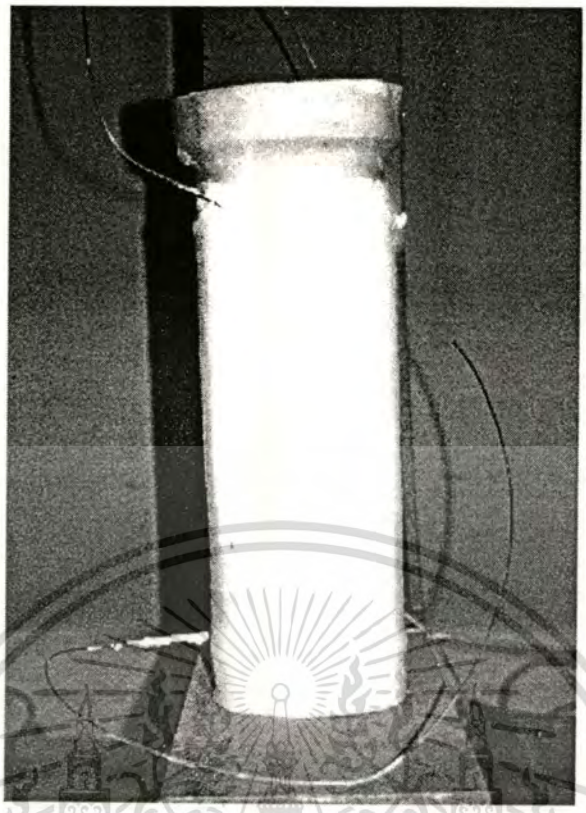


รูปที่ ข-3 แสดงลักษณะของท่อเซรามิกที่ขึ้นรูปแล้ว

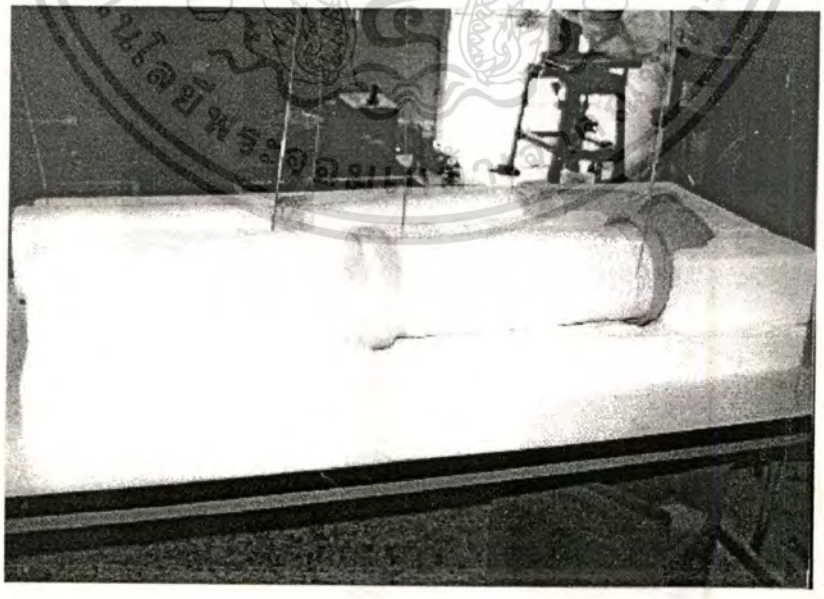


รูปที่ ข-4 แสดงการเซาะร่องข้างท่อเซรามิก เพื่อใช้ยึดลวดให้ความร้อนให้อยู่กับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

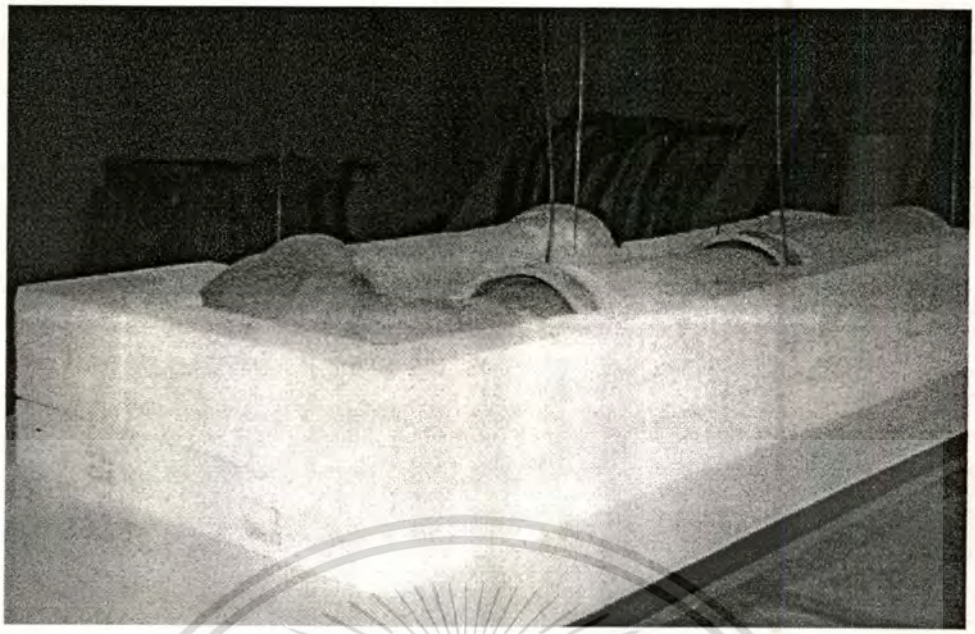


รูปที่ ข-5 แสดงลักษณะของท่อเซรามิกทนความร้อนที่ผ่านขั้นตอนการพันลวดให้ความร้อน และการฉาบผิวด้วยซีเมนต์ทนความร้อนเสร็จเรียบร้อยแล้ว

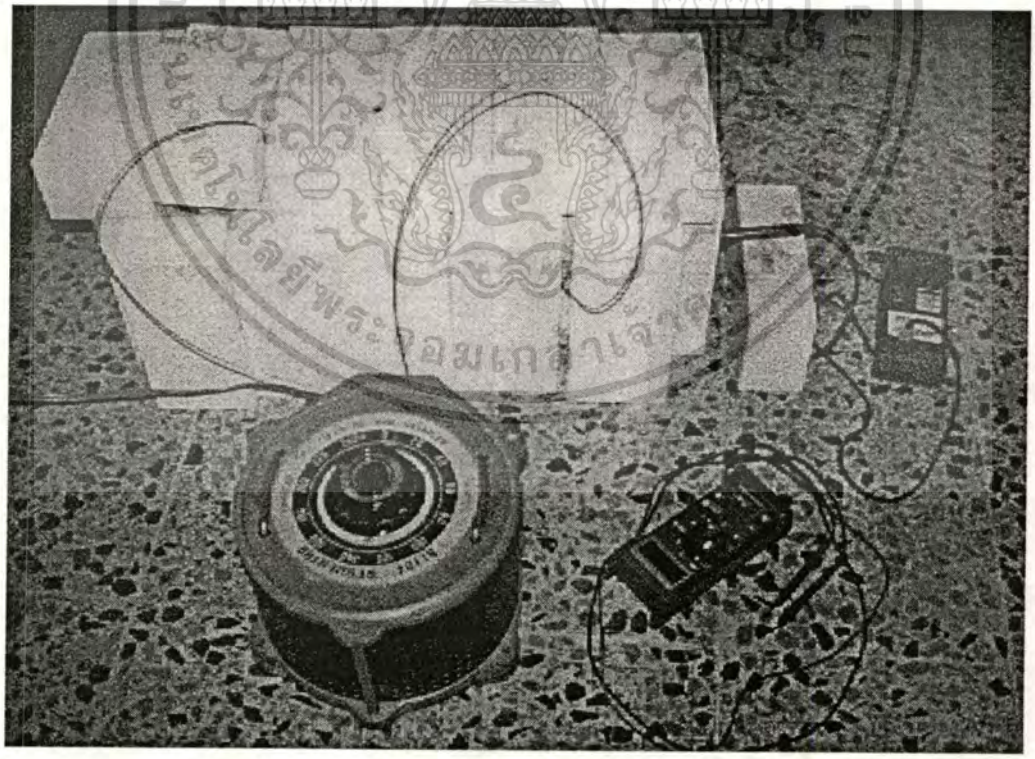


รูปที่ ข-6 แสดงการก่ออิฐทนความร้อนรอบท่อเซรามิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

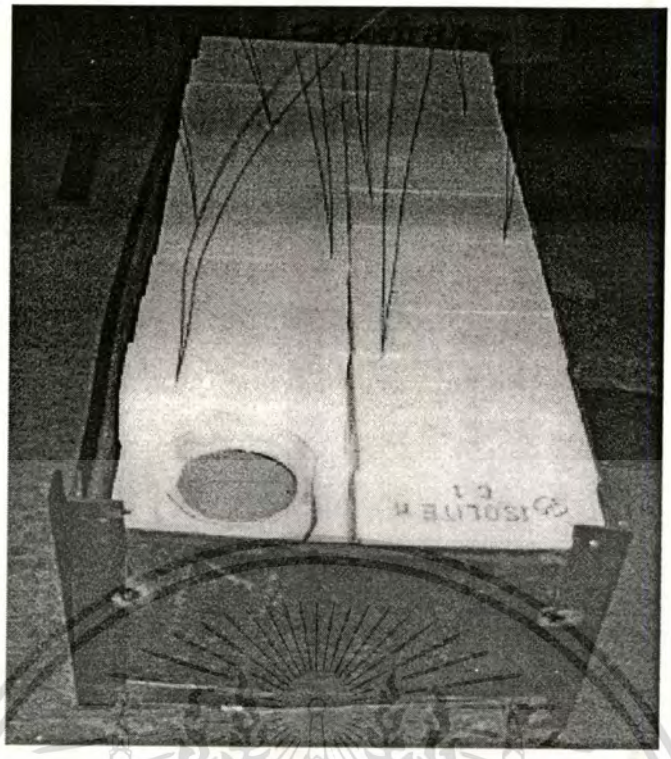


รูปที่ ข-7 แสดงการก่ออิฐทนความร้อนรอบท่อเซรามิก



รูปที่ ข-8 แสดงการทดสอบระบบการให้ความร้อนของห้องเผาไหม้ที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-9 แสดงลักษณะภายในของห้องเผาไหม้ที่ 2

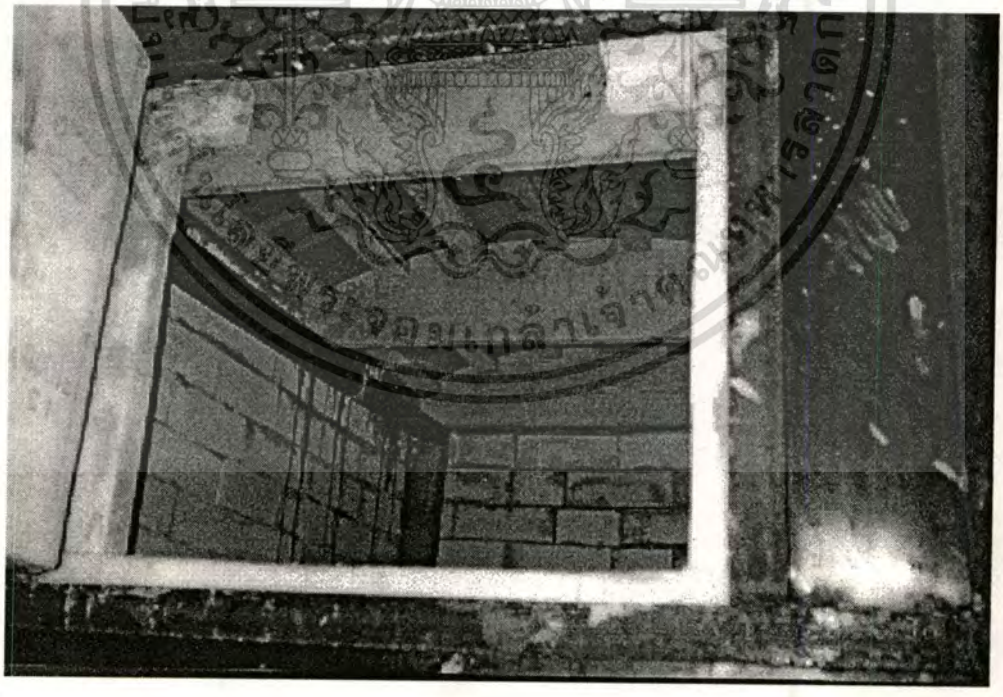
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ประมวลภาพถ่ายแสดงการก่อสร้างเตาเผาต้นแบบและเครื่องดักอากาศระบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

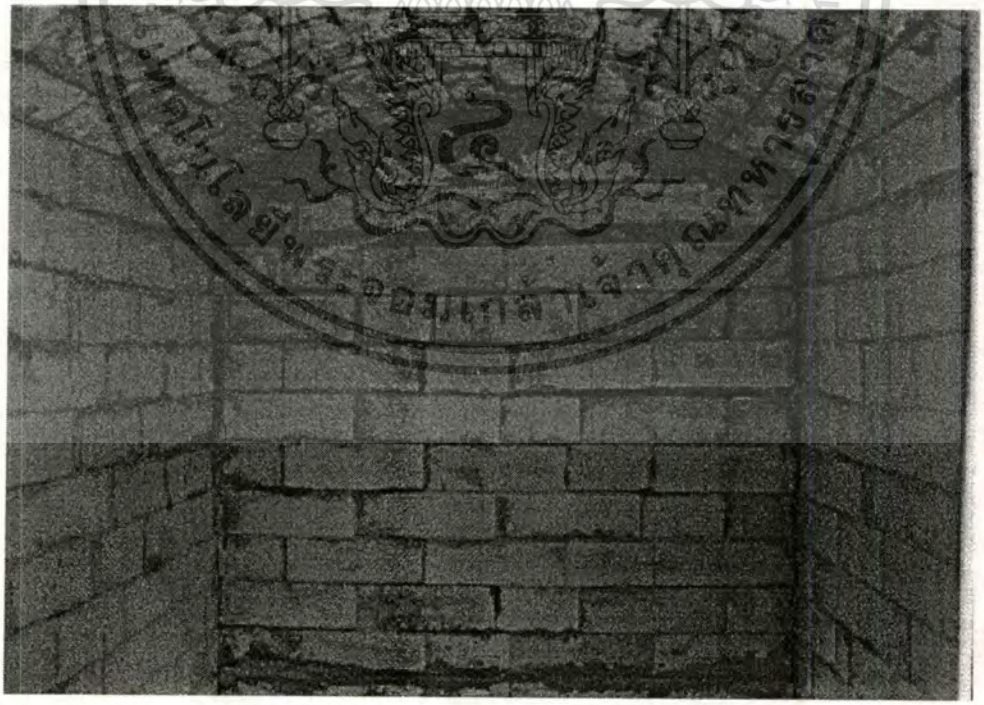
รูปที่ ค-1 แสดงโครงสร้างของห้องเผาไหม้ที่ 1



รูปที่ ค-2 แสดงการก่ออิฐภายในห้องเผาไหม้ที่ 1

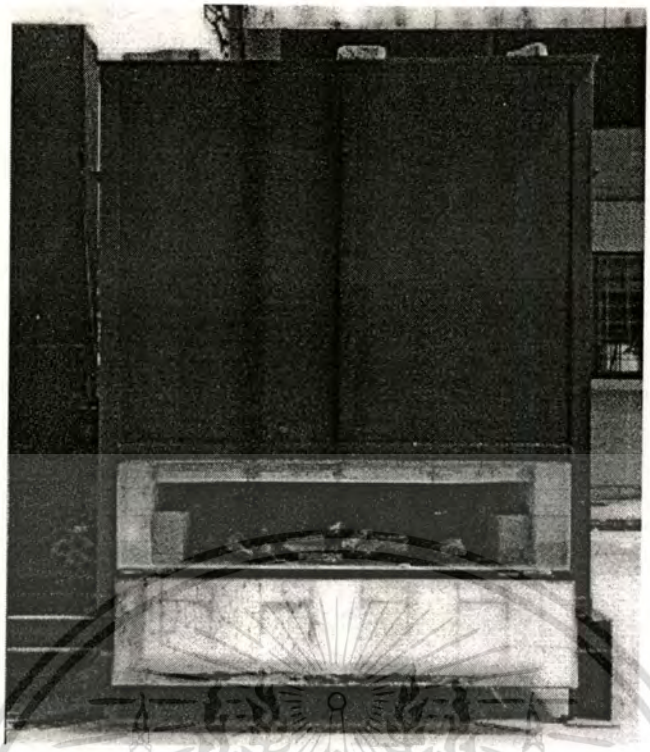
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค-3 แสดงโครงสร้างของเครื่องดักอากาศระบบเปียก

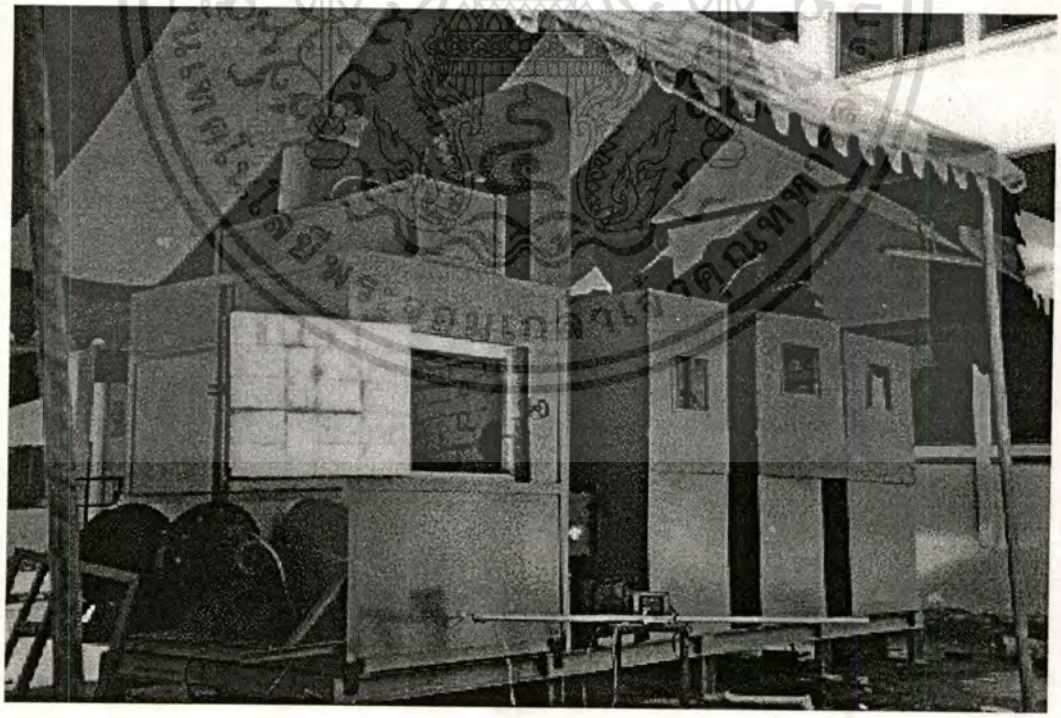


รูปที่ ค-4 แสดงลักษณะภายในของห้องเผาไหม้ที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

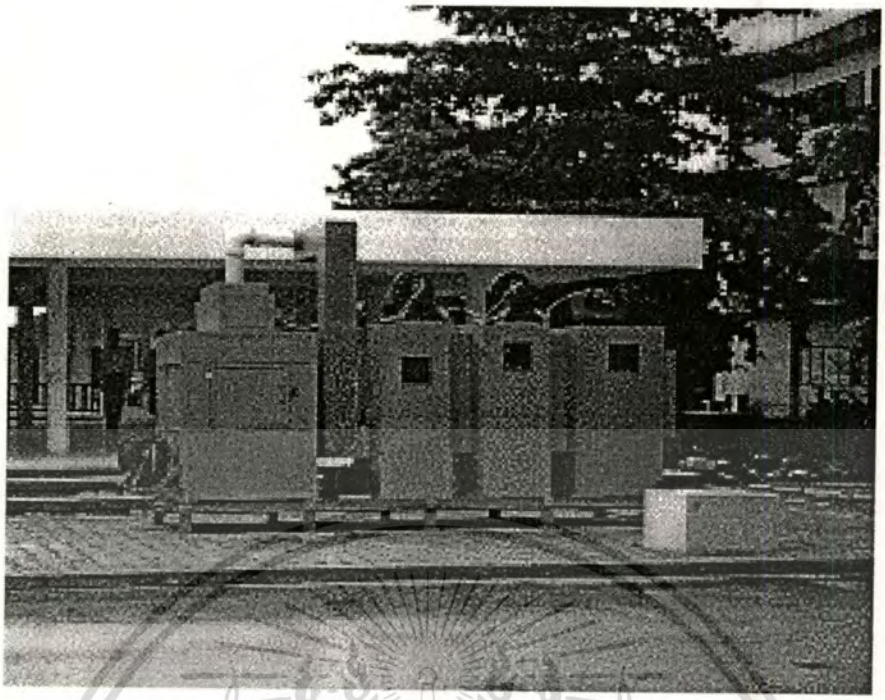


รูปที่ ค-5 แสดงลักษณะด้านหลังของห้องเผาไหม้ที่ 1



รูปที่ ค-6 แสดงภาพเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียกที่ประกอบขึ้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



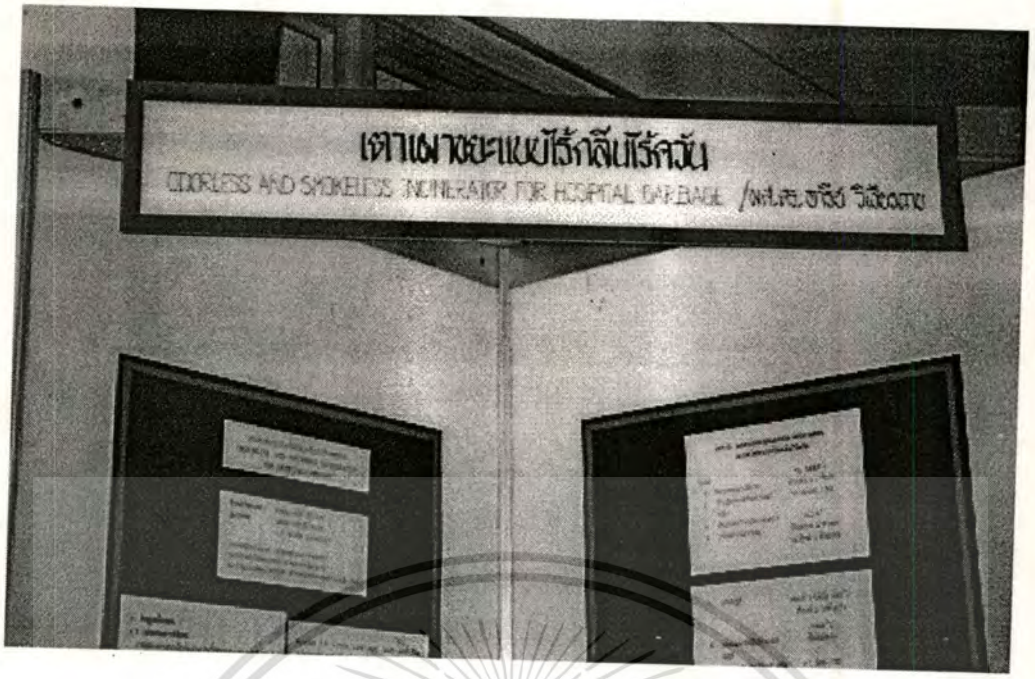
รูปที่ ค-7 แสดงภาพเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

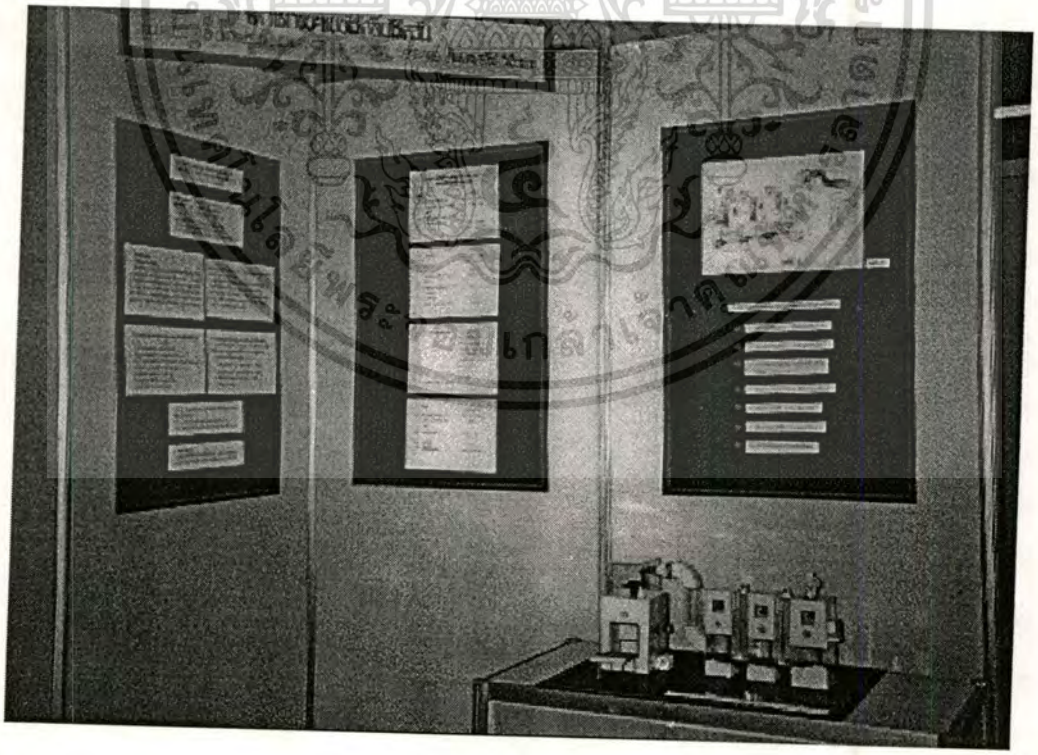
ภาคผนวก ง.

ประมวลภาพถ่ายการแสดงผลงานในงานนิทรรศการ ลาดกระบังนิทรรศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

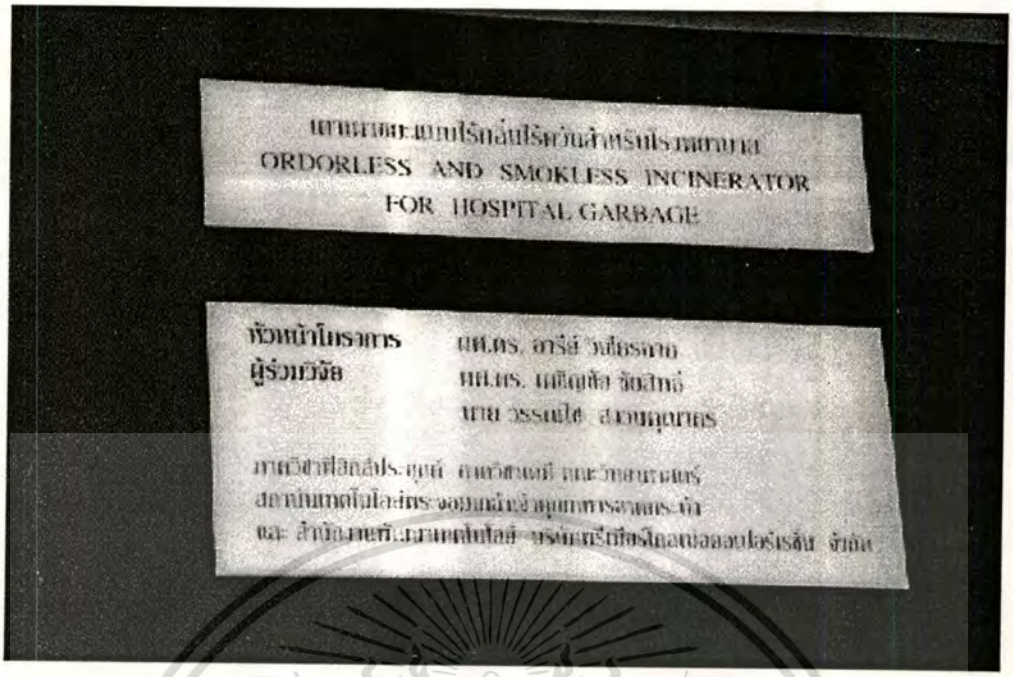


รูปที่ ง-1 ภาพการแสดงผลงานในงานลาดกระบังนิทรรศ

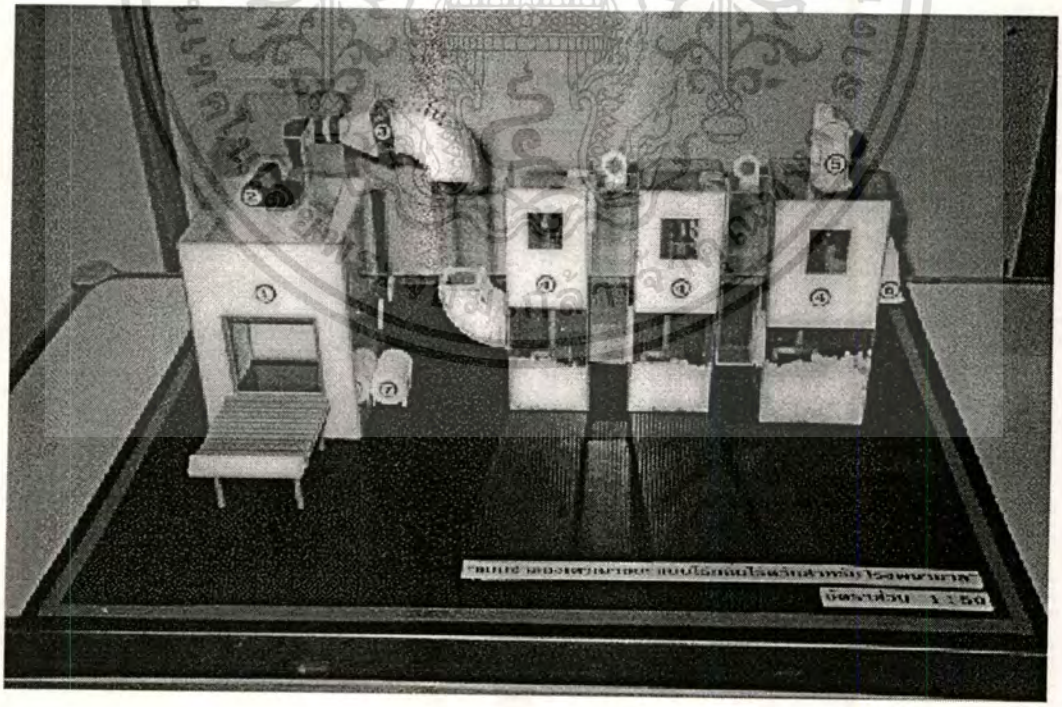


รูปที่ ง-2 ภาพการแสดงผลงานในงานลาดกระบังนิทรรศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

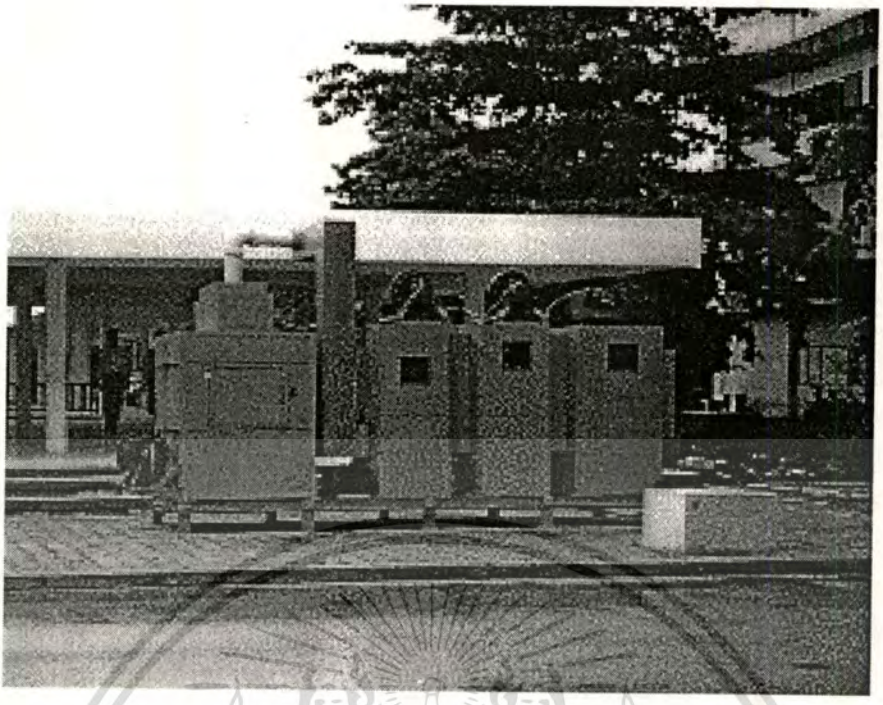


รูปที่ ง-3 ภาพการแสดงผลงานในงานลาดกระบังนิทรรศ



รูปที่ ง-4 แสดงรูปจำลองของเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียกที่นำมาใช้แสดงในงานนิทรรศการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง-5 แสดงเตาเผาต้นแบบ และเครื่องดักอากาศระบบเปียกที่นำมาแสดงในงานนิทรรศการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

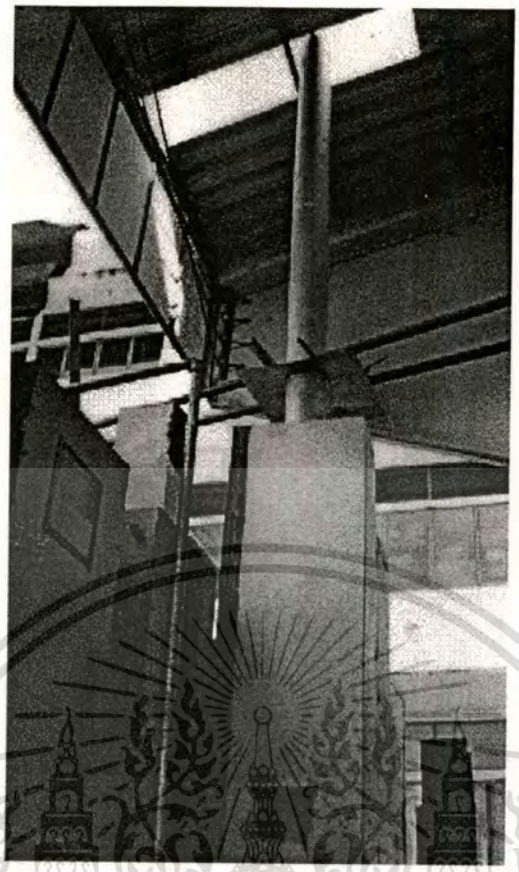
ภาพถ่ายของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น และหัวเผาน้ำมันดีเซลที่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

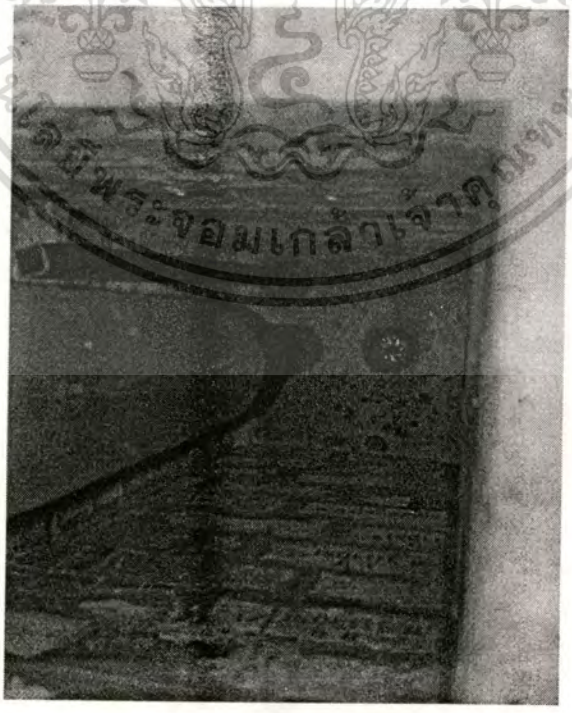
รูปที่ จ-1 แสดงลักษณะด้านหน้าของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

รูปที่ จ-2 แสดงลักษณะด้านข้างของเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

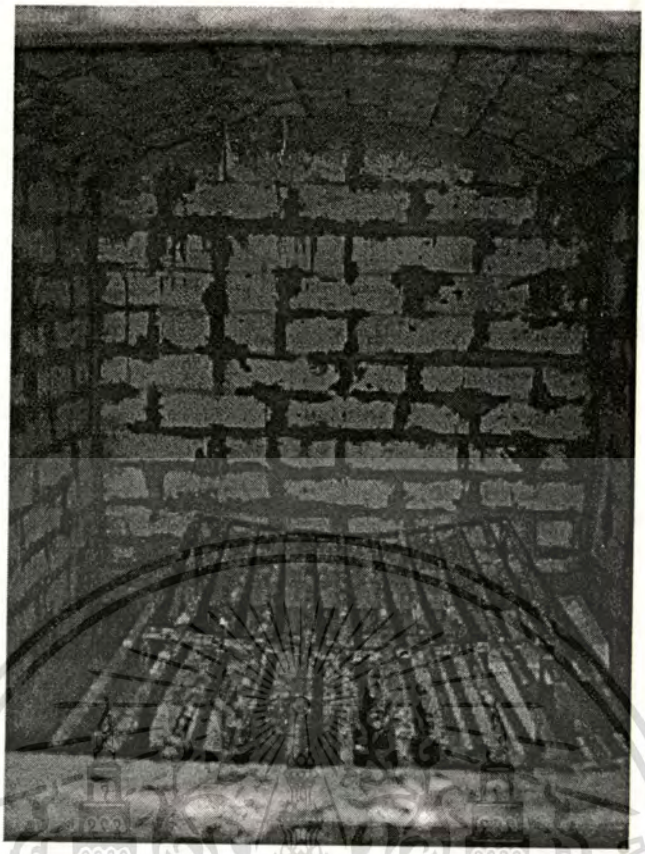


รูปที่ จ-3 แสดงลักษณะของห้องเผาไหม้ที่ 2 ในเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

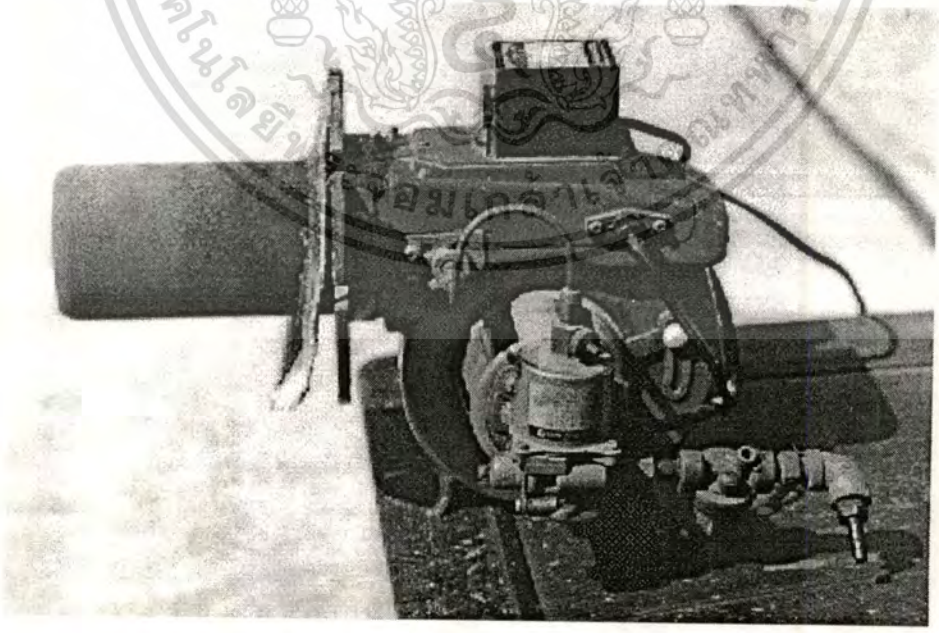


รูปที่ จ-4 แสดงลักษณะภายในของห้องเผาไหม้ที่ 2 ในเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

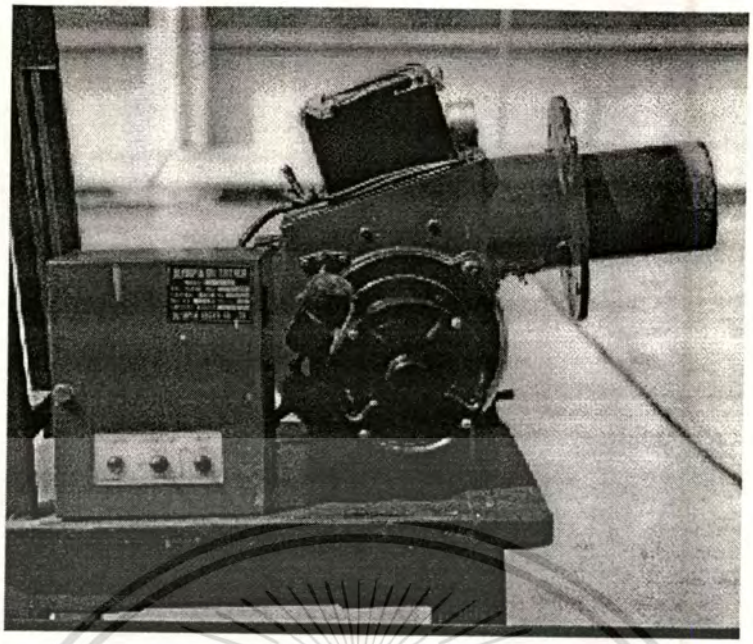


รูปที่ จ-5 แสดงลักษณะภายในของห้องเผาไหม้ที่ 1 ในเตาเผาต้นแบบ



รูปที่ จ-6 ภาพถ่ายแสดงลักษณะของหัวเผาเล็กที่ใช้ในเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-7 ภาพถ่ายแสดงลักษณะของหัวเผาใหญ่ที่ใช้ในเตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายวรรณไช สงวนคุณากร เกิดเมื่อวันที่ 25 สิงหาคม พ.ศ.2515 ณ. จังหวัดสมุทรปราการ ได้สำเร็จการศึกษาระดับอนุปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (สาขาวิชา เคมีปฏิบัติ) จากสถาบันราชภัฏสวนสุนันทา ในปีการศึกษา 2534 และได้เข้าศึกษาต่อที่สถาบันราชภัฏจันทรเกษม จนสำเร็จการศึกษาในระดับวิทยาศาสตร์บัณฑิต (สาขาวิชา เคมี) ในปีการศึกษา 2536 จากนั้นจึงได้เข้าศึกษาต่อทันทีในระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม) ณ. ที่สถาบันแห่งนี้ โดยได้เข้ารับการศึกษามาตั้งแต่ ปีการศึกษา 2537 จนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้