สัมมนาวิชาการวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13
2-3 ธันวาคม 2542 โรงแรม รอยัลคลิฟบีชรีสอร์ท พัทยาใต้ ชลบุรี

การออกแบบเตาเผามูลฝอยติดเชื้อแบบควบคุมอากาศขนาด 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

Design of 50 kg/hr Controlled-Air Hospital Waste Incinerator

สมรัฐ เกิดสุวรรณ
ศูนย์วิจัยการเผากากของเสีย
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนพิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพ 10800
โทร 66(2)9132500 ต่อ 8324, โทรสาร 66(2)5870026, E-Mail: srk@kmitnb.ac.th

บทคัดย่อ

เตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่มีความสามารถในการเผาทำลายมูลฝอยติดเชื้อชั่วโมงละ 50 กิโลกรัมได้พบว่าเป็นตัวแทนเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้กับโรงพยาบาลชุมชนทั่วประเทศ งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบเตาเผามูลฝอยติดเชื้อดังกล่าวให้มีความสามารถในการเผาทำลายมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาล เทคโนโลยีที่ใช้ในการออกแบบเตาเผาเป็นแบบควบคุมอากาศ โดยแบ่งห้องเผาไหม้ออกเป็นสองห้อง ห้องเผาไหม้แรกเป็นห้องรองรับมูลฝอยและควบคุมให้เกิดการเผาไหม้โดยจ่ายอากาศเพื่อการเผาไหม้ในปริมาณที่น้อยกว่าที่ต้องการตามทฤษฎี ก๊าซและสารระเหยที่เกิดขึ้นจะไหลเข้าไปทำการเผาไหม้ซ้ำในห้องเผาไหม้ที่สองซึ่งควบคุมการจ่ายอากาศเพื่อการเผาไหม้ในปริมาณที่มากกว่าที่ต้องการตามทฤษฎีเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ก่อนที่จะปล่อยออกทางปล่องระบาย การควบคุมการจ่ายอากาศอาศัยการวัดอุณหภูมิในห้องเผาแรกและห้องเผาที่สองผ่านระบบควบคุมเพื่อปรับปริมาณการจ่ายอากาศสำหรับเผาไหม้ให้ได้ตามอุณหภูมิที่กำหนด อุณหภูมิห้องเผาไหม้แรกออกแบบให้ทำงานที่ 760 องศาเซลเซียสอันเป็นอุณหภูมิที่ทำให้มูลฝอยติดเชื้อเกิดการแตกตัวทางความร้อน และอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่สองออกแบบให้ทำงานที่ 1,000 องศาเซลเซียสโดยมีเวลาที่ก๊าซไหลอยู่ในห้องเผาไหม้ที่สองประมาณ 2 วินาทีซึ่งเพียงพอสำหรับการเผาทำลายมูลฝอยประเภทนี้ ในการออกแบบได้คำนึงถึงองค์ประกอบของมูลฝอยที่เป็นตัวแทนของมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นจริง ได้มีการคำนวณสมดุลมวล สมดุลความร้อน การกำหนดขนาดของหัวเผาที่ใช้กับห้องเผาไหม้แรกและห้องเผาไหม้ที่สอง การกำหนดขนาดและการเลือกวัสดุสำหรับทำวัสดุทนไฟ ฉนวน ได้เลือกใช้วัสดุที่สามารถผลิตได้ในประเทศเป็นหลัก นอกจากนี้ได้ออกแบบเพื่อการใช้งานกับเครื่องป้อนมูลฝอยอัตโนมัติและระบบควบคุมมลพิษอากาศ ผลที่ได้จากการออกแบบสามารถนำไปใช้สร้างต้นแบบเตาเผามูลฝอยติดเชื้อเพื่อการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานต่อไป

ABSTRACT

It is found that the 50 kg/hr of infectious waste incinerator has been used to dispose of infectious waste generated in hospitals of the main part of Thailand. The objective of this research is to design the infectious waste incinerator to meet their requirements. The working principal of the designed incinerator is a controlled-air incinerator where the combustion is divided in two parts. The first part is an intake primary chamber where the waste is feed in and the combustion air is controlled at the sub-stoichiometric condition. The gas and the volatile matter then, will be reburned in the secondary combustion chamber with excess-air for completed combustion before going through the stack. The temperature in the two chambers are measured through a monitoring system and are used to control the amount of combustion air in order to attain the desired temperature in each chamber. The temperature in the primary chamber is designed at 760°C which is the temperature for thermal cracking of waste. The designed temperature for secondary chamber is at 1,000°C and the resident time for the gas is about 2 seconds which are enough for destruction of the kind of waste. The design criteria also take into account of the real characteristic of waste. The design includes the calculation of mass balance, heat balance, capacity of primary and secondary chamber. The refractory and the insulator are chosen to be the materials that can be locally found. The incinerator is designed to use in conjunction with the automatic feeder machine and the air pollution control equipment. The result of this research can be used to built a pilot infectious waste incinerator for performance testing

1.บทนำ

มูลฝอยติดเชื้อได้แก่มูลฝอยที่เกิดจากกิจกรรมทางการแพทย์โดยมีเชื้อโรคต่าง ๆปะปนออกมาด้วยและจำเป็นต้องมีการเก็บรวบรวมและการกำจัดที่แยกออกมาต่างหากจากมูลฝอยทั่วไป องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (United State Environmental Protection Agency : US EPA) ได้แนะนำการเผามูลฝอยติดเชื้อในเตาเผาภายใต้อุณหภูมิสูงว่าเป็นวิธีการหนึ่งในการกำจัดมูลฝอยประเภทนี้ เตาเผามูลฝอยที่ติดตั้งในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทคือเตาเผาที่นำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งได้แก่สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น และประเทศในทวีปยุโรป เป็นต้น ซึ่งมีการก่อสร้างตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้องในแต่ละประเทศ ดังนั้นจึงไม่ค่อยมีปัญหาในเรื่องการปฏิบัติงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม เนื่องจากจำเป็นต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศทำให้เตาเผาประเภทนี้มีราคาแพง เตาเผาอีกประเภทหนึ่งคือเตาเผาที่ก่อสร้างด้วยภูมิปัญญาของคนท้องถิ่นซึ่งมักมีราคาถูกกว่าเตาเผาประเภทแรก แต่ในขณะปฏิบัติงานมักจะก่อให้เกิดปัญหาโดยเฉพาะอย่างยิ่งกลิ่นเหม็นและควันดำ เตาเผาประเภทนี้จำเป็นต้องได้รับการวิจัยและพัฒนาต่อไป

ศูนย์วิจัยการเผากากของเสีย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ก่อตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หนึ่งคือการให้บริการกำจัดกากของเสียด้วยวิธีการเผาไหม้แก่หน่วยงานของรัฐและอุตสาหกรรมทั้งในรูปของข้อมูล คำปรึกษาและการฝึกอบรม ตลอดจนการทดสอบ ตรวจสอบ วินิจฉัยและการออกแบบ จึงเห็นความจำเป็นที่จะวิจัยและพัฒนาเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ผลิตขึ้นในประเทศเพื่อให้สามารถใช้งานได้ทัดเทียมกับเตาเผาที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและยังเป็นการส่งเสริมการใช้สินค้าที่ผลิตในประเทศอีกประการหนึ่ง

2. วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

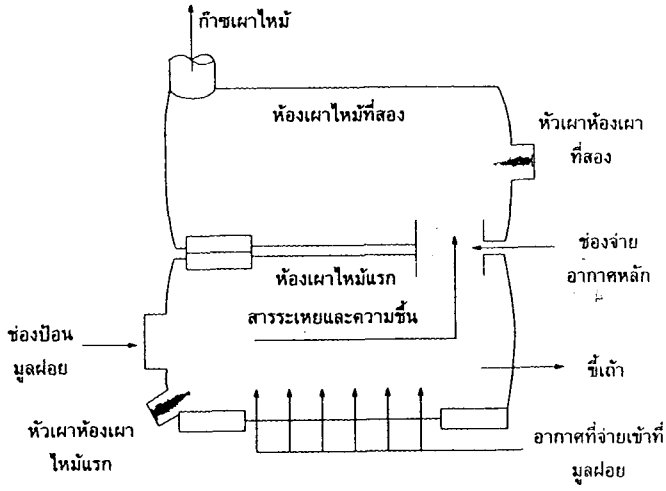
2.1 ออกแบบเตาเผามูลฝอยติดเชื้อแบบควบคุมอากาศที่มีความสามารถในการเผาทำลายมูลฝอยในอัตราชั่วโมงละ 50 กิโลกรัม

2.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเตาเผามุ่งเน้นวัสดุและอุปกรณ์ที่หาได้ในประเทศเป็นหลัก

3. หลักการทำงานของเตาเผาแบบควบคุมอากาศ

แนวคิดดั้งเดิมในการออกแบบเตาเผามูลฝอยคือการเผาไหม้มูลฝอยโดยใช้ออกซิเจนในอากาศและเปลี่ยนรูปให้เป็นก๊าซเผาไหม้โดยมีผลพลอยได้ในรูปของความร้อน ปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์หาได้จากการคำนวณปริมาณอากาศในทางทฤษฎี (Stoichiometric air) อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติเพื่อประกันให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จึงออกแบบให้จ่ายอากาศเข้าห้องเผาไหม้ในปริมาณที่มากกว่าที่ต้องการในทางทฤษฎีและเรียกอากาศส่วนนี้ว่าอากาศส่วนเกิน (excess air) เตาเผาที่ทำงานด้วยหลักการนี้จะเรียกว่าเตาเผามูลฝอยแบบอากาศส่วนเกิน (Excess air or Enhance air incinerator)

เตาเผาแบบอากาศส่วนเกินเหมาะสมต่อการเผาไหม้มูลฝอยที่มีองค์ประกอบค่อนข้างแน่นอนเพราะจำเป็นต้องปรับปริมาณอากาศส่วนเกินให้เหมาะสมกับองค์ประกอบและปริมาณของมูลฝอยที่ป้อนเข้าห้องเผาไหม้ ดังนั้นในการเผาไหม้มูลฝอยที่มีองค์ประกอบที่ไม่แน่นอนและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจึงไม่สะดวกที่จะเผาในเตาเผาแบบอากาศส่วนเกิน



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงการทำงานของเตาเผาแบบควบคุมอากาศ

ในยุคต้นของค.ศ. 1960 ได้มีการพัฒนาเตาเผาที่มีการทำงานโดยแยกห้องเผาไหม้ออกเป็นสองห้องและควบคุมการจ่ายอากาศเข้าห้องเผาไหม้ทั้งสองในปริมาณที่แตกต่างกันและเรียกเตาเผาแบบนี้ว่าเตาเผาแบบควบคุมอากาศ (Controlled Air Incinerator หรือ Straved Air Incinerator) (รูปที่ 1) เตาเผาแบบควบคุมอากาศประกอบด้วยห้องเผาไหม้สองห้องคือห้องเผาไหม้หลัก (Primary Combustion Chamber) และห้องเผาไหม้ที่สอง (Secondary Combustion Chamber) มูลฝอยจะถูกป้อนเข้าห้องเผาไหม้หลักและจ่ายอากาศเข้าห้องเผานี้ในปริมาณที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการติดไฟเท่านั้น (ในทางปฏิบัติจะจ่ายอากาศในปริมาณร้อยละ 70 ถึง 80 ของปริมาณอากาศที่ต้องการในทางทฤษฎี)

ก๊าซที่เกิดขึ้นจากห้องเผาไหม้หลักนี้มีองค์ประกอบของก๊าซที่เผาไหม้ได้ (Combusitble gas) ซึ่งจะไหลและเข้าไปทำการเผาไหม้ซ้ำในห้องเผาไหม้ที่สองซึ่งออกแบบให้มีขนาด อุณหภูมิและเวลาที่เพียงพอที่จะเผาทำลายอินทรีย์สารได้อย่างหมดจด อากาศที่จ่ายเข้าห้องเผาไหม้ที่สองถูกควบคุมปริมาณให้เกิดการเผาไหม้ในสภาวะอากาศส่วนเกิน (excess air combustion) โดยควบคุมให้จ่ายอากาศในปริมาณร้อยละ 140 ถึง 200 ของปริมาณอากาศที่ต้องการในทางทฤษฎี

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำการออกแบบเตาเผามูลฝอยโดยใช้หลักการทำงานแบบควบคุมอากาศ นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่า [1] เตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่มีใช้ในโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุขซึ่งได้แก่โรงพยาบาลชุมชนส่วนใหญ่มีความสามารถในการกำจัดมูลฝอยชั่วโมงละ 50 กิโลกรัม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกที่จะออกแบบเตาเผามูลฝอยขนาด 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

4. เกณฑ์การออกแบบ

เกณฑ์การออกแบบเตาเผามูลฝอยติดเชื้อเป็นดังนี้

4.1 เตาเผามูลฝอยใช้หลักการทำงานแบบควบคุมอากาศ

4.2 มูลฝอยที่จะเผาเป็นมูลฝอยประเภทที่ 2 ตามนิยามของ Incinerator Institute of America ในอัตราเผาทำลายชั่วโมงละ 50 กิโลกรัม

4.3 ประตูป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผาออกแบบให้สามารถทำงานได้กับเครื่องป้อนมูลฝอย

4.4 มีประตูสำหรับนำขี้เถ้าออกจากเตาเผาได้โดยสะดวก

4.5 ห้องเผาไหม้ออกแบบให้ความดันภายในมีค่าต่ำกว่าบรรยากาศเพื่อป้องกันการรั่วของควันจากห้องเผาไหม้สู่ภายนอก รอยต่อต่าง ๆ จะต้องปิดสนิท

4.6 หัวเผาสำหรับห้องเผาไหม้หลักมีหน้าที่ช่วยให้มูลฝอยติดไฟและรักษาอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ให้อยู่ที่ 760 องศาเซลเซียส

4.7 หัวเผาสำหรับห้องเผาไหม้ที่สองทำหน้าที่ในการเผาก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้มาจากห้องเผาไหม้แรก โดยรักษาอุณหภูมิห้องเผาไหม้ให้ไม่ต่ำกว่า 1,000 องศาเซลเซียส

4.8 ห้องเผาไหม้ที่สองออกแบบให้มีเวลาที่ก๊าซเผาไหม้ในห้องนี้ได้ไม่ต่ำกว่า 1 วินาที

4.9 อากาศที่จ่ายเข้าสู่ห้องเผาไหม้ทั้งสอง มาจากเครื่องอัดลมที่ติดตั้งบริเวณด้านหลังของเตาเผา อากาศจะไหลผ่านท่อจ่ายโดยสามารถควบคุมปริมาณอากาศที่จ่ายให้ห้องเผาไหม้แต่ละห้องได้โดยวาวล์ผีเสื้อ

4.10 ห้องเผาไหม้หลักมีขนาดเพียงพอที่จะรองรับการป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผาครั้งละ 10 ถึง 15 กิโลกรัม ทุก ๆ 15 ถึง 20 นาที

4.11 หัวเผาสำหรับห้องเผาไหม้แรกจะหยุดทำงานทันทีที่ประตูป้อนมูลฝอยหรือประตูถ่ายขี้เถ้าเปิดออก

4.12 การควบคุมอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ทั้งสองอาศัยการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคับเปิ้ลในแต่ละห้องเผาแล้วนำสัญญาณที่วัดได้ไปควบคุมการทำงานของหัวเผาแต่ละตัวให้ทำงานในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

4.13 ผู้ปฏิบัติงานจะไม่สามารถป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผาได้หากเวลาที่กำหนดไว้ล่วงหน้ายังไม่มาถึง ทั้งนี้เพื่อป้องกันการทำงานเกินความสามารถของเตาเผาอันจะทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

4.14 เมื่อป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผาครั้งสุดท้ายแล้วกำหนดให้หัวเผาของห้องเผาไหม้ทั้งสองยังคงทำงานต่อไปอีก 2 ชั่วโมงเพื่อเผาทำลายมูลฝอยที่ยังคงเหลืออยู่ในเตาเผา

5. มูลฝอย

ในการออกแบบได้กำหนดประเภทของมูลฝอยที่ทำการเผาไหม้โดยอาศัยข้อมูลจากการศึกษาลักษณะสมบัติของมูลฝอยติดเชื้อจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งจากต่างประเทศและในประเทศ [1] โดยเป็นมูลฝอยที่ผสมรวมกันทั้งมูลฝอยประเภทที่ 0, 1 และ 2 ตามนิยามของ Incinerator Insitute of America สรุปข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบได้ดังนี้

- ความชื้น : ร้อยละ 31
- ของแข็งที่ไม่เผาไหม้ : ร้อยละ 7
- ค่าความร้อน : 12,327 กิโลจูลต่อกิโลกรัม
- ความหนาแน่น : 240 ถึง 320 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

6. สมดุลมวล สมดุลความร้อน

สมดุลมวลของเตาเผาได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และสมดุลความร้อนของเตาเผาได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณอ้างอิงจาก [2] สำหรับข้อมูลที่สรุปได้จากสมดุลมวลและสมดุลความร้อนได้แสดงไว้ในรูปที่ 2

ตารางที่ 1 สมดุลมวลเตาเผามูลฝอยติดเชื้อขนาด 50 กก./ชม.

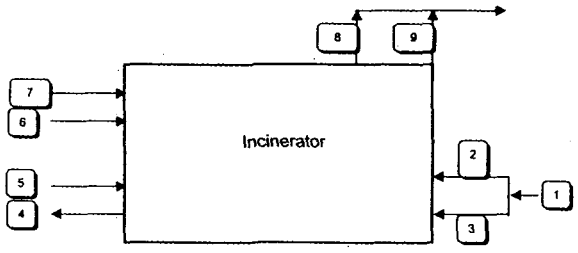
Infectious Waste Feed	(kg/hr)	50.00
Moisture Content	(%)	31.00
Non-Combustible Solids	(%)	7.00
Higher Heating Value	(KJ/kg)	12327.80

Step	Description	Unit	Quantity
M1	Total flow	kg/hr	50.00
M2	Moisture	%	31.00
M3		kg/hr	15.50
M4	Dry Feed	kg/hr	34.50
M5	Ash	%	7.00
M6		kg/hr	2.42
M7	Volatile	kg/hr	32.09
M8		kJ/kg	12327.80
M9		MJ/hr	0.40
M10	Dry Gas (DG)	kg/10MJ	2.82
M11		kg/hr	111.54
M12	Moisture	kg/10MJ	0.75
M13		kg/hr	29.67
M14	DG+Moisture	kg/hr	141.21
M15	100% air	kg/hr	109.12
M16	Total air	Fraction	1.50
M17		kg/hr	163.69
M18		NM3/sec	0.04
M19	Excess air	kg/hr	54.56
M20	Humidity	kg/kg dry air	0.01
M21		kg/hr	1.64
M22	Total Moisture	kg/hr	46.80
M23	Total Dry Gas	kg/hr	166.11

ตารางที่ 2 สมดุลความร้อนของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อขนาด 50 กก./ชม.

Step	Description	Unit	Quantity
H1	Cooling Air Flow T	kg/hr	-
H2		deg C	-
H3		kJ/kg	-
H4		MJ/hr	-
H5	Ash	deg C	537.78
H6		kJ/kg	371.69
H7		MJ/hr	0.00
H8	Radiation	fraction	0.03
H9		MJ/hr	0.01
H10	Humidity loss	MJ/hr	0.00
H11	Total loss	MJ/hr	0.01
H12	Outlet	MJ/hr	0.39
H13		deg C	1093.33
H14	Required Temp	deg C	1204.44
H15	Entalpy, dry gas	kJ/kg	1334.92
H16		MJ/hr	0.22
H17	Entalpy, H2O	kJ/kg	5111.70
H18		MJ/hr	0.24
H19	Total Gas	MJ/hr	0.46
H20	Deficiency	MJ/hr	0.07
H21	Excess air , FO	%	30.00
H22	Fuel	kJ/L	15210.00
H23		L/hr	4.90
H24		MJ/hr	0.19
H25	Air required, (FO)	kg/L	16.10
H26		kg/hr	78.87
H27		Nm3/min	1.09
H28	Dry Gas, (FO)	kg/L	16.00
H29		kg/hr	78.38
H30	Moisture, (FO)	kg/L	1.05
H31		kg/hr	5.14
H32	Outlet	MJ/hr	0.58
H33	Outlet dry gas	kg/hr	244.48
H34	Outlet moisture	kg/hr	51.95
H35	Total wet flue gas	kg/hr	296.43

รูปที่ 2 สรุปสมดุลมวลและสมดุลความร้อนเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ



1	2	3	4	5	6	7	8	9
Waste Feed	Moisture	Dry Feed	Ash	Comb. Air	Fuel	Fuel Air	Outlet DG	Outlet Moist
(kg/hr)	(kg/hr)	(kg/hr)	(kg/hr)	(kg/hr)	(L/hr)	(kg/hr)	(kg/hr)	(kg/hr)
50.00	15.50	34.50	2.42	163.69	4.90	78.87	244.48	51.95

7. ห้องเผาไหม้หลัก

ห้องเผาไหม้หลักมีหน้าที่รองรับมูลฝอยที่ป้อนเข้าสู่เตาเผาทางประตูป้อนมูลฝอยและทำให้เกิดการเผาไหม้โดยมีหัวเผาช่วยให้เกิดการติดไฟและรักษาอุณหภูมิการเผาไหม้ให้คงที่ตามที่กำหนดไว้ ปริมาณอากาศที่จ่ายเข้าห้องเผานี้จะน้อยกว่าปริมาณที่ต้องการในทางทฤษฎี การป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผากำหนดให้ป้อนครั้งละ 10 ถึง 15 กิโลกรัม ทุก ๆ 15 ถึง 20 นาที หรือในหนึ่งชั่วโมงจะมีมูลฝอยป้อนเข้าเตาเผาประมาณ 50 กิโลกรัม สำหรับมูลฝอยที่ใช้ในการออกแบบมีความหนาแน่นเฉลี่ย 280 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นสำหรับมูลฝอย 50 กิโลกรัมจะมีปริมาตร 0.18 ลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตาม ในการออกแบบได้กำหนดให้มูลฝอยที่บรรจุเข้าเตาเผามีปริมาตรเป็น 1 ใน 4 ของปริมาตรห้องเผาไหม้หลัก (ในขณะที่ทำการเผาไหม้ยอมให้มีการป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผาไม่เกิน 1 ใน 2 ของปริมาตรห้องเผาไหม้หลัก) ดังนั้นจึงออกแบบให้ปริมาตรของห้องเผาไหม้หลักนี้เท่ากับ 0.8 ลูกบาศก์เมตร

นอกจากนี้หากพิจารณาจากความร้อนปลดปล่อย (heat release) จากมูลฝอยที่มีค่าความร้อน 12,347 กิโลจูลต่อกก. และอัตราการเผา 50 กก./ชม. จะทำให้ได้ความร้อนปลดปล่อยเท่ากับ 617,350 กิโลจูลต่อชั่วโมง Reynolds [3] ได้แนะนำให้ปริมาตรห้องเผาไหม้ต้องสามารถรองรับอัตราความร้อนปลดปล่อยได้ประมาณ 931,320 กิโลจูลต่อชั่วโมง-ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นจะพบว่าปริมาตรห้องเผาไหม้หลักควรมีค่าอย่างน้อยเท่ากับ 0.66 ลูกบาศก์เมตร ปริมาตรห้องเผาไหม้หลักที่ออกแบบมีค่ามากกว่าค่าที่แนะนำ

Reynolds ได้แนะนำอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องเผาไหม้หลักว่ามีค่าไม่เกิน 3 เท่า อย่างไรก็ตาม หากเตามีความยาวมากเกินไปจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องการเคลื่อนตัวของมูลฝอยจากด้านหน้าเตาไปด้านท้ายเตา ดังนั้นจึงกำหนดให้เตามีความยาว 1.4 เมตรและมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตรหรือได้อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.75

เปลือกนอกของห้องเผาไหม้หลักทำด้วยเหล็กเหนียวหนา 4.5 มม. ถัดมาจากเปลือกนอกเป็นฉนวนความร้อนหนา 25 มม. และชั้นในสุดเป็นวัสดุทนไฟหนา 100 มม.

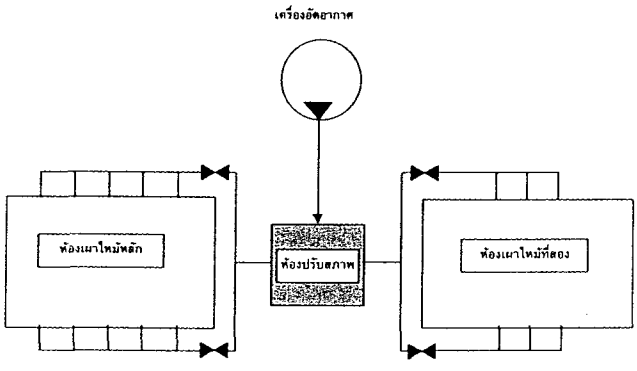
8. ห้องเผาไหม้ที่สอง

ห้องเผาไหม้ที่สองทำหน้าที่ในการเผาก๊าซที่เกิดจากห้องเผาไหม้หลักเพื่อทำการเผาซ้ำโดยจ่ายอากาศให้มากกว่าปริมาณอากาศที่ต้องการตามทฤษฎีเพื่อเปลี่ยนสภาพให้กลายเป็นก๊าซที่สมบูรณ์ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ จากการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลความร้อน อัตราไหลเชิงมวลของก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้มีค่าเท่ากับ 300 กิโลกรัมต่อชั่วโมงที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส หรือเท่ากับอัตราไหลเชิงปริมาตร 0.3 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เมื่อออกแบบให้ห้องเผาไหม้ที่สองมีปริมาตร 0.6 ลูกบาศก์เมตร สามารถคำนวณเวลาที่ก๊าซเผาไหม้อยู่ในห้องเผาไหม้ที่สอง (residence time of gas)เท่ากับ 2 วินาที ซึ่งเพียงพอสำหรับการเผาทำลายมูลฝอยประเภทนี้

เปลือกนอกของห้องเผาไหม้หลักทำด้วยเหล็กเหนียวหนา 4.5 มม. ถัดมาจากเปลือกนอกเป็นฉนวนความร้อนหนา 25 มม. และชั้นในสุดเป็นวัสดุทนไฟหนา 100 มม.

9. การจ่ายอากาศ

เนื่องจากเตาเผามูลฝอยที่ออกแบบเป็นเตาเผาที่มีหลักการทำงานของการควบคุมการจ่ายอากาศเข้าห้องเผาไหม้ทั้งสองในปริมาณที่ต่างกันเพื่อควบคุมการเผาไหม้ในแต่ละห้องเผาให้เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ อากาศที่จ่ายเข้าห้องเผาไหม้ทั้งสองได้มาจากเครื่องอัดอากาศที่ติดตั้งอยู่ด้านหลังเตาเผาทำหน้าที่ในการดูดอากาศจากภายนอกและอัดเข้าไปในห้องปรับสภาพก่อนที่จะแยกจ่ายออกไปยังห้องเผาไหม้ทั้งสอง อากาศที่จ่ายเข้าห้องเผาไหม้แรกจะฉีดเข้าไปบริเวณด้านล่างของเตา (underfire air) ณ ตำแหน่งที่มูลฝอยวางอยู่กลางลานเผา อากาศส่วนนี้จะจ่ายเข้าห้องเผาไหม้จำนวนข้างละ 5 จุดโดยสามารถปรับปริมาณการจ่ายอากาศได้โดยวาวล์ปีกผีเสื้อจำนวนสองตัว สำหรับอากาศที่จ่ายเข้าห้องเผาไหม้ที่สองจะจ่ายเข้าบริเวณกลางห้องเผาไหม้ทั้งสองข้าง (ข้างละ 3 จุด) เพื่อเติมอากาศให้กับก๊าซร้อนที่ได้รับความร้อนจากหัวเผาที่สองและรักษาอุณหภูมิห้องเผาไหม้ให้สูงกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ปริมาณอากาศที่จ่ายที่นี่จะถูกปรับด้วยวาวล์ปีกผีเสื้อจำนวนสองตัว รูปที่ 3 แสดงวงจรของระบบการจ่ายอากาศเข้าห้องเผาไหม้ทั้งสอง



รูปที่ 3 วงจรจ่ายอากาศของเตาเผา

10. ประตูบรรจุมูลฝอย

ประตูบรรจุมูลฝอยเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องป้อนมูลฝอยอัตโนมัติ มีขนาด 0.6 x 0.6 ตารางเมตร

11. ประตูถ่ายเถ้า

ประตูถ่ายเถ้าออกแบบให้อยู่ทางด้านหลังของห้องเผาไหม้หลักเพื่อสะดวกในการถ่ายเถ้าออกเมื่อการเผาไหม้สิ้นสุดลง บานประตูสามารถเปิดได้รอบตัว มีขนาด 0.6 x 0.6 ตารางเมตร

12. หัวเผา

หัวเผาสำหรับห้องเผาไหม้หลักทำหน้าที่ให้มูลฝอยติดไฟและรักษาอุณหภูมิการเผาไหม้ให้คงที่ ตำแหน่งของหัวเผาจัดวางให้อยู่กลางห้องเผาไหม้ทางด้านข้างตัวเตาและเอียงทำมุมพุ่งลงสู่ด้านล่างเพื่อให้เปลวไฟสัมผัสกับมูลฝอยในขณะจุดติดไฟ

หัวเผาสำหรับห้องเผาไหม้ที่สองทำหน้าที่เผาไหม้ก๊าซเผาไหม้ได้ที่ออกมาจากห้องเผาไหม้หลักและรักษาอุณหภูมิการเผาไหม้ให้คงที่ จัดวางหัวเผาให้อยู่ที่บริเวณทางเข้าของห้องเผาเพื่อให้ความร้อนกับก๊าซร้อนที่ไหลเข้ามาในห้อง อากาศที่จ่ายเข้าห้องเผาไหม้ที่สองบริเวณด้านท้ายเปลวไฟทำหน้าที่เติมอากาศเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และรักษาอุณหภูมิการเผาไหม้ให้คงที่ตลอดทั้งห้อง

ด้วยเหตุผลด้านมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากเตาเผาและการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ในประเทศเป็นหลัก ได้เลือกใช้หัวเผาที่ใช้ก๊าซโพรเพนเป็นเชื้อเพลิง หัวเผาทั้งสองมีขนาด 200 กิโลวัตต์

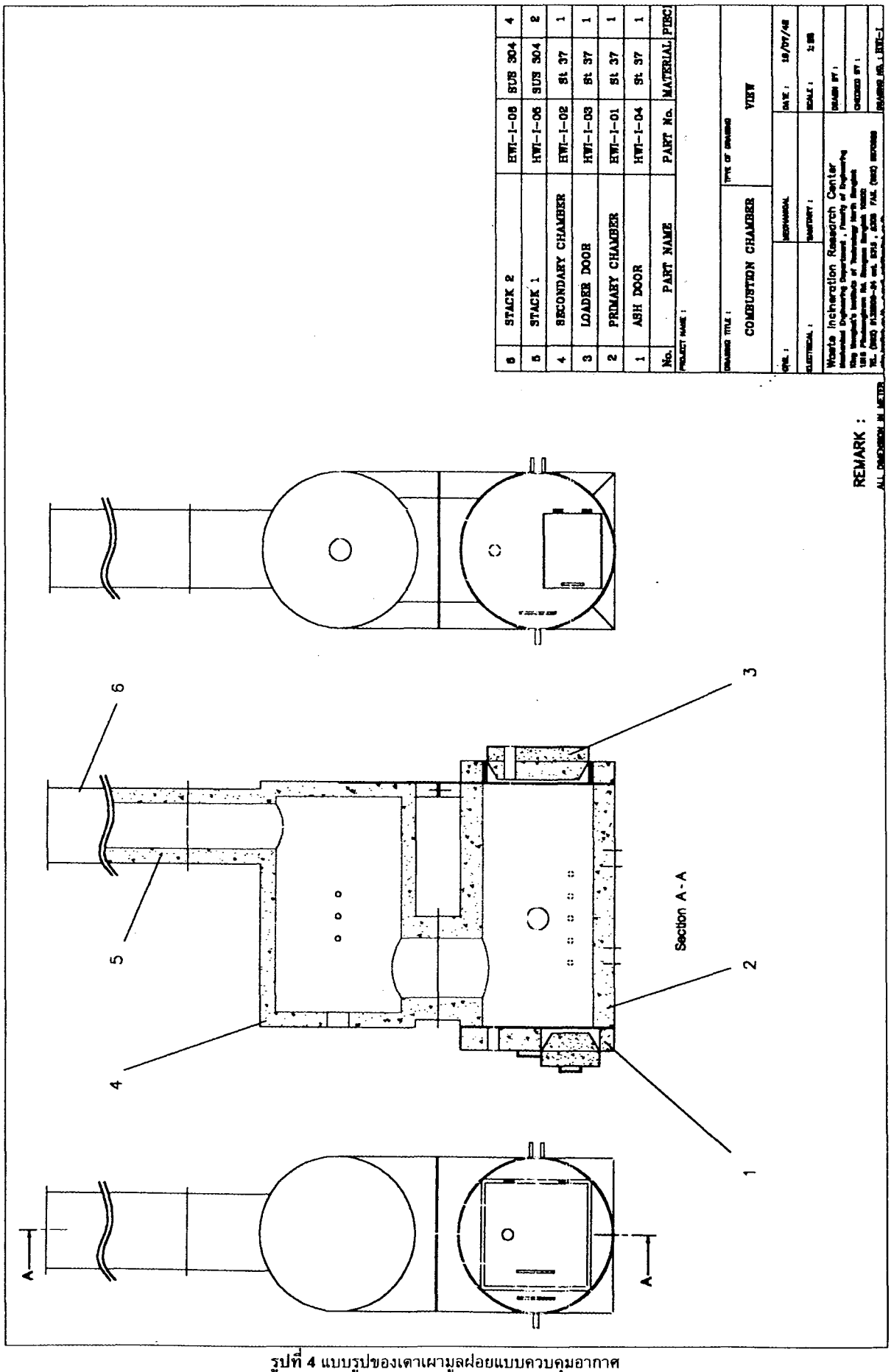
13. ระบบควบคุมอัตโนมัติ

ระบบควบคุมอัตโนมัติของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ออกแบบแบ่งออกเป็นสองส่วนคือการควบคุมอุณหภูมิและการควบคุมเวลาการปฏิบัติงาน

การควบคุมอุณหภูมิของเตาเผาคือการควบคุมอุณหภูมิการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ทั้งสองให้เป็นตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้ โดยใช้เทอร์โมคับเปิ้ลวัดอุณหภูมิในแต่ละห้องเผาไหม้ สัญญาณอุณหภูมิที่วัดได้จะถูกส่งเข้าไปเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ล่วงหน้าที่ระบบควบคุม (PLC) สัญญาณที่ได้จากการเปรียบเทียบจะถูกส่งกลับไปควบคุมการทำงานของหัวเผาทั้งสองโดยเป็นการควบคุมแบบเปิด-ปิด (on-off control)

เวลาการปฏิบัติงานถูกควบคุมโดย timer โดยมีลำดับขั้นการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

(1) หัวเผาห้องเผาไหม้ที่สองทำงานเพื่ออุ่นเตา : 15 นาที
(2) หัวเผาห้องเผาไหม้หลักทำงานเพื่ออุ่นเตา : 15 นาที
(3) ป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผาครั้งละ 10 – 15 กิโลกรัม ทุก ๆ 15 นาที ผู้ปฏิบัติงานเตาเผาจะไม่สามารถป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผาได้หากเวลาดังกล่าวยังไม่มาถึง (ยกเว้นในบางกรณี ผู้ปฏิบัติงานสามารถสั่งยกเลิกการตั้งเวลาดังกล่าวได้)
(4) เมื่อป้อนมูลฝอยเข้าเตาเผาครั้งสุดท้ายของการทำงานแล้ว หัวเผาห้องเผาไหม้หลักยังคงทำงานต่อไปอีก 2 ชั่วโมง (burndown period)



รูปที่ 4 แบบรูปของเตาเผามูลฝอยแบบควบคุมอากาศ

(5) เมื่อช่วง burndown period สิ้นสุดลง หัวเผาห้องเผาไหม้ที่สองยังคงทำงานต่อไปอีก 30 นาที

14. แบบรูปของเตาเผา

แบบรูปของเตาเผามูลฝอยที่ออกแบบแล้วแสดงในรูปที่ 4

15 สรุปและข้อเสนอแนะ

เตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้หลักการเผาไหม้แบบควบคุมอากาศได้ออกแบบให้มีความสามารถในการเผาทำลายชั่วโมงละ 50 กิโลกรัม มูลฝอยติดเชื้อได้ใช้ข้อมูลลักษณะสมบัติที่อ้างอิงมูลฝอยติดเชื้อในประเทศไทย เตาเผาแบ่งการเผาไหม้ออกเป็นสองห้องเผาไหม้ ห้องเผาไหม้หลักทำหน้าที่เผามูลฝอยในภาคของแข็งในขณะที่ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้จะไหลเข้าไปเผาซ้ำในห้องเผาไหม้ที่สองก่อนที่จะปล่อยระบายออกไป อากาศที่จ่ายเข้าห้องเผาไหม้มาจากเครื่องอัดอากาศและแยกจ่ายให้ห้องเผาไหม้ทั้งสองโดยเป็นอิสระต่อกัน ปริมาณอากาศในแต่ละห้องสามารถปรับได้ตามต้องการ มีการควบคุมสองระดับคือการควบคุมอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ทั้งสองให้เป็นตามค่าที่ตั้งไว้ล่วงหน้าและการควบคุมเวลาการปฏิบัติงานเพื่อลดภาระการควบคุมการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานเตาเผา

ในการวิจัยและพัฒนาเตาเผามูลฝอยติดเชื้อในลำดับต่อไปสามารถปรับปรุงในหัวข้อต่อไปนี้

(1) การศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งการจ่ายอากาศเข้าห้องเผาไหม้หลักและตำแหน่งของหัวเผาที่มีต่อการเผาไหม้ในภาคของแข็ง

(2) การควบคุมการจ่ายอากาศเข้าห้องเผาไหม้ทั้งสองสามารถออกแบบให้เป็นแบบปรับอัตราการไหลได้ตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของห้องเผาไหม้ (modulating control)

16. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

[1] สมรัฐ เกิดสุวรรณ, "สัมมนาวิชาการวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12, ปี พ.ศ.2541, เล่มที่ 1,หน้า 54 - 59

[2] Calvin R. Bruner, "Handbook of Incineration Systems", McGraw-Hill, 1991.

[3] Reynolds, Dupont, Theodore, "Hazardous Waste Incineration Calculations",John Wiley & Sons, 1991.

[4] British Gas School of Fuel Management,"Combustion Engineeering and Gas Utilization", Chapman & Hall, 1992.