

การศึกษาและการออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้

นางสาวสุนทรี ทองปากน้ำ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-185-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

117537836

**STUDY AND DESIGN OF A SOLID WASTE TWO COMBUSTION
CHAMBERS INCINERATOR**

Miss Sountaree Thongpaknam

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering**

Department of Mechanical Engineering

Graduate School

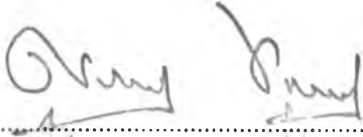
Chulalongkorn University

Academic Year 1997

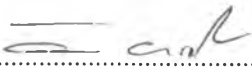
ISBN 974-637-185-1

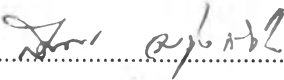
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้
โดย นางสาวสุนทรี ทองปากน้ำ
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สมศรี จรุงเรือง

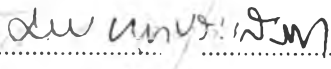
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศรี จรุงเรือง)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

สุนทรี ทองปาน้ำ : การศึกษาและการออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้ (STUDY AND DESIGN OF A SOLID WASTE TWO COMBUSTION CHAMBERS INCINERATOR)
อ. ที่ปรึกษา: รศ. ดร. สมศรี จรุงเรือง , 264 หน้า. ISBN 974-637-185-1

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้ขนาด 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มูลฝอยที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ไม้และกระดาษ โดยทำการทดสอบที่อัตราการป้อนมูลฝอย 25 และ 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ปริมาณอากาศส่วนเกิน 0% ถึง 80% ใช้แรงงานคนในการป้อนมูลฝอยทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ผลจากการวิจัยสรุปได้ดังนี้

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผามูลฝอยมีค่าประมาณ 10% เมื่อเผามูลฝอยไม้และกระดาษที่อัตราการป้อน 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง การเผาไหม้เกิดขึ้นดีที่สุดในช่วงปริมาณอากาศส่วนเกิน 35% ถึง 45% และ 55% ถึง 65% ตามลำดับ

ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากการเผาไม้มีค่าน้อยกว่ากระดาษ และพบว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากการทดสอบเตาเผาชนิดสองห้องเผาไหม้มีค่าน้อยกว่าชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยวประมาณ 53% และปริมาณซีเถ้ามีมากกว่า 70% เนื่องจากห้องผสมควันและห้องเผาไหม้ที่สองทำหน้าที่คัดอนุภาคและซีเถ้าบินเอาไว้ แต่ห้องเผาไหม้เดี่ยวซีเถ้าบินลิวออกไปทางปล่องไอเสีย

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล.....

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล.....

ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิสิต สุนทรี ทองปาน้ำ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร. สมศรี จรุงเรือง

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

C618895 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: SOLID WASTE / COMBUSTION / CHAMBER / INCINERATOR

SOUNTAREE THONGPAKNAM : STUDY AND DESIGN OF A SOLID WASTE TWO COMBUSTION CHAMBERS INCINERATOR. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF. SOMSRI CHONGRUNGREONG, Ph.D. 264 pp. ISBN 974-637-185-1

This research aims at studying and designing a solid waste two combustion chambers incinerator with the feeding rate of 50 kg/h. The waste consists of leaves and papers with two feeding rates of 25 and 50 kg/h that are tested from 0% to 80% excess air. Each of batch feeding time holds constant at ten minutes for two hours.

The thermal efficiency of the incinerator is approximately 10%. The best combustion for leaves and papers occur in the ranges of 35-45% and 55-65%, respectively, at the feeding rate of 25 kg/h.

Carbon monoxide generated from combustion of leaves is smaller than that from papers. It was found that the carbon monoxide generated from the two chambers incinerator is 53% smaller than that from the single chamber incinerator. However, the ash from the two chambers incinerator is 70% more than the single chamber incinerator. This is due to the fact that the dust and the fly ash of the two chambers incinerator are setting down in the mixing and the second chambers but fly ash of single chamber incinerator fly away from a stack.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล

ลายมือชื่อ นิสิต..... สอนต์ หนองน้ำ

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... สอนต์ หนองน้ำ ๒๖/๖/๒๕๒๖

ปีการศึกษา..... 2540

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมศรี จรุงเรือง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้เป็นอย่างสูง ในการหาทุนวิจัย ให้คำแนะนำ และถ่ายทอดความรู้ ตลอดจนควบคุมการศึกษาวิจัยจนประสบความสำเร็จด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ และรองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ ที่กรุณาถ่ายทอดความรู้ตลอดระยะเวลาในการศึกษาวิจัย รวมทั้งบุคคลตามเอกสารอ้างอิงที่ผู้วิจัยได้นำมาอ้างอิง

ขอกราบขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ที่ได้กรุณาให้โอกาสในการศึกษาวิจัยจนประสบความสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณภาณุ ประทุมพนรัตน์ ที่ได้ให้คำปรึกษา และนิสิตน้อง ๆ ปริญญาโท ที่ช่วยทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

ประโยชน์และคุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูตานุชาแด่ บิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุนทรี ทองปากน้ำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ด

บทที่

1 บทนำ	1
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ความมุ่งหมายของการศึกษาวิจัย	6
ขอบเขตของการศึกษาวิจัย	6
ความสำคัญของการศึกษาวิจัย	7
นิยามศัพท์เฉพาะ	7
2 ทฤษฎี	10
การกำจัดมูลฝอยโดยวิธีเผา	10
บรรทัดฐานในการออกแบบสร้างเตาเผามูลฝอย	10
การเผาไหม้	10
ปัจจัยที่มีผลต่อการเผาไหม้	12
อุณหภูมิของเปลวไฟเมื่อไม่มีการสูญเสียความร้อน.....	13
เชื้อเพลิง	14
มูลฝอย	15
ส่วนประกอบของมูลฝอย	15
ค่าความหนาแน่นของมูลฝอย	18
องค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอย	18

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ค่าความร้อนของมูลฝอย	19
อากาศสำหรับการเผาไหม้	20
ปริมาณอากาศทฤษฎี	21
ปริมาณอากาศส่วนเกิน	21
อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิง	22
การวิเคราะห์แก๊สไอเสียทางทฤษฎี	23
ความจุความร้อน	24
ทฤษฎีการออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้	25
พลังงานความร้อนสุทธิจากการเผามูลฝอย	25
พลังงานความร้อนทั้งหมดที่เกิดจากการเผามูลฝอย	26
พลังงานความร้อนสูญเสีย	26
ตะแกรงเผามูลฝอย	27
ความสูงของห้องเผาไหม้	28
Flame Port Area	28
ห้องผสมควัน	29
Curtain Wall Port Area	29
ห้องเผาไหม้ที่สอง	30
ปล่องไอเสีย	30
ปริมาณความร้อนต่าง ๆ	31
สมดุลมวล	34
สมดุลความร้อน	34
สมรรถนะของเตาเผามูลฝอย	35
3 การออกแบบสร้างเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้	36
วัสดุที่ใช้สร้างเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้	37
การดำเนินการออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้	38

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยและวิธีดำเนินการศึกษาวิจัย	62
วัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	62
อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	63
การติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลในตำแหน่งต่าง ๆ ของเตาเผามูลฝอย	70
วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย	77
ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาวิจัย	78
5 ผลการศึกษาวิจัย	80
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการศึกษาวิจัย	80
การวิเคราะห์ผลการศึกษาวิจัย	80
6 สรุปผลการศึกษาวิจัย วิเคราะห์ และข้อเสนอแนะ	115
สรุปผลการออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้	115
สรุปผลการศึกษาวิจัย	116
วิเคราะห์ผลการศึกษาวิจัย	118
ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป	119
รายการอ้างอิง	122
ภาคผนวก	124
ภาคผนวก ก ตารางบันทึกข้อมูล	125
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ	179
ภาคผนวก ค ข้อมูลพื้นฐาน	230
ประวัติผู้เขียน	243

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศต่าง ๆ	1
1.2	แสดงวิธีการทำลายขยะของประเทศต่าง ๆ	2
2.1	แสดงส่วนประกอบของมูลฝอยในประเทศต่าง ๆ	17
2.2	แสดงค่าความหนาแน่นและค่าความถ่วงจำเพาะของมูลฝอยในต่างประเทศ	18
2.3	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอย	19
2.4	แสดงองค์ประกอบของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้	20
3.1	แสดงค่าความร้อนสูงของมูลฝอยประเภทต่าง ๆ	39
4.1	แสดงค่าความร้อนของมูลฝอย	62
4.2	แสดงชนิดและขนาดของเทอร์โมคัปเบิลสำหรับวัดอุณหภูมิแก๊สร้อนภายในเตาเผา มูลฝอย	71
4.3	แสดงรายละเอียดการทดสอบเผามูลฝอยในแต่ละครั้ง	77

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศต่าง ๆ	2
1.2 แสดงเตาเผามูลฝอยขนาดเล็กออกแบบโดย ดร. ฐเรศ ศรีสถิตย์	8
1.3 แสดงเตาเผาของกองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย	9
1.4 แสดงเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว (วิทยานิพนธ์ของ นายวีระยุทธ ทองสงแสง)	9
2.1 แสดงกระบวนการการเผาไหม้ในระบบการไหลคงที่	13
2.2 แสดงขนาดของมูลฝอยในประเทศอังกฤษ	16
2.3 แสดงการถ่ายเทความร้อนแบบการนำผ่านผนังหลายชั้น	31
2.4 แสดงการถ่ายเทความร้อนแบบการนำผ่านผนังของปล่องไอเสีย	32
2.5 แสดง Mass Balance ของเตาเผามูลฝอย	34
2.6 แสดง Heat Balance ของเตาเผามูลฝอย	34
3.1 แสดงภาพ Perspective ของเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้	50
3.2 แสดงภาพด้านหน้าของเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้	51
3.3 แสดงภาพด้านข้างขวาของเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้	52
3.4 แสดงภาพด้านหลังของเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้	53
3.5 แสดงภาพด้านข้างซ้ายของเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้	54
3.6 แสดงภาพตัดของผนังห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ห้องผสมควัน และห้องเผาไหม้ที่สอง	55
3.7 แสดงภาพตัดด้านขวาของผนังห้องเผาไหม้ที่สอง	56
3.8 แสดงภาพตัดด้านบนของห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ห้องผสมควัน และห้องเผาไหม้ที่สอง	57
3.9 แสดงภาพ Curtain Wall	58
3.10 แสดงภาพ Flame Port	58
3.11 แสดงภาพประตูป้อนมูลฝอย	59
3.12 แสดงภาพรายละเอียดของประตูป้อนมูลฝอย	60
3.13 แสดงภาพตะแกรงเผามูลฝอย	61
4.1 แสดงเครื่องเป่าอากาศ	63
4.2 แสดงทอส่งอากาศ	64
4.3 แสดงชุดหัวเผา	64

สารบัญรูปลูกภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 แสดงชุดออร์พิซสำหรับวัดอัตราการไหลของอากาศเขาเตาเผามูลฝอย	65
4.5 แสดงชุดออร์พิซสำหรับวัดอัตราการไหลของแก๊สไอเสีย	65
4.6 แสดงชุดมาโนมิเตอร์สำหรับวัดค่าอัตราการไหลของอากาศและอัตราการไหลของแก๊สไอเสีย	66
4.7 แสดงชุดมาโนมิเตอร์สำหรับวัดค่าความดันสถิตในปล่องไอเสีย	67
4.8 แสดงเทอร์โมคัปเปิลชนิด Probe เสียบ	68
4.9 แสดงเทอร์โมคัปเปิลชนิดเสนลวด	68
4.10 แสดงอุปกรณ์อ่านอุณหภูมิ	69
4.11 แสดงเครื่องวิเคราะห์ห้องประกอบของแก๊สไอเสีย	69
4.12 แสดงเครื่องชั่งน้ำหนัก	70
4.13 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิแก๊สร้อนภายในเตาเผามูลฝอยด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด Probe เสียบ	72
4.14 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิผนังภายในและภายนอกของห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง	73
4.15 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิผนังภายในและภายนอกของห้องผสมควัน	74
4.16 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิผนังภายในและภายนอกของห้องเผาไหม้ที่สอง	75
4.17 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิผนังภายในและภายนอกของปล่องไอเสีย	76
5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $T_{g\text{lave}}$ และ $Q_{\text{COND TOTAL}}$ กับปริมาณอากาศส่วนเกินของการทดสอบเผามูลฝอยใบไม้แห้งและกระดาษที่อัตราการป้อน 25 kg/h	82
5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ห้องผสมควัน และห้องเผาไหม้ที่สองกับปริมาณอากาศส่วนเกินของการทดสอบเผามูลฝอยใบไม้แห้งและกระดาษที่อัตราการป้อน 25 kg/h	83
5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %GAS กับปริมาณอากาศส่วนเกินของการทดสอบเผา มูลฝอยใบไม้แห้งและกระดาษที่อัตราการป้อน 25 kg/h	84
5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{\text{FLUE GAS}}$, ASH , $T_{g\text{lave}}$ และ CO กับปริมาณอากาศ ส่วนเกินของการทดสอบเผามูลฝอยใบไม้แห้งที่อัตราการป้อน 25 kg/h	85

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{FLUE\ GAS}$, ASH , T_{glave} และ CO กับปริมาณอากาศส่วนเกินของการทดสอบเผาผลาญกระดาษที่อัตราการป้อน 25 kg/h	86
5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{COND\ TOTAL}$, $Q_{FLUE\ GAS}$ กับเวลาของการทดสอบเผาผลาญใบไม้เปียกมีความชื้น 15% ปริมาณอากาศส่วนเกิน 40% ที่อัตราการป้อน 25 kg/h (เขี่ยและไม่เขี่ยมูลฝอย)	87
5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ห้องผสมควันและห้องเผาไหม้ที่สองกับเวลาของการทดสอบเผาผลาญใบไม้เปียกมีความชื้น 15% ปริมาณอากาศส่วนเกิน 40% ที่อัตราการป้อน 25 kg/h (เขี่ยและไม่เขี่ยมูลฝอย)	88
5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %GAS กับเวลาของการทดสอบเผาผลาญใบไม้เปียกมีความชื้น 15% ปริมาณอากาศส่วนเกิน 40% ที่อัตราการป้อน 25 kg/h (เขี่ยและไม่เขี่ยมูลฝอย)	89
5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_u กับปริมาณอากาศส่วนเกินของการทดสอบเผาผลาญใบไม้แห้งและกระดาษที่อัตราการป้อน 25 kg/h	90
5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{COND\ TOTAL}$ กับปริมาณอากาศส่วนเกินของการทดสอบเผาผลาญใบไม้เปียกมีความชื้น 15% และกระดาษ (ไขหัวเผา) ที่อัตราการป้อน 25 kg/h	91
5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ห้องผสมควันและห้องเผาไหม้ที่สองกับปริมาณอากาศส่วนเกินของการทดสอบเผาผลาญใบไม้เปียกมีความชื้น 15% และกระดาษ (ไขหัวเผา) ที่อัตราการป้อน 25 kg/h	92
5.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %GAS กับปริมาณอากาศส่วนเกินของการทดสอบเผาผลาญใบไม้เปียกมีความชื้น 15% และกระดาษ (ไขหัวเผา) ที่อัตราการป้อน 25 kg/h .	93
5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{FLUE\ GAS}$, ASH , T_{glave} และ CO กับปริมาณอากาศส่วนเกินของการทดสอบเผาผลาญใบไม้เปียกมีความชื้น 15% ที่อัตราการป้อน 25 kg/h	94
5.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{FLUE\ GAS}$, ASH , T_{glave} และ CO กับปริมาณอากาศส่วนเกินของการทดสอบเผาผลาญกระดาษ (ไขหัวเผา) ที่อัตราการป้อน 25 kg/h	95

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{th} กับปริมาณอากาศส่วนเกินของการทดสอบเผาผลาญไผ่ไผ่เปียกมีความชื้น 15% และกระดาษ (ใช้หัวเผา) ที่อัตราการป้อน 25 kg/h	96
5.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ห้องผสมควันและห้องเผาไหม้ที่สองกับเวลาของการทดสอบเผาผลาญไผ่ไผ่แห้งปริมาณอากาศส่วนเกิน 60% ที่อัตราการป้อน 50 kg/h	97
5.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %GAS กับเวลาของการทดสอบเผาผลาญไผ่ไผ่แห้งปริมาณอากาศส่วนเกิน 60% ที่อัตราการป้อน 50 kg/h	98
5.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %GAS กับเวลาของการทดสอบเผาผลาญกระดาษปริมาณอากาศส่วนเกิน 40% และ 60% ที่อัตราการป้อน 50 kg/h	99
5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{COND TOTAL} + Q_{FLUE GAS}$ กับเวลาของการทดสอบเผาผลาญไผ่ไผ่เปียกมีความชื้น 15% ปริมาณอากาศส่วนเกิน 40% ที่อัตราการป้อน 25 kg/h (ทดสอบ 4 ชั่วโมง)	100
5.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ห้องผสมควันและห้องเผาไหม้ที่สองกับเวลาของการทดสอบเผาผลาญไผ่ไผ่เปียกมีความชื้น 15% ปริมาณอากาศส่วนเกิน 40% ที่อัตราการป้อน 25 kg/h (ทดสอบ 4 ชั่วโมง)	101
5.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %GAS กับเวลาของการทดสอบเผาผลาญไผ่ไผ่เปียกมีความชื้น 15% ปริมาณอากาศส่วนเกิน 40% ที่อัตราการป้อน 25 kg/h (ทดสอบ 4 ชั่วโมง)	102
5.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง η_{th} กับเวลาของการทดสอบเผาผลาญไผ่ไผ่เปียกมีความชื้น 15% ปริมาณอากาศส่วนเกิน 40% ที่อัตราการป้อน 25 kg/h (ทดสอบ 4 ชั่วโมง)	103
6.1 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเผาผลาญไผ่ไผ่แห้งที่อัตราการป้อน 25 kg/h ของการทดสอบเตาเผาผลาญชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยวและการทดสอบเตาเผาผลาญชนิดสองห้องเผาไหม้ที่ปริมาณอากาศส่วนเกินต่าง ๆ	120

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่

หน้า

- 6.2 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเผามูลฝอย
กระดาศที่อัตราการป้อน 25 kg/h ของการทดสอบเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้
เดี่ยวและการทดสอบเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้ที่ปริมาณอากาศส่วนเกิน
ต่างๆ 121

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
A	พื้นที่
A_{CP}	พื้นที่ของ Curtain Wall Port
A_{COND}	พื้นที่การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ
AF	อัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิง
AF_{ac}	อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงจริง
AF_{theo}	อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงทางทฤษฎี
A_{FP}	พื้นที่ของ Flame Port
A_G	พื้นที่ของตะแกรงเผามูลฝอย
A_M	พื้นที่ของห้องผสมควัน
$A_{ORIFICE}$	พื้นที่หน้าตัดของ Orifice
A_S	พื้นที่หน้าตัดของปล่องไอเสีย
A_2	พื้นที่ของห้องเผาไหม้ที่สอง
C	ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหลของ Orifice
c	ความจุความร้อน
c_p	ค่าความจุความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่
\bar{c}_{p_g}	ค่าความจุความร้อนจำเพาะเฉลี่ยของแก๊สไอเสีย
c_{PCO}	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์
c_{PCO_2}	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
c_{PH_2O}	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของไอน้ำหรือความชื้น
c_{PO_2}	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของแก๊สออกซิเจน
c_{PN_2}	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของแก๊สไนโตรเจน
%C	เปอร์เซ็นต์โดยมวลของคาร์บอนในมูลฝอย
%CO	ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในแก๊สไอเสีย
%CO ₂	ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สไอเสีย
C_{UNBURN}	ธาตุคาร์บอนที่ไม่เกิดการเผาไหม้
D	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก

สัญลักษณ์	ความหมาย
D_f	กระแสลมแรงตามธรรมชาติ
d	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน
dq	การเปลี่ยนแปลงของความร้อน
ex	แก๊สไอเสีย
%EA	ปริมาณอากาศส่วนเกิน
H	เอนทาลปี
H_C	ความสูงของห้องเผาไหม้
HHV	ค่าความร้อนสูงของมูลฝอย
HHV _f	ค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิง
H_p	เอนทาลปีของสารผลิตภัณฑ์
H_R	เอนทาลปีของสารปฏิกิริยา
h	เอนทาลปีของสารที่สภาวะที่กำหนด
h_C	เอนทาลปีของการเผาไหม้
$h_{fg,25^{\circ}C}$	เอนทาลปีของการกลายเป็นไอของสารที่สภาวะที่อ้างอิง $25^{\circ}C$,
\bar{h}_f°	เอนทาลปีของการรวมตัวที่สภาวะอ้างอิง $25^{\circ}C$, ความดัน 1 บรรยากาศ
\bar{h}°	เอนทาลปีของการสร้างสารประกอบที่สภาวะอ้างอิง $25^{\circ}C$, 1 บรรยากาศ
h_g	ความดันแก๊สไอเสียภายในปล่องไอเสีย
h_s	ความดันสถิตในปล่องไอเสีย
%H	เปอร์เซ็นต์โดยมวลของไฮโดรเจนในมูลฝอย
%H ₂ O	เปอร์เซ็นต์ของน้ำในมูลฝอย
k	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน
L	ความยาว
LG	ภาวะของตะแกรงเผามูลฝอย
LHV	ค่าความร้อนต่ำของมูลฝอย
M	มวลของผนังเตาเผามูลฝอย พื้นเตาเผามูลฝอย และปล่องไอเสีย
M(%)	เปอร์เซ็นต์ค่าความชื้น
M_C	มวลของการบอบนในเชื้อเพลิง
m_a	ปริมาณอากาศทางทฤษฎีโดยมวล

สัญลักษณ์

ความหมาย

m_{ASH}	อัตราการเกิดขี้เถาในเตาเผามูลฝอย
m_C	มวลของคาร์บอนในมูลฝอย
m_{FEED}	อัตราการป้อนมูลฝอย
$m_{FLY\ ASH}$	อัตราการเกิดขี้เถาบิน
m_f	อัตราการป้อนเชื้อเพลิง
m_g	อัตราการไหลโดยมวลของแก๊สไอเสีย
m_H	มวลของไฮโดรเจนในมูลฝอย
m_{Hf}	มวลของไฮโดรเจนในเชื้อเพลิง
m_m	อัตราส่วนของอากาศโดยมวล
m_N	มวลของไนโตรเจนในมูลฝอย
m_O	มวลของออกซิเจนในมูลฝอย
m_S	มวลของกำมะถันในมูลฝอย
m_{t_a}	มวลของอากาศทางทฤษฎีที่ต้องใช้เพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์
m_{t_g}	มวลของแก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้โดยมวลของอากาศทางทฤษฎี
m_v	อัตราส่วนของอากาศโดยปริมาตร
m_w	มวลของความชื้นในมูลฝอย
N	จำนวนโมล
NHV	ค่าความร้อนสุทธิของมูลฝอย
NHV_f	ค่าความร้อนของสุทธิเชื้อเพลิง
N_p	จำนวนโมลกุลในองค์ประกอบของสารผลิตภัณฑ์
N_R	จำนวนโมลกุลในองค์ประกอบของสารปฏิกิริยา
$\%O$	เปอร์เซ็นต์โดยมวลของธาตุออกซิเจนในมูลฝอย
$\%O_2$	ปริมาณแก๊สออกซิเจนในแก๊สไอเสีย
P_b	ความดันบรรยากาศ
Q	พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้
Q_{ASH}	พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับขี้เถา
Q_u	อัตราการไหลโดยปริมาตรของอากาศเข้าเตาเผามูลฝอยที่อุณหภูมิ 25 °C , 1 atm

สัญลักษณ์

ความหมาย

Q_{a_a}	อัตราการป้อนอากาศเขาเตาเผามูลฝอยที่อุณหภูมิ 0°C , 1 บรรยากาศ
q''	พลังงานความร้อนต่อหน่วยพื้นที่
Q_{ABSORB}	ปริมาณความร้อนที่ดูดซับ โดยผนังด้านต่าง ๆ ของเตาเผามูลฝอยและผนังปล่องของไอเสีย
Q_{ABSORB_1}	พลังงานความร้อนที่ดูดซับโดยผนังด้านข้างของห้องเผาไหม้ที่ 1
Q_{ABSORB_2}	พลังงานความร้อนที่ดูดซับโดยผนังด้านบนของห้องเผาไหม้ที่ 1
Q_{ABSORB_3}	พลังงานความร้อนที่ดูดซับโดยผนังด้านล่างของห้องเผาไหม้ที่ 1
Q_{ABSORB_4}	พลังงานความร้อนที่ดูดซับโดยผนังด้านข้างของห้องผสมควัน
Q_{ABSORB_5}	พลังงานความร้อนที่ดูดซับโดยผนังด้านล่างของห้องผสมควัน
Q_{ABSORB_6}	พลังงานความร้อนที่ดูดซับโดยผนังด้านข้างของห้องเผาไหม้ที่ 2
Q_{ABSORB_7}	พลังงานความร้อนที่ดูดซับโดยผนังด้านบนของห้องเผาไหม้ที่ 2
Q_{ABSORB_8}	พลังงานความร้อนที่ดูดซับโดยผนังด้านล่างของห้องเผาไหม้ที่ 2
Q_{ABSORB_9}	พลังงานความร้อนที่ดูดซับโดยผนังของปล่องไอเสีย
Q_{COND}	พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทโดยการนำผ่านผนังเตาเผามูลฝอย
Q_{COND_1}	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทโดยการนำผ่านผนังด้านข้างของห้องเผาไหม้ที่ 1
Q_{COND_2}	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทโดยการนำผ่านผนังด้านบนของห้องเผาไหม้ที่ 1
Q_{COND_3}	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทโดยการนำผ่านผนังเตาด้านข้างของห้องผสมควัน ด้านข้างทั้ง 2 ด้าน
Q_{COND_4}	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทโดยการนำผ่านผนังเตาด้านข้างของห้องเผาไหม้ที่ 2 ด้านข้างทั้ง 3 ด้าน
$Q_{\text{COND}_{4A}}$	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทโดยการนำผ่านผนังเตาด้าน A ทั้งสองด้าน
$Q_{\text{COND}_{4B}}$	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทโดยการนำผ่านผนังเตาด้าน B หนึ่งด้าน
Q_{COND_5}	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทโดยการนำผ่านผนังเตาด้านบนของห้องเผาไหม้ที่ 2
Q_{COND_6}	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทโดยการนำผ่านผนังของปล่องไอเสีย
$Q_{\text{COND TOTAL}}$	ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ถ่ายเทโดยการนำผ่านผนังเตาเผามูลฝอยและผนังของปล่องไอเสีย
$Q_{\text{COND (พื้นเตา)}}$	พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทโดยการนำผ่านพื้นเตาเผามูลฝอย

สัญลักษณ์

ความหมาย

$Q_{FLUE\ GAS}$	ปริมาณความร้อนจากแก๊สไอเสียที่ปล่อยออกทางปล่องไอเสีย
$Q_{FLY\ ASH}$	พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับขี้เถ้าบิน
Q_g	อัตราการไหลโดยปริมาตรของแก๊สไอเสีย
Q_{H_2O}	พลังงานความร้อนที่สูญเสียจากการระเหยน้ำในมูลฝอย
Q_{in}	ความร้อนของไบโม่ที่เข้าสู่ระบบเตาเผามูลฝอย
Q_{LOSS}	พลังงานความร้อนที่สูญเสีย
Q_{NET}	พลังงานความร้อนสุทธิจากการเผามูลฝอย
Q_R	พลังงานความร้อนที่สูญเสียจากเตาเผามูลฝอยไปสู่แวดล้อม
Q_{RAD}	พลังงานความร้อนที่สูญเสียโดยการแผ่รังสีผ่านปล่องไอเสีย
$(Q_R)_A$	อัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อนต่อพื้นที่
$(Q_R)_V$	อัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อนต่อปริมาตร
Q_{TOTAL}	พลังงานความร้อนทั้งหมดจากการเผามูลฝอย
Q_{UNBURN}	ความร้อนจากส่วนที่ไม่เกิดการเผาไหม้
r_1, r_2	รัศมีภายในและภายนอกของทรงกระบอก
R_{COND}	ค่าความต้านทานการถ่ายเทโดยการนำความร้อน
Re	ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์
R_{TOTAL}	ความต้านทานความร้อนรวม
rf	มูลฝอย
T_{AF}	อุณหภูมิเปลวอะเดียเบติกคำนวณทางทฤษฎี
T_g	อุณหภูมิแก๊สไอเสียที่ปลายปล่องไอเสีย
$T_{g,ave}$	อุณหภูมิเฉลี่ยของแก๊สร้อนภายในห้องเผาไหม้
T_o	อุณหภูมิที่ 0°C เท่ากับ 273 K
T_p	อุณหภูมิของสารผลิตภัณฑ์
T_{s_o}	อุณหภูมิผนังภายนอกของเตาเผามูลฝอย
T_{s_i}	อุณหภูมิผนังภายในของเตาเผามูลฝอย
\bar{T}_{s_o}	อุณหภูมิเฉลี่ยผนังด้านนอกของเตาเผามูลฝอย
\bar{T}_{s_i}	อุณหภูมิเฉลี่ยผนังด้านในของเตาเผามูลฝอย
t_{FEED}	เวลาในการป้อนมูลฝอย

สัญลักษณ์

ความหมาย

V	ปริมาตร
V_a	ปริมาณอากาศทางทฤษฎีโดยปริมาตร
V_{CP}	ความเร็วแก๊สมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ Curtain Wall Port
V_{FP}	ความเร็วแก๊สมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ Flame Port
V_g	ความเร็วของแก๊สไอเสียที่ไหลผ่านปล่องไอเสีย
V_{mc}	ความเร็วแก๊สมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบผสมควัน
V_{t_g}	ปริมาตรของแก๊สไอเสียทางทฤษฎีที่เกิดจากการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์
V_2	ความเร็วแก๊สมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบห้องเผาไหม้ที่สอง
W	งานที่กระทำกับระบบ
β	อัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางของ Orifice กับเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ
Δh_g	ความสูงแตกต่างของน้ำในมาโนมิเตอร์วัดอัตราการไหลของแก๊สไอเสีย
Δh_w	ความสูงแตกต่างของน้ำในมาโนมิเตอร์
Δt	ผลต่างของเวลาในช่วงเวลานั้น ๆ
ΔT	ผลต่างของอุณหภูมิของวัสดุในช่วงเวลานั้น ๆ
ϵ	ค่าการเปล่งรังสี
μ_a	ความหนืดจลนของอากาศ
ρ_a	ความหนาแน่นของอากาศ
ρ_g	ความหนาแน่นของแก๊สไอเสียที่ 0 °C (0.1 MPa)
ρ_w	ความหนาแน่นของน้ำ
ρ_g	ความหนาแน่นของแก๊สไอเสีย
η_{th}	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผามูลฝอย
σ	ค่าคงที่ของการแผ่รังสี
25 kg/h	อัตราการป้อนมูลฝอยเท่ากับ 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
50 kg/h	อัตราการป้อนมูลฝอยเท่ากับ 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง