

การศึกษาและออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว

นายวีระยุทธ ทองสงแสง



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-635-436-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17293066

**STUDY AND DESIGN OF A SOLID WASTE SINGLE COMBUSTION  
CHAMBER INCINERATOR**

**Mr. Virayuth Tongsongsang**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree of Master of Engineering**

**Department of Mechanical Engineering**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

**Academic Year 1996**

**ISBN 974-635-436-1**


หัวข้อวิทยานิพนธ์      การศึกษาและออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว  
โดย                              นายวีระยุทธ ทองส่งแสง  
ภาควิชา                          วิศวกรรมเครื่องกล  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ดร.สมศรี จรุงเรือง

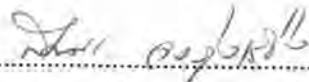
---

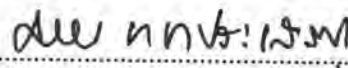
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุภาวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

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

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



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วิระยุทธ ทองส่งแสง : การศึกษาและออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว  
(STUDY AND DESIGN OF A SOLID WASTE SINGLE COMBUSTION CHAMBER  
INCINERATOR) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. สมศรี จรุงเรือง , 187 หน้า. ISBN 974-635-436-1.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยวขนาด 50 กก./ชั่วโมง เพื่อศึกษาหาสมรรถนะของเตาเผามูลฝอย

มูลฝอยที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ มูลฝอยใบไม้แห้งและมูลฝอยกระดาษ โดยทำการเผามูลฝอยด้วย อัตราการป้อนเท่ากับ 25 และ 50 กก./ชั่วโมง ที่ปริมาณอากาศส่วนเกินต่าง ๆ และใช้เวลาในการป้อนมูลฝอย แต่ละครั้งห่างกัน 10 นาที

จากการทดลองพบว่า

1. ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยวเนื่องจากการเผาใบไม้แห้งมีค่าสูงกว่าการเผากระดาษและจะดีที่สุดในช่วงของปริมาณอากาศส่วนเกินเท่ากับ 40% ถึง 80% และที่อัตราการป้อนมูลฝอยเท่ากับ 25 กก./ชั่วโมง มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าที่อัตราการป้อนมูลฝอยเท่ากับ 50 กก./ชั่วโมง
2. แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในแก๊สไอเสียแห้งเนื่องจากการเผา มูลฝอยใบไม้แห้งจะมีปริมาณน้อยกว่าการเผามูลฝอยกระดาษ และที่อัตราการป้อนมูลฝอยเท่ากับ 25 กก./ชั่วโมง มีปริมาณน้อยกว่าที่อัตราการป้อนมูลฝอยเท่ากับ 50 กก./ชั่วโมง
3. พลังงานความร้อนทั้งหมดที่ถ่ายเทผ่านผนังด้านต่าง ๆ ของเตาเผามูลฝอยมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานความร้อนที่ปล่อยออกจากปล่องไอเสีย
4. อุณหภูมิเฉลี่ยของแก๊สร้อนภายในห้องเผาไหม้มีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิเปลวอะเคียเบติคมาก

ภาควิชา .....วิศวกรรมเครื่องกล.....  
สาขาวิชา .....  
ปีการศึกษา .....2539.....

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

## C616041 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING  
KEY WORD:

INCINERATOR / SOLID WASTE / SINGLE COMBUSTION CHAMBER

VIRAYUTH THONGSONGSANG : STUDY AND DESIGN OF A SOLID WASTE

SINGLE COMBUSTION CHAMBER INCINERATOR. THESIS ADVISOR :

ASSO. PROF. SOMSRI CHONGRUNGREONG, Ph.D., 187 pp. ISBN 974-635-436-1.

This research aimed at studying and designing a solid waste single combustion chamber incinerator with 50 kg/h and determining performance of the incinerator.

The research waste consisted of leaves and papers with two feeding rates, 25 and 50 kg/h, were tested as any percentages of excess air (%EA) and each of the feeding time was held constant (t = 10 min.).

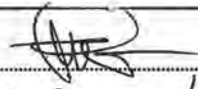
From the experiment, it was found that :

1. The incinerator thermal efficiency which is obtained from a combustion of leaves is superior to a combustion of paper and a peak performance is occurred in a range of 40% to 80% excess air. Also, the thermal efficiency at a feeding rate with 25 kg/h is greater than 50 kg/h.
2. A composition of carbon monoxide (CO) in the flue gas which is obtained from a combustion of leaves is smaller than a combustion of paper. Also, its composition at a feeding rate with 25 kg/h is smaller than 50 kg/h.
3. The total heat loss due to conduction through any walls of the incinerator is very much more smaller than the heat of flue gas at the end of the stack.
4. The average hot gas temperature in the combustion chamber is much smaller than adiabatic temperature.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล.....

สาขาวิชา..... - .....

ปีการศึกษา..... 2539 .....

ลายมือชื่อนิสิต..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สมศรี จรุงเรือง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาหาทุนวิจัยและให้คำแนะนำถ่ายทอดความรู้ตลอดจนควบคุมการศึกษาค้นคว้าจนประสบความสำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ขงเจริญ และ รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ ที่กรุณาถ่ายทอดความรู้ตลอดระยะเวลาในการศึกษา รวมทั้งบุคคลที่ปรากฏตามเอกสารอ้างอิงที่ผู้วิจัยใช้อ้างอิงทางวิชาการ

ขอขอบพระคุณ คุณภานุ ประทุมนพรัตน์ และ คุณธีระชาติ พรพิบูลย์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและช่วยทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

ประโยชน์และคุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูตานุชาแด่ บิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

วิระยุทธ ทองสงแสง

## สารบัญ

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

### บทที่

1 บทนำ .....	1
ภูมิหลังและที่มาของปัญหา .....	1
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	5
ความมุ่งหมายของการศึกษาวิจัย .....	8
ขอบเขตของการศึกษาวิจัย .....	8
ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ .....	9
นิยามศัพท์เฉพาะ .....	9
2 ทฤษฎีการเผาไหม้ .....	11
การเผาไหม้ .....	11
การคำนวณการเผาไหม้ .....	12
ปริมาณอากาศทางทฤษฎี .....	13
ปริมาณอากาศที่ใช้จริง .....	14
การวิเคราะห์แก๊สไอเสียเชิงทฤษฎี .....	16
การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็ง .....	19
ตัวประกอบในการเผาไหม้ที่มีผลต่อการสูญเสียความร้อน .....	21
สาเหตุการเกิดการเผาไหม้อย่างไม่สมบูรณ์ .....	22
เอนทาลปีของการรวมตัว .....	22
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง .....	24
การคำนวณหาค่าความร้อนจากการเผาไหม้ .....	25

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
อุณหภูมิของการเผาไหม้ .....	28
ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังเตาเผาและผนังปล่องไอเสีย .....	30
3 ทฤษฎีการออกแบบเตาเผามูลฝอย .....	33
การเผาไหม้มูลฝอยในเตาเผามูลฝอย .....	33
เงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการเผาไหม้ในเตาเผามูลฝอย .....	34
คุณสมบัติของมูลฝอย .....	35
ค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำของมูลฝอย .....	36
หลักการออกแบบเตาเผามูลฝอย .....	38
ลักษณะและส่วนประกอบที่สำคัญของเตาเผามูลฝอย .....	38
ตะแกรงเตาเผามูลฝอย .....	41
ปล่องไอเสีย .....	41
อุณหภูมิของแก๊สภายในเตาเผามูลฝอย .....	43
เชื้อเพลิงช่วยในการเผาไหม้ .....	44
ปริมาณความร้อนของแก๊สไอเสียที่ออกจากปล่องไอเสีย .....	44
ค่าความร้อนจำเพาะเฉลี่ยของแก๊สไอเสีย .....	45
ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผามูลฝอย .....	45
สมดุลความร้อนของเตาเผามูลฝอย .....	46
4 การออกแบบและการสร้างเตาเผามูลฝอย .....	49
การออกแบบเบื้องต้น .....	49
การคำนวณการออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว .....	60
5 วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย .....	68
วัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัย .....	68
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย .....	69
การทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล .....	77
6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	79
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	79
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	80



## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
7	
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	124
สรุปหลักการออกแบบเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว .....	124
สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	125
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป .....	127
รายการอ้างอิง .....	128
ภาคผนวก .....	130
ประวัติผู้เขียน .....	171

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับเตา ตช. 2 ของกองสุขาภิบาล กรมอนามัย .....	6
2.1 แสดงองค์ประกอบของแก๊สออกซิเจนและไนโตรเจน โดยปริมาตรและโดยมวล ....	13
3.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอย .....	36
4.1 แสดงค่าความร้อนสูงของมูลฝอยชนิดต่าง ๆ .....	60
5.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอย .....	68
5.2 แสดงค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำของมูลฝอยจากการใช้สมการของ Dulong	68
6.1 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยใบไม้แห้งที่สภาวะ 0 %EA , 25 kg/h .....	82
6.2 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยใบไม้แห้งที่สภาวะ 40 %EA , 25 kg/h .....	83
6.3 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยใบไม้แห้งที่สภาวะ 80 %EA , 25 kg/h .....	84
6.4 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยใบไม้แห้งที่สภาวะ 120 %EA , 25 kg/h .....	85
6.5 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยใบไม้แห้งที่สภาวะ 160 %EA , 25 kg/h .....	86
6.6 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยใบไม้แห้งที่สภาวะ 0 %EA , 50 kg/h .....	87
6.7 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยใบไม้แห้งที่สภาวะ 40 %EA , 50 kg/h .....	88
6.8 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยใบไม้แห้งที่สภาวะ 80 %EA , 50 kg/h .....	89
6.9 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยกระดาษที่สภาวะ 0 %EA , 25 kg/h .....	90
6.10 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยกระดาษที่สภาวะ 40 %EA , 25 kg/h .....	91
6.11 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยกระดาษที่สภาวะ 80 %EA , 25 kg/h .....	92
6.12 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยกระดาษที่สภาวะ 120 %EA , 25 kg/h .....	93
6.13 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยกระดาษที่สภาวะ 160 %EA , 25 kg/h .....	94
6.14 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยกระดาษที่สภาวะ 0 %EA , 50 kg/h .....	95
6.15 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยกระดาษที่สภาวะ 80 %EA , 50 kg/h .....	96
6.16 แสดงข้อมูลการทดสอบเผามูลฝอยกระดาษที่สภาวะ 160 %EA , 50 kg/h .....	97

## สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงการคาดการณ์แนวโน้มปริมาณมูลฝอยที่จะเพิ่มขึ้นในกรุงเทพมหานคร .....	2
1.2 แสดงรูปเตาเผา คช. 2 ของกองสุขาภิบาล กรมอนามัย .....	7
2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิแก๊สไอเสียกับ %EA และความชื้นของมูลฝอย ....	16
2.2 แสดงเอนทาลปีของการรวมตัวภายในห้องเผาไหม้ .....	23
2.3 แสดงค่าความร้อนของผลิตภัณฑ์ .....	25
2.4 แสดงกระบวนการเผาไหม้แบบการไหลอย่างสม่ำเสมอ .....	26
2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง H และ T .....	27
2.6 แสดงอุณหภูมิสูงสุดของห้องเผาไหม้เมื่อเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์และไม่มีการ ถ่ายเทความร้อน .....	28
2.7 แสดงระบบการเผาไหม้ในทางปฏิบัติจริง .....	29
2.8 แสดงผนังเตาเผาแบบหลายชั้น .....	30
2.9 แสดงผนังปลอกไอเสีย .....	32
3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Furnace Temperature กับ Excess Air and HHV .....	43
3.2 แสดงสมดุลพลังงานความร้อนของเตาเผามูลฝอย .....	47
4.1 แสดงภาพตัดด้านหน้า (Section A) และรายละเอียดภายในเตาเผามูลฝอยชนิดห้อง- เผาไหม้เดี่ยว .....	51
4.2 แสดงตะแกรงเตาเผามูลฝอย .....	52
4.3 แสดงภาพตัดด้านข้าง (Section B) ของเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว .....	53
4.4 แสดงภาพตัดด้านบนและประตูป้อนมูลฝอยของเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว ..	54
4.5 แสดงภาพด้านหน้าของเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว .....	55
4.6 แสดงภาพด้านข้าง (ซ้าย) ของเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว .....	56
4.7 แสดงภาพด้านข้าง (ขวา) ของเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว .....	57
4.8 แสดงภาพด้านหลังของเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว .....	58
4.9 แสดงภาพรวมของเตาเผามูลฝอยชนิดห้องเผาไหม้เดี่ยว .....	59
5.1 แสดงเครื่องเป่าอากาศ .....	69
5.2 แสดงท่อส่งอากาศ .....	69
5.3 แสดงหัวเผา .....	70

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.4 แสดงชุด orifice .....	70
5.5 แสดงมาโนมิเตอร์สำหรับอ่านค่าความดันในปล่องไอเสีย .....	71
5.6 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิที่เกิดจากการเผาไหม้ภายในเตาเผามูลฝอย .....	72
5.7 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของแก๊สไอเสียที่ผ่านปล่องไอเสีย .....	73
5.8 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิผนังด้านในของเตาเผามูลฝอยและของปล่องไอเสีย .....	74
5.9 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิผนังด้านนอกของเตาเผามูลฝอยและผนังด้านนอกของ ฉนวนหุ้มปล่องไอเสีย .....	75
5.10 แสดงเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย .....	76
5.11 แสดงเครื่องชั่งน้ำหนัก .....	76
6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{COND1}$ vs %EA ที่ 25 kg/h .....	99
6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{COND1}$ vs %EA ที่ 50 kg/h .....	100
6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{COND2}$ vs %EA ที่ 25 kg/h .....	101
6.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{COND2}$ vs %EA ที่ 50 kg/h .....	102
6.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{COND3}$ vs %EA ที่ 25 kg/h .....	103
6.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{COND3}$ vs %EA ที่ 50 kg/h .....	104
6.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{COND TOTAL}$ vs %EA ที่ 25 kg/h .....	107
6.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{COND TOTAL}$ vs %EA ที่ 50 kg/h .....	108
6.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{FLUE GAS}$ vs %EA ที่ 25 kg/h .....	110
6.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $Q_{FLUE GAS}$ vs %EA ที่ 50 kg/h .....	111
6.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\eta_{THERMAL}$ vs %EA ที่ 25 kg/h .....	114
6.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\eta_{THERMAL}$ vs %EA ที่ 50 kg/h .....	115
6.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $CO_2$ , $O_2$ และ $CO$ vs %EA ที่ 25 kg/h .....	117
6.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $CO_2$ , $O_2$ และ $CO$ vs %EA ที่ 50 kg/h .....	118
6.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเปลวอะเดียเบติก vs %EA ที่ 25 kg/h .....	121
6.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเปลวอะเดียเบติก vs %EA ที่ 50 kg/h .....	122

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
$A_{COND}$	พื้นที่การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ , $m^2$
$A_G$	พื้นที่ของตะแกรงในห้องเผาไหม้ , $m^2$
$A_{ORIFICE}$	พื้นที่หน้าตัดของ orifice , $m^2$
AF	อัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิง
$A_S$	พื้นที่หน้าตัดของปล่องไอเสีย , $m^2$
B	ความดันบรรยากาศ , mm Hg
C	ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหลของ orifice
$c_p$	ค่าความร้อนจำเพาะของแก๊สแต่ละชนิดที่อุณหภูมิของแก๊สไอเสีย , kJ/kg K
$\bar{c}_{pg}$	ค่าความร้อนจำเพาะเฉลี่ยของแก๊สไอเสียแห้ง , kJ/kg K
D	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องไอเสีย , m
d	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ orifice , m
$D_1$	กระแสมรณะตามธรรมชาติ , mm H <sub>2</sub> O
$H_C$	ความสูงของห้องเผาไหม้ , m
H	เอนทัลปี , kJ/kmol
HHV	ค่าความร้อน , MJ/kg <sub>fuel</sub>
$H_p$	เอนทัลปีของผลิตภัณฑ์ของการสันดาป (products) , kJ/kmol
$H_R$	เอนทัลปีของสารทำปฏิกิริยา (reactants) , kJ/kmol
h	ความสูงของปล่องไอเสียจากระดับตะแกรง , m
$h_c$	เอนทัลปีของการเผาไหม้ , kJ/kg
hg	ความสูงแตกต่างของน้ำในมาโนมิเตอร์วัดการไหลของแก๊สไอเสีย , mm H <sub>2</sub> O
$h_s$	ความดัน static ของแก๊สไอเสีย , mm H <sub>2</sub> O
$h_{fg25^\circ C}$	เอนทัลปีของการระเหยน้ำให้เป็นไอที่ 25 °C , ความดัน 1 บรรยากาศ , kJ/kg
$\Delta h_w$	ความสูงแตกต่างของน้ำในมาโนมิเตอร์ , mm

## สัญลักษณ์

## ความหมาย

NHV	ค่าความร้อนสุทธิของมูลฝอย , MJ/kg
NHV <sub>f</sub>	ค่าความร้อนของสุทธิเชื้อเพลิง , MJ/kg
L	ความยาว , m
N	จำนวน โมล
N <sub>F</sub>	จำนวน โมเลกุลของเชื้อเพลิง
N <sub>P</sub>	จำนวน โมเลกุลขององค์ประกอบของผลผลิต
N <sub>R</sub>	จำนวน โมเลกุลขององค์ประกอบของสารที่ทำปฏิกิริยากัน
P <sub>b</sub>	ความดันบรรยากาศ , mm <sub>ปรอท</sub>
Q	พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้
Q <sub>a</sub>	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 25 °C , 1 บรรยากาศ , m <sup>3</sup> /s
Q <sub>ABSORB</sub>	พลังงานความร้อนที่สูญเสียโดยการดูดซับของผนังเตาเผามูลฝอย , kW
Q <sub>ASH</sub>	พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับขี้เถ้า , kW
Q <sub>g</sub>	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของแก๊สไอเสีย , m <sup>3</sup> /s
Q <sub>R</sub>	พลังงานความร้อนที่สูญเสียจากเตาเผาไปสิ่งแวดล้อม , MJ/h
Q <sub>a</sub>	อัตราการป้อนอากาศเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 0 °C , 1 บรรยากาศ , m <sup>3</sup> /h
Q <sub>H<sub>2</sub></sub>	พลังงานความร้อนที่สูญเสียจากการระเหยน้ำที่เกิดจากการสันดาป ไฮโดรเจนในเชื้อเพลิง , MJ/h
Q <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	พลังงานความร้อนที่สูญเสียจากการระเหยน้ำในมูลฝอย , MJ/h
(Q <sub>R</sub> ) <sub>v</sub>	อัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อนต่อปริมาตร , MJ/(m <sup>3</sup> -h)
Q <sub>RAD</sub>	พลังงานความร้อนที่สูญเสียโดยการแผ่รังสีผ่านปล่องไอเสีย , kW
Q <sub>NET</sub>	พลังงานความร้อนสุทธิจากการเผามูลฝอย , MJ/h
Q <sub>TOTAL</sub>	พลังงานความร้อนทั้งหมด , MJ/h
Q <sub>LOSS</sub>	พลังงานความร้อนที่สูญเสีย , MJ/h
Q <sub>COND</sub>	พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังเตาโดยการนำความร้อน , kW
Q <sub>COND1</sub>	พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังด้านข้างทั้ง 4 ด้าน , W
Q <sub>COND2</sub>	พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังด้านบน , W
Q <sub>COND3</sub>	พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังปล่องไอเสีย , W

สัญลักษณ์

ความหมาย

$Q_{COND}$ (พื้นเตา)	พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังพื้นเตาเผามูลฝอย , kW
$Q_{COND TOTAL}$	พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังด้านต่าง ๆ , W
$q''$	พลังงานความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ , $W/m^2$
$Q_{fg}$	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของแก๊สไอเสีย , $m^3/s$
$Q_{FLY ASH}$	พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับขี้เถ้าลอย , kW
$(Q_R)_A$	อัตราการปลดปล่อยพลังงานความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ตะแกรง , $MJ/(m^2-h)$
$Q_{FLUE GAS}$	พลังงานความร้อนที่ปล่อยออกจากปล่องไอเสีย , kW
$Q_{อื่นๆ}$	พลังงานความร้อนที่สูญเสียไม่สามารถหาได้ , kW
$Q_{HHV}$	ค่าความร้อนสูงของมูลฝอย $MJ/kg_{มูลฝอย}$
$Q_{LHV}$	ค่าความร้อนต่ำของมูลฝอย $MJ/kg_{มูลฝอย}$
$R_{COND}$	ค่าความต้านทานการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ , $m^2 K/W$
$Re$	ค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์
$T$	อุณหภูมิ , $^{\circ}C$
$T_g$	อุณหภูมิของแก๊สไอเสียในปล่อง , $^{\circ}C$
$T_a$	อุณหภูมิของบรรยากาศ , $^{\circ}C$
$T_{AF}$	อุณหภูมิเปลวอะเคียเบดิกคำนวณทางทฤษฎี , $^{\circ}C$
$T_{gaverage}$	อุณหภูมิเฉลี่ยของแก๊สไอเสียภายในห้องเผาไหม้ , $^{\circ}C$
$T_1...T_4$	อุณหภูมิของวัสดุ , $^{\circ}C$
$T_{g1}...T_{g4}$	อุณหภูมิของแก๊สร้อนภายในเตาเผาและปล่องไอเสีย ที่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 4 , $^{\circ}C$
$T_{s,i1}...T_{s,i6}$	อุณหภูมิของผนังด้านในเตาเผาและปล่องไอเสีย ที่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 6 , $^{\circ}C$
$T_{s,o1}...T_{s,o6}$	อุณหภูมิของผนังด้านนอกเตาเผาและปล่องไอเสีย ที่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 6 , $^{\circ}C$
$\bar{T}_{si}$	อุณหภูมิเฉลี่ยผนังด้านใน , $^{\circ}C$
$\bar{T}_{so}$	อุณหภูมิเฉลี่ยผนังด้านนอก , $^{\circ}C$
$T_p$	อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ , $^{\circ}C$

## สัญลักษณ์

## ความหมาย

$t_{FEED}$	เวลาในการป้อนมูลฝอย , h
$\Delta T$	ผลต่างของอุณหภูมิ , °C
$\Delta t$	ช่วงเวลาที่ใช้คำนวณ $Q_{ABSORB}$ , s
$V$	ปริมาตรภายในห้องเผาไหม้ , m <sup>3</sup>
$V_u$	ความเร็วของอากาศ , m/s
$V_g$	ความเร็วของแก๊สไอเสียที่ไหลผ่านปล่องไอเสีย , m/s
$V_{u,a}$	ปริมาตรอากาศที่ใช้จริง , m <sup>3</sup> อากาศ/kg มูลฝอย
$V_{u,g}$	ปริมาตรของแก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้โดยใช้ปริมาณอากาศเกิน , m <sup>3</sup> แก๊สไอเสีย/kg เชื้อเพลิง
$V_{t,a}$	ปริมาตรของอากาศทางทฤษฎีที่ต้องใช้เพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ , m <sup>3</sup> อากาศ/kg เชื้อเพลิง ที่ 0 °C , ความดัน 1 บรรยากาศ
$V_{t,g}$	ปริมาตรของแก๊สไอเสียทางทฤษฎีที่เกิดจากการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ , m <sup>3</sup> แก๊สไอเสีย/kg เชื้อเพลิง ที่ 0 °C , ความดัน 1 บรรยากาศ
$r_1 \dots r_2$	รัศมีของทรงกระบอก , m
$W$	งานที่กระทำกับระบบ
$W_{ASH}$	น้ำหนักของขี้เถ้าทั้งหมด , kg
%EA	เปอร์เซ็นต์ของอากาศส่วนเกิน
$\rho_w$	ความหนาแน่นของน้ำ , 1000 kg/m <sup>3</sup>
$\eta_{THERMAL}$	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผามูลฝอย , %
$\mu_u$	ความหนืดของอากาศ
$\rho_g$	ความหนาแน่นของแก๊สไอเสีย , kg/m <sup>3</sup>
$\rho_a$	ความหนาแน่นของอากาศ , kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{g,0^\circ C(0.1 MPa)}$	ความหนาแน่นของแก๊สไอเสียที่ 0 °C (0.1 MPa) , kg/m <sup>3</sup>
$\beta$	อัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางของ orifice กับเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องไอเสีย
$\sigma$	ค่าคงที่ของการแผ่รังสี มีค่าเท่ากับ $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$
$\epsilon$	ค่าการเปล่งรังสี