

การศึกษาเตาเผาชนิดห้องปฏิบัติการสองห้อง



นางสาว นิตยา จุฑากรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของ การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชา เคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-561-295-2

007262

I15943591

STUDY OF A COMBUSTOR WITH TWO REACTION CHAMBERS

Miss NITIYA CHUTAKORN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

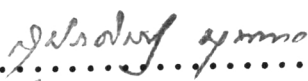
Graduate School

Chulalongkorn University


1982

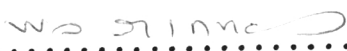
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเตาเผาชนิดห้องปฏิบัติการสองห้อง
โดย นางสาว นิตยา จุฑากรณ์
ภาควิชา เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทัศน


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

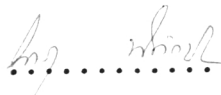
.....  อนุมัติบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุณาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย โอสุวรรณ)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พล สาแถง)

.....  กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทัศน)

.....  กรรมการ
(คุณาร่า พิทักษ์อรณพ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเตาเผาชนิดห้องปฏิบัติการสองห้อง
 ชื่อนิสิต นางสาว นิตยา จุฑากรณ์
 อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. เพ็ชรพรค ทัตคร
 ภาควิชา ภาควิชาเคมีเทคนิค
 ปีการศึกษา 2524



บทคัดย่อ

เตาเผาเชื้อเพลิงแข็งออกแบบขึ้นโดยมีห้องเผาไหม้ 2 ห้อง ห้องที่ 1 เป็นที่เผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งและส่งก๊าซร้อนไปยังห้องที่ 2 ซึ่งจะมีอากาศผสมเพิ่มเติมให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ และได้ก๊าซร้อนอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่จะนำไปใช้ประโยชน์ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็งถูกควบคุมโดยอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมากกว่าการซึมผ่านของก๊าซผ่านฟิล์มและเต้า โดยลักษณะการเผาไหม้แสดงในรูปสมการดังนี้คือ

$$\frac{t}{\tau} = \beta_1 \phi^{1/3} + \beta_2 \phi^{2/3} + \beta_3 \phi$$

เมื่อ t เป็นเวลาตั้งแต่เกิดการเผาไหม้
 τ เป็นเวลาในการเผาไหม้เชื้อเพลิงจนหมด
 ϕ เป็นอัตราส่วนของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนที่ยังไม่เกิดขึ้นต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด

และ $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ เป็นค่าคงที่ซึ่งแสดงลักษณะของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

เวลาในการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้งหมดขึ้นอยู่กับปริมาณการบรรจุเชื้อเพลิงดังนี้

$$\tau = 3 + 0.048 \frac{W}{V}$$

เมื่อ W เป็นปริมาณของเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)

V เป็นปริมาตรของห้องเผาไหม้ที่ 1 (ลูกบาศก์เมตร)

สมการนี้ใช้ได้เมื่อสัดส่วนของเชื้อเพลิงแข็งที่ใส่อยู่ระหว่าง 25-100 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตรของห้องเผาไหม้

Thesis Title Study of A Combustor with Two Reaction Chambers
 Name Miss Nitiya Chutakorn
 Thesis Advisor Pienpak Tasakorn, Ph.D.
 Department Chemical Technology
 Academic Year 1981

ABSTRACT

A two reaction chambers combustor was designed such that the solid fuel could be burned in the first chamber. The hot gas produced passes through the second chamber where additional air is allowed in to facilitate further combustion, and to adjust the temperature of this gas to a proper range for certain usage. The combustion of solid fuel is controlled by the chemical reaction more than the diffusion process through gas film and ash layer. The combustion can be described by following expression:

$$\frac{t}{\tau} = \beta_1 \phi^{1/3} + \beta_2 \phi^{2/3} + \beta_3 \phi$$

when t is the time elapsed since the onset of combustion,
 τ is the time for complete consumption of fuels,
 ϕ is the ratio of the quantity of carbondioxide not yet produced to the total carbondioxide that can be produced from the solid fuels and $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ are constants; they characterize combustion of a solid fuel.

The total time of combustion depends on the amount of fuel charged into a combustor. It can be expressed as follows:

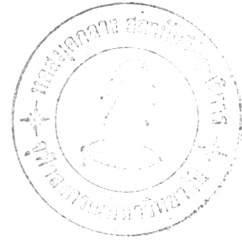
$$\tau = 3 + 0.048 \frac{W}{V}$$

when W is the amount of fuel (kilogram)

V is the volume of the first chamber of the combustor (cubic metre)

This expression can be used when the value of $\frac{W}{V}$ is between 25-100 kilogram per cubic metre.

กิติกรรมประกาศ



ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณต่อ อาจารย์ ดร. เพียรพรรค ทศกร ที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือทางด้านวิชาการ เป็นอย่างดี และให้ความสะดวกในการใช้สถานที่ทำงานของภาควิชาเคมีเทคนิค และขอขอบคุณสำนักงานการพลังงานแห่งชาติ ที่ได้สนับสนุนทุนในการวิจัย ตลอดจนเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง จนทำให้การศึกษาวิจัยสำเร็จลงด้วยดี

ผู้เขียนขอขอบคุณ ท่านอาจารย์ เจ้าหน้าที่ ตลอดจนเพื่อน ๆ น้อง ๆ ที่ได้ช่วยเหลืองานบางอย่าง เป็นอย่างดีตลอดมา ทำให้งานดำเนินไปได้อย่างมีอุปสรรคไม่มากนัก และสำเร็จลงด้วยดี

สารบัญ



หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
รายการตารางประกอบ	ฉ
รายการรูปประกอบ	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 วารสารปริทัศน์	4
2.1 ชนิดของ เต้า	4
2.2 การ เผาไหม้ของ เชื้อเพลิงแข็งในเต้าเผาแบบห้อง เผาไหม้ 2 ห้อง ..	4
2.2.1 การ เผาไหม้ของ เชื้อเพลิงบนตะแกรง เหล็ก	7
2.2.2 การ เผาไหม้ขั้นตอนที่ 2	9
2.3 แบบจำลอง	11
2.3.1 พิจารณาขั้นตอนที่แพร่ผ่านชั้นของ ก๊าซ เป็นขั้นตอนควบคุม ..	13
2.3.2 พิจารณาขั้นตอนที่แพร่ผ่านชั้นของ เถ้า เป็นขั้นตอนควบคุม ..	15
2.3.3 พิจารณาขั้นตอนการ เกิดปฏิกิริยาทาง เคมี เป็นขั้นตอนควบคุม ..	17
2.3.4 ผลรวมของ การต้านทานการ เกิดปฏิกิริยา	19
2.4 การ เผาไหม้ของ ถ่านไม้	21
2.5 ทฤษฎีการ สิ้นคาบและทฤษฎี กระแสอากาศ	24
2.5.1 การ สิ้นคาบ	24
2.5.2 กระแสอากาศ	25
2.6 ลักษณะและคุณสมบัติของ ถ่าน	26



บทที่ (ต่อ)	หน้า
3 อุปกรณ์เครื่องมือและการทดลอง	28
3.1 การออกแบบและการทำงานของ เตาเผาประกอบด้วย ห้องปฏิบัติการสองห้อง	28
3.2 การวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ	28
3.2.1 การวัดและบันทึกอุณหภูมิ	28
3.2.2 การวัดปริมาณความเข้มข้นของ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ..	31
3.2.3 การวัดอัตราเร็วของ ก๊าซร้อนที่ออกจากปล่อง	31
3.3 วิธีการทดลอง	32
3.3.1 ขั้นตอนการทดลอง	32
3.3.2 ชนิดของ เชื้อเพลิง	32
3.3.3 ลักษณะของช่องให้อากาศเข้า	33
4 ผลการทดลอง	35
4.1 การทดลองในเตาที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวน	35
4.2 การทดลองในเตาที่หุ้มฉนวน	36
5 วิเคราะห์ผลการทดลอง	66
5.1 อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ในการเผาไหม้	66
5.1.1 ลักษณะช่องอากาศเข้า	66
5.1.2 ชนิดเชื้อเพลิง	69
5.1.3 ปริมาณเชื้อเพลิง	69
5.2 การกระจายความร้อนในเตา	71
5.2.1 ผลของช่องอากาศเข้าและชนิดของ เชื้อเพลิงต่อการ สูญเสียความร้อน	71
5.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง เชื้อเพลิงและประสิทธิภาพของเตา(η)	74
5.3 สมการทั่วไปสำหรับการ เผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งในเตา	74

บทที่ (ต่อ)	หน้า
5.3.1 ถ่านไม้	76
5.3.2 ลิกไนท์	80
6 สรุปผลและเสนอแนะ	84
เอกสารอ้างอิง	86
ภาคผนวก	89
ประวัติ	135

รายการตารางประกอบ



ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงแหล่งพลังงานที่ใช้ในประเทศไทยปี พ.ศ. 2520	2
4.1-4.27	แสดงข้อมูลต่าง ๆ ของการทดลอง	100-134
4 a	สรุปผลการทดลอง เมื่อเผา เชื้อเพลิงในเตาที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวน	35
4 b	สรุปผลการทดลอง เมื่อเผา เชื้อเพลิงในเตาที่หุ้มฉนวน	37
5.1	เปรียบเทียบปริมาณความร้อนทั้งหมดของอากาศร้อนในห้องเผาไหม้ที่ 2 ของเชื้อเพลิงต่างชนิด ต่างปริมาณ และลักษณะช่องอากาศเข้าต่าง ๆ กัน	72
5.2	เปรียบเทียบปริมาณความร้อนทั้งหมดของอากาศร้อนในห้องเผาไหม้ที่ 2 และที่ปล่องของเชื้อเพลิงที่เป็นถ่านไม้และลิกไนท์ ซึ่งมีปริมาณ 10 กิโลกรัม ในเตาเผาที่หุ้มฉนวนแล้ว และลักษณะช่องอากาศเข้าต่าง ๆ กัน	73
5.3	สมการทั่วไปของความสัมพันธ์ระหว่าง θ กับเวลาการเผาไหม้	77

รายการรูปประกอบ



รูปที่		หน้า
2.1	เตาของนายหล่า คืออำมาตย์	5
2.2	เตาหุงต้มระดับหมู่บ้านของนายสุขสันต์ สุทธิผลไพบูลย์	5
2.3	เตาของนายน้อย พลายุภู	6
2.4	แสดงส่วนประกอบของก๊าซในเตาเผา เชื้อเพลิงแข็ง	7
2.5	แสดงถึงผลของอากาศที่มากเกินไปต่อการสูญเสียความร้อนในเตาเผา	10
2.6	แบบจำลองที่แกนยังไม่เกิดปฏิกิริยา	12
2.7	แสดงถึงความเข้มข้นของ เชื้อเพลิง และผลที่เกิดขึ้นสำหรับปฏิกิริยา	
	$A(g) + bB(s) \rightleftharpoons rR(g) + sS(s)$	12
2.8	แสดง การ เกิดปฏิกิริยาของ เชื้อเพลิง เมื่อแพร่ผ่านชั้นของ ก๊าซเป็น ชั้นตอนควบคุม	13
2.9	แสดง การ เกิดปฏิกิริยาของ เชื้อเพลิง เมื่อการซึมผ่านของ ก๊าซผ่านชั้นของ เถ้า เป็นชั้นตอนควบคุม	15
2.10	แสดง การ เกิดปฏิกิริยาของอนุภาคเมื่อช่วง การ เกิดปฏิกิริยาเป็นชั้นตอนควบคุม	18
2.11	แสดง ความก้าวหน้าของ ปฏิกิริยาของอนุภาคโดยของ ไหลที่อยู่รอบ ๆ วัตต์ใน เทอมของ เวลาสำหรับการ เปลี่ยนแปลงอย่างสมบูรณ์	21
2.12	แสดง ความสำคัญของ อุณหภูมิต่อปฏิกิริยาการ เผาไหม้ที่ผิวของ ถ่านในสภาวะ การไหลของอากาศปานกลาง	22
2.13	แสดง การ เปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของ ก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนมอน นอกไซด์ สำหรับสภาวะการไหลของอากาศปานกลาง	23
3.1	แสดง เตา เผาถ่านข้าง	29
3.2	แสดง เตา เผาถ่านหนา	30

รูปที่ (ต่อ)	หน้า
4.1-4.8 และ 4.25, 4.26	39-46 และ 63, 64
4.9-4.24 และ 4.27	47-62 และ 65
5.1	67
5.2	68
5.3	70
5.4	75
5.5	78
5.6	79

รูปที่ (ต่อ)

หน้า

4.1-4.8 และ 4.25, 4.26 ก. แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น
กับเวลาในการเผาไหม้ 39-46 และ 63, 64

ข. แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ กับเวลาในการเผาไหม้
เมื่อเผาเชื้อเพลิงปริมาณต่าง ๆ ในเตาที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวน โดย
ช่องอากาศเข้าอยู่ในลักษณะต่าง ๆ

4.9-4.24 และ 4.27 ก. แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นกับ
เวลาในการเผาไหม้ 47-62 และ 65

ข. แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ กับเวลาในการเผาไหม้
เมื่อเผาเชื้อเพลิงต่าง ๆ ในเตาที่หุ้มฉนวน โดยช่องอากาศเข้า
อยู่ในลักษณะต่าง ๆ

5.1 แสดงการเผาไหม้ของถ่านไม้ 10 กิโลกรัม ในรูปของ $\frac{[CO_2]}{[CO_2 \text{ max}]}$
กับ $\frac{t}{\tau}$ 67

5.2 แสดงการเผาไหม้ของถ่านไม้ 10 กิโลกรัม ในรูปของ $\frac{[CO_2]}{[CO_2 \text{ max}]}$
กับ $\frac{t}{\tau}$ 68

5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อเพลิงและเวลาในการเผาไหม้ทั้งหมด
ก. เตาหุ้มฉนวน
ข. เตาไม่หุ้มฉนวน

5.4 แสดงความสัมพันธ์ของ η กับปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้
ก. เมื่อช่องอากาศอยู่ในลักษณะปิดหมด
ข. เมื่อช่องอากาศอยู่ในลักษณะเปิดครึ่งหนึ่ง
ค. เมื่อช่องอากาศอยู่ในลักษณะเปิดเต็มที่

5.5 แสดงการเผาไหม้ของถ่านไม้ 10 กิโลกรัม ช่องอากาศเข้าปิดหมด
ในรูปของ θ กับ $\frac{t}{\tau}$ 78

5.6 แสดงการเผาไหม้ของถ่านไม้ 10 กิโลกรัม ช่องอากาศเข้าเปิดครึ่งหนึ่ง
ในรูปของ θ กับ $\frac{t}{\tau}$ 79

	ท
รูปที่ (ต่อ)	หน้า
5.7	82
5.8	83
1	96
ในภาคผนวก ข	