

การศึกษาการเผาไหม้ดินน้ำมันแหล่งแม่สอด
ด้วยระบบฟลูอิดซ์เบดภายใต้ความดันบรรยากาศ



นายชยันต์ นาคสวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2527

ISBN 974-563-367-4

009846

A Study of Atmospheric Fluidized Bed Combustion of
Mae Sot Oil Shale

Mr. Jayant Narkswasdi

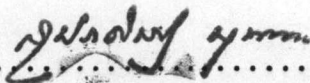
A thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Mechanical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1984

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการเผาไหม้หินน้ำมันแหล่งแม่สอด ด้วยระบบพลูอิโดซ์ เบดภายใต้ความดันบรรยากาศ
โดย	นายชยันต์ นาคสวัสดิ์
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. กุลธร ศิลปบรรเลง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม วาณิชเสนี

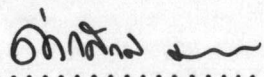


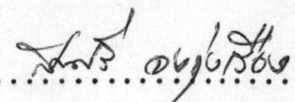
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

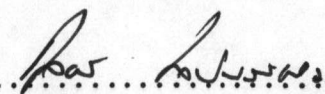
.....  คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ นูนาค)

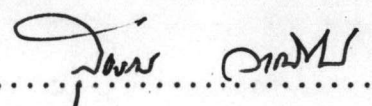
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวี เลิศปัญญาวิทย์)

.....  กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดำรงศักดิ์ มลิลลา)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมศรี จงรุ่งเรือง)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กุลธร ศิลปบรรเลง)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม วาณิชเสนี)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการเผาไหม้หินน้ำมันแหล่งแม่สอด ด้วยระบบฟลูอิดไคต์ภายใต้ความดันบรรยากาศ
ชื่อนิลิต	นายชยันต์ นาคสวัสดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. กุลธร ศิลปบรรเลง รองศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม วาณิชเสณี
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2526



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึงการเผาไหม้หินน้ำมันแหล่งแม่สอดที่ความดันบรรยากาศ ในเตาเผาฟลูอิดไคต์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร เพื่อหาประสิทธิภาพการเผาไหม้คาร์บอนของหินน้ำมัน โดยทดลองเผาหินน้ำมัน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 2.29 มม. และ 1.15 มม. ค่าความร้อนของหินโดยเฉลี่ย 2091 และ 1902 กิโลจูล/กรัม ตามลำดับ ในช่วงปริมาณอากาศที่มากเกินพอประมาณ 50-110% และกำหนดให้อัตราการป้อนหินน้ำมัน คงที่ที่ 9.49 กิโลกรัม/ชั่วโมง และ 7.69 กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการเผาไหม้คาร์บอนโดยเฉลี่ยของหินน้ำมันทั้งสองขนาดมีค่าสูงกว่า 98.0% โดยไม่มีการป้อนกลับของอนุภาคที่หลุดลอยออกจากเตาเข้าสู่เตาเผาอีก

Thesis Title A Study of Atmospheric Fluidized Bed Combustion of
 Mae Sot Oil Shale

Name Mr. Jayant Narkswasdi

Thesis Advisor Associate Professor Kulthorn Silapabanleng, Ph.D.
 Associate Professor Sutham Vanichseni, Ph.D.

Department Mechanical Engineering

Academic Year 1983

ABSTRACT

Atmospheric Fluidized Bed Combustion of Mae Sot oil shale in 15 cm. combustor diameter was performed to determine carbon combustion efficiency. Two different sizes of oil shale which have the mean particle diameters of 2.29 mm. and 1.15 mm., with the average heating values of 2091 and 1902 cal/gm respectively were used. The excess air was varied in the range of 50 to 110%. The feed rates of oil shale were held constant at 9.49 Kg/hr and 7.69 Kg/hr corresponding to the particle sizes of 2.29 mm. and 1.15 mm. respectively. The average carbon combustion efficiency of two different sizes of oil shale was found to be higher than 98.0% without recycling of fines.



กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณอาจารย์กุลธร ศิลปบรรเลง และอาจารย์สุธรรม วาณิชเสนี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ท่านได้กรุณาให้คำแนะนำ ให้ข้อคิดเกี่ยวกับการดำเนินงานและการแก้ปัญหา ตลอดระยะเวลาที่ท่านทำการศึกษา จนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้เขียนขอขอบคุณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ในการดำเนินการด้านอุปกรณ์และ เครื่องมือวัด สำหรับใช้ในการทดลองเกี่ยวกับการเผาไหม้ระบบ ฟลูอิดิซ เบด

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน ตลอดจนเพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ได้สนับสนุนและเป็นกำลังใจกับผู้เขียนตลอดมา อันมีส่วนช่วยผลักดันให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดีทุกประการ



บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. หินน้ำมัน	8
3. ฟลูอิดเซชัน	24
4. การเผาไหม้ฟลูอิดซ์เบด	34
5. อุปกรณ์การทดลอง และการดำเนินการวิจัย	42
6. ผลการทดลอง และอภิปราย	63
7. สรุปการวิจัย และข้อเสนอแนะ	90
เอกสารอ้างอิง	92
ภาคผนวก	97
ประวัติ	122

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงปริมาณการปล่อยสารมลพิษของระบบการไหม้ต่าง ๆ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (E.P.A)	2
1.2 แสดงคุณสมบัติของถ่านหินในระบบการเผาไหม้ต่าง ๆ	3
1.3 ผลการวิเคราะห์หินน้ำมันที่ใช้ในการสันดาปฟลูอิดซ์เบค ของ Pitrolo และ Shang	11
1.4 รายละเอียดของเตาเผาฟลูอิดซ์เบค ขนาด 6 นิ้ว ของ METC	12
1.5 รายละเอียดของเตาเผาฟลูอิดซ์เบค ขนาด 18 นิ้ว ของ METC	13
1.6 สภาวะการทดลองของ Pitrolo และ Shang	14
1.7 คุณสมบัติของหินน้ำมันแม่สอดที่ Lurgi ใช้ในการทดสอบ	15
1.8 สภาวะการทดลองที่ Lurgi ใช้ในการทดสอบหินน้ำมันแม่สอด ...	17
2.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของหินน้ำมันจากแหล่งแม่สอด	21
2.2 การวิเคราะห์เถ้าของหินน้ำมันจากแหล่งแม่สอด	22
2.3 การวิเคราะห์อันติมะของหินน้ำมันจากแหล่งแม่สอด	23
6.1 ผลการเปรียบเทียบค่าความเร็ว U_{mf} ที่ได้จากการทดลอง และการคำนวณ	84
6.2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของหินน้ำมันแหล่งแม่สอดที่ใช้ทดลอง	85
6.3 เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (\bar{d}_p) ของเม็ดหินน้ำมัน	86
6.4 แสดงข้อมูลและผลการคำนวณประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหินน้ำมัน ขนาด 2.29 มม. ที่อัตราการป้อน 9.49 กก./ชม.	87
6.5 แสดงข้อมูลและผลการคำนวณประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหินน้ำมัน ขนาด 1.15 มม. ที่อัตราการป้อน 7.69 กก./ชม.	88
6.6 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ได้จากการ ทดลองและการคำนวณ	89

ตารางที่

หน้า

ก-1	แสดงอัตราการบ่อนดินน้ำมัน , ความเร็วรอบของสกรู, แรงบิด และกำลังที่บ่อนให้แก่เพลลาของเครื่องบ่อนแบบสกรู	99
ข-1	ข้อมูลการทดลองหาค่า U_{mf} ของดินน้ำมันขนาด 3.94 มม.....	100
ข-2	ข้อมูลการทดลองหาค่า U_{mf} ของดินน้ำมันขนาด 2.29 มม.....	101
ข-3	ข้อมูลการทดลองหาค่า U_{mf} ของดินน้ำมันขนาด 1.15 มม.....	102
ข-4	ผลการวิเคราะห์ C, H, N และค่าความร้อนของดินน้ำมันโดยศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ..	103
ข-5	ข้อมูล Sieve Analysis ของดินน้ำมันขนาดต่าง ๆ กัน	104
ข-6	ข้อมูลการปรับเทียบ (Calibrate) อัตราการบ่อนดินน้ำมันผ่านเครื่องบ่อนแบบสกรู	105
ข-7	ข้อมูลการเผาไหม้ดินน้ำมันขนาด 2.29 มม. ที่อัตราการบ่อน 9.49 กก./ชม.	106
ข-8	ข้อมูลการเผาไหม้ดินน้ำมันขนาด 1.15 มม. ที่อัตราการบ่อน 7.69 กก./ชม.	107
ค-1	แสดงตัวอย่างการคำนวณหา \bar{d}_p ของดินน้ำมันขนาด -6 +10	108
ค-2	แสดงตัวอย่างการคำนวณหา \bar{d}_p ของดินน้ำมันขนาด -10 +20 ...	109
ง-1	แสดงผลการคำนวณหาค่าความเร็ว U_t สำหรับดินน้ำมันขนาดเล็กที่สุดของดินน้ำมันขนาด $\bar{d}_p = 2.29$ มม.	116
ง-2	แสดงผลการคำนวณหาค่าความเร็ว U_t สำหรับดินน้ำมันขนาดเล็กที่สุดของดินน้ำมันขนาด $\bar{d}_p = 1.15$ มม.	117

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงเตาเผาฟลูอิดซ์เบดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ของ METC	8
1.2 แสดงรายละเอียดของเตาฟลูอิดซ์เบดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18 นิ้ว ของ METC	9
1.3 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเตาฟลูอิดซ์เบดขนาด 18 นิ้ว ของ METC	10
1.4 แสดงเตาระบบฟลูอิดซ์เบดของ Lurgi	16
3.1 แสดงองค์ประกอบที่เอื้ออำนวยให้เกิดฟลูอิดเซชัน	25
3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันตก (Pressure Drop) กับความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านเบด	26
3.3 แสดงปรากฏการณ์ฟลูอิดเซชันที่ความเร็วของของไหลต่าง ๆ กัน	27
3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกภายในเบดกับความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านเบดเมื่อ เม็ดของแข็งมีขนาดใกล้เคียงกัน	29
3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกภายในเบดกับความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านเบดเมื่อ เม็ดของแข็งมีการกระจายขนาดที่ดี	29
4.1 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของเตาเผาฟลูอิดซ์เบดขั้นพื้นฐาน	36
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบการเผาไหม้ฟลูอิดซ์เบดกับการขยายตัวของเบด ($\bar{d}_p = 100 \mu\text{m}$)	41
5.1 รูปถ่ายหอตดลองพลาสติกใสพร้อมมาโนมิเตอร์	44
5.2 แสดงชุดอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทดลองปรากฏการณ์ฟลูอิดเซชัน	45
5.3 แสดงรายละเอียดของหอตดลองพลาสติกใส	46
5.4 เตาเผาฟลูอิดซ์เบดตัวที่หนึ่ง	49
5.5 แสดงลักษณะและรายละเอียดของเครื่องบ้อนแบบสกรูของเตาเผาฟลูอิดซ์เบดตัวที่หนึ่ง	51
5.6 แสดงลักษณะและรายละเอียดของเตาเผาฟลูอิดซ์เบดตัวที่สอง	54
5.7 แสดงลักษณะของเตาเผาตัวที่สองที่สร้างขึ้น	55

5.8	แสดงรายละเอียดของเครื่องบ่อนแบบสกรูของ เตาตัวที่สอง	56
5.9	แสดงระบบบ่อน เชื้อเพลิงของ เตาตัวที่สอง	57
5.10	แสดงลักษณะของเตาเผาตัวที่สองขณะดำเนินการทดลอง	59
6.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกภายในเบด (ΔP) กับความเร็ว ของอากาศที่ไหลผ่านเบด (U_0) ของหินน้ำมันขนาด 3.94 มม.	71
6.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกภายในเบด (ΔP) กับความเร็ว ของอากาศที่ไหลผ่านเบด (U_0) ของหินน้ำมันขนาด 2.29 มม.	72
6.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกภายในเบด (ΔP) กับความเร็ว ของอากาศที่ไหลผ่านเบด (U_0) ของหินน้ำมันขนาด 1.15 มม.	73
6.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกภายในเบด (ΔP) กับความเร็ว ของอากาศที่ไหลผ่านเบด (U_0) ของหินน้ำมันที่บรรจุในเบดหนัก 1,500 กรัม	74
6.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการบ่อนหินน้ำมัน (กก./ชม.) กับความเร็วรอบของสกรู (รอบ/นาที)	75
6.6	แสดงอุณหภูมิภายในเตาที่ระยะห่างจากแผ่นกระจายอากาศต่าง ๆ กัน	76
6.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในเตาเผา T_5 ($^{\circ}\text{C}$) กับ ปริมาณ Excess air (%)	77
6.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเผาไหม้คาร์บอน กับ ปริมาณ Excess air อุณหภูมิภายในเตาเผา T_5 และขนาดเฉลี่ย ของเม็ดหินน้ำมัน	78
6.9	แสดงภาพถ่ายความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเผาไหม้คาร์บอน กับปริมาณ Excess air ของหินน้ำมันขนาด 2.29 มม. จากรูปที่ 6.8	79
6.10	แสดงภาพถ่ายความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเผาไหม้คาร์บอน กับปริมาณ Excess air ของหินน้ำมันขนาด 1.15 มม. จากรูปที่ 6.8	80
6.11	แสดงภาพถ่ายความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเผาไหม้คาร์บอน กับอุณหภูมิภายในเตาเผา T_5 ของหินน้ำมันขนาด 2.29 มม. จากรูปที่ 6.8	81

รูปที่

หน้า

6.12	แสดงภาพถ่ายความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเผาไหม้คาร์บอน กับอุณหภูมิภายในเตาเผา T_5 ของหินน้ำมันขนาด 1.15 มม. จากรูปที่ 6.8	82
6.13	แสดงภาพถ่ายหินน้ำมันขนาด 1.15 มม. ที่กำลังลุกไหม้ในเตาเผา ฟลูอิดไคซ์เบดโดยมีปริมาณ Excess air 116.5%	83
6.14	แสดงภาพถ่ายการลุกไหม้ของหินน้ำมันซึ่งผสมกันระหว่างขนาด 3.94 มม. และ 1.15 มม.	83
จ-1	แสดงเม็ดของแข็งที่อยู่ในสมดุลย์ของแรงภายในท่อทดลอง ที่มี อากาศไหลผ่านที่อุณหภูมิกงที่ และมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	118

คำอธิบายสัญลักษณ์



- A = ปริมาณเข้าในหินน้ำมัน, % โดยน้ำหนัก
 A_b = พื้นที่ของเตาเผา หรือหอทดลอง, ซม.²
 A_{loss} = ปริมาณเข้าที่หลุดลอยจากเตาเผา, % โดยน้ำหนัก
 A_p = พื้นที่หน้าตัดของเม็ดของแข็งคิดจากเส้นผ่าศูนย์กลาง, ซม.²
 $(A/F)_a$ = อัตราส่วนอากาศ/เชื้อเพลิงขณะเผาไหม้, กิโลกรัมของอากาศ/กิโลกรัมของเชื้อเพลิง
 $(A/F)_t$ = อัตราส่วนอากาศ/เชื้อเพลิงทางทฤษฎี, กิโลกรัมของอากาศ/กิโลกรัมของเชื้อเพลิง
 C = ปริมาณคาร์บอนในหินน้ำมัน, % โดยน้ำหนัก
 C_d = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน
 CO_2 = ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ใน Flue gas, % โดยปริมาตร
 CO = ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ใน Flue gas, % โดยปริมาตร
 C_o = ปริมาณคาร์บอนในเถ้าที่ระบายออกจากเตา, % โดยน้ำหนัก
 C_s = ค่าแฟคเตอร์สำหรับเกลียวหนอนสกรูที่มีลักษณะต่าง ๆ กัน
 D = เส้นผ่าศูนย์กลางของเกลียวหนอนสกรู, ม.
 d_b = เส้นผ่าศูนย์กลางของหอทดลองหรือเตาเผา, ซม.
 d_p = เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดหินน้ำมัน, ซม. หรือ มม.
 \bar{d}_p = เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของเม็ดหินน้ำมัน, ซม. หรือ มม.
 d_{pi} = เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยระหว่างชั้นของตะแกรงสองชั้น, มม.
 $d_{p,min}$ = เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดหินน้ำมันที่เล็กที่สุดของหินน้ำมันแต่ละขนาด, ซม. หรือ มม.
 d_s = เส้นผ่าศูนย์กลางของเพลลาของเครื่องบ่อนแบบสกรู, ซม. หรือ มม.
 EA = ปริมาณ Excess air, %
 f = ค่าแฟคเตอร์สำหรับการบ่อนวัสดุที่ความเอียงต่าง ๆ กัน
 F_b = แรงพุงของอากาศที่กระทำบนเม็ดของแข็ง
 FC = ปริมาณคาร์บอนคงตัวในหินน้ำมัน, % โดยน้ำหนัก
 F_d = แรง Drag force ที่กระทำบนเม็ดของแข็ง
 F_f = แรง Friction force ที่กระทำบนเม็ดของแข็ง
 F_i = อัตราการบ่อนหินน้ำมันเข้าสู่เตาเผา, กิโลกรัม/ชม.
 F_o = อัตราการระบายเถ้าออกจากเตาเผาผ่านท่อระบาย, กิโลกรัม/ชม.

F_{ot}	= อัตราการระบายไถ้รวม, กิโลกรัม/ชม.
F_p	= แรง Pressure force ที่กระทำบนเม็ดของแข็ง
g	= ค่าคงตัวของแรงดึงดูดของโลก, ซม./(วินาที) ² หรือ ม./(วินาที) ²
g_c	= ค่าแฟคเตอร์แปลงหน่วย = 980 กรัม.ซม./กรัม.(วินาที) ²
h	= ระยะพิทช์ของเกลียวทนอนสกรู, ม.
H	= ปริมาณไฮโดรเจนในหินน้ำมัน, % โดยน้ำหนัก
HV	= ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง, คาลอรี/กรัม
k	= ค่าแฟคเตอร์ความเค็มท่อป้อนของเครื่องป้อนแบบสกรู
k_t	= ค่าแฟคเตอร์แก้ไขโมเมนต์บิด
L	= ความสูงของเบค, ซม.
L_f	= ความสูงของฟลูอิดเบค, ซม.
L_{mf}	= ความสูงของเบคในขณะเริ่มฟลูอิด, ซม.
L_s	= ความยาวการขนถ่าย, ม.
M	= ปริมาณความชื้นในหินน้ำมัน, % โดยน้ำหนัก
N	= ปริมาณไนโตรเจนในหินน้ำมัน, % โดยน้ำหนัก
n	= ความเร็วรอบของเพลลา, รอบ/นาที
O	= ปริมาณออกซิเจนในหินน้ำมัน, % โดยน้ำหนัก
O_2	= ปริมาณออกซิเจนใน Flue gas, % โดยปริมาตร
P	= ความดันของอากาศ, บรรยากาศ
P_s	= กำลังที่ใช้ในการขับเครื่องป้อนแบบสกรู, วัตต์
Q	= อัตราการไหลของอากาศ, ม. ³ /ชม. หรือ ซม. ³ /วินาที
R	= ค่าคงตัวของก๊าซ
Re_p	= ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ = $\frac{U\rho d}{\mu}$
S	= ปริมาณซัลเฟอร์ในหินน้ำมัน, % โดยน้ำหนัก
S_{f1}	= อัตราเพื่อความปลอดภัย
S_{f2}	= อัตราเพื่อผลของร่องลึ้ม
SG	= ค่าความถ่วงจำเพาะ

- T_c = อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเตาเผา, $^{\circ}\text{C}$.
 T_h = อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศร้อนภายในเตาเผาช่วงพรีเบิร์ด, $^{\circ}\text{C}$.
 T_m = อัตราการป้อนหินน้ำมันโดยเครื่องป้อนแบบสกรู, กิโลกรัม/ชม.
 T_s = โมเมนต์บิดของเพลลา, นิวตัน.ม.
 T_1, T_2, T_3, T_8 = อุณหภูมิผนังเตาด้านสัมผัสกับ เปลวไฟที่ระยะห่างจากแผ่นกระจายอากาศ 5, 15, 25 และ 80 ซม. ตามลำดับ, $^{\circ}\text{C}$.
 T_4, T_5, T_6, T_7, T_9 = อุณหภูมิภายในเตาเผาที่ระยะห่างจากแผ่นกระจายอากาศ 10, 20, 30, 45 และ 115 ซม. ตามลำดับ, $^{\circ}\text{C}$.
 T_{10} = อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเตาเผา, $^{\circ}\text{C}$.
 U = ความเร็วของของไหล, ซม./วินาที
 U_b = ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านบับบลิ้งฟลูอิด์เบด, ซม./วินาที
 U_f = ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านฟลูอิด์เบด, ซม./วินาที
 U_i, U_{mf} = ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่าน เบดขณะเริ่มฟลูอิด์, ซม./วินาที
 U_o = ความเร็วของของไหลภายในหอทดลอง หรือเตาเผา, ซม./วินาที = Q/A_b
 U_{oc} = ความเร็วของของไหลภายในหอทดลองหรือเตาเผาที่สภาวะก่อนเข้าเตาเผา, ซม./วินาที
 U_{oh} = ความเร็วของของไหลภายในหอทดลองหรือเตาเผาที่อุณหภูมิสูง, ซม./วินาที
 U_p = ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่าน เบดนิ่ง, ซม./วินาที
 U_t = ความเร็วของของไหลที่ทำให้เม็ดของแข็งในเบดเริ่มหลุดลอย, ซม./วินาที
 VM = ปริมาณสารระเหยในหินน้ำมัน, % โดยน้ำหนัก
 W = น้ำหนักของ เม็ดของแข็ง
 x_i = เศษส่วนของน้ำหนักหินน้ำมันที่ค้างบนตะแกรงแต่ละชั้น
 ΔP = ความดันตกภายในเบด, ซม. ของน้ำ
 ΔP_f = ความดันตกภายในเบดขณะเกิดฟลูอิด์, ซม. ของน้ำ
 ΔP_i = ความดันตกภายในเบดขณะเริ่มฟลูอิด์, ซม. ของน้ำ
 ΔP_p = ความดันตกภายในเบดขณะเบดอยู่นิ่ง, ซม. ของน้ำ

ϵ_m	=	เศษส่วนของช่องว่างในเบคหนึ่ง
ϵ_{mf}	=	เศษส่วนของช่องว่างในเบคขณะเริ่มฟลูอิดซ์
ϕ_s	=	แฟคเตอร์รูปร่างที่แตกต่างจากทรงกลม
η_c	=	ประสิทธิภาพการเผาไหม้คาร์บอน, %
μ	=	ความหนืดของของไหล, กรัม/ซม. วินาที
ρ_c	=	ความหนาแน่นของอากาศก่อนเกิดการเผาไหม้, กรัม/ซม. ³
ρ_h	=	ความหนาแน่นของอากาศขณะเกิดการเผาไหม้, กรัม/ซม. ³
ρ_g	=	ความหนาแน่นของของไหล, กรัม/ซม. ³
ρ_s	=	ความหนาแน่นของเม็ดของแข็ง, กรัม/ซม. ³
δ	=	มุมเอียงของการป้อนวัสดุ
Ω	=	แฟคเตอร์ค่าความสูญเสียรวม
τ	=	ความเค้นเฉือน, กก./มม. ²
τ_a	=	ความเค้นเฉือนของวัสดุที่ใช้ทำเพลลา, กก./มม. ²
σ_B	=	ความเค้นดึงสูงสุดของวัสดุ, กก./มม. ²