

เอกสารอ้างอิง

1. Stephen A. Newman. Shale Oil Upgrading & Refining. Butterworth Publishers, 1983.
2. Yen, T. F. in Science and Technology of Oil Shale (Yen, T. F. ed.) pp. 47-64, Ann Arbor Science.
3. เกลน เอฟ บราวน์, ส่ฆาน บุราวาค่, ชู่ฆเลขภู จรัลข่วนะเพท, นิธิพัฒน์ ข่าสี่จันทร้, วิลเสียม ดี จอนส์ตัน จูเนียร์, วิข่า เค้รชฐบุตร และ จอร์ช ซี เทเลอร์ จูเนียร์, แหล่งแร่ประเทศไทย, เอกสารธรณีวิทยา เลขที่ 1 กรมโลหกิจ พ.ค.2496
4. Eur-aree, A., et al , Application of Fluidization to Oil Shale Retorting. Department of Chemical Technology. Faculty of Science Chulalongkorn University. 1976
5. Yen , T.F. and Chilingarian , G.V. Oil Shale.Elsevier Scientific Publishing Company , pp. 1-11, 45-46, 1976 .
6. Research and Development Division, Planning Department. Research and Development of the Energy from Oil Shale for Electricity Generation Electricity Generating Authority of Thailand, April 1981.
7. Tantisukrit, C., et al., Oil Shale Resources at Ban Huai Kalok, Mae Sot District, Thailand. Department of Geological Science., Faculty of Science Chiang Mai University, May 1981.
8. สม่ค้กดี ตำรงค้เลิศ ฟลูอิดเซชัน ภาควิข่าเคมิเทคคิค คณะวิทยาค่าสตร์ จุฬาลงกรณ้ มหาวิทยาลัย, พฤค้จิกายน 2524

9. พล ส่า เกทอง, ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับฟลูอิดไอเซชัน. ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, มกราคม 2526.
10. Kunii, D, and Levenspiel, O. Fluidization Engineering Robert E. Kricger Publishing Co., New York 1969.
11. Pitrolo, A. A, and Shange, J. Y. Fluidized Bed Combustion of Oil Shale. US. Department of Energy. Morgantown Energy Technology Center. Morgantown, WV. October 1980.
12. Ergun, S. Chemical Engineering Progress. 48, 227, 1952.
13. Wen, C.Y., and Yu, Y. H. A. I. ChE. J., 12 610, 1986.
14. Miller, C. O., and Logwink, A. K. Industrial Engineering Chemical. 43. 1220, 1951.
15. Johnson, E. Inst Gas Engrs. (London), Rept., 1949-1950 Publ No. 378/179
16. Baerg. A. Klassen, J., and Gishler, P. E. Can J. Research 28. 287, 1950.
17. Wilhelm, R. H., and Kwauk, M. Chemical Engineering Progress. 44. 201, 1984.
18. Leva, M., et al., Genic Chim. 75. 33, 1956.
19. Skinner, D. G. Fluidized Combustion of Coal. Mills and Monograph CE/3, 1971.
20. Pinchback, P. H., and Popper. F. Chemical Engineering Science. 6. 57, 1956.

21. Anglino, Chemical Engineering Progress 18, 202, 1971.
22. Gilliland, E. R., and Mason, E. A. Industrial Engineering Chemical. 41, 1191-1949, 1952.
23. Dunckwerts, P. V., et al. Chemical Engineering Science, 3. 26, 1954.
24. Kondukov, N. B., et al Intern. Chem. Eng. 4, 43, 1954.
25. Chang, E. Y. and Thodos, G. "Complex Nature of the Sulfation Reaction of Limestones and Dolomites." AICHE Journal, 30(3), 450-456, 1984.
26. Tadema, H. J., Weijdema, J. Oil & Gas J. 1970. 68(50). 77.
27. Biswas, B. K., Essenhigh, R. H. AICHE Symp 1952/53, 2, 687.
28. Braun, R. L. Lawrence Livermore National Laboratory Report, UCRL 53119, 1981.
29. In Chul Lee and Hong Yong Sohn, Experimental Investigation and Mathematical Modeling of the Ignition an Oil Shale Bed with Hot Air. Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. Vol.24., 753-761, 1985.
30. Mei, J. S., Shang, J. Y., Rice, R. L., Grium, U., Halow, J. S., Ayers, W. J., Keren, Jr., Y. "Fluidized-Bed Combustion of Israeli Oil Shale.", The Proceeding of the Sixth International Conference on Fluidized Bed Combustion, Vol.3, April 9-11, 1980, pp. 840-848.

31. สุธรรม วาณิชเสณี, ปิยะสาร ประเสริฐธรรม, กุลธร ศิลปบรรเลง, ศิริเดช วุฒาพิทักษ์, วิจิตรา จงวิศาล, ชนันทน์ นาคลวีลดี "การศึกษาเบื้องต้นการเผาไหม้หินน้ำมันในเครื่องสันดาปฟลูอิดไอดีเบตความดันบรรยากาศ" วารสารวิศวกรรม, 54-56, มิถุนายน 2528.
32. A.S.T.M. 1965, "Gaseous Fuels, Coal and Coke," ASTM Standards part 19.
33. Khitrin, L. N. "Physics of Combustion and Explosion Translated from Russian" Published by the National Science Foundation, Washington, D.C. by the Israel Programmer for Science Translation, Jurusalem, 137-147. 1976
34. T. Hirama, H. Hosoda, H. Nishizaki, T. Chiba and H. Kobayashi "Effect of Size Distribution of Coal on Fluidized-Bed Combustion." International Chemical Engineering. Vol. 24. No. 3. pp. 502-510. (1984)
35. Perry, J. H. Chemical Engineer's Handbook. 3rd edition. McGraw Hill Book, Company, 1950.
36. Irving M. Klotz, Robert M. Rosenberg. Chemical Thermodynamics Basic Theory and Methods. 3rd edition The Benjamin/Cumming Publishing Company, pp. 47 (1974)
37. กัญจนนา บุญเกียรติ "การคำนวณขั้นต้นในวิชาวิศวกรรมเคมี เล่ม 2" ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 9.81 - 9.139, พฤศจิกายน 252
38. M.B., Gordon. Physical Chemistry. 4th edition McGraw-Hill Book Company, pp. 803, 1979.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติทางกายภาพของหินน้ำมัน

1. การหาปริมาณความชื้น (ใช้วิธีการทดลองตาม ASTM D3173)

น้ำหนักของหินน้ำมันก่อนอบ	=	0.997	กรัม
น้ำหนักของหินน้ำมันหลังอบ	=	0.9646	กรัม
น้ำหนักของน้ำในหินน้ำมัน	=	0.0324	กรัม
ปริมาณร้อยละความชื้นของหินน้ำมัน	=	$\frac{(0.0324)(100)}{(0.997)}$	
	=	2.35	

ทำการทดลองซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจากผลการทดลองได้ค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยของหินน้ำมันร้อยละ 2.35

2. การหาปริมาณเถ้า (ใช้วิธีการทดลองตาม ASTM D3174)

น้ำหนักของหินน้ำมันก่อนอบ	=	0.9996	กรัม
น้ำหนักของหินน้ำมันหลังอบ	=	0.7668	กรัม
ปริมาณร้อยละของเถ้า	=	$\frac{(0.7668)(100)}{(0.9996)}$	
	=	76.71	

ทำการทดลองซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลการทดลองได้ค่าปริมาณร้อยละของเถ้า 76.71

3. การหาปริมาณสารระเหย (ใช้วิธีการทดลองตาม ASTM D3175)

น้ำหนักของหินน้ำมันก่อนอบ	=	0.9942	กรัม
น้ำหนักของหินน้ำมันหลังอบ	=	0.7725	กรัม
น้ำหนักที่หายไป	=	0.2217	กรัม
ปริมาณร้อยละของสารระเหย	=	$\frac{(0.2217)(100)}{(0.9942)} - 3.0$	
	=	19.3	

ทำการทดลองซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลการทดลองได้ค่าปริมาณร้อยละของสารระเหย

19.3

4. การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณร้อยละของคาร์บอนคงตัว} &= 100 - \text{ปริมาณร้อยละของความชื้น} \\
 &\quad - \text{ปริมาณร้อยละของสารระเหย} \\
 &\quad - \text{ปริมาณร้อยละของเถ้า} \\
 &= 100 - 3 - 19.3 - 76.71 \\
 &= 0.99
 \end{aligned}$$

หมายเหตุ สำหรับการวิเคราะห์ข้อ 3. และ ข้อ 4. เป็นวิธีสำหรับการวิเคราะห์ถ่านหิน

ภาคผนวก ข

คุณค่าทางความร้อน (Heating value)

1. การคำนวณหาค่าปริมาณความร้อนเทียบเท่า (Energy equivalent) ของบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ จากปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ (Heat of combustion) ของกรดเบนโซอิก (Benzoic acid)

$$W = \frac{H_m + e_1 + e_3}{t}$$

โดยที่ W = ปริมาณความร้อนเทียบเท่าของบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (แคลอรี/องศาเซลเซียส)

H = ปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ของกรดเบนโซอิก (6,318 แคลอรี/กรัม)

m = น้ำหนักของกรดเบนโซอิก (1.0699 กรัม)

t = อุณหภูมิแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิลสุดท้าย
= (88.95 + 0.35) - (84.03 + 0.20) = 5.07

e₁ = ความถูกต้อง (Correction) ของปริมาณความร้อนของการรวมตัว (Formation) ของกรดไนตริก (Nitric acid) = 0.95 ชม.

e₃ = ความถูกต้องของปริมาณความร้อนของการเผาไหม้ของขดลวด (Ignition wire)

= 2.3 x ความยาวลวดที่ใช้

= 2.3 x 7.4 = 17.02 แคลอรี

$$\text{ดังนั้น } W = \frac{(6318 \times 1.0699) + 0.95 + 17.02}{5.07}$$

= 1337 แคลอรี/องศาฟาเรนไฮต์

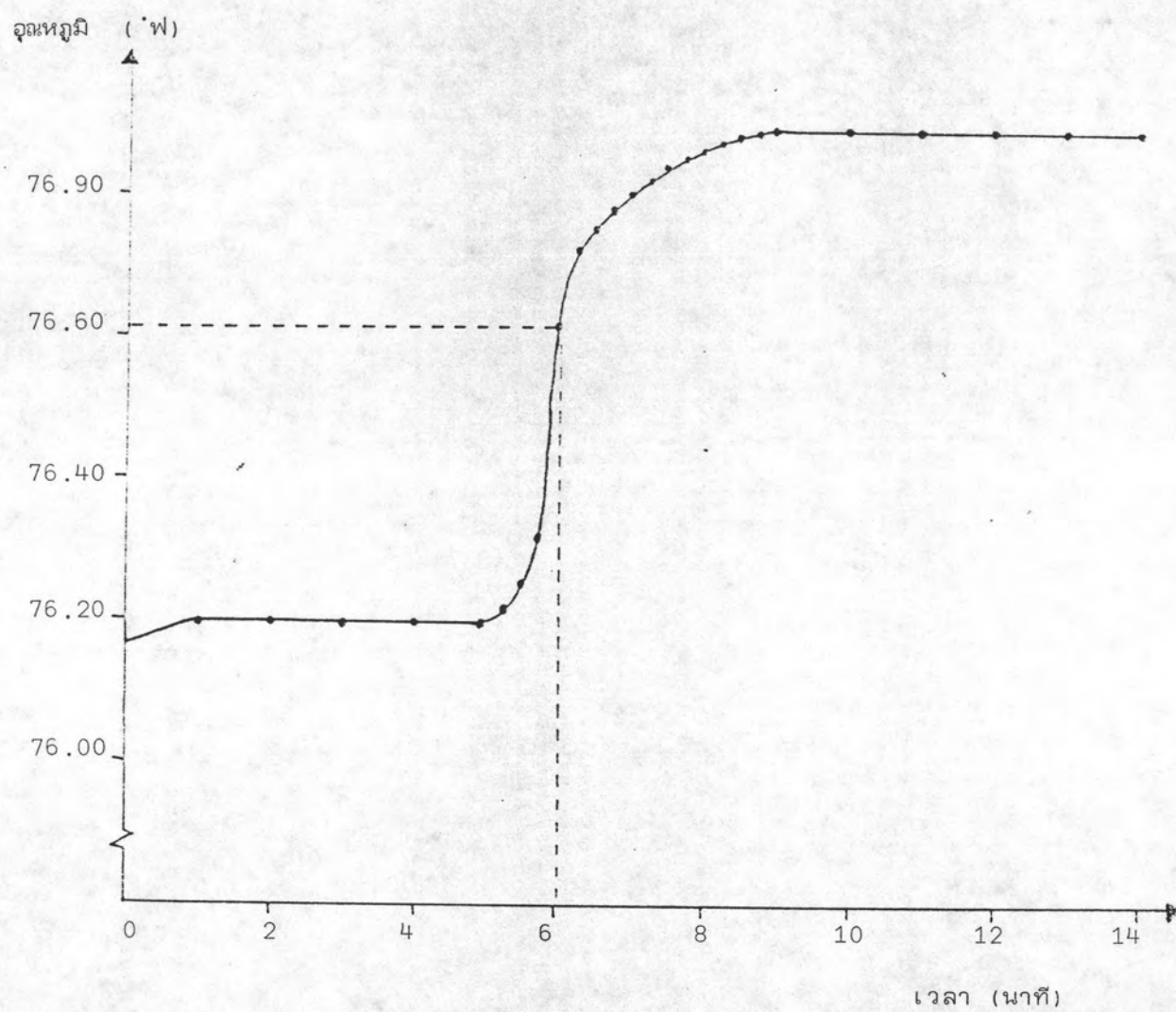
2. การคำนวณหาคุณค่าทางความร้อนของหินน้ำมัน

$$H_g = \frac{tw - e_1 - e_2 - e_3}{m}$$

- โดยที่ H_g = ค่าความร้อนของการเผาไหม้หินน้ำมัน (Gross heating value of combustion) (แคลอรี/กรัม)
- t = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเทอร์โมมิเตอร์
 $= t_c - t_a - r_1 (b-a) + r_2 (c-b)$
- t_c = อุณหภูมิสูงสุดของการเผาไหม้ที่แก้ค่าแล้ว เนื่องจากความผิดพลาดของสเกลเทอร์โมมิเตอร์
- t_a = อุณหภูมิเมื่อเริ่มจุดระเบิดที่แก้ค่าแล้ว เนื่องจากความผิดพลาดของเทอร์โมมิเตอร์
- r_1 = อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิก่อนการจุดระเบิด 5 นาที
- r_2 = อัตราการลดลงของอุณหภูมิหลังจากอุณหภูมิสูงสุด
- c = เวลาตั้งแต่เริ่มทำการทดลองจนถึงเมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกงที่
- a = เวลาก่อนการจุดระเบิด
- b = เวลาที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 60% ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด (ดูจากกราฟ)
- w = ค่าน้ำหนักสมมูล (Water equivalent)
- e_2 = การแก้ค่า เกี่ยวกับ Heat of formation ของกรดซัลฟูริก
 $= 14 \cdot (\text{ร้อยละของปริมาณซัลเฟอร์}) \cdot (\text{น้ำหนักของตัวอย่างหินน้ำมัน})$
- ra = น้ำหนักของหินน้ำมันตัวอย่าง (กรัม)

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการทดลองหาค่าความร้อนโดยใช้บอมบ์แคลอรีมิเตอร์
หินน้ำหนักที่ใช้คือ ขนาด 1-3 มม.

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ฟ)
0.00	76.1777
1.00	76.1900
2.00	76.1930
3.00	76.1967
4.00	76.1977
5.00	76.1977
5.15	76.2100
5.30	76.2500
5.40	76.3250
6.00	76.6140
6.15	76.7200
6.30	76.7550
6.45	76.7850
7.00	76.8050
7.15	76.8230
7.30	76.8400
7.45	76.8500
8.00	76.8600
8.15	76.8700
8.30	76.8800
8.45	76.8850
9.00	76.8915
10.00	76.8915
11.00	76.8915
12.00	76.8910
13.00	76.8910
14.00	76.8905



รูปที่ ข.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปและเวลาที่เพิ่มขึ้น

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปและเวลาที่ใช้ในการบอมป์แคลอรีมิเตอร์

$$t = t_c - t_a - r_1(b-a) + r_2(c-b)$$

โดยที่

$$t_c = 76.8915 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_a = 76.1977 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$r_1 = 0.004 \text{ } ^\circ\text{F/นาท}$$

$$r_2 = 0.001 \text{ } ^\circ\text{F/นาท}$$

$$c = 9.0 \text{ นาท}$$

$$a = 5.0 \text{ นาท}$$

$$b = 5.98 \text{ นาท}$$

$$t = 76.8915 - 76.1977 - 0.004(5.98 - 5.0) + 0.001(9.0 - 5.98)$$

$$= 0.6929 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$H_g = \frac{t_w - e_1 - e_2 - e_3}{m}$$

โดยที่

$$t = 0.6929 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$W = 1336.80 \text{ แคลอรี/} ^\circ\text{F}$$

$$e_1 = 0.6 \text{ แคลอรี}$$

$$e_2 = 0.95 \text{ แคลอรี}$$

$$e_3 = 0.2 \text{ แคลอรี}$$

$$m = 1.0439 \text{ แคลอรี}$$

$$H_g = \frac{(0.6929)(1336.80) - 0.6 - 0.95 - 0.2}{1.0439}$$

$$= 885.64 \text{ แคลอรี/กรัม}$$

ภาคผนวก ค

การเปรียบเทียบค่าที่อ่านได้จากมานอมิเตอร์และอัตราการไหลของอากาศ

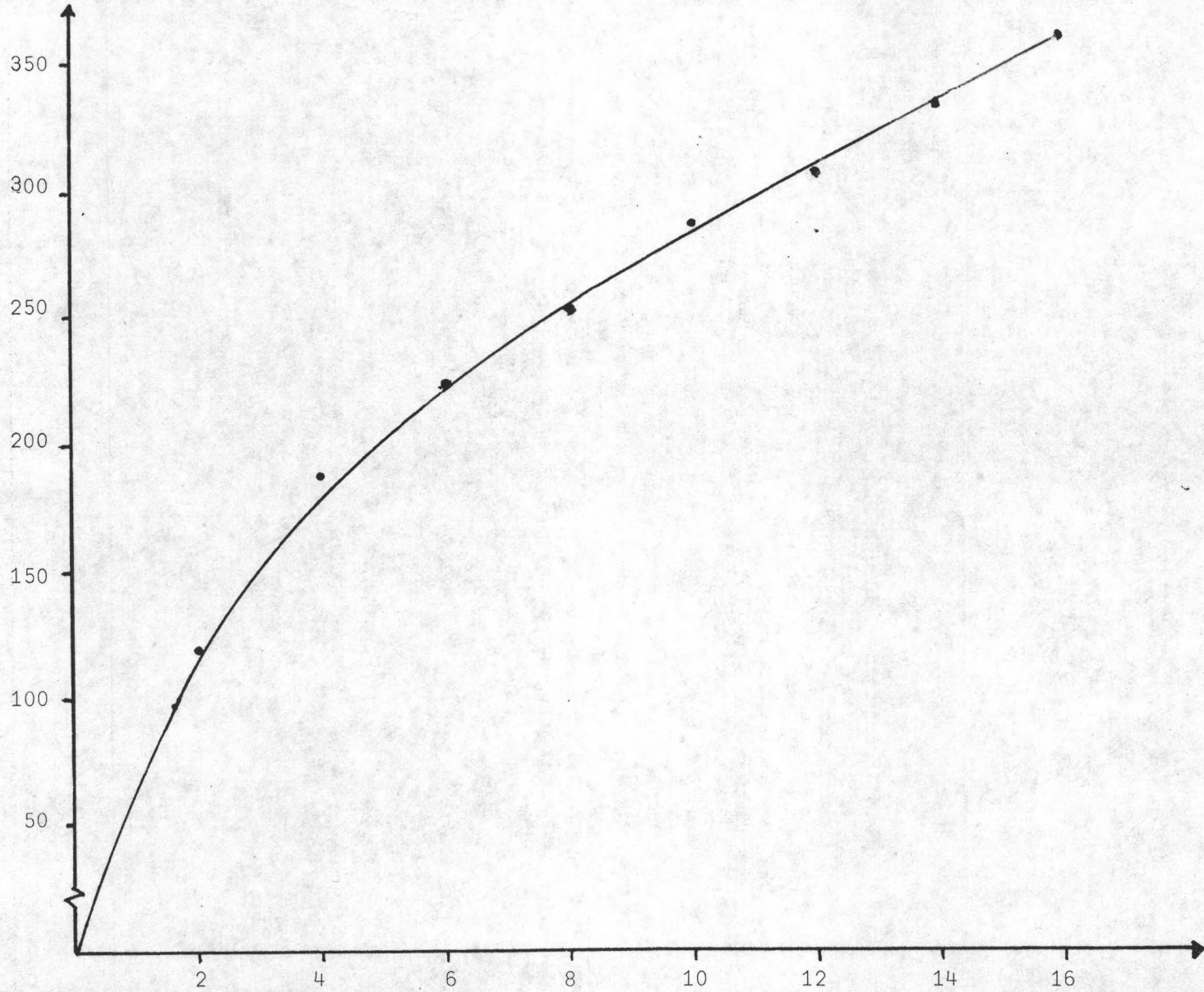
Calibration of manometer

ใช้เครื่องวัดความเร็วลม วัดความเร็วลมที่ท่อทางออกซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 56.75 ซม.²

ตารางที่ ค.1

ค่าความดันที่อ่านได้จากมานอมิเตอร์ (ซม. / น้ำ)	ความเร็วอากาศ (ซม. / วินาที)
2	120.0
4	176.7
6	225.0
8	257.5
10	288.3
12	318.3
14	342.5

ความเร็วอากาศ (ชม./วินาที)



ค่าความดันที่อ่านจากมานอมิเตอร์

รูปที่ ค.1

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศและค่าความดันที่อ่านได้จากมานอมิเตอร์



ภาคผนวก ง

การทดลองหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิดไอเซชัน

ตารางที่ ง.1 แสดงข้อมูลการทดลองหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิดไอเซชัน

โดยอาศัยการวัดความดันที่เปลี่ยนไปขณะที่อากาศไหลผ่านเบดที่มีความสูงต่าง ๆ กัน

ขนาดของหินน้ำมัน 1-3 มม.
เส้นผ่านศูนย์กลางคอสมัน 15 ซม.
ความสูงเบด 10, 15, 20 ซม.

ความดันที่เปลี่ยนไป (ซม./น้ำ)			ความเร็วอากาศ (ซม./วินาที)	อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /ซม.)
L = 10	L = 15	L = 20		
3.20	4.0	4.80	55.02	35
3.90	4.3	5.30	62.88	40
4.30	5.4	6.50	78.60	50
6.80	7.3	7.80	94.31	60
7.95	9.2	9.50	110.03	70
8.40	10.0	10.00	117.89	75
9.52	10.5	10.50	125.75	80
10.30	11.2	11.80	133.61	85
11.50	12.2	12.90	141.47	90
11.50	12.2	12.90	149.33	95
11.50	12.2	12.90	157.19	100
11.50	12.2	12.90	165.05	105
11.50	12.2	12.90	172.91	110

ตารางที่ ง.2

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหินน้ำมัน 1-2 มม.

เส้นผ่านศูนย์กลางคอสมัน 15 ซม.

ความสูงเบด 10, 15, 20 ซม.

ความดันที่เปลี่ยนแปลงไป (ซม.น้ำ)			ความเร็วอากาศ (ซม./วินาที)	อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /ซม.)
L = 10	L = 15	L = 20		
15	17	19.3	157.27	100
18	21	22	172.99	110
20	22	23	180.86	115
21	23	25	188.72	120
24	27	28	204.45	130
25	28	30	212.31	135
26	29	32	220.18	140
28	30	33	228.04	145
30	32	34	235.90	150
30	32	34	251.63	160
30	32	34	267.36	170

ตารางที่ ง.3

ขนาดของหินน้ำมันเล็กกว่า 1 มม.
 เส้นผ่านศูนย์กลางคอสมัน 15 ซม.
 ความสูงเบต 10, 15, 20 ซม.

ความดันที่เปลี่ยนไป (ซม.น้ำ)			ความเร็วอากาศ (ซม./วินาที)	อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /ซม.)
L = 10	L = 15	L = 20		
11.5	15.0	18.0	78.60	50
13.0	16.0	20.0	86.49	55
11.5	17.0	19.0	94.31	60
14.0	17.0	19.0	102.21	65
15.0	18.0	20.0	110.03	70
14.0	17.0	20.0	117.95	75
14.0	17.0	19.0	125.75	80
14.0	17.0	19.0	133.68	85

ภาคผนวก จ

ข้อมูลที่ได้จากการเผาไหม้หินน้ำมันในฟลูอิดไอดีเบด

ตารางที่ จ.1 แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 มม. อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.4495, 0.5244, และ 0.5998 ม³/นาที่ ตามลำดับ

อัตราการใช้ของอากาศ (ม ³ /นาที่)	0.4495	0.5244	0.5993
รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง			
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาที่)	40	40	40
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาที่)	122	138.55	145.5
ปริมาณการนำแก๊สออกจากคอสัมน์ (กรัม)	2000	2420	2600
อัตราการนำแก๊สออกจากคอสัมน์ (กรัม/นาที่)	50	60.5	65
ความเร็วของอากาศ (ซม./วินาที)	132	154	176
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอดี	1.2.	1.4	1.6
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอสัมน์ (องศาเซลเซียส)			
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	25	25	25
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	27	27	27
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอสัมน์ (โมลของน้ำ/โมลของอากาศกว้าง)	0.0306	0.0306	0.0306
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	298	309	315
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	30	33	33
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	38	43	45
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอสัมน์ (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.03851	0.0459	0.0456

ตารางที่ จ.1 (ต่อ)

อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /นาที) รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง	0.4995	0.5244	0.5998
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้			
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	5.0	4.0	4.0
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O ₂)	10.0	10.5	12.0
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.4	0.3	0.1
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N ₂)	84.6	85.2	23.9
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์	3.0	3.0	2.8
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	11.7565	14.2300	14.2676
ปริมาณแก๊สที่ออกจากไฮโดรเจน (กรัม)	1000	1020	1150
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากไฮโดรเจน	4.5	2.9	2
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากไฮโดรเจน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	8.8221	8.1825	5.9535

ตารางที่ จ.2 แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาดน้อยกว่า 1 มม.
 อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.4995,
 0.5244 และ 0.5993 ม³/นาที่ ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /นาที่) รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง	0.4495	0.5244	0.5993
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาที่)	40	40	40
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาที่)	120	150	180
ปริมาณการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม)	2000	2200	2800
อัตราการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม/นาที่)	50	55	70
ความเร็วของอากาศ (ซม./วินาที)	132	154	176
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอซ์	1.2	1.4	1.6
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (องศาเซลเซียส)			
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	25	25	25
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	30	30	30
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (โมลของน้ำ/ โมลของอากาศกว้าง)	0.029	0.029	0.029
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	307	314	372
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	30	30	30
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	40	42	45
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอลัมน์ (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.0369	0.0354	0.0338

ตารางที่ จ.2 (ต่อ)

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาที}$)	0.4995	0.5244	0.5998
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง			
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้			
อัตราการร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	5.0	5.5	6.0
อัตราการร้อยละของออกซิเจน (O_2)	10.0	11.0	11.0
อัตราการร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.2	0.1	0.1
อัตราการร้อยละของไนโตรเจน (N_2)	84.8	83.4	82.9
อัตราการร้อยละของคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์	2	1.5	2.0
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	7.8345	6.4708	10.9727
ปริมาณแก๊สที่ออกจากไฮโดรเจน (กรัม)	800	1000	1400
อัตราการร้อยละคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากไฮโดรเจน	3.2	3.2	0.98
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากไฮโดรเจน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	7.0257	1.9844	2.6883

ตารางที่ จ.3. แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาดน้อยกว่า 1 มม.
อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.4995,
0.5244 และ 0.5993 ม³/นาทิต ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /นาทิต) รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง	0.4495	0.5244	0.5993
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาทิต)	40	30	32
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาทิต)	177.78	192.78	221.67
ปริมาณการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม)	2460	2360.1	3040
อัตราการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม/นาทิต)	61.5	78.67	95.0
ความเร็วของอากาศ (ซม./วินาที)	132	154	176
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอส์	1.2	1.4	1.6
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (องศาเซลเซียส)			
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	25	25	25
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	30	30	30
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (โมลของน้ำ/ โมลของอากาศกว้าง)	0.029	0.029	0.029
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	308	318	334
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	31	33	35
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	43	51	63
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอลัมน์ (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.0387	0.0403	0.0398

ตารางที่ จ.3 (ต่อ)

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาที}$)	0.4995	0.5244	0.5996
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง			
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้			
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	5.0	5.5	5.5
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O_2)	10.8	11.0	11.5
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.2	0.1	0.1
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N_2)	84.0	83.4	82.9
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของเถ้าที่ออก จากคอล์มน์	2.1	2.0	1.8
คุณค่าทางความร้อนของเถ้าที่ออกจากคอล์มน์ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	10.1233	12.3318	13.4024
ปริมาณเถ้าที่ออกจากไพลโคลน (กรัม)	1000	840	1024
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของเถ้าที่ออกจาก ไพลโคลน	1.8	1.8	0.4
คุณค่าทางความร้อนของเถ้าที่ออกจากไพลโคลน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3.5270	3.9502	1.0032

ตารางที่ ๔.4 แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาด น้อยกว่า 1 มม.
 อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.4995,
 0.5244 และ 0.5993 ม³/นาทิต ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /นาทิต) รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง	0.4495	0.5244	0.5993
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาทิต)	30	30	35
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาทิต)	180.30	210.0	230
ปริมาณการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม)	1800	2400	2800
อัตราการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม/นาทิต)	60	80	80
ความเร็วของอากาศ (ซม./วินาที)	132	154	176
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอดี	1.2	1.4	1.6
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (องศาเซลเซียส)			
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	25	25	25
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	30	30	30
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (โมลของน้ำ/ โมลของอากาศกว้าง)	0.029	0.029	0.029
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	319	336	346
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	30	32	35
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	43	46	64
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอลัมน์ (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.0354	0.0403	0.0392

ตารางที่ จ.4 (ต่อ)

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาท}$)	0.4995	0.5244	0.5998
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง			
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้			
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	4.5	6.5	6.0
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O_2)	11.0	11.0	11.0
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.1	0.1	0.2
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N_2)	88.4	80.4	82.8
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์	1.8	0.89	0.75
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	8.4647	5.5804	4.7026
ปริมาณแก๊สที่ออกจากไฮโคลน (กรัม)	540	900	1225
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากไฮโคลน	0.48	0.37	0.2
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากไฮโคลน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	0.6772	0.8700	0.5486

ตารางที่ จ.5 แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาด น้อยกว่า 1 มม.
อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.4995,
0.5244 และ 0.5993 $\text{m}^3/\text{นาท}$ ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาท}$)	0.4495	0.5244	0.5993
รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง			
เวลาที่ไ้ในการเผาไหม้ (นาท)	30	30	30
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาท)	188.89	233.33	277.78
ปริมาณการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม)	2340	2940	3600
อัตราการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม/นาท)	73	98	120
ความเร็วของอากาศ (ชม./วินาที)	132	154	176
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอส์	1.2	1.4	1.6
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (องศาเซลเซียส)			
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	25	25	25
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	27	27	27
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (โมลของน้ำ/ โมลของอากาศกว้าง)	0.0306	0.0306	0.0306
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	358	407	498
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	30	33	40
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	46	63	85
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอลัมน์ (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.0335	0.0321	0.0475

อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /นาที)	0.4995	0.5244	0.5998
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง			
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้			
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	7.0	7.5	7.5
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O ₂)	10.0	10.0	11.0
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.2	0.2	0.1
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N ₂)	82.8	82.3	81.4
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์	1.4	0.85	0.80
คุณค่าทางความร้อนของ แก๊สที่ออกจากคอลัมน์ (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)	8.0101	6.5288	6.1134
ปริมาณแก๊สที่ออกจากไซโคลน (กรัม)	690	840	1500
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากไซโคลน	0.98	0.78	0.72
คุณค่าทางความร้อนของ แก๊สที่ออกจากไซโคลน (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)	1.7667	1.7117	2.8216



ตารางที่ ๑.6 แสดงข้อมูลการเผาไหม้ดินน้ำมันขนาด 1-2 มม.

อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.9670, 1.1282 และ 1.2894 ม³/นาทิต ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /นาทิต)	0.9670	1.1282	1.2894
รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง			
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาทิต)	40	40	40
อัตราการป้อนดินน้ำมัน (กรัม/นาทิต)	113.8	115	150
ปริมาณการนำแก๊สออกจากคอสมัน (กรัม)	2080	2520	2800
อัตราการนำแก๊สออกจากคอสมัน (กรัม/นาทิต)	52.0	63.0	70.0
ความเร็วของอากาศ (ซม./วินาที)	284.0	331.33	378.67
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอซี	1.2	1.4	1.5
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอสมัน (องศาเซลเซียส)			
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	25	25	25
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	30	30	30
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอสมัน (โมลของน้ำ/โมลของอากาศกว้าง)	0.029	0.029	0.029
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	300	310	323
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	33	33	35
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	42	45	48
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอสมัน (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.0432	0.0274	0.0310

ตารางที่ จ.6 (ต่อ)

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาที}$)	0.9670	1.1282	1.2894
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง			
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้			
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	3	5	6.2
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O_2)	9.5	10.1	11.4
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.3	0.2	0.1
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N_2)	87.5	84.7	82.3
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์	3.5	3	2.5
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	14.2646	17.7758	13.7159
ปริมาณแก๊สที่ออกจากไฮโคลน (กรัม)	28	40	45
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากไฮโคลน	2.1	2.0	1.5
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากไฮโคลน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	4.6085	6.2701	5.0553

ตารางที่ จ.7 แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาด 1-2 มม.
อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.9670,
1.1282 และ 1.2894 $\text{m}^3/\text{นาท}$ ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาท}$)	0.9670	1.1282	1.2894
รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง			
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาท)	38	40	40
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาท)	100	125	150
ปริมาณคาร์บอนที่ออกจากคอสัม (กรัม)	2014	2320	2760
อัตราการนำเถ้าออกจากคอสัม (กรัม/นาท)	53	53	69
ความเร็วของอากาศ (ชม./วินาที)	284.0	331.33	378.67
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิด	1.2	1.4	1.6
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอสัม (องศาเซลเซียส)			
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	25	25	25
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	30	30	30
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอสัม (โมลของน้ำ/ โมลของอากาศกว้าง)	0.029	0.029	0.029
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	310	319	375
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	35	40	43
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	45	48	43
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอสัม (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.0323	0.0425	0.0480

ตารางที่ จ.7 (ต่อ)

อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /นาที)	0.9670	1.1282	1.2894
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง			
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้			
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	5.1	5.5	6.5
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O ₂)	10.5	11	12.3
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.3	0.2	0
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N ₂)	84.1	83.3	31.1
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของ ถ้ำที่ออก จากคอลัมน์	1.9	1.8	1.8
คุณค่าทางความร้อนของ ถ้ำที่ออกจากคอลัมน์ (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)	7.8925	8.1725	9.7344
ปริมาณถ้ำที่ออกจากไฮโคลน (กรัม)	950	1200	1600
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของ ถ้ำที่ออกจาก ไฮโคลน	2.0	1.7	1.6
คุณค่าทางความร้อนของ ถ้ำที่ออกจากไฮโคลน (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)	3.9187	3.9972	5.1161

ตารางที่ จ.8 แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาด 1-2 มม.
 อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.9670,
 1.1282 และ 1.2894 $\text{m}^3/\text{นาท}$ ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาท}$)	0.9670	1.1282	1.2894
รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง			
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาท)	33	30	30
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาท)	109.10	126	142.3
ปริมาณการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม)	2392.5	2850	2880
อัตราการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม/นาท)	72.5	95	96
ความเร็วของอากาศ (ซม./วินาที)	284.5	331.33	378.67
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอส์	1.2	1.4	1.6
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (องศาเซลเซียส)			
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	25	25	26
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	30	27	29
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (โมลของน้ำ/ โมลของอากาศแห้ง)	0.029	0.031	0.032
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	318	325	360
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	39	44	45
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	70	77	79
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอลัมน์ (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.0450	0.0470	0.0480

ตารางที่ จ.8 (ต่อ)

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาที}$)	0.9670	1.1282	1.2894
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง			
ล้นประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้			
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	6.0	6.6	6.1
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O_2)	9.5	9.2	10.5
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.3	0.2	0.2
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N_2)	84.2	84	83.2
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์	1.9	1.6	1.4
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	10.7964	11.9153	10.5338
ปริมาณแก๊สที่ออกจากไฮโดรลน (กรัม)	957	1140	1410
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากไฮโดรลน	1.5	1.0	0.95
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากไฮโดรลน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3.4094	2.9783	3.4995

ตารางที่ จ.9 แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาด 1-2 มม.
อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.9670,
1.1284 และ 1.2894 $\text{m}^3/\text{นาท}$ ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาท}$)	0.9670	1.1282	1.2894
รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง			
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาท)	30	35	33
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาท)	118.3	140	170.3
ปริมาณการนำแก๊สออกจากคอล์สมันน์ (กรัม)	2370	3430	330
อัตราการนำแก๊สออกจากคอล์สมันน์ (กรัม/นาท)	79	98	100
ความเร็วของอากาศ (ซม./วินาที)	284	331.33	378.67
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอ	1.2	1.4	1.6
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอล์สมันน์ (องศาเซลเซียส)			
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	25	25	25
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	30	30	30
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอล์สมันน์ (โมลของน้ำ/ โมลของอากาศแห้ง)	0.029	0.029	0.029
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	329	345	389
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	43	43	44
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	71	72	78
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอล์สมันน์ (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.0450	0.0453	0.0459

อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /นาท)	0.9670	1.1282	1.2894
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง			
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้			
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	4.5	5.0	6.5
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O ₂)	10.0	10.5	10.7
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.2	0.1	0.1
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N ₂)	85.3	84.4	82.7
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์	1.5	1.4	0.7
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์ (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)	9.2876	10.7933	5.4864
ปริมาณแก๊สที่ออกจากไฮโคลน (กรัม)	960	1575	1848
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากไฮโคลน	0.35	0.28	0.2
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากไฮโคลน (กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม)	0.8778	0.9875	0.8778

ตารางที่ จ.10 แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาด 1-2 มม.
 อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.9670,
 1.1284 และ 1.2894 ม³/นาทิต ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /นาทิต)	0.9670	1.1282	1.2894
รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง			
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาทิต)	40	36	30
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาทิต)	140	160.43	180
ปริมาณการนำเถ้าออกจากคอสมัน (กรัม)	3360	3708	3420
อัตราการนำเถ้าออกจากคอสมัน (กรัม/นาทิต)	84	103	114
ความเร็วของอากาศ (ชม./วินาที)	284.0	331.33	378.67
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอซี	1.2	1.4	1.8
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอสมัน (องศาเซลเซียส)			
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	25	25	25
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	30	30	30
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอสมัน (โมลของน้ำ/ โมลของอากาศกว้าง)	0.029	0.029	0.029
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	368	423	425
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	44	44	46
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	76	77	81
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอสมัน (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.0480	0.0490	0.0520

อัตราการไหลของอากาศ (m^3 /นาที)	0.9670	1.1282	1.2894
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง			
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้			
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	4.1	4.7	7.35
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O_2)	9.5	10.3	10.6
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.3	0.1	0.1
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N_2)	86.1	84.9	81.95
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์	0.9	0.75	0.60
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	5.9253	6.0546	5.3610
ปริมาณแก๊สที่ออกจากไฮโคลน (กรัม)	1600	1728	1670
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากไฮโคลน	0.20	0.18	0.15
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากไฮโคลน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	0.6270	0.6772	0.6936

ตารางที่ จ.11 แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาด 1-3 มม.
 อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.803,
 1.071 และ 1.339 $\text{m}^3/\text{นาท}$ ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาท}$)	0.803	1.071
รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง		
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาท)	34	29
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาท)	69.5	157.8
ปริมาณการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม)	1390	2397
อัตราการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม/นาท)	40.88	82.66
ความเร็วของอากาศ (ซม./วินาที)	235.8	314.5
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอซี	1.5	2.0
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (องศาเซลเซียส)		
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	24	32
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	33	45
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (โมลของน้ำ/ โมลของอากาศกว้าง)	0.024	0.024
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	167	260
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	36	32
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	55	45
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอลัมน์ (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.05	0.04

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาท}$)	0.803	1.071
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง		
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้		
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	3.0	5.4
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O_2)	14.2	13.3
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.0	0.3
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N_2)	82.8	81.0
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์	2.54	3.42
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	0 79.9	0 541.43
ปริมาณแก๊สที่ออกจากไซโคลน (กรัม)		
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากไซโคลน	4.16	4.75
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากไซโคลน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	0	1.6



ตารางที่ จ.12 แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาด 1-3 มม.

อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.803, 1.071 และ 1.339 ม³/นาทิต ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /นาทิต)	0.803	1.071
รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง		
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาทิต)	36.55	39.50
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาทิต)	79.3	87.8
ปริมาณการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม)	1620	2060
อัตราการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม/นาทิต)		
ความเร็วของอากาศ (ซม./วินาที)	235.8	314.5
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอซี	1.5	2.0
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (องศาเซลเซียส)		
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	26	24
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	30	27
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (โมลของน้ำ/ โมลของอากาศกว้าง)	0.032	0.028
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	262	314
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	28	30
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	36	37
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอลัมน์ (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.045	0.039

ตารางที่ จ.12 (ต่อ)

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาที}$)		
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง	0.803	1.071
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้		
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	6.3	4.7
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O_2)	10.4	9.2
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.1	0.1
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N_2)	83.2	86.0
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากคอสมัน	2.54	1.28
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากคอสมัน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	0	0
ปริมาณแก๊สที่ออกจากไฮโดรเจน (กรัม)	200	240
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากไฮโดรเจน	3.90	2.12
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากไฮโดรเจน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	0	0

ตารางที่ จ.13 แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาด 1-3 มม.
อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.803,
1.071 และ 1.339 ม³/นาทิต ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /นาทิต)	0.803	1.071	1.339
รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง			
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาทิต)	34.15	30.22	27.6
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาทิต)	163.5	181.8	268.6
ปริมาณการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม)	3200	4812	4555
อัตราการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม/นาทิต)			
ความเร็วของอากาศ (ซม./วินาที)	235.8	314.5	393.2
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอส์	1.5	2.0	2.5
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (องศาเซลเซียส)			
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	25	26	23
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	30	31	29
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (โมลของน้ำ/ โมลของอากาศกว้าง)	0.032	0.031	0.025
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	342	388	463
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	32	35	35
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	43	52 45	45
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอลัมน์ (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.041	0.047	0.05

อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /นาฬิกา)	0.803	1.071	1.339
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง			
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้			
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	5.6	3.3	6.5
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O ₂)	11.6	13.8	10.6
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.4	0.3	0.2
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N ₂)	82.4	82.6	82.7
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของ เถ้าที่ออก จากคอกสัน	1.22	1.13	2.92
คุณค่าทางความร้อนของ เถ้าที่ออกจากคอกสัน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	0	0	0
ปริมาณเถ้าที่ออกจากไซโคลน (กรัม)	1040	1880	280
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของ เถ้าที่ออกจาก ไซโคลน	2.05	1.80	3.01
คุณค่าทางความร้อนของ เถ้าที่ออกจากไซโคลน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	0	2.98	0

ตารางที่ จ.14 แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาด 1-3 มม.

อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.803, 1.071 และ 1.339 $\text{m}^3/\text{นาท}$ ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาท}$)	0.803	1.071	1.339
รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง			
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาท)	27.47	26.39	25.61
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาท)	141.21	158.99	181.49
ปริมาณการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม)	1986	2167	3281
อัตราการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม/นาท)	72.29	82.11	128.11
ความเร็วของอากาศ (ซม./วินาที)	235.8	314.5	393.2
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอส์	1.5	2.0	2.5
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (องศาเซลเซียส)			
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	23	23	23
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	27	27	27
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (โมลของน้ำ/ โมลของอากาศกว้าง)	0.026	0.026	0.026
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	320	377	395
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	27	30	38
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	37	38	58
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอลัมน์ (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.0298	0.038	0.05

ตารางที่ จ.14 (ต่อ)

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาที}$)	0.803	1.071	1.339
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง			
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้			
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	7.4	5.0	4.6
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O_2)	10.2	13.1	13.0
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.6	1.0	0.5
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N_2)	81.8	80.9	81.9
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออก จากคอลัมน์	1.24	1.65	1.69
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	0	0	0
ปริมาณแก๊สที่ออกจากไฮโคลน (กรัม)	456	640	952
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจาก ไฮโคลน	2.22	2.16	2.14
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากไฮโคลน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	0	2.7	6.54

ตารางที่ จ.15 แสดงข้อมูลการเผาไหม้หินน้ำมันขนาด 1-3 มม.

อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.803, 1.071 และ 1.339 ม³/นาทิต ตามลำดับ

อัตราการไหลของอากาศ (ม ³ /นาทิต) รายละเอียดข้อมูลผลการทดลอง	0.803	1.071	1.339
เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (นาทิต)	26.10	26.39	28.30
อัตราการป้อนหินน้ำมัน (กรัม/นาทิต)	173.9	178.6	258.7
ปริมาณการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม)	2400	2810	4178
อัตราการนำแก๊สออกจากคอลัมน์ (กรัม/นาทิต)	91.95	106.48	147.63
ความเร็วของอากาศ (ชม./วินาที)	235.8	314.5	393.2
ความเร็วของอากาศ/ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอซี	1.5	2.0	2.5
อุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (องศาเซลเซียส)			
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	23	23	23
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	27	27	27
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ (โมลของน้ำ/ โมลของอากาศกว้าง)	0.026	0.026	0.026
อุณหภูมิของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ ณ จุดวัด (องศาเซลเซียส)	307	370	413
อุณหภูมิกระเปาะเปียก	28	31	38
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	32	44	54
ความชื้นของก๊าซร้อนที่ออกจากคอลัมน์ (โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง)	0.036	0.038	0.600

ตารางที่ จ.15 (ต่อ)

อัตราการไหลของอากาศ ($\text{m}^3/\text{นาที}$)	0.803	1.071	1.339
รายละเอียดข้อมูลของการทดลอง			
ส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้			
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	7.1	5.1	6.2
อัตราส่วนร้อยละของออกซิเจน (O_2)	10.6	14.5	13.0
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.1	0.6	0.4
อัตราส่วนร้อยละของไนโตรเจน (N_2)	82.2	79.8	80.4
อัตราส่วนร้อยละของคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์	0	0	0
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	400	530	675
ปริมาณแก๊สที่ออกจากไฮโดรลน (กรัม)	1.67	1.61	2.21
อัตราส่วนร้อยละคาร์บอนคงตัวของแก๊สที่ออกจากไฮโดรลน	1.15	0	6.73
คุณค่าทางความร้อนของแก๊สที่ออกจากไฮโดรลน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)			

ภาคผนวก จ

การคำนวณ

การคำนวณหาประสิทธิภาพของการเผาไหม้ และปริมาณความร้อนที่สูญเสียโดยอาศัยหลักการของสมดุลมวลสาร และพลังงาน (Material & Energy Balance) แสดงตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ข้อมูลที่ได้อาจการทดลองในตารางที่ จ.1 และ ภาคผนวกที่ ก

หินน้ำมันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 1 มม. อุณหภูมิของการเผาไหม้ 600 องศาเซลเซียส ความเร็วของอากาศ 132.0 ชม./วินาที

ข้อสมมติในการคำนวณ

1. การปฏิบัติการเผาไหม้อยู่ที่สภาวะคงที่ (Steady State)
2. สารที่เผาไหม้ได้ (combustible) ที่อยู่ในกากของของแข็งเป็นคาร์บอนทั้งหมด
3. ความดันอยู่ที่ 1 บรรยากาศ

ฐานการคำนวณ การเผาไหม้นาน 1 นาที

สมดุลมวลสาร

ทางเข้า

1. น้ำหนักหินน้ำมันที่ใช้ในการเผาไหม้	=	122	กรัม
2. น้ำหนักของอากาศและน้ำที่เข้าสู่ห้องเผาไหม้	=	0.4495×10^3	ลิตร
อัตราการใช้ของอากาศ			
ปริมาตรของอากาศที่สภาวะมาตรฐาน V_2	=	$\frac{V_1 P_1}{P_2} \cdot \frac{T_2}{T_1}$	
	=	$0.4495 \times \frac{10^3 (273)}{(273+30)}$	
	=	404.99	ลิตร

จำนวนกรัม-โมลของอากาศที่เข้าทั้งหมด	=	$\frac{404.99}{22.4}$	
	=	18.08	กรัม-โมล
จากกราฟความชื้น (37) ที่ $t_d = 80.6^\circ\text{F}$, $t_w = 77^\circ\text{F}$, $H = 0.019$			$\frac{\text{กรัมของน้ำ}}{\text{กรัมของอากาศแห้ง}}$
ความชื้นของอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์	=	0.0306	โมลของน้ำ/ โมลของอากาศแห้ง
มีน้ำอยู่ในอากาศ	=	$\frac{(0.0306)(18.080)}{(1.0306)}$	กรัม-โมล
	=	0.537	กรัม-โมล
	=	9.66	กรัม-โมล
จำนวนกรัม-โมลของอากาศแห้ง	=	$18.080 - 0.536$	กรัม-โมล
	=	17.543	กรัม-โมล
ในอากาศมีก๊าซไนโตรเจน	=	$(17.544)(0.79)$	กรัม-โมล
	=	13.86	กรัม-โมล
	=	388.06	กรัม
ในอากาศมีก๊าซออกซิเจน	=	$(17.544)(0.21)$	กรัม-โมล
	=	3.684	กรัม-โมล
	=	117.89	กรัม
น้ำหนักอากาศที่เข้าสู่คอลัมน์ทั้งหมด	=	$388.06 + 117.89$	กรัม
	=	505.95	กรัม

ทางออก

1. น้ำหนักของก๊าซที่ออกจากคอลัมน์

เนื่องจากในดินน้ำมันมีไนโตรเจนอยู่ 0.45%

$$= \frac{(0.0045)(122.0)}{(28)} \quad \text{กรัม-โมล}$$

$$= 0.020 \quad \text{กรัม}$$

Nitrogen Balance

Nitrogen in	=	Nitrogen out	
ไนโตรเจนที่ออกจากฟลูก็๊าซ	=	ไนโตรเจนจากอากาศ + ไนโตรเจนจากดินน้ำมัน	
	=	13.86 + 0.02	กรัม-โมล
	=	13.88	กรัม-โมล

ในฟลูก็๊าซประกอบด้วย	คาร์บอนไดออกไซด์	5.0%
	ออกซิเจน	10.0%
	คาร์บอนมอนอกไซด์	0.4%
	ไนโตรเจน	84.6%
		100 %

จำนวนกรัม-โมลของฟลูก็๊าซที่แห้ง	=	$\frac{13.88}{0.846}$	กรัม-โมล
	=	16.41	กรัม-โมล
จำนวนกรัม-โมลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	=	(0.05) (16.41)	กรัม-โมล
	=	0.82	กรัม-โมล
	=	36.08	กรัม
จำนวนกรัม-โมลของก๊าซออกซิเจน	=	(0.10) (16.41)	กรัม-โมล
	=	1.64	กรัม-โมล
	=	52.51	กรัม
จำนวนกรัม-โมลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	=	(0.04) (16.41)	กรัม-โมล
	=	0.07	กรัม-โมล
	=	1.96	กรัม

ก๊าซ	ร้อยละโดยปริมาตร	จำนวนกรัม-โมล	น้ำหนัก (กรัม)
ไนโตรเจน	84.6	13.88	388.64
คาร์บอนไดออกไซด์	5.0	0.82	36.08
ออกซิเจน	10.0	1.64	52.51
คาร์บอนมอนอกไซด์	0.4	0.07	1.96
รวม	100.0	16.41	479.19

จากกราฟความชื้น (37) ที่ $t_d = 86^\circ\text{F}$, $t_w = 100.4^\circ\text{F}$, $H = 0.0239$ $\frac{\text{กรัมของน้ำ}}{\text{กรัมของอากาศแห้ง}}$

$$\text{ความชื้นของก๊าซที่ออกจากคอลัมน์} = 0.03851 \text{ โมลของน้ำ/โมลของอากาศแห้ง}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนกรัม-โมลของน้ำที่ออกจากคอลัมน์} &= (0.0385) (16.41) \text{ กรัม-โมล} \\ &= 0.632 \text{ กรัม-โมล} \\ &= 11.37 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

จากข้อลุ่มมติข้อ 2. คาร์บอนคงตัวในหินน้ำมันมีค่าใกล้เคียงกับธาตุคาร์บอน ดังนั้น

$$\begin{aligned} 2. \text{ น้ำหนักถ้ำที่ออกจากคอลัมน์} &= 50 \text{ กรัม} \\ \text{มีคาร์บอนในถ้ำที่ออกจากคอลัมน์} &= \frac{3 \times 50}{100} \\ &= 1.5 \text{ กรัม} \\ &= 0.125 \text{ กรัม-โมล} \\ 3. \text{ น้ำหนักถ้ำที่ออกจากไซโคลน} &= 25 \text{ กรัม-โมล} \\ \text{มีคาร์บอนคงในถ้ำที่ออกจากไซโคลน} &= \frac{4.5 \times 25}{100} \\ &= 1.125 \text{ กรัม} \\ &= 0.094 \text{ กรัม-โมล} \end{aligned}$$

Carbon Balance

$$\begin{aligned}
 \text{Carbon in} &= \frac{(0.1057)(122)}{12} && \text{กรัม-โมล} \\
 &= 1.075 && \text{กรัม-โมล} \\
 \text{Carbon out} &= \text{C in flue gas} + \text{C in cyclone ash} + \text{C in overflow ash} \\
 &= (0.826 + 0.07) + 0.125 + 0.094 \\
 &= 1.109 && \text{กรัม-โมล} \\
 \text{ความแตกต่างเนื่องจากการทดลอง} &= 1.109 - 1.075 \\
 &= 0.034 && \text{กรัม-โมล}
 \end{aligned}$$

สมดุลมวลสาร

ทางเข้า	กรัม	ทางออก	กรัม
1. น้ำหนักหินน้ำมัน	122.0	1. น้ำหนักก๊าซแห้งที่ออกจากคอลัมน์	479.19
2. น้ำหนักอากาศ	505.95	2. น้ำหนักความชื้นในก๊าซ	11.37
3. น้ำหนักความชื้นในอากาศ	9.66	3. น้ำหนักถ่านจากคอลัมน์	50.0
		4. น้ำหนักถ่านในไซโคลน	25.0
		5. น้ำหนักสูญเสีย	72.05
รวม	637.61	รวม	637.61

ปริมาณร้อยละของอากาศมากเกินพอ

ปริมาณร้อยละของอากาศมากเกินพอ

$$\begin{aligned}
 \text{ก๊าซออกซิเจนทั้งหมดที่เข้าสู่คอล์สมันน์} &= 3.684 \quad \text{กรัม-โมล} \\
 \text{ก๊าซออกซิเจนที่มากเกินพอจากการเผาไหม้} &= 1.641 - \frac{1}{2} (0.066) \quad \text{กรัม-โมล} \\
 &= 1.608 \quad \text{กรัม-โมล} \\
 \text{ก๊าซออกซิเจนที่ใช้ไปจริงเพื่อการเผาไหม้} &= 3.684 - 1.608 \quad \text{กรัม-โมล} \\
 &= 2.076 \\
 \text{ร้อยละของปริมาณอากาศมากเกินพอ} &= \frac{1.608}{2.076} \times 100 \\
 &= 77.46
 \end{aligned}$$

สมดุลพลังงาน

อุณหภูมิอ้างอิง 25 องศาเซลเซียส

ทางเข้า

$$\begin{aligned}
 1. \text{ ค่าความร้อนของหินน้ำมันเข้าคอล์สมันน์} &= 1064.65 \times 122 \times 10^{-3} \quad \text{Kcal} \\
 &= 129.89 \quad \text{Kcal} \\
 2. \text{ เอนทาลปีของหินน้ำมัน} &= 0 \quad \text{Kcal} \\
 3. \text{ เอนทาลปีของน้ำในหินน้ำมัน} &= 0 \quad \text{Kcal} \\
 4. \text{ เอนทาลปีของอากาศที่ } 80.6^{\circ}\text{F} &= 17.543 (187.9 - 174.0) \times 10^{-3} \\
 &= 0.24 \quad \text{Kcal} \\
 5. \text{ เอนทาลปีของไอน้ำในอากาศที่ } 77^{\circ}\text{F} &= 0.537 \times 10501 \times 10^{-3} \quad \text{Kcal} \\
 &= 5.69 \quad \text{Kcal} \\
 \text{input} &= 129.89 + 0.24 + 5.69 \\
 &= 135.82 \quad \text{Kcal}
 \end{aligned}$$



ทางออก

1. ค่าความร้อนของแก๊สที่ออกจากคอลัมน์ = (0.1250) (94.052) Kcal
= 11.76 Kcal
2. ค่าความร้อนของแก๊สที่ออกจากไซโคลน = (0.0938) (94.052) Kcal
= 8.82 Kcal
3. ค่าความร้อนของการเผาไหม้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
= (67.6361) (0.066)
= 4.48 Kcal

4. เอนทาลปีของก๊าซร้อนที่ออกจากคอลัมน์ที่ 298 °ซ

$$\Delta H = n C_p \Delta T \quad \text{ค่า } C_p \text{ มาจาก Ref. (36)}$$

$$\Delta H_{N_2} = 13.879 (7.1246) (298-25) 10^{-3} = 27.22 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H_{CO_2} = 0.820 (10.9744) (298-25) 10^{-3} = 2.48 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H_{O_2} = 1.641 (7.5616) (298-25) 10^{-3} = 3.41 \text{ Kcal}$$

$$\Delta H_{CO} = 0.066 (7.2163) (298-25) 10^{-3} = 0.13 \text{ Kcal}$$

5. เอนทาลปีของไอน้ำในก๊าซที่ 25 °ซ

ปริมาณความร้อนของการระเหยที่ 25 °ซ = 10501 Cal/gmole

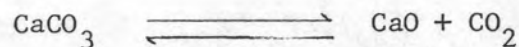
C_p ของน้ำช่วงอุณหภูมิ (25 ° - 298 °)ซ = 8.5213 Cal/gmole (36)

เอนทาลปีของไอน้ำ = $0.632 \left(10501 + 8.5213 (298 - 25) \right) 10^{-3} \text{ Kcal}$
= 8.17 Kcal

output = 11.76 + 8.82 + 4.48 + 27.22 + 2.48
+ 3.41 + 0.31 + 8.17 Kcal
= 66.47 Kcal

ทางเข้า	กิโลแคลอรี	ทางออก	กิโลแคลอรี
1. ค่าความร้อนหินน้ำมัน	129.89	1. ค่าความร้อนของ ถ้ำในคอสมัน	11.76
2. เอนทาลปีของหินน้ำมัน	0	2. ค่าความร้อนของ ถ้ำในไฮโดรเจน	8.82
3. เอนทาลปีของน้ำในหินน้ำมัน	0	3. เอนทาลปีก๊าซร้อน	33.24
4. เอนทาลปีของอากาศ	0.24	4. ค่าความร้อนของคาร์บอนมอนอกไซด์	4.48
5. เอนทาลปีของไอน้ำในอากาศ	5.69	5. เอนทาลปีไอน้ำ	8.17
		6. ค่าความร้อนสูญหาย	69.35
รวม	135.82	รวม	135.82

หมายเหตุ : เนื่องจากหินน้ำมันประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) อยู่ 56% ดังนั้นในการเผาไหม้หินน้ำมันจึงต้องใช้ความร้อนส่วนหนึ่งในการสลายแคลเซียมคาร์บอเนต ดังสมการคือ



ปฏิกิริยาข้างต้นเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.3 แคลเซียมคาร์บอเนตสามารถสลายตัวได้ที่อุณหภูมิประมาณ 460 องศาเซลเซียส ในการสลายตัวนี้ ใช้ความร้อน 43.04 กิโลแคลอรี/กรัม ดังนั้นค่าความร้อนที่ใช้ในการสลายตัวนี้ก็คือ ส่วนหนึ่งของความร้อนที่สูญหาย และความร้อนที่สูญหายจะสูญหายไปเนื่องจากการเก็บถ้ำออกจากคอสมันได้ไม่สมบูรณ์ หรืออาจสูญหายไปเนื่องจากการแผ่ความร้อนออกจากคอสมันสู่อากาศภายนอก เนื่องจากฉนวนที่หุ้มคอสมันไม่สามารถกักความร้อนได้ทั้งหมด

ร้อยละประสิทธิภาพของการเผาไหม้ (Combustion efficiency)

$$= 100 \left(1 - \frac{Q_{1c} + Q_{1g}}{F_c \cdot H_v} \right)$$

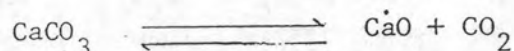
ร้อยละประสิทธิภาพของการเผาไหม้ (Combustion efficiency)

$$= 100 \left(1 - \frac{(11.76 + 8.82) + 4.48}{129.89} \right)$$

$$= 80.71$$

ทางเข้า	กิโลแคลอรี	ทางออก	กิโลแคลอรี
1. ค่าความร้อนหินน้ำมัน	129.89	1. ค่าความร้อนของไถ่ในคอสมัน	11.76
2. เอนทาลปีของหินน้ำมัน	0	2. ค่าความร้อนของไถ่ในไฮโดรเจน	8.82
3. เอนทาลปีของน้ำในหินน้ำมัน	0	3. เอนทาลปีก๊าซร้อน	33.24
4. เอนทาลปีของอากาศ	0.24	4. ค่าความร้อนของคาร์บอนมอนอกไซด์	4.48
5. เอนทาลปีของไอน้ำในอากาศ	5.69	5. เอนทาลปีไอน้ำ	8.17
		6. ค่าความร้อนสูญหาย	69.35
รวม	135.82	รวม	135.82

หมายเหตุ : เนื่องจากหินน้ำมันประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) อยู่ 56% ดังนั้นในการเผาไหม้หินน้ำมันจึงต้องใช้ความร้อนส่วนหนึ่งในการสลายแคลเซียมคาร์บอเนต ดังสมการคือ



ปฏิกิริยาข้างต้นเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.3 แคลเซียมคาร์บอเนตสามารถสลายตัวได้ที่อุณหภูมิประมาณ 460 องศาเซลเซียส ในการสลายตัวนี้ ใช้ความร้อน 42.55 Kcal/mole (38) ดังนั้นค่าความร้อนที่ใช้ในการสลายตัวนี้ก็คือ ส่วนหนึ่งของความร้อนที่สูญหาย และความร้อนที่สูญหายจะสูญหายไปเนื่องจากการเก็บแก๊สออกจากคอสมันได้ไม่สมบูรณ์ หรืออาจสูญหายไปเนื่องจากการแผ่ความร้อนออกจากคอสมันสู่อากาศภายนอก เนื่องจากฉนวนที่หุ้มคอสมันไม่สามารถกักความร้อนได้ทั้งหมด

ร้อยละประสิทธิภาพของการเผาไหม้ (Combustion efficiency)

$$= 100 \left(1 - \frac{Q_{1c} + Q_{1g}}{F_c \cdot H_v} \right)$$

ร้อยละประสิทธิภาพของการเผาไหม้ (Combustion efficiency)

$$= 100 \left(1 - \frac{(11.76 + 8.82) + 4.48}{129.89} \right)$$

$$= 80.71$$

ภาคผนวก ซี.

การหาอนุภาคเฉลี่ยของหินน้ำมัน

ตัวอย่างการหาขนาดอนุภาคเฉลี่ยของหินน้ำมันขนาดเล็กกว่า 1 มม.

ไมโครเมตร d_i	x_i	$\frac{x_i}{d_i} \times 10^{-4}$
1×10^6	0.02	0.0002
500	0.62	12.4
250	0.24	9.6
150	0.06	4.0
<150	0.06	4.0
	$\sum x_i = 1.00$	$\sum \frac{x_i}{d_i} = 22.0$

$$\text{ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของหินน้ำมันขนาดเล็กกว่า 1 มม.} = \sum \frac{1}{\frac{x_i}{d_i}} \quad (8)$$

= 455 ไมโครเมตร

เมื่อ x_i = สัดส่วนของน้ำหนักของแข็งที่มีขนาดที่ได้จากการร่อนแยก
ส่วนขนาดของเม็คของแข็งควยตะแกรงร่อน
 d_i = ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิตของขนาดตะแกรงที่ไซร่อน

ตารางแสดงผลการหาขนาดอนุภาค เจลลี่ของหินน้ำมัน

ขนาดหินน้ำมัน (มม.)	ขนาดอนุภาค เจลลี่ของหินน้ำมัน (มม.)
<1	455×10^{-6}
1 - 2	1.82
1 - 3	1.61

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวศิริกุล วงศ์ประกรณกุล
เกิด 10 พฤศจิกายน 2503
การศึกษา จบการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2524

