เอกสารอ้างอิง

1. เตาเศรษฐกิจและเชื้อเพลิงถ่าน, โครงการเทคโนโลยีที่เหมาะสม, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 5-6 มีนาคม 2524.
2. บุญนำ เกี่ยวข้อง และปรีชา เกียรติกระจาย. "การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง เทคโนโลยีที่แก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำมัน" สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 185,2524.
3. Annamalai, K., and Durbetaki, P., "Combustion and Flame", 27,253,1976.
4. Coulson, J.M., and Richardson, J.F., "Chemical Engineering", Volume one, revised second edition., Pergamon Press, 1965.
5. Himus, G.W., "The element of Fuel Technology", second edition, Imperial College of Science and Technology Press, London, 109-124, 1958.
6. Hougen, Olaf A., Watson, Kenneth M., and Rogatz, Roland A., "Chemical Process Principles", Part.1, second edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1954.
7. Ishida, M., and Wen, C.Y., "Chem. Eng. Sci.," 26,1031,1971a.
8. Ishida, M., Wen, C.Y., and Shirai, T., "Chem. Eng. Sci.," 26, 1043,1971b.
9. Ismail, Ismail Mahmoud Kamal., "Thermochemistry and Kinetics of Oxygen Interaction with Microporous Chars," The Pennstlvania State University, H.O., 1978.
10. Joseph, S., Shanahan, Y., Trussell, J., and Bially J., "ITDG Stoves Programm for the UN Food and Agricultural Organization, 1980.

11. Khitrin, L.N., "Physics of Combustion and Explosion," Translated from Russian, published by the National Science Foundation, Washington, D.C. by the Israel Programm for Science Tranolations, Jerusalem, 1962.

12. Kreisinger, H., Ovitz, F.K., and Augustine, G.E., "U.S. Bureau of Mines," Technical Paper No.137,1916.

13. Kreisinger, H., Augustine, C.E., and Ovitz, F.K., "U.S. Bureau of Mines, Bulletin No.135,1917.

14. Latimer, Windell M., and Hildebrand, Joel H., "Reference Book of Inorganic Chemistry," MacMillan Co., New York,1934.

15. Levelton, B.H., and Associates Ltd., "An Evaluation of Wood Waste Energy Conversion Systems," U.S. Department of Commerce, National Technical Information Service, N79-10528, 110-137,1978.

16. Levenspiel, Octave., "Chemical Reaction Engineering," second edition, John Wiley & Sons, Inc.,1972.

17. Lewis, F., and Elbe, G. Von., "Combustion Flames and Explosions of Gases," Cambridge University Press,1938.

18. Mahajan, O.P., Tomita, A., and Walker, P.L., Jr., "Fuel," 55,63, 1976.

19. Mahajan, O.P., Tomita, A., Nelson, J.R., and Walker, P.L., Jr., "Fuel," 56,33,1977.

20. Meyers, H., and Jennings, R.F., "Charcoal Iron making," United Nations Industrial Development Organization, Vienna,289pp.

21. Shaha, A.K., "Combustion Engineering and Fuel Technology," The Central Electric Press, Delhi., 1974.

22. Shen, John., and Smith, J.M., "Chem. Eng.," 4, No.3,293,1965.

23. Szekely, J., and Evans, J.W., "Chemical Engineering Science," 25,1091-1107. Pergamon Press, 1970.

24. Ubhayakar, Shivadev. K., "Combustion and Flame," 26,23,1976.

25. USAID (Thailand), "Renewable Nonconventional Energy Project," Project No.493-0304,1979.

26. Walker, P.L., Jr., Rusinko, F., Jr., and Austin, L.G., "Adv. Catalysis," 3,133,1957.

27. Wen, C.Y., "Ind. Eng. Chem.," 60,34,1968.

28. White, D.E., and Carberry, J.J., Can. J. "Chem. Eng.," 43,334, 1965.

29. Wiltshaire, L.L., and Alger, R.S., "Carbon Mononide Production in Charcoal Briquitte Fines, "Naval Ordnance Laboratory, White Oak, Silver Spring, Maryland, NOLTR 71-104, 1971.

30. Yagi, S., and Kunii, D., "5th Symposium (International) on Combustion," Reinhold, New York, p 231,1955.

31. Yagi, S., and Kunii, D., "Chem. Eng. (Japan)," 19,500,1955.

32. Yagi, S., and Kunii, D., "Chem. Eng. Sci.," 16,364,372,380,1961.

33. Yagi, S., Kunii, D., Nagahara, K., and Naito, H., "Chem. Eng. (Japan)," 25,469,1961.

34. นารา พิทักษ์อรรณพ และ สุทธิพร ชีวสาธน์. "การผลิตถ่านโค้กเทียมจากลิกไนท์." รายงานฉบับที่ 2. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, 5,2521.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สัญญลักษณ์ที่ใช้แทนข้อความ

$a,b,..,r,s,...$ = stoichiometric coefficients for reacting substances A,B,.... R,S,.....

$A,B,.....$ = สารเริ่มต้นปฏิกิริยา

C_{Ag} = ความเข้มข้นของสาร A ที่ผิวของฟิล์มของก๊าซ, mol/m^3

C_{As} = ความเข้มข้นของสาร A ที่ผิวของของแข็ง, mol/m^3

CO_2 = ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ร้อยละ

C_{pm} = mean molal heat capacities, g-cal/g-mole ^oK

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องไฟ, เมตร

$\mathcal{D}_e$ = effective diffusion coefficient of gaseous reactant in the ash layer, m^2/sec

F = อัตราการไหลของอากาศร้อน, เมตร/นาที

H = ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิง, แคลอรี่/กรัม

k_g = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลระหว่างของไหลและของแข็ง, เมตร/วินาที

k_s = first order reaction rate constant based on unit surface, m/sec.

K = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน, k cal $m/m^2h\ ^oC$

m = น้ำหนักของตัวอย่าง, กรัม

N_A = จำนวนโมลของสาร A

N = อัตราการไหลผ่านของสารต่อหน่วยพื้นที่, โมล/เมตร^2 วินาที

q = ปริมาณความร้อนของอากาศร้อนที่เวลาต่าง ๆ, กิโลแคลอรี่/นาที

Q = ปริมาณความร้อนทั้งหมด, กิโลแคลอรี่

Q_{ex} = ปริมาณความร้อนที่ออกจากปล่อง, กิโลแคลอรี่

Q_2 = ปริมาณความร้อนในห้องเผาไหม้ที่ 2, กิโลแคลอรี่

$Q_{loss\ 1}$ = ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปในห้องเผาไหม้ที่ 1, กิโลแคลอรี่

$Q_{loss\ 2}$ = ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปในห้องเผาไหม้ที่ 2, กิโลแคลอรี่

r = radial position within a particle

r_c = รัศมีของส่วนแกนที่ยังไม่เกิดปฏิกริยา, เมตร

R = รัศมีของอนุภาค, เมตร

$R, S, \ldots$ = ผลิตผลของปฏิกิริยา

S_{ex} = unchanging exterior surface of a particle, m^2

t = เวลา, วินาที

T_g = อุณหภูมิอากาศร้อนที่เหนือตะแกรงในห้องเผาไหม้ที่ 1, องศาเซลเซียส

T_S = อุณหภูมิอากาศร้อนในห้องเผาไหม้ที่ 2, องศาเซลเซียส

T_t = อุณหภูมิอากาศร้อนที่ออกจากปล่อง, องศาเซลเซียส

V = ปริมาตร, เมตร^3

W = น้ำหนักของเชื้อเพลิง, กิโลกรัม

$1-X_B$ = $\dfrac{\text{ปริมาตรของส่วนที่ยังไม่เกิดปฏิกิริยา}}{\text{ปริมาตรทั้งหมดของอนุภาค}}$

η = $\frac{\text{ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ห้องเผาไหม้ที่ 2}}{\text{ปริมาณความร้อนทั้งหมดของเชื้อเพลิงที่ใช้}} \times 100$

τ = the time for complete reaction of a particle

ρ_B = molar density of solid B, mol/m^3

$[CO_{2\ acc.}]$ = ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสม, ร้อยละ

$[CO_{2\ max}]$ = ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด, ร้อยละ

$[CO_{2\ total}]$ = ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดในการเผาไหม้หนึ่ง ๆ, ร้อยละ

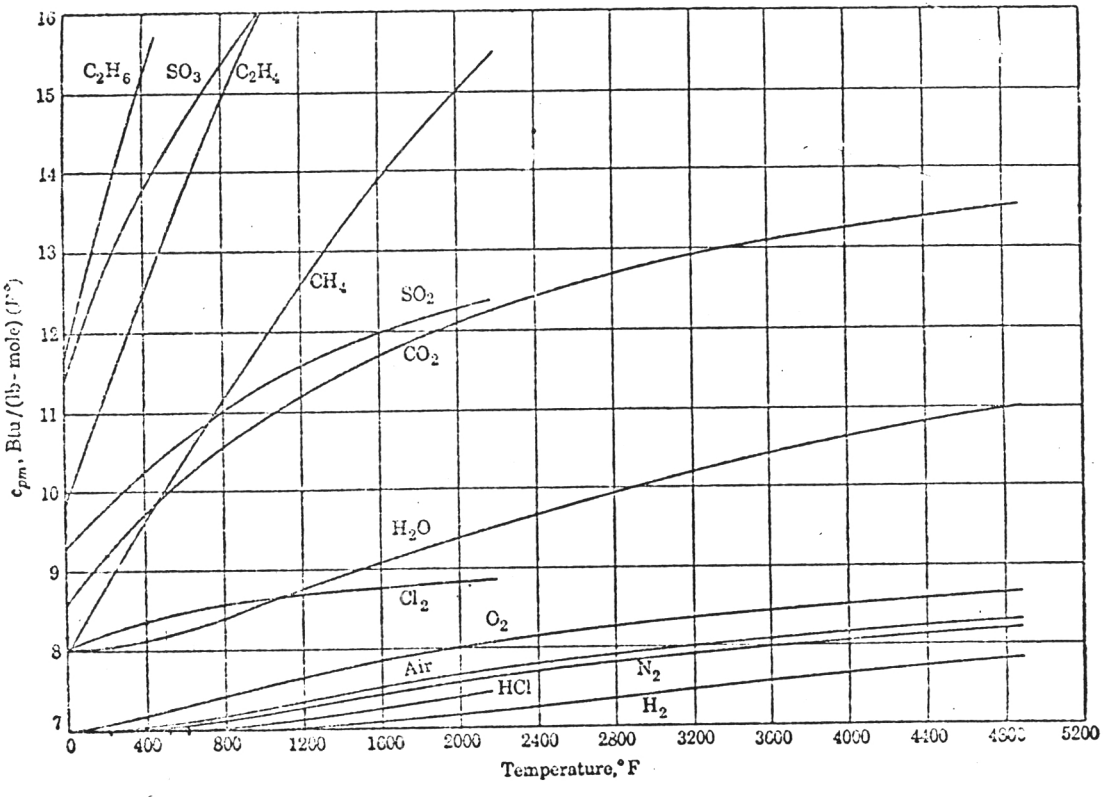
ϕ = $1 - \frac{[CO_{2\ acc.}]}{[CO_{2\ total}]}$

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงค่า Mean Molal Heat Capacities ของก๊าซต่าง ๆ ระหว่าง 25 และ t องศาเซลเซียส (16)

g-cal/(g-mole)(K°)

t	H_2	N_2	CO	Air	O_2	NO	H_2O	CO_2	HCl	Cl_2	CH_4	SO_2	C_2H_4	SO_3	C_2H_6
25	6.894	6.961	6.965	6.972	7.017	7.134	8.024	8.884	6.96	8.12	8.55	9.54	10.45	12.11	12.63
100	6.924	6.972	6.983	6.996	7.083	7.144	8.084	9.251	6.97	8.24	8.98	9.85	11.35	12.84	13.76
200	6.957	6.996	7.017	7.021	7.181	7.224	8.177	9.701	6.98	8.37	9.62	10.25	12.53	13.74	15.27
300	6.970	7.036	7.070	7.073	7.293	7.252	8.215	10.108	7.00	8.48	10.29	10.62	13.65	14.54	16.72
400	6.982	7.089	7.136	7.152	7.406	7.301	8.409	10.462	7.02	8.55	10 97	10.94	14.67	15.22	18.11
500	6.995	7.159	7.210	7.225	7.515	7.389	8.539	10.776	7.06	8.61	11.65	11.22	15.60	15.82	19.39
600	7.011	7.229	7.289	7 299	7.616	7.470	8.678	11.053	7.10	8.66	12 27	11.45	16.45	16.33	20.58
700	7.032	7.298	7.365	7.374	7.706	7.549	8 816	11.303	7.15	8.70	12.90	11.66	17 22	16.77	21.68
800	7.060	7.369	7.443	7.447	7.792	7.630	8.963	11.53	7.21	8.73	13.48	11.84	17.95	17.17	22.72
900	7.076	7.443	7.521	7.520	7.874	7.708	9.109	11.74	7.27	8.77	14.04	12 01	18 63	17.52	23.69
1000	7.128	7.507	7.587	7.593	7.941	7.773	9.246	11.92	7.33	8.80	14.56	12.15	19.23	17.86	24.56
1100	7.169	7.574	7.653	7.660	8.009	7.839	9.389	12.10	7.39	8.82	15.04	12.28	19.81	18.17	25.40
1200	7.209	7.635	7.714	7.719	8.068	7.898	9.524	12.25	7.45	8.91	15.49	12 39	20.33	18.44	26.15
1300	7.252	7.692	7.772	7 778	8.123	7.952	9.66	12.39							
1400	7.288	7.738	7 818	7 824	8.166	7.994	9.77	12.50							
1500	7.326	7.786	7 866	7 873	8.203	8.039	9 89	12.69							
1600	7.386	7.844	7.922	7.929	8.269	8.092	9 95	12.75							
1700	7.421	7.879	7.958	7.965	8.305	8.124	10.13	12.70							
1800	7.467	7.924	8.001	8.010	8.349	8.164	10.24	12.94							
1900	7.505	7.957	8.033	8.043	8.385	8.192	10.31	13.01							
2000	7.518	7.994	8.069	8.081	8.423	8.225	10.43	13.10							
2100	7.588	8.028	8.101	8 115	8.460	8.255	10.52	13.17							
2200	7.624	8.054	8.127	8.144	8.491	8.277	10.61	13.21							



กราฟแสดงค่า mean molal heat capacities ของก๊าซต่าง ๆ ที่ความดันคงที่

ภาคผนวก ค

1. คำนวณหาความร้อนของอากาศร้อนที่ออกจากปล่อง

จากข้อมูลที่วัดและบันทึก ทราบค่าอุณหภูมิของอากาศร้อนที่ออกจากปล่อง ค่าอัตราเร็วของอากาศร้อน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เวลาหนึ่ง ๆ คำนวณหาค่าความร้อนของอากาศร้อนแต่ละจุดได้

จากข้อมูลการทดลอง ตารางที่ 4.11 เป็นการเผาถ่านไม้ 10 กิโลกรัม

อุณหภูมิอากาศร้อนที่ปล่อง (T_f) = 55 องศาเซลเซียส

อัตราการไหลของอากาศร้อน (F) = 47 เมตร/นาที

เส้นผ่าศูนย์กลางของปล่อง = 0.16 เมตร

หาอัตราการผ่านของปริมาตรได้ $= 47 \left(\frac{\pi d^2}{4}\right) = 0.9454$ เมตร^3/นาที

ความหนาแน่นของอากาศที่ 0°C 760 มม.ปรอท = $1.2929 \ 10^3$ กรัม/เมตร^3

∴ ความหนาแน่นของอากาศ ที่ 55°C $= \frac{273}{273+55} (1.2929 \times 10^3)$

$= 1.0761 \times 10^3$ กรัม/เมตร^3

∴ การไหลผ่านของมวล $= 0.7454 \times 1.0761 \times 10^3$ กรัม/นาที

$= 1.0735 \times 10^3$ กรัม/นาที

จากตาราง ค่า mean molal heat capacities ของก๊าซต่าง ๆ

ค่า mean molal heat capacities ของอากาศ = 6.772 g-cal/g-mole °K

$= \frac{6.972}{28.97}$ g-cal/g °K

= 0.2407 g-cal/g °K

$q = mc_p \Delta T$

$= (1.01735 \times 10^3 \text{ g/min})\ (0.2407 \text{ g-cal/g } ^\circ\text{K})(328-303)\ ^\circ\text{K}$

$= 6.12 \times 10^3 \text{ g-cal/min}$

$= 6.12 \text{ k cal/min}$

ในทำนองเดียวกันนี้ หาค่าความร้อนของอากาศร้อนที่เวลาต่าง ๆ ได้ และนำค่าของความร้อนทั้งหมดที่คำนวณได้มา plot เป็นกราฟ ตามรูป ที่ 1 หาพื้นที่ใต้กราฟ จะได้เป็นค่าของความร้อนของอากาศร้อนทั้งหมดที่ออกจากปล่อง สำหรับการเผาไหม้หนึ่ง ๆ

สำหรับค่าความร้อนทั้งหมดของอากาศร้อนที่ออกจากปล่องในตัวอย่างนี้

$Q_{ex} = 8.15 \times 10^3$ กิโลแคลอรี่

2. คำนวณหาความร้อนที่ห้องเผาไหม้ที่ 2

จากข้อมูลการทดลองตารางที่ 4.11 เป็นการเผาถ่านหิน 10 กิโลกรัม

อุณหภูมิอากาศร้อนในห้องเผาไหม้ที่2 (T_S) = 60 องศาเซลเซียส

อัตราการไหลของอากาศร้อน (F) = 47 เมตร/นาที

เส้นผ่าศูนย์กลางของปล่อง = 0.16 เมตร

การไหลผ่านของปริมาตร $= 47 \left(\frac{\pi d^2}{4}\right) = 0.94537$ เมตร^3/นาที

ความหนาแน่นของอากาศที่ 0°ซ. 760 มม.ปรอท = 1.2929×10^3 กรัม/เมตร^3

∴ ความหนาแน่นของอากาศที่ 60°ซ. $= \frac{273\ (1.2929 \times 10^3)}{273+60}$

$= 1.05991 \times 10^3$ กรัม/เมตร^3

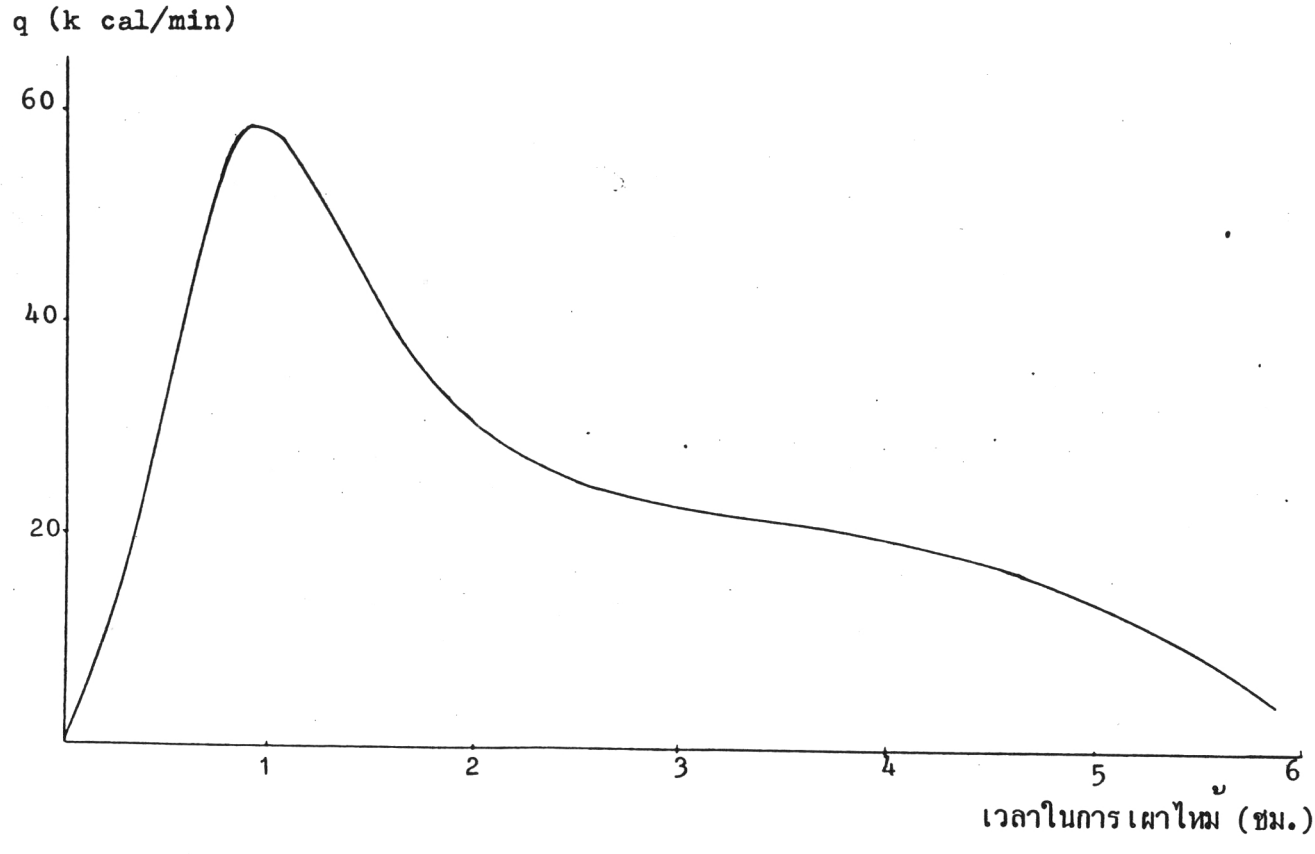
∴ การไหลผ่านของมวล $= 0.94537 \times 1.0599 \times 10^3$ กรัม/นาที

$= 1.00204 \times 10^3$ กรัม/นาที

จากตาราง ค่า mean molal heat capacities ของก๊าซต่าง ๆ

ค่า mean molal heat capacities ของอากาศ = 6.995 g-cal/g-mole $^\circ$K

= 0.2415 g-cal/g $^\circ$K



รูปที่ 1 แสดงค่าของความร้อนของอากาศร้อนทั้งหมดที่ออกจากปล่อง เมื่อเผาถ่านไม้ 10 กิโลกรัม ช่องอากาศ
เข้าปิดหมด

$q = m c_p T$

$= (1.00204 \times 10^3 \text{ g/min})(0.2415 \text{ g-cal/g } ^\circ\text{K})(333 - 303)\ ^\circ\text{K}$

$= 7.26 \times 10^3 \text{ g-cal/min}$

$= 7.26 \text{ k cal/min}$

ในทำนองเดียวกัน หาค่าความร้อนของอากาศร้อนในห้องเผาไหม้ที่ 2 ที่เวลาต่าง ๆ ได้ และได้ค่าของความร้อนทั้งหมดในห้องเผาไหม้ที่ 2 นี้

$Q_2 = 1.26 \times 10^4$ กิโลแคลอรี่

$$\eta = \frac{\text{ปริมาณความร้อนทั้งหมดของก๊าซร้อนในห้องเผาไหม้ที่ 2}}{\text{ปริมาณความร้อนทั้งหมดของเชื้อเพลิงที่ใช้}} \times 100$$

ความร้อนทั้งหมดของถ่านที่ใช้ $= 6{,}800 \times 10$

$= 68{,}000$ กิโลแคลลอรี่

$$\eta = \frac{1.3 \times 10^4}{6.8 \times 10^4} \times 100$$

$= 19.1\ \%$

จากข้อ 1

∴ ความร้อนที่สูญเสียไปในห้องเผาไหม้ที่ 2 นี้ $\left(Q_{loss1}\right) = 1.26 \times 10^4 - 8.15 \times 10^3$

$= 4450$ กิโลแคลอรี่

และความร้อนที่สูญเสียไปในห้องเผาไหม้ที่ 1 $\left(Q_{loss2}\right) = Q_1 - Q_2$

$= 62070 - 12600$

$= 4.95 \times 10^4$ กิโลแคลอรี่

3. การคำนวณ ϕ

จากข้อมูล ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในตารางที่ 4.11 เผาถ่านไม้ 10 กิโลกรัม

ผลรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นตลอดการเผาไหม้ = 150.6

$$\phi = \frac{[CO_2 \text{ total}] - [CO_2 \text{ acc.}]}{[CO_2 \text{ total}]}$$

$\therefore$ ϕ ของ CO_2 ที่ 10 นาทีแรก $= \frac{150.6-1}{150.6}$

$= 0.9934$

ϕ ของ CO_2 ที่ 20 นาที $= \frac{150.6-3.5}{150.6}$

$= 0.9768$

ในทำนองเดียวกัน หา ϕ ของ CO_2 ที่เวลาต่าง ๆ ได้

ภาคผนวก ง

แสดงตารางการทดลอง

ตารางที่ 4.1

ลักษณะเตา ยังไม่ได้หุ้มฉนวน

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 5 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า ปิดหมด

รวมเวลาเผาไหม้ 3 ชั่วโมง 30 นาที

อุณหภูมิบรรยากาศ 30 องศาเซลเซียส

t (นาที)	T_g (ซ.)	T_s (ซ.)	T_t (ซ.)	F (เมตร/นาที)	CO_2 ร้อยละ
10	310	50	40	30	1.0
20	550	60	42	49	2.5
30	800	70	45	67	4.0
40	750	90	50	88	6.0
50	650	115	60	95	5.2
60	610	125	68	99	4.0
70	570	130	70	100	3.0
80	510	132	74	104	2.2
90	490	132	80	97	2.0
100	470	130	70	94	1.8
110	430	128	68	91	1.5
120	410	120	63	89	1.3
130	390	120	62	88	1.1
140	360	115	61	84	1.1
150	340	110	60	82	1.0
160	310	108	58	80	0.8
170	290	105	56	77	0.6
180	260	103	53	75	0.6
190	230	90	52	69	0.5
200	220	84	51	64	0.4
210	210	80	50	60	0.3

ตารางที่ 4.2

ลักษณะเตา ยังไม่ได้หุ้มฉนวน

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 15 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า ปิดหมด

รวมเวลาเผาไหม้ 5 ชั่วโมง 10 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	88	49	39	25	0.8
20	130	55	41	45	2.1
30	460	92	80	102	7.8
40	600	157	149	115	10.4
50	639	198	164	112	10.7
60	630	219	172	103	9.9
70	614	240	174	100	8.9
80	600	220	170	97	8.8
90	590	220	167	97	8.0
100	585	210	162	94	7.8
110	580	202	156	88	7.4
120	568	190	150	83	6.9
130	560	180	147	82	6.4
140	550	170	144	81	6.1
150	530	160	141	80	5.9
160	509	153	136	77	5.7
170	495	149	134	76	5.6
180	480	140	130	75	5.5
190	450	134	120	75	5.0
200	430	129	116	74	4.3
210	410	117	105	73	3.9
220	380	111	100	72	3.2
230	360	106	95	72	2.8
240	331	100	84	71	2.6
250	304	96	76	70	2.2
260	273	94	68	70	2.1
270	256	90	62	68	1.8
280	228	90	60	65	1.2
290	315	88	56	62	1.0
300	206	85	52	60	0.8
310	201	82	50	58	0.7

ตารางที่ 4.3

ลักษณะเตา ยังไม่ได้หุ้มฉนวน

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่าน

ปริมาณ 5 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดครึ่งหนึ่ง

รวมเวลาเผาไหม้ 3 ชั่วโมง 20 นาที

อุณหภูมิบรรยากาศ 30 องศาเซลเซียส

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	90	50	38	53	1.8
20	266	60	40	88	3
30	410	80	42	97	4.5
40	760	110	60	137	6.5
50	650	150	90	154	4.4
60	570	160	90	152	3.4
70	550	160	98	126	3.0
80	540	160	90	120	2.1
90	510	160	88	114	2.0
100	480	150	85	105	1.7
110	440	138	82	104	1.3
120	405	134	78	100	1.2
130	370	130	75	90	1.2
140	350	120	72	84	1.1
150	330	110	70	78	1.0
160	305	110	66	74	1.0
170	270	100	60	70	0.9
180	250	92	57	65	0.8
190	230	90	53	62	0.8
200	219	85	50	60	0.6

ตารางที่ 4.4

ลักษณะเตา ยังไม่ได้หุ้มฉนวน

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 10 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดครึ่งหนึ่ง

รวมเวลาเผาไหม้ 4 ชั่วโมง 20 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	80	80	38	59	0.5
20	150	55	40	79	0.7
30	270	78	53	125	1.2
40	595	110	82	145	2.2
50	690	150	104	142	4.8
60	680	225	110	140	8.5
70	670	248	110	136	7.8
80	660	240	110	131	5.8
90	640	230	110	129	4.6
100	630	220	105	125	4.3
110	615	211	102	122	4.0
120	585	205	100	118	3.8
130	560	181	100	112	3.3
140	500	168	100	105	3.2
150	470	155	100	104	3.1
160	450	150	100	95	3.0
170	420	140	99	94	2.6
180	390	135	92	92	2.2
190	370	130	84	90	2.1
200	350	125	76	88	2.0
210	330	120	72	87	1.8
220	310	115	68	83	1.7
230	290	110	65	77	1.4
240	270	105	60	75	1.1
250	250	100	56	70	1.0
260	240	95	50	66	0.9

ตารางที่ 4.5

ลักษณะเตา ยังไม่ได้หุ้มฉนวน

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 15 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดครึ่งหนึ่ง

รวมเวลาเผาไหม้ 5 ชั่วโมง 20 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	140	49	40	62	1.2
20	409	150	87	102	4.3
30	712	240	130	168	12.1
40	752	332	220	184	14.8
50	735	379	251	178	15.0
60	708	388	257	171	12.2
70	660	340	242	164	10.9
80	612	310	210	146	8.8
90	579	283	197	145	7.0
100	552	258	182	138	5.3
110	529	240	170	130	4.8
120	497	223	162	129	4.4
130	482	209	153	124	4.1
140	455	192	148	123	3.8
150	435	180	141	118	3.7
160	410	170	133	112	3.3
170	387	155	130	105	3.1
180	369	150	122	104	3.0
190	350	143	119	96	2.9
200	315	135	112	95	2.8
210	300	130	109	94	2.7
220	280	122	105	90	2.5
230	260	119	100	89	2.3
240	250	112	99	87	2.2
250	232	109	92	78	2.1
260	216	100	90	77	2.0
270	210	97	83	75	1.8
280	205	91	71	74	1.6
290	198	88	60	73	1.5
300	195	85	57	71	1.4
310	192	81	53	67	1.2
320	190	79	50	65	1.0

ตารางที่ 4.6

ลักษณะเตา ยังไม่ได้หุ้มฉนวน

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 20 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดครึ่งหนึ่ง

รวมเวลาเผาไหม้ 6 ชั่วโมง 20 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	60	48	36	25	0.9
20	300	60	40	40	2.0
30	600	120	39	82	6.0
40	950	200	110	173	11.5
50	919	350	213	190	13.2
60	868	438	265	198	14.8
70	840	450	281	179	12.2
80	778	410	266	171	11.2
90	771	380	259	168	10.0
100	740	360	250	156	9.5
110	730	340	240	149	8.2
120	720	319	228	144	7.6
130	7.5	302	217	140	7.0
140	668	282	207	137	6.2
150	640	268	197	135	5.8
160	599	248	185	134	5.0
170	569	232	179	131	4.9
180	538	218	172	117	4.5
190	508	208	168	114	4.0
200	472	190	159	101	3.9
210	450	179	152	97	3.7
220	430	169	149	94	3.5
230	413	151	141	91	3.0
240	392	144	130	89	2.8
250	364	138	122	87	2.4
260	341	120	114	78	2.1
270	321	111	107	77	2.0
280	305	106	95	75	1.8
290	287	100	90	75	1.6
300	271	98	87	74	1.5
310	264	96	83	73	1.3
320	251	88	76	72	1.2
330	243	83	69	71	1.1
340	230	80	62	69	1.0
350	222	77	59	67	0.8
360	215	75	56	65	0.7
370	206	72	52	62	0.7
380	201	70	50	60	0.6

ตารางที่ 4.7

ลักษณะเตา ยังไม่ได้หุ้มฉนวน

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 5 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดเต็มที่

รวมเวลาเผาไหม้ 3 ชั่วโมง 20 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	70	50	40	66	1
20	210	90	60	99	2.8
30	510	130	80	135	4.5
40	550	170	90	140	6.7
50	530	170	100	119	4.4
60	490	170	98	115	3.4
70	450	160	95	107	2.1
80	430	150	90	105	2.0
90	410	145	88	100	1.7
100	380	130	85	98	1.3
110	370	130	80	94	1.2
120	330	120	75	92	1.2
130	300	115	72	88	1.2
140	275	110	70	85	1.1
150	255	108	68	79	1.0
160	230	105	65	75	1.0
170	210	90	60	70	0.8
180	205	88	56	66	0.6
190	197	83	53	60	0.5
200	190	80	50	58	0.5

ตารางที่ 4.8

ลักษณะเตา ยังไม่ได้หุ้มฉนวน

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 10 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดเต็มที่

รวมเวลาเผาไหม้ 4 ชั่วโมง 40 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	70	50	40	60	0.3
20	210	60	45	123	4.3
30	650	90	70	135	7.0
40	810	130	85	155	10.0
50	830	180	120	153	8.2
60	790	250	120	148	7.0
70	740	275	115	145	4.2
80	690	260	110	140	2.1
90	650	240	108	137	3.0
100	630	229	104	135	2.9
110	610	218	100	132	2.8
120	590	210	99	130	2.7
130	578	200	95	128	2.6
140	560	190	92	125	2.6
150	530	180	90	120	2.5
160	480	170	90	117	2.5
170	450	165	88	115	2.5
180	430	150	82	113	2.3
190	410	140	80	110	2.2
200	385	135	80	105	2.0
210	370	130	75	99	1.8
220	340	120	72	95	1.6
230	320	115	70	93	1.5
240	300	112	67	87	1.3
250	280	110	60	79	1.2
260	275	105	55	70	1.0
270	260	100	52	68	1.0
280	250	97	50	65	0.9

ตารางที่ 4.9

ลักษณะเตา หุ้มฉนวน

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 5 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า ปิดหมด

รวมเวลาเผาไหม้ 4 ชั่วโมง 40 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	70	50	44	27	0.6
20	160	60	50	47	1.5
30	300	80	60	56	3.2
40	495	130	80	65	5.0
50	495	170	101	74	8.0
60	609	222	119	77	10.1
70	660	260	123	77	9.4
80	640	263	130	77	8.8
90	630	265	134	76	8.1
100	620	270	139	74	7.2
110	592	268	140	71	6.2
120	580	255	140	70	5.8
130	560	250	130	69	5.7
140	545	245	137	67	5.1
150	500	235	132	64	4.5
160	468	220	129	56	4.0
170	438	212	128	53	3.7
180	410	197	121	50	3.2
190	380	189	115	49	3.0
200	332	175	108	45	2.8
210	310	162	91	42	2.5
220	292	151	88	40	2.4
230	280	140	73	39	2.2
240	263	128	70	37	2.0
250	244	115	64	36	1.9
260	235	112	60	34	1.6
270	217	107	56	32	1.3
280	209	100	50	32	1.0

ตารางที่ 4.10

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ลิกไนท์

ปริมาณ 5 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า ปิดหมด

รวมเวลาเผาไหม้ 4 ชั่วโมง 20 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	155	48	39	24	0.9
20	235	60	42	25	1.5
30	465	73	44	27	2.0
40	515	90	45	31	2.5
50	550	110	49	33	3.2
60	655	155	53	42	4.6
70	688	200	60	43	5.3
80	652	225	68	45	7.1
90	590	229	70	46	7.5
100	552	223	81	47	7.0
110	525	215	95	47	5.2
120	498	210	99	48	4.0
130	470	202	100	48	3.3
140	448	195	101	50	2.8
150	425	190	100	55	2.7
160	400	182	99	52	2.2
170	380	172	95	48	2.1
180	358	168	92	47	1.9
190	345	160	90	46	1.9
200	330	152	87	45	1.8
210	310	145	83	44	1.8
220	292	140	80	42	1.8
230	278	132	73	41	1.7
240	265	128	65	39	1.7
250	249	122	58	38	1.6
260	235	118	50	37	1.5

ตารางที่ 4.11

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 10 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า ปิดหมด

รวมเวลาเผาไหม้ 6 ชั่วโมง

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	112	60	55	47	1.0
20	270	75	70	90	2.5
30	840	110	81	114	4.5
40	868	140	117	115	9.0
50	852	170	150	117	10.8
60	812	198	158	105	10.2
70	780	215	142	92	9.9
80	769	245	140	85	8.2
90	760	250	138	78	7.5
100	750	265	138	72	6.2
110	720	270	137	70	5.8
120	690	264	136	61	5.1
130	689	254	135	56	4.9
140	658	254	134	55	4.8
150	650	253	132	54	4.5
160	635	249	132	53	4.2
170	610	249	130	53	3.9
180	590	249	129	53	3.9
190	575	245	129	52	3.8
200	552	240	128	51	3.6
210	520	230	124	49	3.5
220	505	230	123	48	3.5
230	490	225	122	48	3.1
240	470	220	121	47	3.0
250	452	210	121	47	2.9
260	440	200	115	46	2.8
270	420	190	110	45	2.6
280	410	185	106	44	2.4
290	393	172	98	42	2.3
300	371	151	90	41	2.0
310	365	139	84	39	1.9
320	350	127	75	38	1.7
330	331	116	61	36	1.5
340	304	103	56	35	1.1
350	286	100	54	34	1.0
360	271	96	50	33	1.0

ตารางที่ 4.12

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ลิกไนท์

ปริมาณ 10 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า ปิดหมด

รวมเวลาเผาไหม้ 6 ชั่วโมง 10 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	132	55	41	32	0.2
20	155	60	43	39	0.4
30	270	85	50	44	0.6
40	510	130	64	47	1.8
50	630	205	88	51	7.0
60	690	280	110	52	11.0
70	730	350	130	54	12.8
80	765	385	152	62	13.2
90	772	285	162	62	9.0
100	765	360	166	61	7.8
110	738	335	165	59	6.0
120	732	323	162	59	5.5
130	730	310	160	57	4.4
140	715	298	157	57	5.2
150	710	289	152	55	4.9
160	695	278	149	54	4.7
170	680	270	144	54	4.5
180	655	260	140	53	4.3
190	605	250	139	52	4.1
200	585	238	135	52	4.0
210	575	230	134	48	4.0
220	545	220	130	46	4.0
230	510	210	129	45	3.9
240	500	206	125	45	3.8
250	490	195	120	43	3.8
260	480	185	112	43	3.7
270	448	178	107	40	3.7
280	405	170	100	39	3.6
290	390	162	92	36	3.6
300	375	155	85	35	3.6
310	340	149	78	30	3.5
320	315	140	72	28	3.2
330	300	135	65	27	3.0
340	285	130	60	27	2.9
350	270	124	56	26	2.6
360	260	118	53	25	2.1
370	249	112	50	24	2.0

ตารางที่ 4.13

ลักษณะเตา ทุ่มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 15 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า ปิดหมด

รวมเวลาเผาไหม้ 7 ชั่วโมง 10 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	72	49	39	25	0.5
20	300	65	46	34	2.2
30	720	115	55	54	6.0
40	810	225	88	56	10.0
50	840	333	120	61	15.7
60	852	370	140	62	14.8
70	830	375	148	63	12.5
80	810	380	152	63	11.7
90	809	390	154	64	10.7
100	795	390	160	66	8.8
110	792	380	160	67	8.5
120	790	378	160	68	8.2
130	789	377	158	69	8.1
140	788	372	156	70	8.1
150	780	372	155	71	7.8
160	779	372	153	72	7.7
170	779	369	152	75	7.2
180	772	368	152	73	7.0
190	768	365	152	71	7.0
200	749	363	152	70	6.9
210	740	360	150	69	6.9
220	740	355	150	67	6.8
230	720	352	150	66	6.3
240	700	348	149	65	6.2
250	689	348	148	63	6.0
260	680	344	146	62	5.7
270	650	335	145	62	5.5
280	632	330	142	62	5.2
290	615	324	141	60	5.0
300	608	320	138	59	4.8
310	585	315	136	58	4.5
320	560	300	133	57	4.2
330	530	291	127	55	3.9

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
340	513	282	120	53	3.7
350	501	278	109	49	3.2
360	484	262	97	48	2.9
370	465	250	90	47	2.8
380	442	231	83	44	2.5
390	417	224	77	43	2.2
400	380	203	66	42	1.8
410	358	192	59	41	1.6
420	329	187	54	40	1.2
430	296	178	50	38	1.0

ตารางที่ 4.14

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ลิกไนท์

ปริมาณ 15 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า ปิดหมด

รวมเวลาเผาไหม้ 7 ชั่วโมง 30 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	90	60	34	25	0.8
20	108	75	64	29	2.0
30	125	78	69	35	4.9
40	150	100	75	44	6.5
50	185	103	79	48	8.2
60	235	120	83	49	10.6
70	368	130	85	63	12.5
80	504	175	90	70	12.4
90	600	220	120	79	10.2
100	693	234	150	89	9.0
110	610	289	170	96	8.3
120	575	260	172	105	8.0
130	550	225	156	100	7.3
140	545	210	150	98	7.0
150	538	208	148	95	6.5
160	518	198	143	92	5.9
170	500	190	142	85	5.4
180	490	188	140	80	4.8
190	488	180	137	75	4.4
200	480	175	133	72	3.8
210	475	170	130	70	3.2
220	470	168	128	68	2.9
230	455	165	125	66	2.5
240	450	158	122	64	2.3
250	448	155	121	63	2.1
260	440	150	119	62	2.0
270	440	145	115	59	2.0
280	438	143	114	58	2.0
290	430	140	112	57	1.9
300	415	138	110	55	1.9
310	405	135	107	54	1.7
320	395	132	102	53	1.5
330	380	128	100	49	1.4

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
340	366	126	97	44	1.2
350	358	122	93	42	1.1
360	341	117	88	41	1.0
370	332	115	84	39	0.8
380	327	112	79	38	0.7
390	308	107	75	37	0.6
400	295	100	70	35	0.5
410	281	96	66	32	0.4
420	273	93	63	30	0.4
430	267	90	60	29	0.3
440	255	86	55	27	0.3
450	241	81	50	26	0.3

ตารางที่ 4.15

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ลิกไนท์

ปริมาณ 20 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า ปิดหมด

รวมเวลาเผาไหม้ 8 ชั่วโมง 30 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	70	45	40	26	0.4
20	125	50	48	43	0.8
30	170	63	53	56	1.2
40	220	90	60	58	1.8
50	270	110	90	77	2.2
60	550	180	140	94	2.6
70	710	218	173	105	3.2
80	798	336	215	115	5.1
90	868	490	263	133	9.3
100	884	506	270	162	14.6
110	890	510	273	139	12.0
120	865	483	268	135	10.1
130	835	441	253	124	8.8
140	810	427	245	115	7.0
150	778	402	236	107	6.2
160	752	361	223	99	5.5
170	736	340	214	97	5.0
180	710	330	210	95	4.4
190	689	318	199	93	3.5
200	670	305	191	85	3.0
210	648	290	185	79	2.8
220	630	274	177	75	2.7
230	610	260	172	73	2.6
240	590	250	168	70	2.5
250	576	248	166	69	2.4
260	569	232	162	68	2.4
270	550	220	160	63	2.8
280	518	212	158	61	2.1
290	510	210	152	60	2.1
300	490	200	150	59	2.1
310	470	194	137	56	2.0
320	458	189	130	55	2.0
330	450	180	119	54	1.9

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
340	441	174	109	53	1.9
350	430	168	106	52	1.8
360	418	155	100	51	1.7
370	398	150	97	49	1.5
380	383	142	94	48	1.3
390	371	130	91	46	1.2
400	364	128	88	45	1.0
410	357	125	85	44	1.0
420	348	121	83	44	1.0
430	336	115	81	43	0.9
440	321	110	80	42	0.9
450	312	108	77	41	0.8
460	307	105	73	40	0.6
470	300	99	69	40	0.5
480	289	91	63	39	0.5
490	280	87	56	38	0.5
500	272	84	53	37	0.4
510	270	80	50	36	0.4

ตารางที่ 4.16

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 5 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดครึ่งหนึ่ง

รวมเวลาเผาไหม้ 5 ชั่วโมง

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	160	55	40	32	0.3
20	280	65	56	43	3.5
30	700	82	75	56	5.5
40	825	115	99	67	9.4
50	812	164	119	70	8.7
60	795	194	131	73	7.9
70	765	215	140	75	7.4
80	720	244	150	80	6.9
90	714	265	152	81	6.2
100	695	280	156	78	6.0
110	654	289	158	75	5.7
120	635	291	159	70	5.2
130	610	291	155	70	5.0
140	590	290	151	68	4.5
150	570	282	146	67	4.1
160	530	275	140	67	3.9
170	500	265	133	67	3.6
180	460	250	129	60	3.2
190	435	240	121	59	3.1
200	393	227	114	58	2.9
210	360	210	108	56	2.7
220	320	195	102	55	2.5
230	289	180	97	52	2.3
240	255	169	89	50	1.9
250	233	154	75	49	1.8
260	227	140	69	47	1.6
270	211	130	66	45	1.5
280	198	119	62	42	1.3
290	187	103	57	41	1.1
300	180	98	50	38	0.9

ตารางที่ 4.17

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ลิกไนท์

ปริมาณ 5 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดครึ่งหนึ่ง

รวมเวลาเผาไหม้ 4 ชั่วโมง 30 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	109	50	35	23	0.2
20	145	60	38	26	0.5
30	189	65	40	32	1.2
40	235	70	41	34	2.2
50	285	91	48	35	2.8
60	315	110	54	40	3.2
70	347	130	62	48	3.6
80	375	152	69	50	4.2
90	410	170	80	55	6.9
100	433	180	85	57	7.8
110	453	190	89	58	5.1
120	460	200	93	59	4.4
130	452	205	95	60	3.4
140	430	200	99	62	2.8
150	410	190	96	65	2.3
160	405	150	88	70	2.2
170	375	171	82	67	2.1
180	350	165	80	63	1.9
190	333	158	79	60	1.8
200	320	150	76	55	1.7
210	305	142	74	53	1.6
220	292	135	70	47	1.5
230	280	130	65	44	1.4
240	269	125	61	40	1.2
250	260	117	57	36	1.1
260	251	108	53	32	1.0
270	245	101	50	30	0.9

ตารางที่ 4.18

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 10 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดครึ่งหนึ่ง

รวมเวลาเผาไหม้ 6 ชั่วโมง 10 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	80	50	42	45	0.5
20	200	68	47	57	2.0
30	420	97	71	75	6.3
40	720	145	105	90	14.0
50	820	205	145	96	16.1
60	845	338	169	97	18.0
70	865	402	180	99	16.5
80	855	430	190	105	13.2
90	851	451	200	112	13.0
100	851	467	208	115	11.2
110	830	470	212	119	9.8
120	830	470	216	114	8.0
130	808	460	215	113	7.6
140	767	450	215	111	6.5
150	735	435	210	107	5.9
160	710	418	205	105	5.3
170	668	400	199	103	5.0
180	620	380	192	100	4.8
190	565	358	186	93	4.7
200	530	338	180	92	4.2
210	490	315	171	91	3.9
220	460	290	161	89	3.7
230	430	272	152	82	3.4
240	390	250	143	82	3.0
250	368	235	136	74	3.0
260	326	220	128	73	2.9
270	290	200	120	60	2.8
280	255	190	111	59	2.7
290	227	175	106	55	2.4
300	201	160	99	54	2.2
310	198	150	92	52	2.0
320	189	139	83	45	1.8
330	180	124	71	48	1.7
340	173	118	67	46	1.5
350	170	110	60	43	1.3
360	165	101	54	42	1.1
370	160	95	50	40	1.0

ตารางที่ 4.19

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ลิกไนท์

ปริมาณ 10 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดครึ่งหนึ่ง

รวมเวลาเผาไหม้ 6 ชั่วโมง 20 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	107	55	40	33	0.3
20	210	65	45	37	0.5
30	250	80	56	42	0.7
40	590	128	70	63	1.8
50	775	249	102	71	7.5
60	822	300	118	73	10.0
70	840	330	128	74	14.5
80	800	367	149	76	12.0
90	795	370	159	80	8.7
100	748	358	162	77	7.2
110	710	340	168	69	5.7
120	680	325	164	65	5.0
130	650	310	159	63	4.7
140	630	305	153	61	4.4
150	610	290	150	60	4.2
160	580	280	143	58	3.9
170	558	268	139	58	3.9
180	540	260	135	55	3.8
190	522	250	131	53	3.8
200	510	245	125	52	3.7
210	490	235	121	51	3.5
220	465	230	119	49	3.3
230	440	220	115	47	3.3
240	415	210	111	46	3.3
250	400	205	109	45	3.2
260	385	200	104	45	3.1
270	360	190	99	44	3.0
280	343	180	94	42	2.9
290	325	175	90	41	2.8
300	309	170	86	39	2.8
310	292	165	82	38	2.7
320	288	161	77	36	2.5
330	269	153	72	36	2.2
340	258	149	66	34	1.9
350	245	145	54	33	1.7
360	240	139	56	32	1.5
370	231	133	53	32	1.2
380	219	121	50	31	1.0

ตารางที่ 4.20

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 15 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดครึ่งหนึ่ง

รวมเวลาเผาไหม้ 7 ชั่วโมง 20 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	120	58	40	47	0.9
20	540	190	78	73	2.9
30	750	325	121	87	5.8
40	845	400	163	93	11.9
50	875	480	191	115	18.3
60	910	570	232	136	17.8
70	920	635	263	128	17.0
80	930	664	282	124	16.7
90	930	682	287	123	15.6
100	935	670	294	121	14.8
110	920	651	295	114	14.0
120	885	615	289	112	12.5
130	860	590	283	110	11.7
140	845	565	280	109	10.2
150	808	538	272	107	9.3
160	752	508	262	106	8.8
170	717	478	252	101	8.0
180	687	450	242	100	7.0
190	648	420	233	99	6.5
200	600	394	225	98	6.0
210	568	368	215	97	5.5
220	520	340	203	96	4.8
230	480	315	191	93	4.5
240	435	293	179	90	4.4
250	400	272	169	88	4.0
260	368	251	158	86	3.9
270	345	232	149	83	3.8
280	321	215	140	76	3.7
290	311	202	131	72	3.5
300	290	198	126	70	3.3
310	270	185	119	63	3.1
320	250	165	110	62	2.9
330	232	154	100	61	2.7

ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
340	217	137	91	60	2.5
350	205	124	88	56	2.3
360	193	119	79	54	2.2
370	184	111	75	53	2.0
380	177	99	69	52	1.9
390	174	95	64	50	1.6
400	168	91	61	46	1.3
410	162	89	58	45	1.2
420	160	88	55	45	1.1
430	157	83	52	40	1.0
440	155	81	50	38	1.0

ตารางที่ 4.21

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ลิกไนท์

ปริมาณ 15 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดครึ่งหนึ่ง

รวมเวลาเผาไหม้ 7 ชั่วโมง 10 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	60	52	32	29	0.3
20	90	63	47	34	00.8
30	150	88	55	42	1.8
40	218	128	70	60	4.0
50	300	202	83	72	6.0
60	490	308	105	95	8.6
70	640	379	113	104	9.4
80	706	384	125	113	10.3
90	710	380	133	124	10.7
100	700	362	168	130	9.8
110	680	342	171	137	9.0
120	660	336	175	130	7.9
130	652	328	169	127	7.0
140	643	322	165	117	6.2
150	630	313	160	112	6.0
160	616	304	157	108	5.8
170	599	297	149	100	5.4
180	580	282	140	96	5.2
190	560	276	134	88	5.0
200	548	262	129	83	4.9
210	540	254	120	81	4.8
220	530	242	111	80	4.7
230	522	239	106	79	4.6
240	510	230	100	75	4.5
250	491	220	97	73	4.4
260	480	209	93	72	4.2
270	458	198	89	67	3.9
280	431	191	85	64	3.6
290	412	185	82	61	3.5
300	407	180	79	58	3.3
310	398	174	77	55	3.1
320	392	170	76	53	2.9
330	379	164	74	52	2.7

ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
340	364	161	73	51	2.5
350	353	157	71	50	2.4
360	341	153	68	47	2.2
370	328	146	66	44	2.0
380	310	139	63	42	1.9
390	299	129	59	38	1.8
400	282	121	57	35	1.6
410	277	118	54	33	1.5
420	268	110	52	31	1.2
430	245	101	50	28	1.0

ตารางที่ 4.22

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ลิกไนท์

ปริมาณ 5 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดหมด

รวมเวลาเผาไหม้ 4 ชั่วโมง 50 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	110	55	40	31	0.6
20	220	68	41	35	1.0
30	270	80	42	38	1.4
40	320	90	47	41	2.0
50	390	110	57	45	2.8
60	489	129	71	52	4.4
70	518	150	80	53	8.2
80	530	163	88	57	7.5
90	505	170	92	59	6.0
100	472	178	96	59	4.1
110	465	185	100	60	3.5
120	455	185	102	60	3.0
130	435	182	102	61	2.8
140	395	175	102	62	2.8
150	380	173	102	63	2.7
160	368	170	101	64	2.7
170	351	165	100	62	2.6
180	335	160	96	57	2.5
190	320	155	90	57	2.4
200	305	148	85	56	2.3
210	295	143	83	54	2.3
220	280	138	80	53	2.2
230	270	135	79	50	2.1
240	260	130	72	48	2.0
250	248	125	66	47	1.9
260	230	120	62	44	1.8
270	220	115	58	38	1.7
280	210	110	54	36	1.5
290	203	105	50	34	1.4

ตารางที่ 4.23

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ลิกไนท์

ปริมาณ 10 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดหมด

รวมเวลาเผาไหม้ 6 ชั่วโมง 40 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	150	50	35	26	0.4
20	285	65	40	32	0.6
30	420	80	49	35	1.1
40	672	100	52	37	1.5
50	780	130	59	58	2.1
60	805	200	79	68	4.3
70	830	240	108	81	7.5
80	840	310	133	83	11.4
90	835	358	155	84	15.0
100	825	370	169	86	12.6
110	780	370	173	88	10.1
120	735	350	173	86	7.2
130	715	330	169	85	5.8
140	700	315	166	83	4.9
150	680	300	161	83	4.5
160	655	290	158	80	4.3
170	642	275	151	79	4.1
180	605	265	142	79	4.0
190	590	255	140	76	4.0
200	560	249	138	75	4.0
210	515	240	133	71	4.0
220	490	330	130	71	4.0
230	465	225	125	71	4.0
240	450	225	120	66	4.0
250	420	205	112	61	4.0
260	400	198	108	61	4.0
270	375	195	107	60	4.0
280	350	180	104	58	3.8
290	333	170	99	55	3.8
300	315	160	95	53	3.5

ตารางที่ 4.23 (ต่อ)

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
310	297	155	91	52	3.1
320	295	150	89	50	3.0
330	272	142	87	48	2.8
340	265	135	76	46	2.6
350	254	131	70	43	2.3
360	248	126	64	38	2.2
370	270	122	60	35	2.0
380	234	118	58	34	1.8
390	228	114	54	33	1.7
400	225	110	50	32	1.5

ตารางที่ 4.24

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ลิกไนท์

ปริมาณ 15 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดหมด

รวมเวลาเผาไหม้ 7 ชั่วโมง 20 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	70	48	32	28	0.3
20	150	50	40	37	0.8
30	208	63	47	58	1.5
40	230	81	60	70	1.9
50	260	120	90	97	3.6
60	300	140	122	120	4.8
70	350	185	147	145	7.2
80	410	210	163	155	9.0
90	480	252	188	157	10.4
100	540	270	189	147	13.8
110	625	295	185	146	9.6
120	715	318	180	143	8.4
130	735	324	177	142	7.3
140	700	341	169	135	6.6
150	658	327	161	127	6.1
160	628	310	160	123	5.7
170	590	280	158	121	5.2
180	555	260	150	120	4.8
190	525	236	144	117	4.2
200	500	210	134	115	4.2
210	475	198	130	106	4.0
220	450	180	126	102	4.0
230	425	170	121	98	3.8
240	408	162	120	96	3.4
250	395	155	116	94	3.2
260	388	150	110	93	3.0
270	370	145	108	92	2.7
280	362	138	104	90	2.5
290	350	132	100	88	2.3
300	347	128	96	87	2.1
310	345	122	91	81	2.1
320	325	120	88	78	2.0
330	311	117	84	74	1.8

ตารางที่ 4.24 (ต่อ)

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
340	306	114	80	71	1.7
350	300	111	76	69	1.6
360	288	108	72	67	1.5
370	276	102	69	66	1.4
380	260	99	65	62	1.3
390	247	95	61	59	1.2
400	230	90	59	55	1.1
410	217	88	56	51	1.0
420	210	87	54	50	1.0
430	202	84	52	48	0.9
440	198	81	50	46	0.8

ตารางที่ 4.25

ลักษณะเตา ยังไม่ได้คุมฉนวน

ชนิดเชื้อเพลิง กิ่งไม้แห้ง

ปริมาณ 5 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดเต็มที่

รวมเวลาเผาไหม้ 1 ชั่วโมง 50 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	128	45	38	-	3
20	200	115	50	-	5
30	540	200	80	-	15
40	580	280	115	-	5.5
50	480	260	120	-	3
60	400	195	95	-	2.5
70	360	175	82	-	2.0
80	297	154	70	-	1.7
90	275	138	62	-	1.7
100	257	116	54	-	1.0
110	244	108	50	-	0.9

ตารางที่ 4.26

ลักษณะเตา ยังไม่ได้หุ้มฉนวน

ชนิดเชื้อเพลิง กิ่งไม้แห้ง

ปริมาณ 10 กิโลกรัม

ลักษณะช่องอากาศเข้า เปิดเต็มที่

รวมเวลาเผาไหม้ 2 ชั่วโมง 20 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	98	60	35	-	2
20	230	120	48	-	4
30	400	220	60	-	10.5
40	530	380	105	-	17.2
50	650	460	150	-	11
60	695	463	155	-	8
70	500	300	100	-	4
80	460	195	90	-	2
90	400	155	80	-	1.8
100	360	140	75	-	1.5
110	300	130	60	-	1.2
120	240	120	55	-	1.0
130	225	110	53	-	1.0
140	215	102	50	-	0.8

ตารางที่ 4.27

ลักษณะเตา หุ้มฉนวนแล้ว

ชนิดเชื้อเพลิง ถ่านไม้

ปริมาณ 5 กิโลกรัมต่อเนื่อง 2 ครั้ง

ลักษณะช่องอากาศเข้า ปิดหมด

รวมเวลาเผาไหม้ 8 ชั่วโมง 20 นาที

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
10	109	45	40	10	1.2
20	580	52	44	25	3.0
30	870	135	52	52	10.2
40	840	200	79	65	13.4
50	820	235	100	68	11.4
60	770	258	115	72	10.2
70	740	265	125	67	8.8
80	719	270	132	64	8.2
90	665	270	139	62	7.3
100	639	268	142	60	6.3
110	610	260	143	59	5.3
120	567	250	142	58	4.6
130	528	243	140	56	4.0
140	488	222	136	53	3.7
150	470	218	136	51	3.1
160	400	200	129	48	2.9
170	384	189	125	47	2.9
180	360	180	119	47	2.8
190	320	160	112	45	2.7
200	280	145	105	41	2.5
210	200	140	100	34	2.3
220	165	130	95	30	2.1
230	178	119	89	28	2.2
240	670	128	89	48	5.7
250	784	200	106	58	9.2
260	788	250	121	65	9.8
270	790	285	135	68	9.5
280	799	300	142	70	8.8
290	780	313	150	77	8.2
300	745	319	154	80	7.7
310	710	320	156	75	7.2
320	680	305	158	71	6.7
330	660	290	157	69	6.4

ตารางที่ 4.27 (ต่อ)

t	T_g	T_s	T_t	F	CO_2
340	630	285	156	67	5.9
350	598	280	155	61	5.7
360	559	267	150	58	5.3
370	530	253	149	57	5.1
380	498	240	147	55	4.8
390	459	225	140	51	4.7
400	420	208	133	51	4.3
410	383	198	128	50	4.2
420	350	179	120	50	4.1
430	329	168	110	47	3.7
440	318	157	102	45	3.5
450	306	141	92	41	3.1
460	291	130	81	38	2.6
470	280	119	75	32	2.4
480	270	100	68	28	2.0
490	258	95	61	25	1.5
500	240	86	56	25	1.2

หมายเหตุ เริ่มเผาถ่านไม้ 5 กิโลกรัม เมื่อเวลาผ่านไป 220 นาที จึงเติมถ่านอีก 5 กิโลกรัม เผาไหม้ต่อจนหมด

ประวัติผู้เขียน

กลุ่มบุคลากร สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อสกุล	นางสาว นิติยา จุธากรณ์
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2495
ที่เกิด	จังหวัดนครสวรรค์
การศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี) เกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ที่อยู่ปัจจุบัน	191/106 ซอยวัดราชวรินทร์ ถนนตากสิน บุคคโล กท.ม.